

1

B

**Breviarios de la Investigación**

El desarrollo  
de la biotecnología:  
desafíos para la  
agricultura  
y la agroindustria

Gonzalo Arroyo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XICOMILCO, División de Ciencias Sociales y Humanidades

El desarrollo  
de la biotecnología:  
desafíos para la  
agricultura  
y la agroindustria



Universidad  
Autónoma  
Metropolitana  
Unidad Xochimilco

# El desarrollo de la biotecnología: desafíos para la agricultura y la agroindustria

La primera versión de este trabajo fue presentada en el Seminario "Revolución Tecnológica y Empleo", organizado por la Secretaría del Trabajo, la Secretaría de Comercio y Finanzas, y la OIT y realizada en noviembre de 1984 en la Ciudad de México.

Doctor GONZALO ARROYO  
Profesor Invitado UAM-XOCHIMILCO  
Maestría de Desarrollo Rural  
México, agosto 1985.

**Universidad Autónoma Metropolitana**

**Rector general, doctor Oscar González Cuevas**  
**Secretario general, ingeniero Alfredo Rosas Arceo**

**Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco**  
**Rector, arquitecto Roberto Eibenschutz Hartman**  
**Secretaria, licenciada Cesarina Pérez Pría**

**División de Ciencias Sociales y Humanidades**  
**Director, maestro Gilberto Guevara Niebla**  
**Secretario académico, licenciado Federico Novelo**  
**Urdanivia**  
**Responsable de las publicaciones DCSH licenciada**  
**Ma. Eugenia Ayala**

**D.R.© 1986, Universidad Autónoma Metropolitana**  
**Universidad Autónoma Metropolitana**  
**Unidad Xochimilco**  
**Calzada del Hueso 1100**  
**Col. Villa Quietud, Coyoacán**  
**C.P. 04960 México, D.F.**

**ISBN 968-840-396-2**  
**Impreso y hecho en México.**

# Indice

<b>Presentación</b>	<b>9</b>
<b>Introducción</b>	<b>11</b>
<b>Breve descripción de la nueva biotecnología</b>	<b>13</b>
<b>Biotecnología y agricultura: las perspectivas</b>	<b>18</b>
<b>Biotecnología y ganadería: las perspectivas</b>	<b>19</b>
<b>¿Quién controlará las biotecnologías?</b>	<b>21</b>
<b>Países en desarrollo: ¿ya perdieron la carrera?</b>	<b>27</b>
<b>Riesgos para la agricultura y agroindustria</b>	<b>31</b>
<b>América Latina: el desafío ineluctable de la biotecnología</b>	<b>35</b>
<b>Por una nueva estrategia agrícola y alimentaria: el rol de la biotecnología</b>	<b>38</b>
<b>Cuadros de concentración</b>	<b>47</b>

# Presentación

Con este primer número se inaugura la colección **Breviarios de la Investigación** cuyo objetivo es difundir el resultado de la investigación que se realiza en la División de Ciencias Sociales y Humanidades. Abregamos la esperanza de que este esfuerzo contribuya a lograr una mayor integración de nuestra comunidad universitaria y esperamos que esta colección sea un estímulo para los investigadores y un apoyo para los maestros, estudiantes y trabajadores que día a día pugnan por mejorar la calidad de la educación.

Gilberto Guevara Niebla

# Introducción

Sospecho que a la biotecnología, como sucede a menudo cuando una innovación aparece por primera vez, se le atribuyen a veces en forma excesiva toda clase de posibilidades y promesas. Esto con mayor razón si hay intereses comerciales de por medio como lo demuestra el verdadero bombardeo de proposiciones, consejos y facilidades a los países en desarrollo para que se lancen en la carrera biotecnológica. Pero este bombardeo no proviene sólo de empresas transnacionales y de otras más pequeñas surgidas en los años recientes en Estados Unidos y otros países industrializados. Están también las fundaciones privadas nacionales e internacionales y los profesionales organizados de nuestros países no quieren ser dejados de lado por los desarrollos científicos y tecnológicos que ocurren actualmente en los países avanzados.

Lo que se llama hoy *biotecnología* (o *nueva biotecnología*, para distinguirla de procedimientos, sobre todo de fermentación, casi tan antiguos como el hombre) es el conjunto de técnicas que usa sustancias vivas para fabricar o modificar un producto.<sup>1</sup> Las principales aplica-

<sup>1</sup> La definición de *biotecnología* presenta dificultades, según se la considere como resultante de la aplicación agrícola e industrial de la ingeniería genética, o ampliada a todos los procesos industriales que utilizan como materia prima la biomasa (toda materia orgánica que crece por conversión de fotosíntesis de la energía solar). Según la Federación Europea de Biotecnología ésta permite, gracias a la aplicación integrada de los conocimientos y las técnicas de la bioquímica, de la microbiología, de la genética y de la ingeniería química, sacar provecho en el plano tecnológico de las propiedades y capacidades de los microorganismos y del cultivo de tejidos (Albert Mason, *Las biotecnologías desafíos y promesas*. París, UNESCO. 1983, p. 11).

ciones de las biotécnicas se dan en el campo de la agricultura y el de la agroindustria, como ya se dijo, pero también en los de la energía, la salud, la industria química, la minería y, por último, en la preservación y mejoramiento del medio ambiente. En esta presentación nos preocuparemos básicamente de la agricultura y la fabricación de alimentos.

Se puede afirmar que en las últimas décadas hubo cuatro saltos cualitativos en el desarrollo biotecnológico.<sup>2</sup> Éstos son: la ingeniería de fermentación y la ingeniería enzimática, que han aumentado su productividad bajando los costos de producción y el consumo de energía, mediante el uso de nuevas cepas de bacterias y otros microorganismos y utilizando equipos de producción en continuo; los progresos de la ingeniería genética, potencialmente capaz (después de la identificación del ADN y de la separación y clonaje de los genes en microorganismos) de hacer recombinaciones genéticas para obtener mejores variedades, razas animales e incluso nuevas especies vegetales y animales y, finalmente, el cultivo de tejidos en laboratorios que, en forma más rápida que las técnicas tradicionales de selección y cruzamiento, ofrece resultados convincentes en el mejoramiento de plantas y sobre todo en el aumento de sus rendimientos.

<sup>2</sup> Hay infinidad de obras que describen en forma técnica los diversos aspectos de la biotecnología. Una buena síntesis, escrita en un lenguaje accesible, es la obra citada de A. Masson. Una publicación reciente que incluye los últimos avances en el cultivo de tejidos es *Tissue Culture*, ATAS Bulletin, Nueva York, Naciones Unidas, oct. 1984. Otra que analiza las implicaciones económicas es *Commercial Biotechnology, An International Analysis*. Congress of the United States, office of Technology Assessment Washington, D.C., jan. 1984.

## Breve descripción de la nueva biotecnología

Se podría considerar que la nueva biotecnología se inició en 1953 cuando se fijó el modelo de la doble hélice como estructura del ADN (un polímero no proteico) y se precisó que sus porciones son los genes, en los cuales está inscrito el patrimonio genético de las sustancias vivas. Con posterioridad, en 1966, se estableció el código genético completo inscrito en el ADN y se aislaron enzimas ligasas capaces de unir cadenas de ADN o cromosomas y de cortar moléculas de ADN en sitios específicos para lograr transferir o clonar ciertos genes en cualquier bacteria. En 1977 se creó la primera industria de ingeniería genética (Genentech) y ya en 1983 apareció en el mercado la insulina humana, primer producto fabricado por bacterias a las cuales se les ha clonado el gene humano de la insulina.

Desde entonces se han multiplicado las investigaciones y los éxitos en la manipulación genética, gracias a los avances de la biología celular y molecular, sobre todo en lo que respecta a las bacterias. La aplicación comercial se ha dado en un principio en el campo de los medicamentos humanos y en la fabricación de productos que la química de especialidades no podía sintetizar. La técnica de ADN recombinante se ha potenciado con el desarrollo de los anticuerpos monoclonales (ACM's), técnica capaz de inmortalizar células individuales productoras de anticuerpos. Estas son fusionadas en laboratorio con células de mieloma tumeroso; los ACM's resultantes no sólo pueden ser producidos a escala individual, con aplicaciones clínicas importantes, sino además permiten purificar e identificar los nuevos productos de la recombinación genética.<sup>3</sup> Tal como afirma Dorozynski, el hombre se asemeja hoy a Prometeo, ya que es posible pensar que los genes considerados benéficos pueden o podrán ser transferidos de

<sup>3</sup> *Commercial Biotechnology*. op. cit., pp. 38-44.

una planta a otra, de un animal o otro, de una planta a un animal, o viceversa.<sup>4</sup>

Es cierto que la ingeniería genética se ha centrado hasta ahora en el tratamiento de bacterias y levaduras y en experimentos con animales. Pero la rentabilidad económica, como se dijo, conduce hacia la medicina humana de tal modo que muchos genes humanos (y animales) han sido identificados y pueden ser reconstituídos en laboratorio gracias a aparatos sintetizadores de genes, automatizados y computarizados. Esto sucede 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. Por cierto, los primeros avances cualitativos en el caso de las plantas han sido producto del uso de técnicas de cultivo de tejidos y fusión de células vegetales (y animales), mismas que no requieren de la previa identificación y discriminamiento de los genes específicos, pero que en caso de hacerse resultarían muy potenciadas con ello.<sup>5</sup>

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, etcétera) en un medio nutricional adecuado se postuló hace ya algún tiempo. En los años 40 se logró regenerar zanahorias y tabaco en laboratorio y más tarde, a fines de los años 50, se obtuvieron, como resultado de la regeneración de tabaco, plantas con características distintas en cuanto al crecimiento de las raíces o de los brotes, según las dosis de nutrientes utilizadas. Estos dos descubrimientos permitieron el desarrollo de técnicas de regeneración con base en el cultivo de meristemos, célu-

<sup>4</sup> Alexandre Dorozynski, "Les technologies les plus récentes: Le Tiers-Monde sera-t-il perdant dans la course a la biotechnologie?" CERES, núm. 102, FAO, Roma, 1984.

