

La biotecnología en Estados Unidos y el Tercer Mundo

JACK KLOPPENBURG, Jr.,
DANIEL L. KLEINMAN
GERARDO OTERO *

En las últimas décadas, muchos científicos sociales se han impresionado con los efectos de la revolución electrónica sobre las estructuras sociales. Algunos la han equiparado con las dos revoluciones industriales previas en la historia del capitalismo, y han visto a la electrónica como el fenómeno económico que rescató al capitalismo mundial de las profundidades de la depresión. De hecho, la crisis capitalista tocó fondo en los años treinta y entró en una nueva fase ascendente después de la segunda guerra mundial, de acuerdo con los teóricos de las ondas de larga duración, como Kondratief.

Hacia principios de los años setenta el capitalismo entró en otra fase descendente dentro del movimiento de ondas de larga duración, precipitado por el alza de los precios del petróleo. No obstante, uno de los factores que han dado cuenta de las cortas recuperaciones siguen siendo las industrias basadas en las tecnologías electrónicas. En este sentido, la robotización de plantas enteras es sólo un ejemplo extremo de tal tendencia.

Algunos estudiosos han hecho ya la analogía entre la revolución electrónica con la de la biotecnología, o biorrevolución, si se quiere. Como industria, la biotecnología se encuentra aún en pañales con apenas una década de existencia; de hecho, la primera empresa de ingeniería genética, Genentech, se formó en 1976. Por el momento, tan sólo en los Estados Unidos existen más de 250 empresas que hacen investigaciones en biotecnología y comienzan a desarrollar un tipo de mercancías muy especiales: nuevas formas de organismos vivientes, creadas en laboratorios. La biotecnología es posiblemente la fuerza técnica más importante que moldeará la agricul-

* Kloppenburg y Kleinman son profesor asistente y auxiliar de investigación, respectivamente, en los departamentos de Sociología Rural y Sociología de la Universidad de Wisconsin-Madison. Otero es investigador en el Instituto de Estudios Económicos y Regionales de la Universidad de Guadalajara, México. El trabajo de Otero fue desarrollado gracias a una beca de Investigador Visitante, otorgada por el Centro de Estudios México-Estados Unidos de la Universidad de California, San Diego, de agosto de 1986 a junio de 1987.

tura mundial durante las próximas décadas. Pero la biotecnología es una espada de doble filo. Hacia dónde corte dependerá en gran medida de quién la empuñe.

En este trabajo presentaremos algunas hipótesis formuladas por sociólogos acerca de los impactos sociales previsibles de la biotecnología. Hemos seleccionado un número limitado de problemas clave que se han acentuado con el surgimiento de la nueva tecnología. Para reducir la exposición, nos hemos limitado a los problemas más directamente vinculados con la reestructuración de la agricultura. Discutiremos específicamente: 1) la apropiación privada de los recursos fitogenéticos (germoplasma) del Tercer Mundo por parte de las empresas transnacionales de los países con capitalismo avanzado y el deterioro de diversidad genética mundial; 2) la emergente industria de biotecnología dentro de la economía estadounidense, sus tendencias oligopólicas y sus relaciones de transferencia de tecnología y conocimientos con las universidades; 3) el papel del gobierno estadounidense en la mercantilización de la ciencia y las nuevas estructuras legales que surgen para proteger las nuevas variedades vegetales y los organismos creados por la ingeniería genética, y 4) los prospectos para las economías de Latinoamérica y del Tercer Mundo.

LUCHA GEOPOLÍTICA Y RECURSOS FITOGENÉTICOS ¹

La posibilidad de una "guerra de las galaxias" sigue mencionándose en los encabezados de la prensa; pero la "guerra de las semillas" que se da ahora no ha logrado captar la atención de estos medios. Las "guerras de las semillas" se refieren a un conflicto internacional sobre la justeza de los patrones globales de intercambio y acceso a los recursos fitogenéticos mundiales. Hasta la fecha, la disputa se ha dado en la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) de las Naciones Unidas, donde se volvió a tratar el punto en su última reunión bianual de Roma, en 1985.

