

# La biotecnología y el análisis de las cadenas o sistemas agroalimentarios y agroindustriales

Gonzalo Arroyo\*

Este artículo tiene un doble propósito: analizar el impacto actual de las nuevas tecnologías, y especialmente de la biotecnología, sobre el sistema agroalimentario mundial, es decir sobre la producción e intercambio, en el plano internacional, de bienes agrícolas, pecuarios y forestales, y de alimentos y otros productos agroindustriales; pero analizar asimismo como estos cambios que se aceleran en la última década ponen en cuestión la pertinencia del enfoque metodológico centrado en categorías analíticas tales como "líneas de productos", "cadenas o sistemas agroindustriales".

Una vez dilucidada esa primera cuestión se analizarán los impactos que sobre la producción agrícola y agroindustrial, y más específicamente sobre la agricultura campesina y la sociedad rural mexicanas, podría producir la introducción masiva de biotécnicas, a la sola iniciativa de los grupos transnacionales y sin mayor control del Estado, y viceversa, los efectos benéficos que se producirían sobre la agricultura —en particular la ejidal y de comunidades— si se pusiese en práctica una política coherente de desarrollo tecnológico y en forma concertada entre productores campesinos, agrícolas y agroindustriales y el Estado, como también con la comunidad científica cuya participación debe ser estimulada. El análisis de estos efectos benéficos se hará dentro de una **perspectiva de desarrollo alternativo** que podríamos llamar **endógeno y autosustentado** y de un programa para lograr en los próximos años la **autosuficiencia agrícola y alimentaria** como es propuesto por el PRONADRI y el PRONAL de la actual administración pública (30,31).

\* Investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana. UAM-Xochimilco y director del proyecto "Biotecnología y Autosuficiencia Alimentaria para México y Centroamérica".

Este ensayo estará precedido en primer lugar de una breve discusión teórica sobre los conceptos de tecnología y de transferencia de tecnología y, en segundo lugar, de una descripción técnica del desarrollo actual de la biotecnología y sus potencialidades para la agricultura y la agroindustria alimentaria y no alimentaria.

## Ciencia, tecnología y su transferencia: una discusión teórica

Entre las muchas definiciones de tecnología la más sencilla es la que sigue: **conjunto de conocimientos conducentes a la producción de bienes y a la creación de nuevos productos y servicios**. Sin embargo, las técnicas que están incorporadas por ejemplo en máquinas e industrias, que pueden ser objeto de apropiación bajo forma de licencias y patentes, y que son dominadas por técnicos, ingenieros, y a veces obreros, con suficiente **know-how** para utilizarlas, no pueden definirse sólo en referencia a la producción de bienes y servicios (28). En efecto, el proceso de trabajo o de producción tiene un doble carácter, a la vez material (producción de bienes) y social (relación entre capitalistas y asalariados); en cuanto proceso social, y no sólo técnico, crea plus-valor y reproduce la relación capital-trabajo en cada ciclo productivo. Por eso la tecnología dominante en una formación social corresponde a las características fundamentales del modo de acumulación, a la estructura de clase y a las intervenciones del Estado. Bernadette Madeuf demuestra claramente el profundo desequilibrio que se da en el sistema económico: el "orden tecnológico mundial" existente entre países industrializados y países subdesarrollados, conlleva una acentuada dependencia tecnológica para los últimos (22). Esta se ahonda aún más en lo que respecta a las nuevas tecnologías de las cuales se hablará más adelante.

La superioridad de las naciones industrializadas se acentúa en efecto desde fines del siglo XIX. Se observa desde entonces una tendencia a que la **técnica**, o si se quiere la **tecnología** como conocimiento sistematizado del conjunto de técnicas, depende más de la **ciencia** o de la comprensión teórica de las leyes de la naturaleza y a su vez ésta última, la ciencia, se orienta cada vez más a resolver en forma instrumental problemas técnicos. **La innovación técnica**, contrariamente a lo que sucedió en Inglaterra en los albores de la Revolución Industrial —cuando ésta tenía poca relación con la ciencia y la tecnología se desarrollaba en forma **inductiva**, a partir de invenciones aisladas— sigue hoy un camino sobre todo **deductivo** en que los nuevos resultados científicos no sólo son incentivados por la demanda tecnológica sino dan lugar directamente a aplicaciones técnicas. El potencial científico-tecnológico actual del mundo desarrollado se torna cada vez más complejo y sofisticado y su carencia en los países menos desarrollados determina una dependencia creciente de tecnologías importadas

o transferidas bajo distintas modalidades: procedimientos técnicos o marcas comerciales adquiridos bajo licencia; servicios tecnológicos o prestaciones de **know-how** contratados en el extranjero; consultoría técnica a firmas especializadas en preparar proyectos de factibilidad, industriales u otros; adquisición de fábricas "llave en mano" o "producto en mano", y finalmente transferencia de tecnología por empresas transnacionales o mediante el establecimiento de **joint ventures**, es decir empresas mixtas con capital extranjero y del Estado (27).

El tema de la transferencia de tecnología ha dado lugar a mucha discusión teórica en el pasado (21, 26, 28, 29). Existen dos corrientes contrapuestas sobre este punto. La primera sostiene en efecto que la transferencia de tecnología moderna (y de capitales sobre la base de inversiones directas) a los países en desarrollo es lo único eficaz para escapar del subdesarrollo puesto que la tecnología "apropiada" no sería, según la expresión provocativa de A. Emmanuel, sino una tecnología "subdesarrollada" (13). Es decir, sería tal la superioridad de las tecnologías modernas —no sólo en relación a las tecnologías tradicionales del Tercer Mundo sino también con respecto a tecnologías llamadas "adaptadas", "apropiadas" y "endógenas" defendidas por diversos autores y aún organismos internacionales— que no existiría más que un solo camino o modelo de desarrollo tecnológico eficaz, a saber el de las empresas transnacionales y de las potencias industrializadas.

La segunda corriente, en su forma más extremada, busca al contrario un camino de desarrollo tecnológico diverso del seguido por los países industrializados que llevaría a cierta autarcía o desvinculación de la economía capitalista mundial. Un ejemplo que linda en el romanticismo es la proposición tecnológica de Schumacher "**small es beautiful**" (39). La argumentación de los partidos de tecnologías apropiadas es sólida: los avances técnicos en los países ricos, dados su capacidad científica y tecnológica y sus intereses económicos, se hace en función de su dotación de recursos naturales, de su disponibilidad de capital y de trabajo; es decir, estos avances técnicos serían funcionales a las necesidades de acumulación de sus economías y además corresponderían, pese al despilfarro propio del consumismo reinante en esas sociedades, a aspiraciones de consumo compatibles con los niveles de vida allí imperantes. Aunque esta argumentación es quizá demasiado unilineal pues estos países han sufrido una profunda crisis económica cuyo fin no se avisa con certeza —y el tipo de desarrollo tecnológico tiene que ver con ella— resulta más convincente en lo que toca a los efectos negativos de la transferencia de tecnologías modernas a países como los nuestros donde la dotación de recursos naturales es diversa, la fuerza de trabajo abunda y es barata, el capital es escaso y el nivel científico-tecnológico relativamente bajo. En efecto, la tecnología importada o difundida localmente por empresas transnacionales no

sólo tiene efectos desestabilizadores sobre las economías que la acogen —en términos de desempleo, de consumo, de pagos excesivos de regalías y servicios tecnológicos, de endeudamiento, que gravan la balanza de pagos y bloquean el desarrollo —sino sobre todo porque engendra una dependencia tecnológica, una cierta pasividad muy contraria a la creatividad indispensable para desarrollar tecnologías verdaderamente adaptadas a las condiciones y necesidades de un país (2 cap. V, 21,29,37).