<sup>5</sup> M.S. Swaminathan, "Problems and potentials... Tissue culture and agriculture", ATAS Bulletin, vol. 1, núm. 1, Nueva York, Naciones Unidas, pp. 14-19. La descripción siguiente está tomada básicamente de este trabajo.

las somáticas, embriones, estambres y fusión de protoplasmas.

El cultivo de meristemos está más avanzado y permite la producción acelerada de plantas genéticamente uniformes y libres de virus. Esta técnica se utiliza para la reproducción de papas y otros tubérculos como la mandioca, de flores como la orquídea y la rosa, y de especies forestales. El cultivo de células somáticas acelera la reproducción de las plantas, pero en el proceso pueden ocurrir mutaciones fenotípicas (como en el caso del tomate, el trigo y la caña de azúcar) o mutaciones monogénicas. Esto es importante en la búsqueda de resistencia genotípica a la salinidad o a la alcalinidad, en el caso del tabaco y el arroz, por ejemplo.

El cultivo *in vitro* de embriones facilita la introducción de características benéficas de variedades silvestres mediante la hibridización con plantas cultivadas y permite además acelerar la germinación lenta de ciertas semillas, como es el caso de algunos forestales.

El cultivo de estambres se desarrolló a partir de los años 60. Éste acelera la reproducción y logra mayor eficacia en la selección de variedades porque se parte del polen (una sola serie de cromosomas) en vez de la selección de mutantes en la reproducción sexual, que puede tardar cinco o seis generaciones.

El cultivo de protoplastos y la fusión celular también permiten obviar la reproducción sexual para obtener híbridos entre especies diferentes. Esta técnica se aplica con éxito a partir de protoplastas aislados en el caso de la papa y con más dificultad en el de los cereales. Es indudable que en los próximos años, cuando se comprenda mejor la organización de los genes en las plantas superiores, se podrán aislar secuencias con efectos en la productividad vegetal y las técnicas de cultivos de tejidos darán un salto cualitativo.

Las biotécnicas de fermentación utilizan bacterias, virus, hongos filamentosos, levaduras y algas unicelulares. Estos microorganismos poseen una velocidad metabólica muy alta debido a su dimensión microscópica que ofrece una superficie de contacto considerable con el producto

tratado. De este modo, la productividad se aumenta muchas veces: una res de 500 kilos puede producir 1/2 kilo de proteína en 24 horas, mientras que 500 kilos de microorganismos cultivados en fermentación pueden fabricar de 5 a 50 toneladas en el mismo tiempo.<sup>6</sup>

Los avances de los procesos de fermentación están basados en gran medida en el desarrollo, 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 en el caso del ácido glutámico o la licina que antes se extraían de materias primas mediante procedimientos muy costosos.<sup>7</sup> Las fermentaciones microbianas tienen además la ventaja de ahorrar mucha energía pues usan a menudo procedimientos suaves, es decir que no requieren las altas temperaturas necesarias para las que se hacen con procedimientos tradicionales.

La fermentación consiste en la multiplicación de microorganismos en un sustrato biológico que les sirve de alimento (glucosa, almidón, diversas biomásas de carácter celulósico, etcétera). Las fases tradicionales del procedimiento industrial comprendían el proceso de fermentación propiamente dicho y luego la extracción y purificación del producto obtenido. Los métodos de bioreactores en continuo se han introducido luego de lograr la fijación de los microorganismos en un sustrato. Esto evita la contaminación del producto final por los mismos microorganismos.

<sup>6</sup> J. de Rosnay, *Biotechnologies et Bio-industrie*, París, La Documentation Française, 1979.

<sup>7</sup> Ver los estudios de Alain Mounier y Pascal Bye, "Protéines et acides aminés" y "Produits sucrants et edulcorants" en *Les futurs alimentaires et énergétiques des biotechnologies*, Economies et Sociétés, Cahiers de l'ISMEA (Hors série núm. 27). París, P.U.F., 1984, pp. 9-106, 107-210.

mos y la conservación de éstos después de cada proceso productivo.<sup>8</sup>

La eficacia de las fermentaciones aumenta considerablemente con el desarrollo de la *ingeniería enzimática*. Las enzimas, moléculas "activas" de los microorganismos, se utilizan para facilitar y acelerar las reacciones químicas puesto que cada una de ellas tiene un poder catalizador específico. La enzima no sufre ningún cambio en la reacción química que cataliza y por lo tanto se reutiliza en la célula viva. Sin embargo, si en el proceso industrial se la extrae de la solución después de la reacción, el procedimiento resulta costoso. La fijación de enzimas en un soporte mecánico permite conservarlas y hacer circular "en continuo" la solución a través de las enzimas inmovilizadas; es la técnica revolucionaria de

<sup>8</sup> Sin embargo, Pascal Bye pone una nota de atención: "Las biotécnicas utilizadas hoy en la producción de los grandes productos intermedios siguen siendo en lo esencial, técnicas de fermentación. Ya se trate de aquellas aplicadas a la producción de alcoholes etílicos o metílicos, ya sea a la fabricación de la acetona o del butanol, estas técnicas han evolucionado poco en su fundamento desde su origen. La excepción sigue siendo la substitución de técnicas de hidrólisis ácida de materias amiláceas por la hidrólisis enzimática efectuada en continuo y a veces combinada con la fermentación alcohólica, es un verdadero cambio tecnológico. Es verdad que el tiempo de fermentación ha sido reducido en 25 a 40% en comparación con los métodos de fermentación discontinuos, que los volúmenes de las calderas han disminuido, que levaduras seleccionadas pueden mejorar la fiabilidad de los procesos y que su reciclaje una vez terminada la fermentación permite una reducción de los costos de funcionamiento, que las economías de energía gracias a la generalización de los métodos continuos en la fermentación, a la recompresión del vapor en la destilación, o aquellas esperadas en los procedimientos de acople fermentación-destilación, todo lo anterior deja augurar una mejoría sensible en los procesos industriales y en el ahorro de energía. Pero la fermentación se choca a dos obstáculos importantes que no han sido aún resueltos por las biotécnicas y limitan sus aplicaciones: la concentración en alcohol del caldo fermentado permanece débil debido a la inhibición de las capas en la medida en que avanza la fermentación; la extracción del alcohol contenido en los caldos fermentados se efectúa todavía por destilación y rectificación, dos operaciones costosas en inversiones y energía", en "Alcoochimie et Sucrochimie", *Ibid.*, pp. 304 a 305.

los bioreactores en continuo que comienza a utilizarse en forma industrial. Hoy en día, ya se emplean unas 20 enzimas en la producción, sobre todo de alimentos.

## Biotecnología y agricultura: las perspectivas

El uso de la biotecnología en la agricultura mejorará sin duda la producción agrícola, forestal y ganadera en los próximos años. Pese a que la mayoría de las aplicaciones industriales, y también las agrícolas, se encuentran aún en la fase de experimentación, se habla ya, con razón, de la "revolución de los genes", en contraposición a la llamada revolución verde de los años 50.<sup>9</sup> Los especialistas coinciden en que la agricultura proporcionará el mercado principal a los productos comerciales biotécnicos. Las estimaciones sobre las ventas de biotécnicas varían de 50 mil millones de dólares hasta 100 mil millones para el año 2 000, de los cuales un 25% al menos estaría destinado a la agricultura y a la ganadería, bajo forma de insumos (semillas y plantas, ganado mejorado, fertilizantes, pesticidas, productos de veterinaria).<sup>10</sup> Una publicación reciente propone las cifras que aparecen en el cuadro 1. (Ver págs. 45-47).

<sup>9</sup> La "revolución de los genes" es una expresión de Pat Roy Mooney, "Impact on the farm... The other side of the laboratory, en *ATAS Bulletin*, op. cit., p. 84.

<sup>10</sup> Entre los diversos informes destaca uno hecho al uso de grandes empresas, Business Intelligence Program, *Biotechnology and Agriculture*, Report 707, Fall 1984, y otro más técnico de David E. Goodman, *Biotechnology and Agriculture: A preliminary survey of implications for developing countries*, Report to the Social Impacts of Development Project, BRA/82/024, ILO/UNDP/CNRH, Brasilia, Brasil.

Con respecto al calendario de utilización de las nuevas variedades obtenidas por manipulación genética, una consulta hecha a 500 expertos arroja los resultados mostrados en el cuadro 2.

Los resultados en términos del rendimiento de las variedades mejoradas y de nuevas variedades que en los próximos años estarán a disposición de los productores son aún inciertos aunque, sin duda, mejorarán en forma espectacular. Con base en la manipulación genética, en los cultivos de tejido en sus diversas formas y en los métodos tradicionales de cruzamiento y mejoramiento de plantas, se trata no sólo de aumentar los rendimientos de las plantas superiores sino además de incorporarles genes de resistencia a plagas, de adaptabilidad a la sequía o a la salinidad, de capacidad para fijar el nitrógeno del aire. El cuadro 3 muestra algunas estimaciones de rendimientos futuros.