Como muchos de los debates que se dan en el sistema de las Naciones Unidas, esta controversia ha colocado a los países industrializados del hemisferio norte de un lado, y a los países subdesarrollados y dependientes del sur del otro. Los azares de la historia natural han querido que diecinueve de los veinte cultivos que más contribuyen a la alimentación mundial se hayan originado en lo que es hoy el Tercer Mundo. Son pues las naciones del Tercer Mundo las que constituyen las reservas de la diversidad genética de esos cultivos. Los cultivos que dominan la agricultura de los países industriales avanzados —maíz, trigo, soya y papa— no son especies originarias de esos lugares; han sido traídas de otros. El desarrollo de los países ricos pero "genéticamente pobres" del norte ha dependido de transferencias de recursos fitogenéticos de las naciones pobres, pero "genéticamente ricas", del sur.

¹ Un tratamiento extensivo de este tema se puede consultar en Kloppenburg y Kleinman (1987a, 1987b).

La transferencia de recursos genéticos es un componente vital para el avance de la agricultura contemporánea. La diversidad genética es la materia prima no sólo de la evolución sino también del criador de plantas que debe mantener y mejorar las variedades vegetales. A medida que los cultivos del norte industrial se ven amenazados por la aparición de nuevas plagas y enfermedades, los científicos de las plantas deben mirar hacia las reservas de diversidad genética en el Tercer Mundo, hacia las variedades "primitivas" de los campesinos de países subdesarrollados, para encontrar los genes que les permitirán codificar nuevas resistencias en esas variedades de alto rendimiento de la agricultura moderna de alta tecnología. Se ha estimado que tales infusiones de genes exóticos ahorran unos 160 millones de dólares por año a los Estados Unidos (Kloppenburger, 1988).

A pesar de su utilidad obvia, los recursos genéticos de los países subdesarrollados han sido considerados como un bien público —la "herencia común de la humanidad". Estos recursos, que en última instancia contribuyen con miles de millones de dólares a las economías de los países de capitalismo avanzado, han sido tomados de las naciones del Tercer Mundo a bajísimos costos y sin beneficio para ellas. Por otra parte, a medida que las compañías semilleras del hemisferio norte han madurado, también han tratado de alcanzar los mercados mundiales, para facilitar esta expansión, han buscado el reconocimiento internacional del carácter de propiedad privada de las variedades vegetales desarrolladas por tales empresas.

Los países subdesarrollados comenzaron a ver una contradicción en el estatuto de sus recursos genéticos como recursos gratuitos, "herencia común", y el estatuto de las variedades de las compañías comerciales como "propiedad privada" disponibles sólo mediante su compra. Pero ya fue el colmo cuando tales variedades mejoradas regresaron a los países del Tercer Mundo en su forma mercantil, siendo que esas mejoras se deben a los recursos genéticos que originalmente se habían obtenido sin costo alguno de esos mismos países.

La frustración creciente del Tercer Mundo encontró su expresión en la conferencia bianual de la FAO de 1983. En esa ocasión se aprobó una Resolución Internacional sobre Recursos Fitogenéticos, en medio de un acalorado debate y la oposición vehemente de las naciones industrializadas del norte. La Resolución afirma el noble principio de que "los recursos fitogenéticos son herencia de la humanidad y consecuentemente deben estar disponibles sin restricción alguna". Sin embargo, a continuación especifica que bajo ese rubro deben incluirse también "los inventarios genéticos especiales (incluyendo las líneas élite y de criadores contemporáneos)". Es decir, la resolución declara a las variedades comerciales no menos "herencia común" —y por tanto propiedad común— de la humanidad, así como las variedades desarrolladas por los campesinos del Tercer Mundo.

Tal arreglo es claramente inaceptable para las naciones industrializadas que tienen poderosas empresas semilleras. La resolución es vista como nada menos que un asalto al principio de propiedad privada. Por su parte, los

representantes del Tercer Mundo sugieren que si no hay libre acceso a *todos* los recursos fitogenéticos, entonces no debería haberlo para *ninguno*.

Las variedades locales del Tercer Mundo no son simples productos de la naturaleza. Los agricultores tradicionales han hecho grandes avances en la productividad de los cultivos. Las formas domesticadas de una especie frecuentemente son muy distintas de la forma de sus parientes silvestres. El prospecto de prohibiciones sistemáticas sobre recursos tan fundamentales como los fitogenéticos puede ser realmente escalofriante. Es de vital importancia que el *impasse* político de los últimos años se rompa y que se avance hacia una negociación satisfactoria sobre este problema.

Hay una profunda ironía en el empantanamiento actual. En un sistema económico mundial en el que la propiedad privada es la forma dominante de apropiación, cada lado del debate quiere definir la posesión del otro lado como "herencia común". Nosotros pensamos que la solución a este nudo gordiano *no* reside en declarar que el material fitogenético de todo tipo es herencia común de la humanidad.