El modelo de Hayami y Ruttan demuestra teóricamente que es posible concebir opciones abiertas a diversos "senderos" de desarrollo tecnológico. Aunque no se acepte su optimismo sobre que los solos precios relativos de insumos y productos agrícolas determinan las decisiones de demanda (adopción) de oferta (investigación y desarrollo de nuevas tecnologías) y que él "sendero" tecnológico seguido por los campesinos del Tercer Mundo es el de mayor eficiencia económica, la idea que es posible escoger diversos caminos o "paquetes tecnológicos" es útil, más aún si hay otros actores como el Estado y los productores organizados, capaces de hacer contrapeso a las solas fuerzas del mercado en gran medida dominado por intereses de grandes grupos económicos (17). Es cierto que las diversas opciones son más viables al inicio de un ciclo de desarrollo técnico y en la medida en que se avanza en él, las opciones se van cerrando, el proceso se torna más irreversible. De ahí que las políticas tecnológicas son más eficaces cuando es cuestión de adoptar innovaciones técnicas recientes como es el caso de la biotecnología.

### **Las nuevas tecnologías: el caso de la biotecnología**

En las últimas décadas ha habido saltos cualitativos en el desarrollo de la biotecnología que junto a otras como la micro-electrónica, la robótica y la telemática, son hoy objeto de competencia entre las grandes potencias que desean controlarlas. Se llama hoy **biotecnología** (o nueva biotecnología para distinguirla de técnicas sobre todo de fermentación, casi tan antiguas como el hombre) al **conjunto de técnicas que usan sustancias vivas o partes de ellas para fabricar o modificar un producto o un servicio** (1,5,20,36,38,42).

Las principales aplicaciones potenciales de las nuevas biotécnicas se darán en el campo de la agricultura y de la agroindustria, y en el de la salud, pero también en el de la energía, la minería, la química de especialidades y en el mejoramiento del medio ambiente. Esta presentación se referirá básicamente a la agricultura y fabricación de alimentos (4,5,12,15,32).

Los avances recientes más significativos son los siguientes: **la ingeniería de fermentación y la ingeniería enzimática** que aumentan su productividad y bajan los costos de producción y el consumo de energía gracias al uso de nuevas cepas de bacterias y otros micro-organismos, y de equipos de pro-

ducción en continuo; los progresos espectaculares de la **ingeniería genética** capaz potencialmente (después de la identificación del ADN y de la separación de genes específicos y su clonaje en otros organismos vivos) de recombinaciones genéticas para obtener mejores variedades, razas, y aún nuevas especies vegetales y animales; el **cultivo de tejidos** en laboratorios de selección y cruzamiento no sexuado de plantas se obtiene, en forma más rápida que con técnicas tradicionales, resultados convincentes. Como se verá más abajo los rendimientos en granos, oleaginosas, plantas forestales pueden aumentar varias veces y el cultivo de tejidos permite reproducir más rápido plantas frutales, forestales y ornamentales de mejor calidad. Se registra también un avance considerable en la fabricación de **anti-cuerpos monoclonales** con aplicaciones significativas en la medicina humana (1,20,36,42).

El inicio de la nueva biotecnología data de 1953 cuando el Dr. Watson establece el modelo de la doble hélice como estructura del ADN (un polímero no proteico) cuyas porciones son los genes y en los cuales está inscrito el patrimonio genético de las sustancias vivas. En 1966, se establece el código genético completo inscrito en el ADN y se aíslan enzimas ligadas capaces de unir cadenas de ADN o cromosomas y luego cortar moléculas de ADN en sitios específicos para lograr transferir o clonar ciertos genes en cualquier bacteria. En 1977 se crea la primera industria de ingeniería genética (Genentech) y ya en 1983 aparece en el mercado el primer producto, a saber la insulina humana fabricada por bacterias a las que se les ha clonado el gene humano de la insulina. Como dice un especialista el hombre se asemeja hoy a Prometeo pues todo da a pensar que los genes considerados benéficos pueden o podrán ser transferidos de una planta a otra planta, de un animal a otro, o de una planta a un animal o viceversa (12).

Sin embargo, la **ingeniería genética** se ha centrado sobre todo hasta ahora en el tratamiento de bacterias y levaduras y en experimentos con animales. La rentabilidad económica orienta la investigación hacia la medicina humana de tal modo que muchos genes humanos (y animales) han sido identificados y pueden ser reconstruidos en laboratorio, gracias a aparatos sintetizadores de genes, automatizados y computarizados (12, p 18). Esto se da menos con las plantas cuyas centenas de miles de especies, cada una con decenas de miles de genes, deben ser aún identificadas genéticamente por la biología molecular. Precisamente, los primeros avances cualitativos en el caso de las plantas han sido el resultado de técnicas de **cultivo de tejidos y de fusión de células vegetales** (y animales), mismas que no requieren previamente la identificación y desciframiento de los genes específicos pero que de hacerse serían fuertemente potenciadas con ello (5,34,40).

El cultivo de tejidos se realiza en laboratorios relativamente poco costosos bajo condiciones de esterilidad y de adecuado control. El proceso de

regeneración de plantas a partir de tejidos o fragmentos de ellas (corteza, raíces, botones, etc.) en un medio nutriente adecuado fue utilizado desde hace tiempo en la reproducción de plantas como la vid. Pero en los años 40 se logra en laboratorio regenerar zanahorias y tabaco; más tarde, hacia fines de los años 50, se obtienen plantas, en base a regeneración del tabaco, con características distintas —en el crecimiento de las raíces o de brotes— según fuesen las dosis utilizadas de nutrientes. Estos dos descubrimientos fueron pioneros en el florecimiento de técnicas de regeneración en base al cultivo de meristemas, células somáticas, embriones, anteras y fusión de protoplasmas (40).