Otra ventaja adicional de las nuevas técnicas de mejoramiento de plantas, basadas en la variación monoclonal, es la disminución del tiempo para desarrollar una nueva variedad. Para el tomate el ciclo se reduce de los siete u ocho años que se usaban hasta ahora, a sólo tres o cuatro; para la remolacha, de catorce o quince años a siete u ocho; para la caña de azúcar de catorce a siete años y para el café que insumía entre quince y veinte años, ahora sólo se requiere de siete u ocho años. (Ver cuadro 3)

Todo lo anterior indica que los países en desarrollo, como México, pueden dar en los próximos años pasos decisivos para el aumento de la productividad de su agricultura, sobre la base de las nuevas biotécnicas.

## **Biotecnología y ganadería: las perspectivas**

El impacto del desarrollo biotecnológico en la ganadería mayor y menor se centrará sin duda en el mejoramiento de las razas, en el surgimiento eventual de nuevas razas y en el control de enfermedades por medio de vacunas

obtenidas por biotécnicas (contra la epizootia, contra la peste porcina, etcétera). También se desarrollará el uso de aditivos para alimentos, capaces de fomentar el crecimiento. Si esos esfuerzos son exitosos, podría disminuir la cantidad de alimentos requeridos para un mismo peso en carne.<sup>11</sup>

Sobre la crianza de ganado, hasta hace poco la inseminación artificial era la técnica más avanzada: con un sólo toro reproductor se podían fecundar hasta 100 000 vacas por año. La biotecnología introdujo, desde los años 70, la técnica de la *transferencia de embriones* de vacas que han recibido drogas de fertilidad capaces de aumentar la ovulación. Los óvulos se fertilizan mediante la inseminación artificial de esperma, luego se extraen de la vaca y se implantan mediante cirugía en otras vacas "portadoras". De este modo una vaca genéticamente superior puede producir de 50 a 60 crías por año sin dar a luz a ninguna. Es decir, que no sólo un toro de calidad superior puede producir 100.000 terneros, sino que además estos terneros del mismo padre serían dados a luz por sólo 2,000 vacas madres. Esto reduce en forma considerable los plazos de crianza y selección de animales y permite mejorar un hato ganadero en un solo ciclo. La limitación estaba en la dificultad de conservar los embriones u óvulos fecundados mediante congelación, pues la tasa de éxito baja con el uso de este procedimiento, que se emplea para lograr que las madres "portadoras" sean menos numerosas. Los embriones se deben transferir a animales cuyo ciclo reproductivo está en la misma etapa que el de la madre biológica. Una solución posible es el uso de hormonas que sincronicen el periodo de calor en las vacas "portadoras" con el de la madre. Esto permitiría bajar los costos de la operación, estimados en Estados Unidos

<sup>11</sup> Ver Cary Fowler, "Applications to animals, problem and potentials", *ATAS Bulletin*, *op. cit.*, pp. 56-58; *Business Intelligence Program*, *op. cit.*, pp. 6-21 y D.E. Goodman, *op. cit.*, pp. 23-26. Ver también el capítulo "Animal Agriculture" en *Commercial Biotechnology*, *op. cit.*, pp. 162-171.

entre 2 000 y 3 000 dólares por ternero, que resulta alto para ganado de hato. Estas técnicas se pueden aplicar en caballos, ovejas, puercos y otras especies animales.

## ¿Quién controlará las biotecnologías?

La pregunta sobre quién controlará las nuevas biotecnologías es de suma importancia para los países en desarrollo. En efecto, la aparición de las biotécnicas en el mercado es el resultado del progreso científico y tecnológico, en particular en las ciencias de la vida, y también es consecuencia de la crisis económica mundial que obliga a los agentes económicos en competencia a arriesgar más y a incorporar invenciones en la producción, que desde ese momento se transforman en innovaciones.

Nos enfrentamos al alza de los precios de los energéticos fósiles y de ciertos recursos naturales no renovables sobre los cuales hace presión la población mundial y en particular del Tercer Mundo, en crecimiento aún explosivo. A su vez, a pesar de sus éxitos en términos de productividad en Estados Unidos y otros países desarrollados, se hace cada día más visible el fracaso del *modelo agroalimentario occidental*. Dicho modelo consiste en una agricultura basada en el uso intensivo de insumos energéticos caros y escasos, en la destrucción del medio ambiente, ya que la agricultura se transforma en una verdadera "minería" de los nutrientes del suelo o de los recursos forestales y acuíferos, y lo que es más grave, en la persistencia y aun el incremento del hambre a nivel mundial, en contraste con los excedentes de productos agrícolas y de alimentos que los países desarrollados, en áspera competencia, lanzan al mercado.

Esto deprime los precios de las materias primas agrícolas y reduce en forma drástica los ingresos de los productores agrícolas de Estados Unidos y también, aunque en menor medida, de la CEE. Para estos agricultores es cada vez más difícil mantener los subsidios estatales, a raíz de los recortes presupuestarios ocasionados por la crisis así

como por los principios del neoliberalismo económico, contrarios a toda restricción a las fuerzas del mercado.

Los principales beneficiarios de la modernización de la agricultura producida a partir de los años 50 mediante la llamada revolución verde han sido las grandes firmas productoras de insumos para la agricultura, las comercializadoras a nivel mundial de granos y otras materias primas (sobre todo las firmas cerealeras) y las empresas fabricantes de productos alimenticios, diferenciados y publicitados en los mercados urbanos del mundo.

Estos alimentos de alto valor agregado no sólo están fuera del alcance de gran parte de la población de escasos recursos de los países en desarrollo sino que además tienen en ciertos casos un valor nutritivo escaso en relación con su precio de venta. En los países en vías de desarrollo la agricultura también se ha modernizado, aunque no lo ha hecho al ritmo de los países desarrollados.<sup>42</sup> Es decir que coexisten, relacionadas dialécticamente, dos agriculturas: la primera, ligada en general a las explotaciones medianas y grandes y cuya producción se orienta hacia la transformación agroindustrial o hacia la exportación y la segunda, que suele estar relacionada con las empresas campesinas con exigua cantidad de tierra, con pocos recursos técnicos y de crédito y cuya producción principal consiste en alimentos básicos de autoconsumo y para el mercado. Estos productores campesinos, cuyos ingresos son muy bajos, proveen de mano de obra barata a las explotaciones comerciales, sobre todo en tiempo de cosecha, ya que una parte considerable de los campesinos no posee tierra y vive de "allegada" en pequeñas explotaciones, incapaces de proporcionar trabajo productivo durante todo el año, aun al pequeño propietario y a su familia. Se estima, por ejemplo, que la fuerza agrícola migratoria que atraviesa la frontera de Estados Unidos

<sup>42</sup> Jacques Chonchol, *L'évolution de l'agriculture latino-américaine de 1950 à 1980: Croissance, Modernisation et Marginalisation des Paysans*, Institut des Hautes Études de l'Amérique Latine, Univ. de Paris III, marzo 1985, p. 62.

desde México asciende a más de 500 000 personas de las cuales un 80% proviene de comunidades rurales.

La modernización heterogénea de la agricultura latinoamericana perjudica al campesino e impide la autosuficiencia alimentaria: la tasa anual de importaciones pasa de 3% entre 1951-1961 a 8% entre 1969-1971 y 1978-1980. En contraste, el crecimiento de la producción agrícola para ese mismo periodo es de sólo 3.3% y el de las exportaciones de 2.8%.<sup>13</sup> Mientras que en la década de los 70 las importaciones de cereales alcanzaron un promedio anual de 5.5 millones de toneladas, en 1983-1984 éstas subieron a 24 millones de toneladas (12.6 millones de trigo, 10.2 de otros cereales como maíz y sorgo y 900 000 de arroz). La tasa de autosuficiencia en cereales para el conjunto de la región pasó de 102% en 1961-1965 a 97% en 1975 y a 91% en 1980.<sup>14</sup> Pero la dependencia alimentaria no se reduce exclusivamente a los cereales; se expresa también en las importaciones de aceites y de leche entre otras, provenientes en un 60%, no de países de la región, sino de los de la OCDE, sobre todo de Estados Unidos.

El caso de México no es muy diferente del resto de América Latina. La modernización de la agricultura con base en el modelo agroalimentario norteamericano ha orientado al sector capitalista hacia la producción para la exportación o para la transformación agroindustrial. Una parte importante de las tierras están dedicadas a la ganadería extensiva mientras que 1,422 896 de productores campesinos (55.7% del total) se mantienen en un régimen de infrasubsistencia, según la CEPAL.<sup>15</sup> A partir de mediados de los años 60 comenzó a bajar el ritmo de crecimiento de la producción agrícola, sobre todo en relación con las necesidades de consumo de la población. En

<sup>13</sup> *Ibid.*, pp. 17.

<sup>14</sup> *Ibid.*, pp. 18 a 20.

<sup>15</sup> CEPAL, *Economía campesina y agricultura empresarial (tipología de productores del agro mexicano)*, Siglo XXI, México, 1982, p. 113.