A pesar de las declaraciones de la FAO en este sentido, el propio derrotero de las Naciones Unidas reconoce el derecho de soberanía nacional sobre los recursos naturales, incluyendo sus recursos fitogenéticos. Estos recursos simplemente no son una "herencia común" en el sentido en que lo son los recursos oceánicos fuera de las fronteras nacionales. En un mundo de estados nacionales con intereses individuales y a veces conflictivos, es dudoso que se pueda sostener cualquier tipo de compromiso global por la "herencia común" cuando se trata de un recurso nacional. Por otra parte, los países industrializados avanzados no pueden seguir insistiendo sobre el estatuto de "herencia común" para un recurso natural que objetivamente tiene valor. La clave para superar el *impasse* es, primero, reconocer la inaplicabilidad del concepto de "herencia común" para los recursos fitogenéticos, y segundo, reconocer la necesidad de compensar a los países por la apropiación y el uso de sus valiosos recursos naturales.

Obviamente, los detalles de tales acuerdos de compensación requerirán de mucha negociación y compromiso. Sin embargo, sin un sistema de compensación, las necesidades de desarrollo de los países del Tercer Mundo pueden llevar a la declinación de la diversidad genética, a medida que los bosques y las unidades campesinas de subsistencia, que son los depositarios de los recursos genéticos vegetales, tendrán que ceder a centros urbanos y a las granjas y explotaciones agrícolas comerciales (que generalmente utilizan semillas "mejoradas").

El mundo no puede darse el lujo de seguir contemplando la declinación de la diversidad genética, y cualquier restricción sobre el flujo de recursos fitogenéticos tendría un efecto desastroso sobre los prospectos para incrementar la oferta mundial de alimentos a través del mejoramiento vegetal. Las amenazas que plantea la declinación de la diversidad genética y la erosión genética demandan una resolución inmediata a la actual controversia.

INDUSTRIA BIOTECNOLÓGICA E INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

La proliferación de compañías de ingeniería genética ha ocurrido principalmente en los últimos 6 o 7 años. Los llamados "capitalistas de alto riesgo" (*venture capitalists*), asociados con investigadores universitarios, fueron los parteros de esta industria. Pero las empresas transnacionales (ET) pronto se sumaron al *boom* biológico, y lo hicieron dramáticamente. Por ejemplo, la compañía alemana Hoechst prácticamente "compró" un departamento universitario completo, el Programa de Biología Molecular del Hospital General de Massachusetts de la Universidad de Harvard, por una suma superior a los 70 millones de dólares (Kenney, 1986). Nuestra tarea en esta sección es delinear la naturaleza de las cambiantes relaciones entre la universidad y la empresa en los Estados Unidos, tal como se expresan en el sector agrícola, y especialmente entre las universidades agrícolas (las llamadas *Land Grant Universities*, o LGU).

La legislación que creó las LGU se remonta a 1862, cuando se aprobó el decreto Morrill en el congreso de Estados Unidos. Una serie de leyes subsecuentes fueron conformando la "misión" de la investigación agrícola en esas instituciones universitarias. Desde un principio, el servicio a ciertas clientelas —principalmente los granjeros familiares, la población rural y los consumidores— ha sido el fundamento de la legislación federal. No obstante, el sistema público de investigación agrícola se ha ido modificando con el tiempo y el rango de grupos dentro de la clientela se ha expandido. Es muy poco probable, sin embargo, que la legislación del siglo XIX contemplara que las grandes empresas del agronegocio fueran a ser consideradas como parte de dicha clientela. Hasta antes de 1930, las empresas de insumos agrícolas y de productos procesados no existían o constituían un sector industrial competitivo, de enfoque local o regional. La imagen de la transferencia de tecnología de las universidades agrícolas (LGU) a sus beneficiarios era concebida generalmente como una transferencia relativamente directa: los científicos y extensionistas de las LGU transferían información directamente a los granjeros y a la población rural.

Las relaciones entre las industrias del agronegocio y las LGU crecieron constantemente después de la segunda guerra mundial. A medida que el grueso de la producción agrícola asumió la forma mercantil, fue siendo inevitable que el sistema de universidades agrícolas estableciera un importante vínculo con las empresas del sector privado. La noción misma de transferencia de tecnología cambió considerablemente; la producción de tecnología dejó de ser información del dominio público, gratuita, para convertirse en propiedad mercantil comprada y vendida en el mercado.