Las **biotécnicas de fermentación** utilizan bacterias, virus, hongos filamentosos, levaduras y algas unicelulares. Estos micro-organismos poseen una velocidad metabólica muy alta debido a que su dimensión microscópica ofrece una superficie de contacto considerable con el producto tratado. La productividad es de este modo aumentada muchas veces: una res de 500 kg. puede producir 1/2 kg. de proteína en 24 horas mientras que 500kg. de micro-organismos cultivados en fermentación pueden rendir 5 a 50 toneladas en el mismo lapso de tiempo (36). Los avances están basados en gran medida en la producción por manipulación genética, de cepas bacterianas útiles para la producción de alimentos, fármacos y otros productos. El escalamiento industrial de estas cepas facilita la producción de moléculas, sobre la base de estos mutantes bacterianos, como por ejemplo el ácido glutámico o la licina antes extraída de materias primas mediante costosos procedimientos (25). Las fermentaciones microbianas (cuyo substrato biológico es la glucosa, el almidón, diversas biomasas de carácter celulósico, etc.) tienen además la ventaja de ahorrar notablemente energía pues la fermentación usa a menudo procedimientos dulces, sin exigir altas temperaturas como en fermentaciones tradicionales.

La eficacia de las fermentaciones aumenta considerablemente con el progreso de la **Ingeniería enzimática**. Las enzimas, moléculas "activas" de los micro-organismos, son utilizadas para facilitar reacciones químicas puesto que cada enzima contiene un poder catalizador específico. La enzima no sufre ningún cambio en la reacción química que cataliza y es por lo tanto reutilizada en el proceso productivo. Sin embargo, al emplearla industrialmente su extracción de la solución, después de la reacción, resulta costosa. La fijación en un soporte mecánico permite conservarla y hacer circular "en continuo" la solución a través de las enzimas inmovilizadas; es la técnica de los bio-reactores en continuo que se utiliza ya en la industria (37).

## **Biología, agricultura, ganadería y producción forestal: perspectivas**

Las aplicaciones de la biología a la producción agrícola, ganadera y forestal tendrán un efecto sin duda positivo en términos de rendimientos

físicos. Pese a que la mayoría de las aplicaciones agrícolas, y también las agroindustriales se encuentran aún en la fase de experimentación (ver Cuadro No. 1), se habla ya con razón de la "revolución de los genes" o de "biorevolución" en contraposición a la llamada Revolución verde de los años 50.

Los especialistas coinciden en que la agricultura proporcionará el mercado principal a los productos comerciales biotécnicos: las estimaciones de ventas varían de 50 mil hasta 100 mil millones de dólares para el año 2000, de los cuales un 25% al menos estaría destinado a la agricultura bajo forma de insumos: semillas y variedades de plantas, ganado mejorado, fertilizantes, pesticidas, productos veterinarios (4,26,42).

CUADRO No. 1

Cosecha	Primeras variedades comercializ.	Manipulación genética in vitro	Primeras plantas transformadas totalmente	Utilización masiva planta transformadas
Maíz	Ahora	Algunas ya	Inicio años 90	Mediados años 90
Trigo	1984-86	1985-86	Inicio años 90	Mediados años 90
Arroz	Ahora	1985-87	Final años 90	Inicio años 90
Soya	1988-90	Algunas ya	Inicio años 90	Mediados años 90
Tomate	Ahora	1984-86	1983-85	1886-88
Caña Azúcar	Ahora	1987-89	Inicio años 90	Mediados años 90
Algodón	1983-85	1985-87	Inicio años 90	Mediados años 90

FUENTE: ATAS Bulletin, Oct. 1984, Vol. I, No. 1, p. 15.

CUADRO No. 2

RENDIMIENTOS ACTUALES Y POTENCIALES DE PRODUCTOS AGRICOLAS Y FORESTALES

Producto	Rendimiento actual (Ton./Hectárea)	Rendimiento potencia (Ton./Hectárea)
Azúcar de caña	75 - 90	150 - 200
Mandioca (yuca)	15 - 20	60 - 100
Tomate	20 - 40	60 - 100
Aceite de palma	2 - 5	10 - 12
Cacahuete	1.6	4.0
Aceite Castor	0.6	2.5
Madera de clima templado	—	30 - 40
Madera tropical	10 - 20	40 - 60
Coníferas clima templado	6 - 8	20 - 30
Coníferas tropicales	12 - 20	40 - 60
Bambú	25	100
Pasto guinea	25	50

FUENTE: Ibidem, p. 15.

Los resultados en términos de rendimientos de variedades mejoradas o nuevas que en los próximos años estarán a disposición de los productores son aún inciertos aunque mejorarán sin duda espectacularmente, pues se tratará de incorporar genéticamente a estas genes de resistencia a las plagas, de adaptabilidad a la sequía o a la salinidad, de fijación de nitrógeno del aire. Una ventaja adicional de las nuevas técnicas de mejoramiento de plantas reside en la disminución, en base a variación monoclonal, del tiempo para desarrollar una nueva variedad. Para el tomate el ciclo se reduce de 7 a 8 años, a sólo 3 ó 4, para la remolacha de 14 a 15 años a 7 u 8, para la caña de azúcar de 14 a 7 años y para el café de 15 a sólo 7 u 8 años. En el Cuadro No. 2 se presentan estimaciones sobre el aumento de rendimientos para productos agrícolas y forestales (40).

El impacto de la biotecnología en la **ganadería mayor y menor** se dará tanto sobre el mejoramiento de las razas —y eventualmente en la producción de razas nuevas— como sobre el control de enfermedades en base a vacunas obtenidas por biotécnicas —contra la epizootia, la peste porcina, etc.— y sobre la fabricación de alimentos con aditivos capaces de fomentar el crecimiento, y de este modo la cantidad de alimentos ingeridos disminuiría significativamente para un mismo peso en carne (15,42). Técnicas ya bastante difundidas como es la **Inseminación artificial** podrán potenciarse con las biotécnicas. Antes un reproductor podía fecundar por este método hasta 100,000 vacas; con la **transferencia de embriones de vacas** genéticamente superiores, las que ingieren drogas de fertilidad que aumentan la ovulación, a otras vacas nodrizas, las primeras pueden producir 50 a 60 crías por año sin dar ellas a luz ni una sola. Es decir, que un toro de calidad superior no sólo puede producir 100,000 terneros, sino además estos terneros serán engendrados por sólo 2,000 vacas madres de primera calidad. Esto reduce considerablemente el plazo de crianza y selección de animales y permite mejorar un hato ganadero en un solo ciclo.

### **La lucha por la tecnología: ¿quién la ganará?**

Las ventajas de la adopción de la biotecnología son aparentemente muchas. Las nuevas técnicas podrían incrementar la disponibilidad de proteínas llenar los déficit de alimentos básicos por medio de una productividad elevada gracias a nuevas variedades y razas mejoradas, valorizar la bio-masa a partir de esquilmos y deshechos, redinamizar la agro-industria en base a la valorización de subproductos del procesamiento de materias primas, todavía escasamente aprovechadas. Todo esto sería beneficioso para el país.

Pero hay que precaverse contra un optimismo excesivo respecto a los beneficios provenientes de una introducción masiva de tecnologías. La pregunta sobre quién controlará las tecnologías es más que pertinente. En efecto, la aparición de las biotécnicas en el mercado no es sólo el resultado



del progreso científico y tecnológico, en particular los avances de la biología molecular, sino también del conjunto de limitaciones impuestas por la crisis económica mundial que fuerza a los agentes económicos dominantes, las empresas transnacionales y a las grandes potencias económicas, a arriesgar más y a escalar industrialmente invenciones que desde ese momento se transforman en innovaciones (5,19,25,41,42).