1981 la balanza comercial agrícola registró resultados negativos por primera vez en el siglo. En ese mismo año las importaciones agrícolas, sobre todo de granos, superaron los 10 millones de toneladas.<sup>16</sup>

El caso de México, que dejó de ser exportador de maíz para transformarse en importador, es un ejemplo significativo de los cambios que se están produciendo en la división internacional del trabajo en cuanto a la agricultura y los alimentos. Hoy, son los países desarrollados como Estados Unidos, Canadá, Australia y ciertas naciones de la CEE, los exportadores netos no sólo de cereales, sino además de carne, leche e incluso azúcar.<sup>17</sup> Por otra parte, hay que resaltar la dependencia de la agricultura y de la industria agroalimentaria en relación con el "paquete tecnológico" transferido sobre todo por los grandes conglomerados transnacionales a los países en desarrollo.<sup>18</sup>

<sup>16</sup> Según un estudio de SARH-CESPA el auge agropecuario de México se desarrolla entre 1940 y 1966, periodo en que el crecimiento de la producción fue superior al de la población: la producción agrícola aumentó casi 300% y se duplicó la producción por habitante. En 1981 el sector agropecuario registró un déficit de 1 825 millones de dólares en la balanza comercial, lo que agudizó los problemas de desequilibrio externo del país. Entre 1966 y 1982 el ingreso agropecuario sólo creció en 2.6% anual mientras que en el periodo anterior (1940-66) el aumento había sido de 5.2% anual. El sector agrícola ha entrado en mayor recesión en los últimos años y corresponde sobre todo al sector campesino productor de granos básicos. Ver *El desarrollo agropecuario de México*, Tomo VII. El ingreso y su distribución. CESPA. Proyecto de Cooperación SARH-ONU CEPAL. México, agosto 1984. Sobre la "ganaderización" de la agricultura, ver de Luis María Fernández y María Tarrío García, *Ganadería y Estructura Agraria en Chiapas*. México, UAM-Xochimilco, 1983.

<sup>17</sup> Sobre los cambios acaecidos en el comercio agroalimentario en detrimento de los países de América Latina, ver Raúl H. Green, *Amérique Latine: tendances et changements des échanges agro-alimentaires*, Institut Nationale de la Recherche Agronomique, Economie et Sociologie Rurales, París, marzo 1985.

<sup>18</sup> Gonzalo Arroyo, "Les agents dominants de l'agro-capitalisme dans la chaîne de production". Colloque Credimi-CNRS, Université de Dijon en *La gestión de recursos naturales d'origine agricole*, París, Librairies Techniques, 1983, pp. 61-82.

Dentro de esta cambiante división internacional del trabajo en la esfera agrícola y alimentaria, los países desarrollados aumentan su dominio, con la consecuente sobreproducción y baja de la rentabilidad para el agricultor. La biotecnología aparece entonces como una tabla de salvación para las grandes empresas transnacionales y para los Estados de los países desarrollados. El bloqueo que experimenta el modelo agroalimentario occidental se agrava, entre otras cosas, debido al alza de las tasas de interés que arruinan a los productores agrícolas endeudados por los altos precios de los insumos, en particular los energéticos y las maquinarias, necesarios para el modelo de agricultura intensiva adoptado. La biotecnología vendría entonces a reducir los costos de producción de los alimentos mediante un ahorro de energía y una valorización de la biomasa. Si mejoran la productividad agrícola y agroindustrial se podría entrar en una nueva fase de acumulación; así es como lo entienden las grandes firmas químicas, petroquímicas y farmacéuticas, que invierten en el desarrollo de la biotecnología o que surten con capital de riesgo a pequeñas empresas innovadoras. Esto último ocurre sobre todo en Estados Unidos.

Los gobiernos de los países desarrollados, por lo menos algunos de ellos, perciben también el desafío y destinan cantidades considerables para estimular la investigación y el desarrollo de las biotécnicas, ya sea en forma directa a través de organismos de Estado —por ejemplo el Institut National Agronomique de Francia— o mediante contratos con investigadores científicos, universidades o empresas, como sucede sobre todo en Estados Unidos y Japón. Según datos de la CEE, los gobiernos que han prestado más ayuda a la investigación científica de base y al desarrollo de biotécnicas son los de Estados Unidos, Japón, RFA, Francia, Gran Bretaña, en este orden. El primero destina una suma 5 o 6 veces más elevada que el siguiente, en términos de contribución financiera.

Pero la investigación más dinámica se lleva a cabo en las grandes empresas privadas. Tomemos como ejemplo,

el caso de las semillas.<sup>19</sup> Se planteó el objetivo de aumentar la productividad y la resistencia a las plagas, y a las condiciones adversas de suelos y herbicidas, de disminuir los costos de producción mediante un menor uso de insumos caros (por ejemplo energéticos o productos químicos) y finalmente de obtener modificaciones en el tamaño, la foliación de las plantas, y otras para facilitar las labores y la cosecha mecanizada. Las firmas semilleras especializadas, por ejemplo en maíz, como Pioneer Hi-Bred y Dekalb, compiten creando variedades nuevas. Dekalb ofrecía en 1981 un catálogo de variedades de las cuales el 40% no estaban disponibles tres años antes.

La ingeniería genética es esencial en el campo de las semillas; así lo han comprendido el puñado de firmas oligopólicas que dominan el mercado mundial de híbridos de maíz y otras semillas. La mayoría de estas firmas tienen hoy un pie en la ingeniería genética. También las empresas transnacionales del sector de la petroquímica (Royal Dutch/Shell y Atlantic Riechfield), la química (Lubrisol, Allied Corp., Dupont de Nemours, Monsanto, etcétera) y los medicamentos (Sandoz, Upjohn, Pfizer, Bayer) han penetrado con fuerza en el mercado de las semillas y la mayor parte de ellas se esfuerza por crear una sección vegetal; incluso en algunos casos montan laboratorios de biotecnología con inversiones considerables (Monsanto, Ciba-Geigy). La carrera de la biotecnología se ha desatado entre los grandes consorcios internacionales, a menudo con el apoyo de los gobiernos de los países industrializados. La lucha no se da sólo en el campo propiamente tecnológico sino también en el económico e incluso en el jurídico. La batalla que se libra en Estados Unidos para que se permita dar patentes a quienes logren identificar y aislar genes, tal como se hizo a

<sup>19</sup> Pat R. Mooney, *Pour un droit des semences*. Réseau des O.N.G. européennes pour les questions agro-alimentaires, Paris, 1983; Nestor Bercovich, *Technologie et cruise. Les enjeux stratégiques des biotechnologies dans l'agroalimentaire*. Mémoire de Maîtrise Université de Paris VIII, Paris, 1985.

partir de 1970 con las variedades vegetales, es un ejemplo.<sup>20</sup>

## Países en desarrollo: ¿ya perdieron la carrera?

Las ventajas de la biotecnología para los países en desarrollo resultan evidentes, aunque están condicionadas a que éstos logren poner en práctica políticas coherentes y orientados a un desarrollo agrícola y agroindustrial relativamente autónomo. Las nuevas técnicas podrían incrementar la disponibilidad de proteínas, llenar los déficits de alimentos básicos mediante el aumento de productividad logrado por las nuevas variedades y razas, mejorar los procedimientos tradicionales de las industrias de fermentación, valorizar la biomasa a partir de desechos, entrar en el campo industrial mediante la utilización de subproductos en aquellas materias primas abundantes, cuyo potencial es todavía poco aprovechado.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Susan George, *Biobusiness: Life for sale*, Ponencia preparada para la Conferencia del Institute for Policy Studies "Meeting the Corporate Challenge", junio 6-10, 1984.

<sup>21</sup> Pat R. Mooney, "Impact on the farm... The other side of the laboratory" en *ATAS Bulletin*, op. cit., pp. 84-94. En este artículo se muestran con maestría las ventajas y desventajas, en particular para los pequeños productores, de cada uno de los siguientes aspectos de la biotecnología: diversidad genética, identificación del germoplasma, diseminación por tejidos de cultivos con reproducción asexual, incrementos de producción, problemas de plagas, uniformidad de la maquinaria agrícola, almacenamiento de germoplasma, uso de tierra, impacto sobre los pequeños productores, impacto sobre el desarrollo agrícola. Según este investigador la biotecnología es un arma de doble filo y si se toma en cuenta la historia de tecnologías provenientes de los países industriales (por ejemplo fibras sintéticas versus algodón, latex vs. caucho natural, polypropileno vs. yute, etc.) ésta parece repetirse en los primeros años de la aplicación comercial de la biotecnología (maíz reemplazando a la caña de azúcar, producción en laboratorio de sabores y perfumes, guayule desafiando al caucho, etcétera).

Puesto que el comercio de los recursos biotecnológicos está acaparado y controlado por el Norte, si los países del Tercer Mundo no logran desarrollar con cierta autonomía los recursos propios, se verán obligados no sólo a pagar derechos por la utilización de microorganismos y procedimientos técnicos desarrollados por las firmas transnacionales sino además a entrar en una vía de transformación técnica imitativa de la de Estados Unidos y de otras naciones industrializadas, que no corresponde a la dotación de recursos y de materias primas propios. En el momento actual, el abanico de opciones de desarrollo biotecnológico es relativamente grande pero ciertas posibilidades, como fabricar edulcorantes a partir de maíz o producir proteínas unicelulares a partir de un substrato petroquímico son, una vez implementadas, decisiones prácticamente irreversibles por las cuantiosas inversiones comprometidas y el "paquete tecnológico" ya adquirido. Además son discutibles cuando las materias primas, por ejemplo maíz para fabricar isoglucosas o parafina para las proteínas unicelulares resultan escasas o no se producen en el país, lo que obliga a su importación y grava aún más la balanza de pagos debilitada de por sí, a raíz de la crisis financiera actual.

El Tercer Mundo tiene una ventaja comparativa importante: dispone de dos tercios de las variedades y especies vegetales necesarias para proporcionar material genético para los ensayos biotécnicos. Si estos países son capaces de conservar su material genético mediante bancos de germo-plasma y evitar así la tendencia a homogeneizar las plantas con la fuerte erosión de la base genética a que ha dado lugar la explotación comercial de semillas, tendrán una buena carta de negociación con los países industrializados y sus empresas transnacionales. La creación reciente de un Centro Internacional de Ingeniería Genética y de Biotecnología que depende de la UNIDO, podría ayudar a los países en desarrollo para lograr este objetivo.