El activismo ecologista de fines de los sesenta y principios de los setenta criticó fuertemente las nuevas relaciones industria-universidad, y culminó con el libro de Jim Hightower (1973) *Hard Tomatoes, Hard Times*, en el que caracterizaba el sistema de universidades agrícolas como un subsidio

basado en los impuestos públicos para una élite de intereses empresariales privados. La emergencia de la biotecnología está galvanizando cambios importantes en las relaciones industria-universidad, tanto dentro como fuera del sistema de universidades agrícolas. Y la mayor parte de los recursos para financiar la investigación de las universidades ha provenido del gobierno federal, no de la industria.

CONCENTRACIÓN, BIOTECNOLOGÍA Y AGRONEGOCIOS

En 1974, Stanley Cohen y Herbert Boyer investigadores de Stanford y la Universidad de California en San Francisco, respectivamente, lograron extraer una cadena de ADN (ácido desoxirribonucleico) del gene de un organismo e insertarlo en el código genético de otro. Junto con los descubrimientos en cultivos celulares y de tejidos vegetales, estos logros han abierto una vasta y nueva frontera para aquellas industrias en las que los procesos biológicos y los químico-orgánicos son componentes importantes de su producción. La manipulación y alteración de la integridad genética o celular de un organismo para crear nuevas formas de vida diseñadas para cumplir funciones específicas prometen revolucionar el desarrollo y la producción de químicos y farmacéuticos, el manejo de desperdicios y la contaminación, la generación de energía, el procesamiento de alimentos, e inclusive la crianza de plantas y animales. Se calcula que el mercado de productos de la ingeniería genética relacionados con la agricultura sobrepasará al de aplicaciones medico-farmacéuticas, y que sus ventas llegarán a los 50 o 100 mil millones de dólares para el año 2000. Es en este contexto del *boom* biológico que ocurre un vigoroso acercamiento entre la industria y las universidades en los Estados Unidos, como lo veremos más adelante.

La lista de compañías con grandes inversiones en biotecnología parecería ser un compendio de los líderes en el campo de los agroquímicos: Allied, American Cyanamid, ARCO, Chevron, Ciba-Geigy, Dow, DuPont, FMC Corporation, Hoechst, Monsanto, Occidental Petroleum, Pfizer, Rohm and Haas, Sandoz, Shell, Stauffer, Upjohn. Muchas de estas compañías han llamado la atención por su participación en la oleada de adquisiciones y consolidaciones que se han dado en toda la industria semillera. Desde 1973, más de 50 compañías semilleras han cambiado de propietario. De las principales empresas estadounidenses, sólo Pioneer Hi-Bred ha mantenido su independencia. Compañías tan conocidas como Northrup King, Asgrow, Trojan y Funk han sido absorbidas por las empresas gigantes de las industrias petroquímica y farmacéutica, y DeKalb Ag-Research se ha consolidado con Pfizer Genetics.

Si bien muchas de las empresas semilleras ya habían sido compradas para mediados de la década pasada, el rápido crecimiento del movimiento biotecnológico después de 1976 reforzó la tendencia a las adquisiciones y le

dio una nueva urgencia. Inicialmente, las industrias petroquímica y farmacéutica se concentraban principalmente en aplicaciones industriales y de bioingeniería médica. Muchos esfuerzos se dedicaron a la manipulación de organismos, especialmente de bacterias, con el fin de capacitarlas para la producción de sustancias con usos comerciales, tales como vitaminas, aminoácidos, enzimas, interferona e insulina. Las aplicaciones agroquímicas incluyen el desarrollo y la producción de sustancias químicas y microbiales nuevas y más efectivas para el control de plagas y enfermedades —herbicidas, fungicidas, reguladores del crecimiento de plantas e insectos, y varias hormonas para el ganado. Sin embargo, pronto se vio que si bien la ingeniería genética prometía productos químicos mejorados y métodos de producción más eficientes, también contenía los medios para revolucionar el desarrollo de nuevas variedades vegetales. La biotecnología introdujo la realidad de métodos de selección y crianza más eficientes en el corto plazo y la posibilidad de producir plantas sujetas por completo a la ingeniería en el largo plazo.