Estos factores limitantes no son sólo las alzas de los energéticos fósiles y de ciertos recursos naturales no renovables, sino algo que se hace cada vez más visible a saber, el fracaso, pese a sus éxitos en términos de productividad en Estados Unidos y otros países industrializados, **del modelo agroalimentario occidental**; se trata de una agricultura que funciona en base al uso intensivo de insumos energéticos y químicos, que destruye el medio ambiente en la medida en que ésta se convierte en una cuasi-minería de los nutrientes del suelo o de los recursos acuíferos y forestales. Este modelo, lo que es aún más grave, permite la persistencia y aun el aumento del hambre a nivel mundial en contraste con las montañas de excedentes de productos agrícolas y de alimentos de los países desarrollados que en áspera competencia luchan para colocarlos en el mercado internacional (2).

Esto no lleva solamente a deprimir los precios de las materias primas agrícolas sino además a tratar de reducir los subsidios a los **farmers** del vecino del norte —y también aunque en menor medida en la CEE— hoy más difíciles de mantener tanto por los recortes presupuestarios de tiempo de crisis como también debido a la ideología del neo-liberalismo económico opuesta a toda restricción de las fuerzas del mercado. De hecho hoy se produce en Estados Unidos una desaparición de cientos de miles de empresarios familiares agrícolas y a la vez una cierta concentración de la tierra en manos de firmas agrícolas, como asimismo de la agroindustria, en un menor número de empresas transnacionales (19).

De este modo podría suceder en México algo semejante a lo producido con la Revolución verde de los 50. Fueron las grandes firmas productoras de insumos para la agricultura o comercializadora a nivel mundial, sobre todo de granos y de materias primas, y finalmente, las fabricantes de alimentos diferenciados y publicitados en los mercados urbanos del mundo, sin duda más que los productores agrícolas medianos y aun grandes, los principales beneficiarios de la **modernización heterogénea** de la agricultura y de la agroindustria mexicana y de América Latina en general (2,14). ¿Sucederá algo semejante con la llamada revolución biotecnológica?

Se ven más arriba que los países industrializados y las empresas transnacionales ven en la biotecnología una forma eficaz de reducir costos de producción, es decir, aumentar la rentabilidad de sus inversiones. El mejoramiento de la productividad agrícola e industrial y la conquista de nuevos mercados les permitirá escapar a la crisis económica e iniciar un nuevo ciclo de acumulación.

Pero el riesgo principal —y en algunos casos ya dura realidad— es que ciertas materias primas y alimentos antes importados por los países industrializados sean substituidos total o parcialmente por nuevos productos de fabricación biotecnológica. El ejemplo prototípico es la fabricación de edulcorantes sobre la base de maíz y no de caña de azúcar (y de remolacha en países de clima templado) (3). A raíz de la introducción de las iso-glucosas o de fructuosas —que ya captan el 40% del consumo de edulcorantes— Estados Unidos ha rebajado en 2 millones de tons. sus importaciones de azúcar de caña. Algo semejante podría producirse con el cacao, café y otras materias primas.

Otro riesgo económico proviene del hecho que las empresas transnacionales son ya las proveedoras oligopólicas de semillas mejoradas; pronto lograrán serlo también de genes específicos bajo licencia puesto que actualmente se discute en Estados Unidos los derechos a patentarlos legalmente (26). Si países como México no logran desarrollar sus propios recursos tecnológicos, no sólo se verán obligados a pagar regalías por la utilización de micro-organismos y de procedimientos técnicos desarrollados por firmar extranjeras sino además —lo que es más grave— a entrar en una vía imitativa de la de Estados Unidos y otras naciones industrializadas, cuyas dotaciones de recursos naturales, científicos y de capital no corresponden ciertamente a los de este país que requieren otro tipo de tecnología.

Pero los riesgos no son sólo de carácter económico. Por ejemplo, la erosión genética proveniente del hecho que la producción de variedades, especies y razas genéticamente homogéneas, por lo tanto menos capaces de resistir las plagas hasta ahora desconocidas que podrían declararse en el futuro. Este problema debatido actualmente en las Naciones Unidas exige para su solución que los países en desarrollo, más ricos genéticamente que los industrializados, preserven adecuadamente mediante bancos de germoplasma las variedades y especies silvestres necesarias para el mejoramiento de los vivientes y para preservar el medio ambiente. Esto contra la verdadera depredación realizada por intereses comerciales que ya ha llevado a la desaparición de muchas especies en forma definitiva (24).

### **Críticas a la metodología de cadenas o sistemas agroindustriales**

Hacia fines de los años 50 los análisis de la agricultura —y de la sociedad rural— eran hechos sin ubicar a ésta dentro de la economía nacional y menos aun de la economía internacional. Puesto que se daba escasa importancia a sus relaciones con otros sectores de la economía, se la consideraba para todos los efectos prácticos como autárquica. Un ejemplo de este enfoque son los monumentales estudios CIDA de los años 60 sobre tenencia de la tierra y estructura agraria (10,33). Estos llevan lógicamente a recomendar políticas de reforma agraria para remediar la desequilibrada

tenencia de la tierra. Pero estas reformas —apoyadas por lo demás por la Alianza para el Progreso propuesta por el Presidente Kennedy a comienzos de los años 60, es decir después de la Revolución Cubana— no resolvieron los problemas económicos y sociales del campesino ni tampoco los problemas ligados a la producción de alimentos que ha decaído en los últimos 20 años en que la llamada Revolución Verde se extendió hacia América Latina (2,8).

En verdad, las reformas agrarias fueron vehículos de **modernización heterogénea** de la agricultura la cual beneficia en poca medida al productor campesino e indirectamente y en mayor medida a los productores agrícolas medianos y grandes y sobre todo a las grandes firmas transnacionales ya sea productoras de insumos para la agricultura o comercializadoras de granos y de otros productos agropecuarios y de alimentos. Por lo demás las reformas agrarias se centraron en la mera repartición de la tierra sin que este objetivo se haya realizado plenamente; de hecho, la modernización de la agricultura y de la agroindustria a nivel mundial ha hecho de la propiedad de la tierra un factor menos importante mientras que otros, los insumos de todo orden incluido el crédito y más aún la maestría tecnológica y comercial, se han transformado en los factores decisivos (2, Cap. V).

Hacia mediados de los años 70 se introduce en México un nuevo enfoque metodológico que se centra en categorías analíticas tales como "líneas de producto", "cadenas agroindustriales" o "sistemas agroindustriales" (2,11,-16,23,43). Este considera la agricultura como un mero eslabón, dentro de una cadena que comprende además otros eslabones "hacia atrás", los insumos necesarios a la producción agropecuaria y forestal, y otros eslabones "hacia adelante" que comprenden las sucesivas transformaciones operadas sobre la materia prima agrícola hasta llegar a su distribución para el consumo final (2, Cap. II).