Sin embargo, otros elementos desfavorables amenazan y obstaculizan de manera efectiva el desarrollo biotecnológico de los países en desarrollo. En primer lugar, el

nivel relativamente bajo del potencial científico y tecnológico de estas naciones, sobre todo de las más pequeñas. En América Latina, hay países como Brasil y México cuyos gobiernos están dando importancia al desarrollo biotecnológico, y en los que ya existen realizaciones que abren una vía pionera a tecnologías adaptadas a las necesidades nacionales con base en aquellos recursos naturales que son abundantes.<sup>22</sup> Un ejemplo de esto es el programa Alcool de combustible (etanol), que utiliza caña de azúcar como biomasa.<sup>23</sup> Este programa es el resultado de

<sup>22</sup> En Brasil la investigación científica y tecnológica en universidades y centros de investigación está casi totalmente financiada por el Estado, ya sea por los gobiernos estatales o por el federal, a través de instituciones especializadas como en CNPq, FINEP, STI/MIC, FAPESP y otras. Las empresas nacionales no tienen tradición de I-D más aún si la investigación es compleja, demora muchos años y no tiene la protección de patentes. Ver "O desenvolvimento da industria da nova viotecnologia no Brasil" por Bruce B. Johnson, Roberto S. Goodrich y James T.C. Weight en *Biotecnologia e Desenvolvimento Nacional*, Departamento de Ciencia e Tecnologia, Secretaria da Industria, Comercio, Ciencia e Tecnologia, Governo Montoro, Sao Paulo, 1985, pp. 295-318. Un centro de investigación activo en este campo es el Nucleo de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas.

En México existe un potencial científico y tecnológico considerable en este campo, en universidades y centros de investigación. En el caso de Brasil no existe una práctica significativa de I-D aun en los grupos industriales más poderosos. Una iniciativa reciente del Centro de Innovación Tecnológica de la UNAM, trata de poner remedio a la distancia entre la investigación científica y las aplicaciones industriales de la misma. Como núcleo importante de estudios biotecnológicos destacan diversos centros del Instituto Politécnico Nacional y de la UNAM pero existe ya una red considerable de laboratorios recensados en *La investigación en biotecnología y bioingeniería*, COSNET/SEP, México, 1984, 421 p. En suma, en México también el Estado tiene un rol indirecto muy importante en el fomento de la biotecnología a través de las universidades y centros de investigación y en forma más reciente, directamente a través del CONACYT que ha lanzado un programa uniendo a científicos empresarios y representantes del Estado.

<sup>23</sup> Los análisis sobre el Proalcool abundan. Para una descripción factual ver de Sérgio Luiz Monteiro Salles Filho "As novas tecnologias de base biológica e os Processos Fermentativos: O caso brasileiro", en *Biotecnologia e Desenvolvimento Nacional*, op. cit., pp. 233-293. Para

una decisión política audaz dada la cantidad ingente de recursos financieros comprometidos y la tierra que se sustrae a la producción de alimentos. Sin embargo, en momentos en que el precio internacional del azúcar está por los suelos (cotizaciones de 2.5 a 3.5 centavos de dólar la libra) esta decisión parece justificada, más aún si Brasil no es autosuficiente en carburantes de petróleo. Se estima que el ahorro anual de divisas por concepto de disminución de las importaciones de petróleo asciende a 600 millones de dólares.

Pero por desgracia este caso es más bien una excepción. Si se toma como ejemplo el cultivo de tejidos, la Asociación Internacional que agrupa a los que se dedican a esta técnica cuenta con 848 socios en Europa Occidental, 604 en Asia (incluido Japón), 417 en Estados Unidos, 197 en América Latina y el Caribe, 89 en Europa Oriental, 56 en África, y sólo 29 en Medio Oriente.<sup>24</sup>

Aunque esta biotécnica es la que en cierta medida está más al alcance de los países pobres ya que no requiere inversiones considerables como en el caso de la ingeniería genética o aún de parte de la industria de fermentación y enzimática orientadas a la producción de alimentos, se puede observar el desfase que existe entre los países industrializados y los que no lo son.

El segundo elemento que amenaza con bloquear el desarrollo biotecnológico o encaminarlo por una vía de mayor dependencia técnica y menor autosuficiencia alimentaria, es el hecho de que hasta ahora las nuevas biotecnolo-

una evaluación crítica. "L'agriculture, source d'énergies alternatives le cas brésilien", en *La gestion des ressources naturelles d'origine agricole*, op. cit., pp. 577-606. Para una perspectiva mundial, el estudio de Alain Mounier, "Alcools et biocarburants" en *Les futurs alimentaires et énergétiques des biotechnologies*, op. cit., pp. 211-273, es el más completo pues muestra las contradicciones entre el complejo cerealero-almidonero de Estados Unidos y los intereses de los fabricantes de biocarburantes en particular de Brasil.

<sup>24</sup> M.S. Swaminathan, op. cit., p. 34.

logías han sido desarrolladas de manera predominante por las grandes empresas transnacionales. Contrariamente a la revolución verde de los 50, que fue el resultado de una acción conjugada entre Estados y organismos internacionales como el CIMMYT, la llamada revolución de los genes está siendo monopolizada por grandes grupos económicos. Por ello es más difícil que llegue a manos de los pequeños productores campesinos, cuya demanda solvente de nuevas tecnologías es prácticamente nula. De ahí que el apoyo eficaz del Estado a través de sus instituciones de investigación, de los centros científicos universitarios y privados y de las organizaciones de productores, parece ser de gran importancia en los países latinoamericanos.

## Riesgos para la agricultura y la agroindustria

La biotecnología puede ser tanto beneficiosa como dañina para los países en desarrollo, y particularmente para los de América Latina. Si éstos no son capaces de reaccionar, es previsible que la actual división del trabajo se vuelva a modificar en desmedro de los países del sur. Hasta ahora la mayoría de ellos están limitados a exportar materias primas agrícolas y mineras.

El riesgo principal, que en algunos casos ya es una realidad, consiste en que la producción de ciertos sustitutos de materias primas naturales en los países industrializados reemplace en forma parcial o total a las importaciones provenientes de los países en desarrollo. El ejemplo prototípico en la era de las biotecnologías, es el de la fabricación de edulcorantes a partir del maíz y no de la caña de azúcar (y de remolacha para los países con clima templado).<sup>25</sup> En Estados Unidos las isoglucosas o

<sup>25</sup> El estudio de Pascal Bye, "Produits sucrants et édulcorants", *op. cit.*, es de útil lectura.

fructuosas, y su última versión del *high fructose corn syrup*, se introdujeron a partir de 1975 y en diez años han logrado copar entre un 30 y un 40% del consumo de azúcar de ese país. Según cifras estimaciones, las importaciones de azúcar de caña por parte de Estados Unidos habrían disminuido en unos 2 millones de toneladas, lo que afecta a las naciones centroamericanas y del Caribe.<sup>26</sup>

Aunque la baja drástica de los precios de las materias primas es un fenómeno generalizado, en la actualidad, el precio del azúcar ha disminuido a niveles hasta ahora desconocidos (alrededor de 3 céntimos de dólar la libra) y esto es, sin duda, el reflejo de su substitución por productos elaborados con biotécnicas, y que interesan en forma particular al poderoso complejo almidonero-cerealero de Estados Unidos. En la lucha por ganar mercados cuya oferta sólo se puede absorber a costa de precios muy deprimidos, los grandes complejos como el almidonero-cerealero, el petroquímico y el farmacéutico, y también algunas empresas agroalimentarias lanzan nuevos productos sobre la base de ventajas en el acopio de materias primas y en el dominio de tecnologías. Además cuentan con los subsidios gubernamentales y con sus medidas de protección y promoción de exportaciones.

Se desatan así verdaderas guerras en torno a los substitutos. Por ejemplo, la fabricación de proteínas unicelulares impulsada por firmas japonesas ha sido práctica-

<sup>26</sup> Un ejemplo significativo es el de República Dominicana. Durante 1977-1981 la cuota promedio de venta a Estados Unidos fue de 780 mil toneladas. En el periodo 1982-1983 se redujo a 492 800, registrando un leve aumento en la temporada siguiente. Pero después de las últimas medidas tomadas por la administración Reagan la cuota queda en 387 040 toneladas. A nivel mundial Estados Unidos contrajo sus compras de azúcar en 498 mil toneladas respecto al periodo 1983-1984. En América Latina el corte totalizó 343 mil toneladas y una merma en los ingresos para la región de 130 millones de dólares. Este progresivo retiro del mercado comprador obedece no sólo al desarrollo de la producción de fructuosa sino también a una política proteccionista respecto a los productores de azúcar norteamericanos que reciben por lo demás un precio subsidiado muy por encima del precio del mercado internacional. Ver Alasei, AL-RCMEX-66-85/6.

mente bloqueada por los fabricantes de isoglucosas que aparte del jarabe de azúcar obtienen el subproducto *corn feed gluten*, que se exporta como complemento proteico para ganado hacia Europa.<sup>27</sup> Otro caso digno de mención es el de las pugnas inevitables de la industria petrolera y química con los fabricantes de biocarburos que usan como materia prima la caña de azúcar. Sin embargo, lo que interesa es evaluar el impacto de la substitución de importaciones por los países industrializados en las economías del Tercer Mundo.

El caso del jarabe de maíz, por desgracia, no es aislado: ya es técnicamente posible substituir el cacao y varias especies de plantas medicinales y de perfume, la mayoría de las cuales se exportan de países de África y Asia. También se está comercializando un nuevo substituto del azúcar que es el aspartamo, fabricado con aminoácidos y sin ninguna materia prima agrícola. Se estima que cualquier planta o semilla medicinal que cueste arriba de mil dólares el kilo, se puede substituir por productos biotecnológicos.