Aquellos productores de agroquímicos que compraron compañías semilleras en la primera mitad de los setenta se encuentran hoy en una posición única para tomar ventaja de la revolución biotecnológica en la agricultura. La bioquímica agrícola ha encontrado ahora una base técnica común con la crianza de variedades vegetales. La investigación y el desarrollo en las compañías semilleras y sus empresas matrices tienen ahora un gran potencial sinérgico. Por ejemplo, la manipulación de bacterias es relevante tanto para el refinamiento de procesos industriales de fermentación, como para el mejoramiento de cultivos con microbios asociados para la fijación del nitrógeno. La investigación en un tema bien puede tener un significado importante e inesperado para el trabajo en otro. Así, por ejemplo, se ha descubierto que la interferona humana, desarrollada para combatir el cáncer, también puede ser un fungicida efectivo. En buena medida, pues, la biotecnología ha disuelto las fronteras entre los sectores de insumos químicos y biológicos para la agricultura y los ha fundido en una sola unidad orgánica (Kloppenburg, 1984).

Aunque la ingeniería genética es aún una tecnología embrionaria, la trayectoria de su aplicación a los procesos productivos puede ser discernida desde ahora, por lo menos hipotéticamente. La biotecnología contiene la posibilidad de diseñar plantas de tal manera que puedan ser complementadas por químicos u organismos seleccionados, y viceversa. La búsqueda sistemática de “antídotos” para los herbicidas que matan a las propias plantas que deberían cuidar han comenzado a dar resultados. Funk Seeds ha introducido ocho variedades de sorgo que han sido codificadas para resistir los efectos de tales herbicidas, que en este caso son fabricados por su casa matriz, Ciba-Geigy. Northop King (Sandoz) está próxima a lanzar al mercado una semilla de alfalfa encapsulada en herbicida. La biotecnología también ha desatado el interés por los mecanismos de control “biorracional”. Existen ya programas públicos y privados que

investigan la producción y el uso de sustancias hormonales, virales, fungales y otras sustancias biológicas para el control de plagas y enfermedades. Upjohn ha lanzado el primer herbicida microbial para ser utilizado en cultivos de campo.

Los creadores de variedades vegetales, tanto públicos como los privados, usan ya la ingeniería genética para enfocar su investigación en una serie de características agronómicas que incluyen la arquitectura de la planta, su cosechabilidad, su maduración, el periodo de fotosíntesis, la eficiencia fotosintética, la utilización de nutrientes, la resistencia a las enfermedades y su calidad nutritiva. A medida que la biotecnología aumenta el control sobre la forma particular como estas características se expresan, se desarrollarán variedades específicas para propósitos específicos. Tales variedades serán complejas, detalladas, y contendrán combinaciones de características agronómicas cuidadosamente balanceadas.

La producción agrícola estará orientada crecientemente por un enfoque de sistemas. La sofisticación organizativa que exigirán las nuevas variedades vegetales seguramente reforzará la tendencia a utilizar los avances en las técnicas de procesamiento y evaluación electrónicos de datos (OTA, 1986). A medida que aumenta la respuesta de las nuevas variedades a los insumos y a factores ambientales, será cada vez más importante que las condiciones de cultivo sean observadas muy de cerca. Una serie de programas de computadora para cultivos y funciones específicas han sido desarrollados ya por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y por compañías privadas. En un sentido muy real, la propia biotecnología es una ciencia de la "información". Varias compañías con capital de alto riesgo han reconocido el potencial sinérgico de combinar la ingeniería genética con las tecnologías computacionales y Pineer Hi-Bred ha establecido una subsidiaria que proporciona servicios de procesamiento de datos.

UNIVERSIDADES Y PRIVATIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO

"La obtención de patentes se ha convertido en la norma en los departamentos universitarios de biología. La controversia de hoy se enfoca principalmente sobre la distribución de los beneficios entre los investigadores, sus departamentos, la universidad, y la compañía patrocinadora. *El supuesto no probado es que las patentes servirán al público, el cual ha apoyado financieramente la mayor parte de la investigación, independientemente del arreglo*" (Weiner, 1986: 42, cursivas nuestras).

Puesto que las universidades concentran una gran cantidad de conocimientos en biología molecular, microbiología, patología vegetal, y otras disciplinas relacionadas con la biotecnología, la industria privada se ha estado acercando aceleradamente a las universidades. Durante décadas, las ciencias biológicas fueron consideradas como "puras" o "básicas", cuyos conocimientos contenían escasas posibilidades de aplicación comercial. Pero

el *boom* biotecnológico está cambiando la situación de manera dramática. La empresa privada se acerca a las universidades para poder escuchar a los científicos que gritan *¡Eureka!*, y rápidamente financiar las últimas etapas de la investigación... y patentar sus resultados.