La ventaja de este enfoque sistémico es que permite delimitar un conjunto de relaciones económicas que articulan los diversos eslabones de la producción, de la distribución y el consumo y los flujos de servicios (crédito, comercialización, transporte, tecnología) ligados a cada cadena o sistema agroindustrial. Permite además referirse a un no menos desarrollado conjunto de relaciones de poder resultantes de la interacción entre empresas nacionales y transnacionales, aparatos estatales, partidos políticos y grupos de presión, obreros y productores organizados, organismos internacionales, etc. y de identificar así el núcleo de poder dentro de cada cadena (43).

Este análisis no se limita al mero marco nacional sino se extiende al ámbito alimentario mundial en la medida en que se promueve, especialmente por las transnacionales, la homogeneización e integración mundial del proceso productivo y financiero, de los mercados y los patrones de consumo, proceso que es reforzado por empresas locales y sus gobiernos que apoyan la

adopción de tecnologías importadas y las formas de organización y comportamiento empresarial difundidas desde los países industrializados (2, Cap. I). La interacción entre los múltiples agentes que participan en los sistemas nacionales e internacionales, a menudo en base a relaciones asimétricas, va moldeando la realidad de este **subsistema alimentario transnacionalizado** dentro de una economía mundial cada vez más interdependiente y a la vez polarizada entre países industrializados dominantes y países en desarrollo dependientes de los primeros. Con todo, subsisten aún ciertos sectores de la economía y regiones determinados no integrados al sistema mundial: se trata de economías campesinas de autosubsistencia con poca participación en el mercado.

Este método de análisis que ostenta resultados de gran interés para comprender la realidad agrícola y alimentaria, merece con todo reparos en el presente. La evolución a que ha estado sometida la economía mundial desde la crisis iniciada en los años 70 conduce a su reestructuración en profundidad, a la cual no son ajenos ni la producción, transformación y distribución de alimentos, ni el sistema agroalimentario en su conjunto. El desarrollo de nuevas tecnologías y en el caso particular que nos interesa de la biotecnología, contribuye a la reestructuración de un cierto número de cadenas agroalimentarias.

Un caso prototípico es el del azúcar. En efecto, la sacarosa de caña (y de remolacha) estaba destinada en gran medida a la alimentación humana; los agentes económicos que intervenían en las fases productivas y de transformación de este producto eran claramente identificables más aún si ciertas empresas transnacionales como Tate and Lyle —la más importante y antigua— y también ciertos Estados como el mexicano, controlaban en mayor o menor grado la cadena desde la producción de campo e ingenio, la refinación, los transportes marítimos y terrestres, y en ciertos casos hasta la distribución mundial. Sin embargo, la producción de edulcorantes no a partir de sacarosa se ha incrementado en los últimos años. El más importante sustituto del azúcar caña, al menos en el mercado norteamericano, son las iso-glucosas en base de almidón de maíz (y de otros cereales y tubérculos), los llamados jarabes de alto tenor fructuosa. En 1974-76 su producción equivalía a sólo 700,000 toneladas de azúcar en bruto, pero en 1985 ésta aumentó a más de 5.5 millones de toneladas del mismo azúcar (3). En Estados Unidos las isoglucosas han sido adoptadas masivamente por la industria de refrescos en los años 80 desplazando así las importaciones de azúcar de caña; este proceso de sustitución del azúcar por iso-gluocosa tiene como agente activo al poderoso complejo cerealero-almidonero de ese país (25). Pero existen otros sustitutos potenciales del azúcar-sacarosa actualmente en experiencia o fabricación por empresas transnacionales; entre ellos existen algunos de origen sintético, como el aspartamo comercializado con el nombre Canderel, es decir que no

requieren materias primas derivadas de la biomasa o sea de origen agrícola (3).

Esto significa que el enfoque basado en líneas de productos, cadenas o sistemas agroindustriales pierde su validez general pues la materia prima utilizada puede o no ser de origen agrícola y el producto (y los subproductos) obtenidos de materias primas agrícolas pueden diversificarse en múltiples cadenas como es por ejemplo el caso de la caña de azúcar a partir de la cual se puede fabricar combustible para automóviles, alimentos para ganado, papel, madera, aminoácidos como lisina, etc. Es decir, que una materia prima agrícola ya no puede ser identificada exclusivamente como "agroalimentaria" o "agroindustrial".

Además, los agentes que intervienen en la transformación y distribución final de un producto alimentario (de origen agrícola o no agrícola) no pueden tampoco ser identificados exclusivamente como empresas "agroalimentarias" o "agroindustriales". En verdad las innovaciones que revolucionan hoy lo alimentario son introducidas más bien por otras ramas industriales y más específicamente por empresas químicas, petroleras y farmacéuticas que se diversifican hacia la producción de alimentos, o para ser más preciso engloban en sus nuevas actividades el **fraccionamiento de la biomasa de origen agrícola** (y también el tratamiento de otras materias primas —minerales y petróleo— que es lo propio de la industria química y petrolera) y la **transformación química y biotecnológica** de los elementos simples resultados de ese fraccionamiento. Estos son **recombinados según fórmulas específicas** para obtener nuevos productos —los llamados **engineered food** o alimentos fabricados (y por supuesto otros nuevos productos no alimentarios) (18). Dos ejemplos de alimentos fabricados son la fructuosa o jarabe de maíz y el aspartamo, ambos substitutos del producto natural azúcar, el primero reconstituido en base a elementos extraídos de la biomasa y el segundo sintetizado a partir de amino-ácidos, el primero fabricado por firmas almidoneras y el segundo por empresas químicas y farmacéuticas (3,16,25). Estas últimas están haciendo inversiones considerables en la producción y valorización de micro-organismos, es decir en la biotecnología. Su intención es de utilizarlos en la industria petrolera, química fina, farmacéutica y en la producción de alimentos formulados, productos fitosanitarios y semillas para la agricultura (18,24,41,42).

Lo anterior muestra que el concepto de "sistema agroalimentario mundial" cambia por su parte de contenido en la medida en que las fronteras entre lo agroalimentario y otras ramas industriales se van debilitando y que los agentes dominantes en la fabricación de alimentos ya no son sólo las grandes firmas alimentarias y agroindustriales como sucedía hasta mediados de los años 70. Una característica de estas ramas ha sido la baja asignación de recursos I-D en comparación con otras ramas (2, p. 45) y es una prueba más que el liderazgo es asumido por empresas químicas y

farmacéuticas, las cuales están por lo demás empeñadas en una dura competencia entre ellas tratando de conservar mercados y de ganar otros nuevos como el de la biotecnología. Esto no significa que no existan algunas empresas alimentarias que están participando activamente en la lucha por la reestructuración capitalista a raíz de la crisis que ha afectado la economía mundial. Se trata de aquellas que conforman el complejo almidonero-cerealero de Estados Unidos (por ejemplo Cargill, C.P.C. y otras) y algunas de las gigantes europeas como Unilever.