Otro riesgo, también de carácter económico, proviene del hecho de que las grandes empresas trasnacionales se están transformando en proveedoras de semillas mejoradas, comercio que pueden controlar en forma monopólica. Esto es más significativo aún si se considera la probabilidad de que los rendimientos se dupliquen en los próximos diez años. Mooney cita dos ejemplos: los patos y el aceite de palma.<sup>28</sup> La gran transnacional Royal Dutch/Shell adquirió una empresa productora de patos con dos fábricas, una en el Reino Unido y la otra en Singapur. Entre ambas venden más de 3 millones de patos en 49 países, sobre todo de Asia. De este modo, la firma petrolera ha llegado a ser el líder mundial en la tecnología de crianza

<sup>27</sup> Ver el estudio de Pascal Bye, "Alcoochimie et sucrochimie" en *op. cit.*, sobre todo pp. 312 y ss.

<sup>28</sup> Pat R. Mooney, *op. cit.*, pp. 87-88.

de patos y, por consiguiente, puede controlar su precio y cerrar el acceso al mercado a productores de los países en desarrollo.

El otro caso es el aceite de palma. Una sola firma, Unilever, la primera agroalimentaria mundial, mantiene el secreto del clonaje de plantitas de palma lo que le permitirá aumentar de manera explosiva los rendimientos de una especie que hasta ahora se reproducía lentamente por semillas. Unilever tiene dos laboratorios en los que, mediante el cultivo de tejidos, reproduce la palma a razón de 500 000 plantitas, genéticamente idénticas, por año en cada laboratorio. Hay buenas razones para afirmar que el aumento explosivo de rendimientos llevará a que Unilever cope el mercado de aceite vegetal mundial (excluido el maíz).<sup>29</sup> De ser así, nuevamente los países productores de oleaginosas del Tercer Mundo verían muy reducido el precio de sus materias primas y también el volumen de sus exportaciones. En cambio, los países importadores y las empresas importadoras serían los beneficiarios de esa sobreproducción.

Pero los riesgos no son sólo de carácter económico. Algunos otros han sido señalados a lo largo de este trabajo, por ejemplo la erosión genética proveniente de la producción de variedades, especies y razas genéticamente homogéneas y por lo tanto menos capaces de resistir a plagas hasta ahora desconocidas que podrían declararse en el futuro. Pero es más grave aún el hecho de no perpetuar variedades y especies silvestres, necesarias para el mejoramiento de los vivientes y para preservar el medio ambiente. La comercialización de las mejoradas ha llevado a la desaparición de muchas variedades y especies en forma definitiva.

<sup>29</sup> *Ibid.*, p. 88.

## América Latina: el desafío ineluctable de la biotecnología

Al inicio de este trabajo dijimos que había que evitar dos extremos. Por una parte, no se debe caer en un entusiasmo excesivo frente a las nuevas tecnologías. Esto podría conducir a que los países de la región tomaran decisiones equivocadas de graves consecuencias para el desarrollo de la agricultura y de la industria alimentaria, dentro de una perspectiva de autosuficiencia y de mayor autonomización de la economía. La compra de biotécnicas en un afán de imitación de los países desarrollados, para "no quedarse atrás", es una tentación tanto más grande cuanto que la mayoría de los científicos y tecnólogos de la región han sido formados en el extranjero y que los empresarios, afectados por una economía internacional en crisis y por lo tanto en reestructuración, siguen de hecho el liderazgo de los grandes consorcios internacionales.

Pero un segundo extremo es igualmente condenable: la táctica del avestruz, no tomar decisiones, no elaborar políticas para enfrentar el desafío de la biotecnología, que como toda tecnología no es neutra, pero impone la ley de los que la dominan. Se trata de un arma de doble filo y existen muchas razones para que productores y empresarios, científicos y tecnólogos, y por supuesto, los gobiernos regionales acepten el desafío que puede llevar a obtener beneficios potenciales enormes, provenientes de la juiciosa adopción de las innovaciones y no se limiten a "sufrir" la dominación de tecnologías impuestas desde el exterior.

Partamos del principio de que los países de América Latina opten por un desarrollo más endógeno, más autosustentado a nivel doméstico y regional. El objetivo sería escapar de la dependencia económica y tecnológica que ha caracterizado el proceso de industrialización por substitución de importaciones, iniciado sobre todo desde la postguerra y que se agota visiblemente en los años 70, aún antes de que la economía mundial entrara en crisis. Es cierto que el estancamiento actual de las economías

latinoamericanas no se puede atribuir en forma exclusiva al modelo de desarrollo. Una serie de factores internacionales como la recesión de los países industrializados, y el desorden del sistema monetario internacional, relacionado con las desmesuradas tasas de interés basadas en el alto déficit de la economía estadounidense han contribuido también a la insostenible situación de endeudamiento externo de América Latina. Pero esto sucede precisamente porque el modelo de desarrollo extravertido aumentó la vulnerabilidad externa de las economías.

Es posible que la crisis haga más viable la búsqueda de nuevos estilos de desarrollo y por otra parte la adopción de nuevas tecnologías. Dentro de una estrategia diferente de desarrollo, la agricultura y la agroindustria deben jugar un papel significativo, a la inversa de lo que sucedió con el modelo de sustitución de importaciones, en el cual la agricultura, sobre todo la productora de alimentos básicos, fue sacrificada en la práctica para favorecer el desarrollo de una industria subsidiada y protegida y frecuentemente controlada por empresas transnacionales.<sup>30</sup>

Desde 1983, año en que la crisis económica se acentuó no sólo por el endeudamiento externo de las economías regionales sino también por el estancamiento en el crecimiento económico, se creó cierta conciencia en América Latina acerca de que la salida a la crisis requiere de cambios radicales en el modelo de desarrollo hasta ahora dominante. Estos se tornan más necesarios aún dado que el contexto económico internacional se ha deteriorado considerablemente. La recesión en los países desarrollados y la reestructuración industrial en marcha, sometida a una competencia despiadada entre las grandes potencias económicas, sumen a las economías en crisis de América Latina en una profunda recesión, sobre todo a raíz de la disminución del comercio mundial, el deterioro de los

<sup>30</sup> G. Arroyo, R. Rama y F. Rello. *Agricultura y alimentos en América Latina, el poder de las transnacionales*. México. UNAM-ICI. 1985, sobre todo cap. V.

precios de las materias primas y la presión insoportable de los servicios de la deuda. Por eso algunos lineamientos para una nueva estrategia plantean la idea de un desarrollo que ponga énfasis en el mercado interno. Se proponen un crecimiento más autosustentado y endógeno que disminuya la dependencia externa y que opere exportando al mercado mundial, no como principio básico de ciertas estrategias propuestas por ejemplo, por el FMI, sino para obtener las divisas necesarias para adquirir los bienes imprescindibles en la marcha de la economía, situada en un mundo en donde la interdependencia de los países es un hecho palmario.

Si se aceptan esas premisas, la nueva estrategia de desarrollo se orientaría en mayor medida al mercado interno: el crecimiento económico mediante un aumento de productividad en el cual el desarrollo tecnológico es un elemento indispensable. Tal estrategia exige, una distribución del ingreso más equitativa para fortalecer la demanda interna y por lo tanto ampliar el mercado. Además, requiere de un desarrollo industrial que no se haga a expensas de la agricultura. Si la industria nacional dedica recursos adicionales a la fabricación de bienes de capital e insumos para la agricultura, encontrará allí sin duda una rama dinámica en comparación con otras, como la producción de bienes suntuarios, a la que se volcó a menudo la industria substitutiva de importaciones, fuertemente subvencionada por el Estado. Es decir que esta política de reindustrialización debe concentrarse sobre ciertas ramas consideradas prioritarias y la producción no debe dirigirse sólo a los bienes de consumo popular, sino decididamente a los bienes de capital y particularmente a la rama agrícola y alimentaria, de gravitación en la mayoría de las economías regionales. Si los gobiernos fijan prioridades, dentro de un programa de autosuficiencia alimentaria, para la producción de insumos de productos de base o de consumo popular, el desarrollo biotecnológico será de gran importancia.

## Por una nueva estrategia agrícola y alimentaria: el rol de la biotecnología

Como ya se ha expuesto, el efecto de la modernización heterogénea de la agricultura, a consecuencia de la adopción del modelo agroalimentario occidental, ha contribuido en forma indirecta al estancamiento de la producción agrícola, en particular a la de productos básicos y de alimentos de consumo popular que se han terminado por importar del exterior. Esto sin contar otros efectos negativos de carácter social sobre la pequeña empresa agrícola, como el hecho de que el campesino de subsistencia y de infrasubsistencia a menudo se ve obligado a emigrar por falta de tierra, de crédito y de trabajo en el campo. Si se acepta este diagnóstico se concluye en que la política de promoción de exportaciones preconizada por el FMI a fin de que los países endeudados logren supuestamente sanear sus economías, es decir pagar los servicios de la deuda externa, conduce necesariamente al fracaso al menos en lo que concierne a la agricultura. Si en los últimos años se ha registrado el aumento cuantitativo de las exportaciones de algunas materias primas agrícolas por parte de los países de la región, esto se debe en buena medida a una disminución del consumo interno de esos productos. Por lo demás, esta política de exportaciones se ha topado con un obstáculo insalvable: el descenso de los precios internacionales de los principales productos de exportación del Tercer Mundo.