La lucha se da también entre países y bloques de países. Los intereses agrícolas y alimentarios contrapuestos de Estados Unidos, la primera potencia alimentaria mundial, y de la C.E.E. que emerge también como potencia en plano internacional. Japón queda en una posición débil en este plano debido a su dotación limitada de recursos agrícolas, aunque en el campo de la biotecnología se encuentra en posición de fuerza. Los países en desarrollo se encontrarán en mayor inferioridad aún, en la medida en que los precios internacionales bajan reflejando los cambios tecnológicos que permiten a los países industrializados de substituir productos agrícolas y alimentos antes importados, transitar hacia una mayor autosuficiencia alimentaria y exportarlos a su vez a países del Tercer Mundo en crisis alimentaria. Es decir, que los mercados tradicionales de exportación para estos últimos se destabilizarán quizás en forma definitiva como en el caso del azúcar. Otros productos sustituibles por vías biotecnológicas en un futuro próximo son el café, el cacao sin contar la carne, leche, cereales y otros productos de clima templado en los cuales los países industrializados son cada vez más autosuficientes.

Sin embargo, el enfoque metodológico centrado en lo agroalimentario conserva aún validez **parcial** en cuanto la reestructuración económica actual no afecta igualmente a todos los sistemas o líneas de productos agrícolas. Resulta evidente que es más válido hablar de "sistema bananos" que de "sistema azúcar" porque el primero posee una serie de fases y de agentes claramente identificables como "agroalimentarios" mientras que en el segundo las fronteras entre lo alimentario y lo químico y otras ramas industriales se van desvaneciendo y que asimismo los agentes intervienen en los diversos eslabones o fases del sistema no son sólo "alimentarios". Por supuesto que la obsolescencia de ciertas cadenas alimentarias es más válido para los países industrializados que para México donde el análisis del sistema azúcar tiene todavía vigencia (3, Cap. I).

### ¿Qué biotecnología para México?

Esta modernización heterogénea se debe en buena medida a la transposición del padrón agro-alimentario occidental. En la agricultura mexicana coexisten dos sectores dialécticamente relacionados entre sí: la agricultura

comercial ligada generalmente a las explotaciones medianas y grandes, cuya producción se orienta principalmente a la transformación industrial y/o a la exportación; la agricultura **campesina** —sobre todo la ejidal y de comunidades— con exigua disponibilidad de tierra, recursos técnicos y crédito cuya producción principal son los alimentos básicos de los cuales una parte va al mercado, y la otra es autoconsumida. De hecho una parte importante de los campesinos no posee tierra y vive de "allegada" en minifundios incapaces de proporcionar trabajo productivo durante todo el año, ni siquiera a los propietarios y a sus familiares (6).

La modernización heterogénea de la agricultura latinoamericana involucra dos dinámicas diferentes: mientras crecen las producciones comerciales se estacan las de alimentos básicos y el resultado global es la pérdida de la **autosuficiencia** y de la **seguridad alimentarias**. Para el conjunto de la región las importaciones agrícolas crecen en un 8% anual en los años 70, mientras que en la década anterior lo hacían a un ritmo muy inferior, a 3% anual. Pero más grave aún es el estancamiento relativo de las exportaciones agropecuarias en los años 70: sólo crecen a un 2.8% anual. En 1983-84 las importaciones de cereales —trigo, maíz, sorgo especialmente— ascienden a la suma de 24 millones de toneladas (contra sólo un promedio anual de 5.5. en la década de los 70). La dependencia alimentaria se manifiesta también en los déficit regionales de aceite y productos lácteos entre otros (8).

México no se aparta mucho de los pormedios regionales. En efecto, según un estudio de SARH-CESPA el auge agropecuario se produce entre 1940 y 1966, período en que el crecimiento de la producción fue superior al de la población; la producción agrícola aumentó en casi 300% y se duplicó en términos de producto por habitante. Desde 1966 la tendencia se revierte: el ingreso agropecuario que había crecido en 5.2% en el período anterior, desciende a 2.6% anual entre 1966 y 1982 (7). En 1981 la balanza comercial agrícola registró resultados negativos por primera vez y las importaciones, sobre todo de granos superaron, pese a ciertos aumentos de producción favorecidos por el SAM, los 10 millones de toneladas. El sector agrícola, más que el ganadero, entra en recesión que afecta con fuerza a la agricultura ejidal productora de granos básicos. Una parte excesiva de tierras está dedicada a la ganadería extensiva, mientras que 1,422.899 productores campesinos —es decir un 55.7% del total de productores— han sido calificados por CEPAL como de infra-subsistencia (6). Por su parte el PRONAL señala que 19 millones de mexicanos presentaban graves déficit en sus consumos de calorías y de proteínas; de éstos, 13 millones habitaban en áreas rurales (31).

En el caso de la agroindustria mexicana se da igualmente una heterogeneidad estructural considerable que afecta al conjunto de la industria de la región (2). La CEPAL distingue tres estratos tecnológicos según produc-

tividad por hombre ocupado: los estratos modernos, intermedio y primitivo. Aunque no hay datos desagregados por ramas y clases industriales la heterogeneidad de la agroindustria nacional es probablemente mayor que en el resto de la industria. El desarrollo de agroindustrias pequeñas y medianas, en manos de asociaciones de campesinos y de productores resulta hasta hoy una meta no alcanzada, aunque no inalcanzable, dentro de una nueva política de **desarrollo más endógeno**, que el sector agrícola tradicionalmente postergado frente a la industria y el comercio, juegue un papel diferente a base de una **estrategia de autosuficiencia alimentaria** y con introducción de biotecnologías en la agricultura y la agroindustria.

La primera pregunta a hacerse es la siguiente: ¿cuál es el estado actual de la biotecnología en el país? En efecto, si no existe un cierto **potencial científico-tecnológico** no es posible pensar en el desarrollo de una biotecnología en forma más autónoma y que ayude a poner en práctica con participación efectiva de los campesinos productores de granos básicos, la autosuficiencia en alimentos básicos dentro de una estrategia de desarrollo alternativo capaz de romper el bloqueo en que la economía está ahora sometida. Felizmente, este país se encuentra en situación relativamente favorable: está en condiciones de entrar en una fase de una cierta maestría tecnológica, al menos en lo que toca a ciertos rubros biotecnológicos (9,32,34,44,45).

Algunos principios básicos de una **política biotecnológica nacional** son los siguientes. En primer lugar, no es posible lanzarse en el desarrollo simultáneo de todas las biotécnicas posibles. Lanzarse en una lucha en todos los frentes con los países industrializados no tiene sentido pues la batalla está perdida de antemano. En efecto, la falta de un potencial científico-tecnológico comparable, la escasez de capitales y la diversa disponibilidad en recursos naturales y humanos, exigen una política tecnológica distinta para cada una de las cadenas o sistemas agro-alimentarios —como asimismo para los sistemas productivos campesinos— y según prioridad asignada por un plan alimentario nacional a cada uno de los productos alimenticios. Es decir que el "sendero tecnológico" que se busca recorrer es distinto del que recorren ya los países industrializados.