Por ello, una política agrícola y alimentaria en consonancia con un modelo de desarrollo más autosustentado debe poner el énfasis no sólo en el crecimiento de las exportaciones (necesarias, por cierto, para obtener divisas) sino también en la producción de alimentos básicos que confieren una cierta seguridad alimentaria nacional a cada país de la región. En otras palabras, el desarrollo agrícola y alimentario, como el de la economía del país en general, debe ser también más endógeno y autosuficiente. Un desarrollo alimentario orientado a satisfacer las

necesidades de consumo nacional podría constituirse, como ya se dijo, en un fuerte estimulante de la industria, pues crearía la necesidad de aumentar la transformación agroindustrial y al mismo tiempo de producir buena parte de los bienes de capital necesarios para esa agroindustria de transformación. La relación asimétrica entre industria y agricultura fue una de las características históricas del modelo de sustitución de importaciones; una nueva estrategia de desarrollo debe tratar de establecer una relación de complementariedad entre ambas.

¿Qué papel podría desarrollar la biotecnología dentro de una nueva estrategia de desarrollo agrícola y alimentario? Como ya se vio, los países industrializados y las grandes empresas transnacionales ven en la biotecnología una manera eficaz de reducir los costos de producción de los alimentos y de otros productos, mediante las nuevas biotécnicas que permiten aprovechar mejor la biomasa y reducir el consumo de energía. El mejoramiento de la productividad agrícola e industrial y la conquista de nuevos mercados a nivel internacional les permitiría escapar de la crisis económica e iniciar un nuevo ciclo de acumulación. Las perspectivas en el uso de la biotecnología para los países en desarrollo y en particular para los de América Latina son las mismas pero podrían ser diferentes si se considera una estrategia de desarrollo agrícola y alimentaria más autosuficiente.

En efecto, aumentar la productividad agrícola e industrial es un imperativo para los países latinoamericanos, cuya producción agrícola y alimentaria de los productos de consumo popular tiende a crecer más lentamente que la población. Esto lleva a que la mayoría de ellos caigan en una dependencia alimentaria que tiene efectos negativos sobre la balanza de pagos pues deben recurrir en forma creciente a las importaciones de alimentos sobre todo de los países industrializados, que son los que cuentan con mayores excedentes de granos, leche y productos elaborados. Sin embargo, algunas biotécnicas podrían ayudar a aumentar la producción agrícola. Por ejemplo, nuevas variedades más productivas y con mayor resistencia a las plagas, a la sequía y a la salinidad, según las

condiciones de cada región, podrían estar al alcance de los productores agrícolas en la medida en que se implementaran políticas gubernamentales e internacionales favorables.

Se podría decir lo mismo con respecto a la producción pecuaria, ya sea de ganado mayor o menor, puesto que se pueden mejorar las razas con la aplicación de biotécnicas y también es posible controlar enfermedades con el uso de los nuevos productos farmacéuticos.

En el caso de la aplicación de biotécnicas a la agroindustria la situación es semejante pese a que los nuevos procedimientos industriales de fermentación y de conversión enzimática requieren a menudo de inversiones cuantiosas. Este es también el caso de los biocarburos. En realidad es necesario trazar políticas selectivas de inversiones para concentrar en algunos productos los recursos humanos, científicos y de capital disponibles y que correspondan a la existencia de excedentes de materias primas y biomasa, hasta ahora desaprovechadas. Sólo en esas condiciones, es concebible la viabilidad de agroindustrias de alimentos y de otros productos. Éstos pueden tener algunas ventajas comparativas a nivel internacional y sobre todo estar orientados a satisfacer necesidades alimentarias básicas de la población y a crear nuevas fuentes de empleo.

Sin embargo, pese a que tanto en los países industrializados como en los que están en vías de desarrollo, la biotecnología está orientada a aumentar la productividad, a disminuir el costo de producción y a realzar la rentabilidad de la agricultura y de la producción alimentaria, su incidencia será diferente si en los segundos la motivación no es sólo la ganancia y la conquista de nuevos mercados.

La lucha por la biotecnología en los países de la región que buscan un desarrollo más autosustentado, capaz de disminuir la desigualdad social y aumentar la participación de las diversas capas no tiene sólo motivaciones económicas sino otras muy importantes de carácter social y político: destruir el flagelo del hambre que en estos tiempos de recesión económica aumenta en vez de dismi-

nuir, conservar los recursos naturales renovables y aprovecharlos en forma eficaz en función de la creación de empleos productivos tanto para el campesino sin tierra como para los cesantes urbanos, incrementar la seguridad alimentaria nacional y regional para avanzar hacia una autosuficiencia alimentaria.

El control de las biotecnologías que de hecho ejercen los países industrializados y su difusión al Tercer Mundo, ya sea bajo forma comercial o de implantaciones de filiales transnacionales, conlleva la imposición de una racionalidad que esté en conflicto con aquella otra que podría hacer avanzar a los países en desarrollo por un camino de crecimiento endógeno y de menor dependencia de sus economías. La transmisión indiscriminada de "paquetes tecnológicos" profundizaría lo que se ha llamado antes modernización heterogénea de la producción agrícola y alimentaria. En cambio, dentro de los lineamientos de una nueva estrategia agrícola y alimentaria, la política biotecnológica debería jugar un papel primordial en la próxima década cuando las promesas de las biotécnicas que hoy están en fase experimental se convertirán en realidades contundentes. Por ello es conveniente precisar cuáles deberían ser los componentes biotecnológicos de una nueva estrategia de desarrollo agrícola y alimentario.

Existen sin duda prerequisites fundamentales para lograr un avance en la investigación y en la aplicación a la agricultura y a la industria de las nuevas tecnologías. En particular, la *preexistencia de un cierto potencial científico y tecnológico* que por lo general es mucho más bajo en los países en desarrollo que en los industrializados. Remediar este atraso implica tiempo, pero mientras más tarde se comience, más se demorará en lograr una buena tecnología capaz no sólo de adquirir las técnicas extranjeras sino también de mejorarlas y de crear otras nuevas.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Sanjaya Lall, "Los países en desarrollo y un nuevo orden tecnológico internacional" en *Comercio Exterior*, vol 33, núm. 1, México, enero 1983, p. 12.

El ejemplo de Japón, que desde la postguerra se ha convertido en una de las potencias tecnológicas del mundo, es aleccionador. Otros países asiáticos, como Corea del Sur, han seguido su ejemplo, aunque en menor grado, lo que les ha permitido competir en ciertos rubros en el mercado internacional.<sup>32</sup> En la última década se han dado casos de avances tecnológicos significativos: la aeronáutica y los biocarburantes de Brasil, los satélites de comunicación de la India y la tecnología petrolera de México demuestran que cuando existen una cierta voluntad política de parte del Estado, recursos humanos y financieros suficientes y materias primas disponibles se puede avanzar de manera significativa.<sup>33</sup> Para los países más pequeños y con un desarrollo científico y tecnológico menor el recurso de la cooperación internacional resulta imprescindible. Se deben incrementar los intercambios tecnológicos regionales, incluso sur-sur, además de lograr una contribución más eficaz de los organismos internacionales en el dominio de la biotecnología, así como canalizar a través de ellos las ayudas de los países industrializados para que éstas no pasen por la mediación de intereses comerciales.

El principio básico de una política biotecnológica es el siguiente: *no es posible lanzarse al desarrollo de todas las biotécnicas posibles en forma simultánea*, dadas la limitación científica y tecnológica ya señalada, la falta de capitales y la diversa disponibilidad de recursos naturales y materias primas según el país y aun entre distintas regiones de un mismo país. Es decir que la política debe ser diferenciada para cada una de las cadenas o sistemas alimentarios, según la prioridad asignada por el plan alimentario nacional a cada uno de los productos alimenticios, siempre dentro de una perspectiva de autosufi-

<sup>32</sup> Fernando Fajozylber, *La industrialización trunca de América Latina*, México, Nueva Imagen, 1983; sobre todo cap. I.

<sup>33</sup> Marc Giget, "Le développement de l'industrie aérospatiale: Brésil, Inde, Indonésie" en *Amérique Latine* núm. 13, enero-marzo, 1983, pp. 45-50.

ciencia y seguridad alimentaria. El estudio sobre las biotécnicas que se decida desarrollar debe estar coordinado por el Estado, tanto por el subsidio que éste presta a la investigación en centros experimentales, en universidades, o directamente en empresas, como porque en casi todos los países las estaciones experimentales en el campo agrícola, forestal y ganadero son estatales, en su gran mayoría.

Es preciso evitar que la decisión sobre las biotécnicas a adoptar, las que se deben adquirir en el extranjero, las industrias a desarrollar, etcétera, quede en manos de las grandes empresas, cuyo interés no siempre corresponde con el de las mayorías ni con los planes nacionales de desarrollo. Esto implica que se debe recurrir a una estrategia selectiva en lo que concierne a las inversiones extranjeras, admitiéndolas en aquellas ramas, cadenas y productos alimentarios y biotecnológicos en donde los recursos financieros y de maestría tecnológica nacionales, tanto públicos como privados, son insuficientes.<sup>34</sup> En ningún caso se deben aceptar inversiones que exijan la importación de materias primas, en substitución de otros excedentes del país, ni tampoco la fabricación de productos no prioritarios, dentro de una política de consumo orientada más bien a la fabricación de artículos básicos.

Cuando un país cuenta con ventajas comparativas debido a la abundancia de ciertos recursos y no tiene capacidad para explotarlos, transformarlos y exportarlos, se debe considerar, ya sea bajo forma de inversiones directas, por medio de *joint ventures*, bajo licencia, o de otra manera, la adquisición de tecnologías extranjeras.<sup>35</sup> En este dominio de la biotecnología es posible pensar en

<sup>34</sup> Gonzalo Arroyo, "Comment le Tiers-Monde peut-il en temps de crise contrôler les transnationales", en *Amérique Latine*, núm. 15, julio-septiembre. 1983, pp. 12-17.