Un segundo principio básico de una política biotecnológica nacional se refiere a la **valorización de subproductos agropecuarios y agroindustriales**. No hay que olvidar lo que se dijo má arriba sobre la substitución, por nuevos productos biotécnicos, de materias primas y alimentos antes importados del Tercer Mundo por los países industrializados. Por lo tanto el "sendero tecnológico" a recorrer por países como el nuestro consiste en desarrollar biotécnicas a partir de las materias primas que abundan en ellos —por ejemplo productos tropicales como azúcar, yuca, forestales, etc.— y de los subproductos de primera y segunda transformación industrial que lamentablemente son hasta ahora desaprovechados en gran medida.



Un tercer principio tiene relación con el tipo de planificación puesto en práctica por el Gobierno cuyo rol es indiscutible en este dominio. Si éste no aplica una planificación centralizada y sólo sectorial todo plan de autosuficiencia agrícola y alimentaria estará fracasado de antemano. En efecto, si se desea movilizar no sólo a productores medianos y grandes con mentalidad comercial, sino también a campesinos ejidatarios y de comunidades, cuya motivación es más bien de subsistencia familiar y social, se requiere un proceso de **descentralización** de la planificación **por regiones y por sistemas productivos** (que combinan varias cosechas con la producción animal y aun forestal) y a la vez la concertación con estos productores campesinos en base a su participación efectiva en los planes regionales.

Tratemos de ser algo más específicos. El PRONADRI aprobado en 1983 por el Gobierno propone efectivamente una estrategia de desarrollo agropecuario y forestal centrada en lograr para 1988 una mayor autosuficiencia alimentaria. Según este programa los principales déficit en 1985 eran los siguientes (en miles de toneladas): **agrícolas**: arroz 143, maíz 3,125, aceites y grasas vegetales 354, pastas oleaginosas 987 y sorgo 2647; **pecuarios**: leche 1,750; **forestales**: trocerías para escuadría 1,145, trocería para celulosa 930, trocería para chapa y triplay 358 (estos últimos en miles de metros cúbicos en rollo) (30).

Según el mismo plan, para 1988 se logrará la autosuficiencia en arroz y maíz entre los productos agrícolas, pero siempre se producirían déficit en alimentos para ganado (sorgo, pastas de soya) y en aceites vegetales, en leche, y también productos forestales aunque el déficit disminuiría considerablemente. Los déficit se explicarían en el caso de los alimentos para animales porque según el PRONAL, cuyas metas siguió el PRONADRI, debería asegurarse un mayor consumo de aves para la población mexicana. La estrategia consiste, sobre todo para el maíz donde se centra el mayor esfuerzo para la autosuficiencia nacional, en la incorporación de nuevas áreas de cultivo en base a obras menores de riego y en el aumento bastante sensible de los rendimientos, lo que no es fácil de obtener.

El plan no menciona explícitamente la biotecnología. Un plan coherente debería atacarse a reducir los déficit de sorgo y soya y asimismo de leche. Para los dos primeros la biotecnología podría hacer grandes aportes: tratamiento de subproductos del azúcar —cuya productividad podría incrementarse en base a nuevas variedades y resolver así un problema social agudo. El bagazo y las melazas por ejemplo pueden ser fuente de proteínas unicelulares y de otros ingredientes de los alimentos balanceados para aves, ahorrándose así las importaciones de oleaginosas; ésto sin contar otros subproductos agroindustriales como el etanol. La introducción del cultivo de yuca en el área del Golfo de México —donde según estimaciones podría cultivarse hasta 600,000 hectáreas— reemplazaría totalmente las

importaciones de sorgo (44). La adaptación de "contra-paquete tecnológicos" —distintos a los ofrecidos por las empresas transnacionales— para los sistemas productivos campesinos, que pueden articular granos básicos con ganadería, o con producción forestal, serían probablemente mejor acogidos que planes anteriores centrados en un sólo producto. En fin, las posibilidades forestales de México son inconmensurables si se racionaliza la producción hoy destructura de los bosques, si se aprovechan las puntas y ramas para fabricar celulosa —en lugar de los troncos como se hace hoy— y si se introducen las técnicas de tejido de cultivos para reproducir las millones de plantas necesarias para la reforestación.

Hasta aquí llega este ensayo rápido que ha querido abrir algunas perspectivas tanto teóricas como prácticas a raíz del desarrollo actual de biotécnicas y su aplicación a la producción agrícola e industrial dentro de las cadenas o sistemas alimentarios en nuestros países y del sistema agroalimentario mundial en su conjunto. El análisis da luz sobre que no sólo grandes cambios se operan en la actual división internacional del trabajo sino que además ciertos enfoques teóricos y metodológicos exigen ser revisados con cuidado para llevarlos a captar la nueva realidad en continua transformación.

En lo que toca a la adopción de nuevas biotécnicas en México el análisis nos lleva a recomendar su aplicación en aquellas áreas donde resulta factible y beneficioso debido a la disponibilidad abundante de ciertos recursos naturales con potencial biotecnológico. Por supuesto todo esto en función de un proyecto de desarrollo más autosustentado y con seguridad alimentaria nacional y dentro de los límites impuestos en ciertos casos por la falta de capacidad científica y tecnológica y a menudo de capital.

Pero también se plantea una nota de reserva frente al entusiasmo excesivo de medios intelectuales que caen en la trampa de la publicidad de los países industrializados que evidentemente desean ampliar sus mercados hacia el Tercer Mundo y particularmente hacia México. En verdad la nueva biotecnología no obra por arte de magia ni trae necesariamente grandes beneficios. Su transferencia indiscriminada y bajo control de los intereses transnacionales del norte, contradictorios a menudo con los del sur, podría acarrear muchas consecuencias negativas y aumentar la dependencia de los segundos respecto a los primeros y bloquear así aún más su desarrollo.

Les toca a países como México que cuentan con cierta capacidad científica tecnológica demostrar que es posible implementar un programa biotecnológico que evite los escollos señalados más arriba, escogiendo un sendero propio de desarrollo tecnológico, sin fatalismos respecto al retraso que hoy lo aqueja. Esto es más factible puesto que la biotecnología es la única de las nuevas tecnologías que requiere relativamente menor cantidad de inversiones de capital, sobre todo en lo que toca al cultivo de tejidos. Debe por lo tanto reaccionar en forma a la vez previsora y audaz mediante

estrategias a corto, mediano y largo plazo, capaces de aprovechar utilmente y para beneficio propio esta revolución de los genes. El desafío es grande pero aún se está a tiempo de reaccionar y de construir.

#### BIBLIOGRAFIA

1. ABELSON Phillip H. (editor), **Biotechnology and biological frontiers**, The Association for the Advancement of Science, Washington, 1984, 516 p.
2. ARROYO Gonzalo, RAMA Ruth y RELLO Fernando, **Agricultura y alimentos en América Latina. El poder de las transnacionales**, UNAM-ICI, México, 1985, 267 p.
3. ARROYO Gonzalo y ARIAS Salvador, **Biología: perspectivas de la industria azucarera en México**, UAM-Xochimilco, México, 1986, 76 p.
4. Business Intelligente Program, **Biotechnology and Agriculture**, Report 707, Otoño 1984, 68 p.
5. Centre for Science and Technology Development, "Tissue culture Technology and development" en **ATAS Bulletin**, No. 1, Naciones Unidas, Nueva York, nov. 1984, 93 p.
6. CEPAL, **Economía campesina y agricultura empresarial (Tipología de productores del agro mexicano)**, Siglo XXI, México, 1982, 113 p.
7. CESPASARH, **El desarrollo agropecuario de México**, Tomo VII, "El ingreso y su distribución", Proyecto de Cooperación SARH-ONU/CEPAL, México, agosto 1984.
8. CHONCHOL Jacques, **L'évolution de l'agriculture latino-américaine de 1950 a 1980: Croissance, modernisation et marginalisation des paysans**, Institut des Hautes Etudes de l'Amérique latine, Univ. de Paris III, mars 1985, 62 p.
9. COSNET/SEP, **La investigación en biología y bioingeniería**, SEP, México, 1984, 421 p.
10. DOMIKE Arthur L. y BARRACLOUGH Solon L., "La estructura agraria en siete países de América Latina" en FLORES Edmundo (comp.), **Desarrollo agrícola**. Fondo de Cultura Económica, México, 1980, pp. 159-184.
11. DOMIKE Arthur L. y RODRIGUEZ Gonzalo, **Agroindustria en México. Estructura de los sistemas y oportunidades para empresas campesinas**, CIDE, México, agosto 1976 (mimeo).
12. DOROZYNSKI Alexandre, "Les technologies les plus récentes: Le Tiers-Monde sera-t-il pedant dans la course á la biotechnologie?" en CERES, No. 102, FAO, Roma, 1984.
13. EMMANUEL Arghiri, **Technologie appropriée ou technologie sous-développée** Presses Universitaires de France-IRM, Paris. 1982, 200 p.
14. FERNANDEZ Luis María y TARRIO GARCIA María, **Ganadería y estructura agraria en Chiapas**, UAM-Xochimilco, México, 1983.
15. FOWLER Cary, "Applications to animals, problems and potentials" en **ATAS Bulletin**, op. cit., pp. 223-26.
16. GLECKMAN Harris Ralph, **Political, economic, social framework for the analysis of food system: a sugar case study**, Ph D. Thesis, Brandeis University, University Microfilms International, 1982, 359 p.
17. HAYAMI Yuhiro y RUTTAN Vernon, **Agricultural development: an international perspective**, John Hopkins Press, Baltimore, 1971.
18. JANET C., GORSE P. y BOUQUERY J. M., "Le rôle des grandes entreprises diversifiées du pétrole et de la chimie dans la production alimentaire en **Economies et Sociétés**, Série AG No. 18, Presses Universitaires de Grenoble, 1985, pp. 243-284.
19. Kenney Martin y BUTTEL Frederick, "Biotechnology: Prospects and dilemmas for Third World development" en **Development and Change**, Vol. 16, 1985, pp. 61-69.

20. KNORR Dietrich y SINSKEY Anthony J., "Biotechnology in food production and processing" en **Science**, Vol. 229, 20 sept. 1985, pp. 1224-1229.
21. LALL Sanjaya, "Los países en desarrollo y un nuevo orden tecnológico internacional" en **Comercio Exterior**, Vol. 33, No. 1, México, enero 1983.
22. MADEUF Bernadette, **L'ordre technologique international**. Notes et Etudes documentaires, La Documentation Française, París, mayo 1983.
23. MALASSIS Louis, **Economic Agro-alimentaire**, Cujas, París, 1979, 437 p.
24. MOONEY Pat R., **Pour un droit les semences**, Réseau des O.N.G. européennes por les questions agro-alimentaires, París, 1983.
25. MOUNIER Alain y BYE Pascal, "Protéines et acides aminés" y "Produits sucrants et édulcorants" en **Les futurs alimentaires et énergétiques des biotechnologies**, Economies et sociétés, Cahiers de l'Ismea, P.U.F.Paris, 1984, pp. 9-106 y 107-210.
26. Office of Technology Assessment, **Commercial biotechnology: an international analysis**, Washington , 1984.
27. OMAN Charles, "New forms of investment in developing countries" en MORAN Theodore H. (ed), **Investing in Development**, Overseas Development Council, Washington D.C., 1986.
28. PERRIN Jacques, **Les transferts de technologie**, Editions La Découverte Paris, 1983, 119 p.
29. PIÑEIRO Martín y TRIGO Eduardo, **Procesos sociales e innovación tecnológica en la agricultura de América Latina**, IICA, San José, 1983, 567 p.
30. Poder Ejecutivo Federal, **Programa Nacional de Desarrollo Rural Integral 1985-1988**, SARH, México, abril 1985, 186 p.
31. Poder Ejecutivo Federal, **Programa Nacional de Alimentación 1983-1988**, SPP, oct. 1983, 291 p.
32. QUINTERO RAMIREZ, Rodolfo (compilador), **Prospectiva de la biotecnología en México**, Fundación Javier Barros Sierra-CONACYT, México, 1985, 499 p.
33. REYES OSORIO Sergio, STAVENHAGEN Rodolfo y ECKSTEIN Salomón, **Estructura agraria y desarrollo agrícola**, Fondo de Cultura Económica, México, 1973.
34. ROBERT Manuel L., "El cultivo de tejidos vegetales en México" en QUINTERO RAMIREZ, Rodolfo (comp.), op. cit. pp 367-393.
35. RUIVEKAMP Guido, **Biotechnology: the production of new relations within the agroindustrial chain of production**. Universiteit van Amsterdam, 1984, 38 p.
36. de ROSNAY Jean, **Biotechnologies et Bio-industrie**, La Documentation Française, París, 1979, 591 p.
37. SABATO Jorge A. y MACKENZIE Michael, **La producción de tecnología. Autónoma o transnacional**, ILET-Nueva Imagen, México, 1982, 289 p.
38. SASSON Albert, **Las biotecnologías, desafíos y promesas**, UNESCO, París. 1983.
39. SCHUMACHER E.F., **Small is beautiful**, Perennial Books, New York, 1975, 305 p.
40. SWAMINATHAN M.S., "Problems and potentials Tissue culture and agriculture" en **ATAS Bulletin**, op. cit., pp. 14-19.
41. United Nations Centre on Transnational Corporations, **Transnational corporations in biotechnology**, Report by UN/Consultant, Nov. 1984.
42. U.S. Department of Commerce, **Biotechnology. High technology industries: profiles and outlooks**, Washington D.C., julio 1984, 217 p.
43. VIGORITO Raúl, **Criterios metodológicos para el estudio de complejos agroindustriales**, ILET, México, 1977 (mimeo).
44. VINIEGRA GONZALEZ Gustavo, "La biotecnología en la industria alimentaria" en QUINTERO RAMIREZ Rodolfo, op. cit., pp. 115-130.
45. VINIEGRA GONZALEZ Gustavo, "La biotecnología: oportunidades y limitaciones" en **Estudios de Casos**, Serie Economía Internacional, No. 1, pp. 131-164.