<sup>35</sup> La creación de un registro nacional de transferencia de tecnología que controle efectivamente las tecnologías compradas, su utilidad, su precio, etc., es una tarea importante aún no realizada en varios países de la región.

socios extranjeros que no sean sólo las empresas transnacionales; tal es el caso de las empresas regionales, las cooperativas de productores agrícolas de países industrializados, la cooperación interestatal, etcétera.

Un segundo principio básico de una política biotecnológica para los países latinoamericanos se refiere a los *subproductos de materias primas y de procesos agroindustriales*. Es necesario considerar que en esta época los países industrializados ya han comenzado a substituir materias primas importadas, como son los casos de las isoglucosas o jarabes de maíz que reemplazan al azúcar de caña, el aspartamo, los posibles substitutos del cacao y muchos otros que acontecerán en los próximos años. El caso más ilustrativo es el del azúcar, cuyo precio internacional está hoy por debajo de los costos de producción; ha llegado entonces el momento de valorizar los subproductos del azúcar. La sucroquímica tiene grandes posibilidades, como ya se ha comprobado. El programa de biocarburantes abre dominios nuevos en el campo energético, lo que es muy importante para países que carecen de petróleo; otras posibilidades se encuentran en el campo de la destilación, de la fabricación de proteínas unicelulares para alimento de ganado a partir de melasas, etcétera. Se deberían realizar esfuerzos para desarrollar los subproductos en otros rubros. A partir de la producción de bananas y otras frutas tropicales, cereales, maderas, etcétera, buscar producciones compatibles con la nueva estrategia de desarrollo persiguiendo una cierta autosuficiencia. Es evidente, como ya se ha dicho, que las invenciones científicas se transforman en innovaciones; es decir, se producen a escala industrial, cuando hay intereses económicos de por medio. Muchas invenciones hechas en los países desarrollados no se utilizan a nivel industrial o comercial porque no corresponden con los intereses económicos de las empresas o del país, pero tal vez podrían ser de gran utilidad en otras naciones, como las de la región, con dotaciones de recursos y necesidades de consumo diferentes.

El tercer principio que se debe tomar en cuenta, tiene que ver más directamente con la agricultura y la ganade-

ría. Puesto que se pueden prever altos rendimientos debido al mejoramiento de plantas y especies animales logrados por una aplicación masiva de las técnicas de tejidos de cultivos, es posible suponer que se producirán grandes cambios en la agricultura. La sobreproducción de alimentos en los países industrializados ha ocasionado la baja de los precios de las materias primas exportadas por los países del Tercer Mundo. Por el contrario, la aplicación de la biotecnología en ellos, incrementaría la productividad, con lo que se aliviaría en forma notable el problema del hambre, sobre todo si se pone en práctica una nueva estrategia de desarrollo más centrada en el mercado interno y en la autosuficiencia alimentaria. Junto a este efecto beneficioso, se producirán grandes cambios en el uso de la tierra, sustitución de ciertos productos por otros, incorporación de nuevas tierras a la agricultura en regiones áridas o con salinidad, desplazamiento del empleo de una región a otras, oportunidad para crear nuevas agroindustrias en el campo, etcétera. Es decir, que la biotecnología, llamada por algunos la revolución de los genes, producirá sin duda efectos disruptivos en la medida en que modificará el uso tradicional de la tierra, desplazará poblaciones, suprimirá y también creará empleos, cambiará los precios relativos de los productos en el mercado y traerá múltiples consecuencias de carácter social y político.

Le toca al Estado y a los implicados directos, es decir a los productores agrícolas, sobre todo los campesinos y pequeños productores a menudo marginados de las decisiones políticas, velar para que estos cambios se hagan de la manera menos dolorosa posible y para que no beneficien sólo a los medianos y grandes productores comerciales, sino también a los campesinos asociados en cooperativas. Éstos podrían acceder a la producción agroindustrial y a la comercialización, así como los obreros organizados en sindicatos deberían participar dentro de un proceso de concertación social necesario para el desarrollo biotecnológico.

El hecho de que las transformaciones producidas por la difusión de las biotécnicas sean beneficiosas o no, depen-

derá de las políticas económicas y sociales que implanten los gobiernos. Éstas podrían redundar en una mejor distribución de los recursos productivos, y en particular de la tierra, cuya tenencia es muy desequilibrada en la mayoría de los países latinoamericanos. En efecto, es posible concebir que los aumentos espectaculares de la producción, como producto del mejoramiento acelerado de variedades y especies vegetales y animales, podrían liberar tierras de cultivo, sobre todo si se aprovechan otras, hasta ahora inutilizadas debido a la sequía y a la salinidad, y que se podrían incorporar a la explotación con el desarrollo de variedades de plantas resistentes a esos males. También se puede preveer que la reorganización de la agricultura en un mundo con una menor presión demográfica permitirá el mejoramiento de las condiciones del medio ambiente, la preservación de variedades y especies autóctonas y la utilización de los bancos de germo-plasma. Todo lo anterior podría redundar en un mejoramiento del ingreso rural, lo que estimularía la economía y ampliaría el mercado interno, para avanzar hacia una solución definitiva del viejo problema del hambre y de la dependencia alimentaria.

En conclusión, en contraposición al entusiasmo excesivo con respecto a la biotecnología difundido por la prensa y la propaganda de los países industrializados, ésta no actúa por arte de magia ni conlleva necesariamente grandes beneficios para los países en desarrollo. Por el contrario, su transferencia indiscriminada y bajo el control de los intereses económicos transnacionales del norte, podría acarrear muchas consecuencias negativas y aumentar la dependencia. A los países de América Latina les toca descartar toda visión mecanicista sobre la difusión de las nuevas tecnologías y todo fatalismo con respecto al retraso tecnológico, reaccionar en forma a la vez previsor y audaz mediante la implantación de políticas a corto, mediano y largo plazo, capaces de aprovechar en su beneficio esta revolución de los genes. El desafío es grande pero estamos a tiempo de reaccionar y de construir.

### Cuadro 1

#### Mercados potenciales de biotecnología en el mundo

<i>Áreas de aplicación</i>	<i>Tamaño del mercado (miles de millones de dls.)</i>
Agricultura	30
Productos químicos	10
Medicina humana	5
Alimentos aditivos	2
Veterinaria	1
Aquacultura	0.5
Total del mercado (estimación conservadora)	50
Total del mercado (estimación optimista)	100

FUENTE: *ATAS Bulletin*, oct. 1984, Vol. I, núm. 1, p. 33. Basados en datos de "Biotechnology in the Americas: Prospects for Developing Countries, *Interciencia*, 1983.

Cuadro 2

<i>Cosecha</i>	<i>Primeras variedades comercializadas</i>	<i>Manipulación genética in vitro</i>	<i>Primeras plantas transformadas totalmente</i>	<i>Utilización masiva de plantas transformadas</i>
Maíz	1985	1985	Inicio años 90	Mediados años 90
Trigo	1984-1986	1985-1987	Inicio años 90	Mediados años 90
Arroz	1985	1985-1987	Final años 80	Inicio años 90
Soya	1988-1990	1985	Inicio años 90	Mediados años 90
Tomate	1985	1984-1986	1983-1985	1986-1988
Caña de azúcar	1985	1987-1989	Inicio años 90	Mediados años 90
Algodón	1983-1985	1985-1987	Inicio años 90	Mediados años 90

FUENTE: *Ibidem.*, sobre la base de un informe de L. Williams Tewels and Co., presentado por R.D. Lyons, *New York Times*, dic. 26, 1983.

### Cuadro 3

#### Rendimientos actuales y potenciales de productos agrícolas

Producto	Rendimiento Actual Ton/Ha	Rendimiento Potencial Ton/Ha
Azúcar de caña	75 - 90	150 - 200
Mandioca	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 - 100
Coníferas de clima templado	6 - 8	20 - 30
Coníferas tropicales	12 - 20	40 - 60
Bambú	25	100
Pasto guinea ( <i>P. maximum</i> )	25	50

FUENTE: *Ibidem.*, p. 34.



**Este libro se terminó de imprimir en  
Julio de 1986 en Multidiseño Gráfico,  
S.A., Nubes 329 01900 México, D.F.  
La edición consta de 1000 ejemplares,  
más sobrantes para reposición.**





Consuelo Arroyo de nacionalidad chilena hizo estudios de Economía Agraria en la Universidad Católica de Chile y luego se doctoró en la misma disciplina en Iowa State University. Se ha desarrollado como profesora e investigadora en la Universidad Católica de Chile (1964-1971), en el CENEA de la Universidad de Chile (1972-1973), en la Universidad de París X-Nanterre (1974-1978), en la Universidad de París VIII (1979-1982). Ha dirigido el Centro de Estudios Agrarios de la Universidad Católica de Chile (1970-1972), el Centro de Estudios con América Latina y el Tercer Mundo (CETRAL, París) (1976-1978) y ha sido directora de la revista de ciencias sociales *América Latina del mismo nombre*. En México ha ocupado cargos de profesora invitada en la UNAM (División de Estudios Superiores de la Facultad de Economía a partir de 1976 y en el Instituto de Investigaciones Económicas desde 1981 hasta 1983), y desde 1985 en la UNAM Xochimilco donde es actualmente profesora titular adscripta en el Departamento de Producción Económica y en la Maestría en Desarrollo Rural de la UNAM. Entre sus muchas publicaciones destaca el libro (en colaboración con Ruth Kama y Fernando Raffo) *Agricultura y Alimentación en América Latina. El poder de los transnacionales*, editado por la UNAM en 1985. Actualmente coordina un proyecto de investigación sobre biotecnología y autosuficiencia alimentaria en México y Centroamérica, del cual le presento públicamente el primer año perspectivas generales.

## **División de Ciencias Sociales y Humanidades**