El dilema que se plantea para las universidades con este nuevo patronazgo es que su misión puede cambiar en sus mismas raíces. La misión de las universidades generalmente se ha circunscrito a su actividad tripartita de docencia, investigación y servicio al público o extensión. Se supone que en el núcleo de sus valores en la búsqueda del conocimiento científico están el desinterés, así como el valor por publicar los resultados de la investigación. Pero, ahora que todo conocimiento con posibilidades de aplicación comercial tiene un precio potencial, las cosas están cambiando.

Muy esquemáticamente, la historia del financiamiento de la investigación en universidades estadounidenses se puede dividir en tres fases. La primera, antes de la segunda guerra mundial, se caracterizaba por el dominio de las fundaciones privadas en el financiamiento de la investigación universitaria. La segunda fase se comienza a gestar durante la segunda guerra mundial, cuando muchos de los nuevos conocimientos eran orientados por las necesidades bélicas de los Estados Unidos, y el gobierno federal de ese país se convierte en el principal financiador de la investigación (Yoxen, 1981). Por último, a fines de la década de los setenta y principios de la de los ochenta, parece que se comienza a gestar una tercera fase: en el contexto de la declinación de los fondos federales para la investigación científica (GAO, 1986), la industria privada aumenta significativamente su participación en el financiamiento de la producción científica en universidades (Otero, 1987).

Ahora bien, esta tendencia tiene manifestaciones diferenciales en los distintos campos del conocimiento. Como veremos en un momento, el crecimiento proporcional más importante del financiamiento privado a las universidades se da precisamente en las ciencias biológicas.

Si observamos cómo la industria privada ha distribuido sus fondos a las instituciones de educación superior dentro de los diferentes campos de la investigación, podemos determinar muy claramente que las disciplinas beneficiarias han sido aquellas cuya investigación es "aplicada". Herbert I. Fusfeld, quien condujo una encuesta de las principales instituciones universitarias de investigación, concluye lo siguiente:

"Las escuelas profesionales dentro de la universidad reciben, con mucho, una mayor proporción del apoyo industrial que las disciplinas científicas básicas. De 465 programas de investigación estudiados, el 67 por ciento eran de ingeniería, incluyendo ciencias computacionales. Cerca del 14 por ciento estaban relacionados con las ciencias biológicas. Pero casi todo el financiamiento provenía a través de las escuelas de medicina y las ciencias médicas básicas. Agricultura contaba con el 5 por ciento. Así pues, las escuelas de ingeniería, medicina y agricultura recibieron cerca del 86 por ciento de todos los fondos industriales para la investigación. Esto se basa

en una encuesta parcial pero incluye a la mayoría de las grandes universidades de investigación" (Fusfeld, 1983: 14).

Acerquémonos al campo más específico de la biotecnología. Un grupo de investigadores sociales de la Universidad de Harvard condujeron un estudio muy revelador acerca de las relaciones industria-universidad en este campo. Entre otras cosas, encontraron un patrón en el apoyo industrial para la investigación en biotecnología cuya diferencia respecto a los otros campos de la investigación científica resultó estadísticamente significativa. El estudio de Harvard compara el comportamiento de las grandes compañías, las incluidas entre las 500 más grandes de la revista *Fortune*, con compañías pequeñas de biotecnología. Mientras que éstas fueron fundadas después de 1972, aquéllas estaban establecidas antes de esta fecha.

Algunos de los resultados del estudio mencionado son los siguientes. Mientras que el 83 por ciento de las grandes compañías en la muestra financiaban investigación en universidades, con un promedio de 108 000 dólares por proyecto, sólo el 38 por ciento de las pequeñas lo hacían, y eso con un promedio de apenas 19 000 dólares por proyecto (Blumenthal *et al.*, 1986: 243). Parte de la explicación que los autores proporcionan de este fenómeno es la mayor diversificación de las grandes compañías, así como su mayor solidez financiera. Nosotros argumentaríamos que esta diferencia estructural contiene, en última instancia, el fracaso de las pequeñas empresas de biotecnología, por lo menos como compañías autónomas: algunas de plano se irán a la quiebra, mientras que la mayoría serán absorbidas por las grandes corporaciones, lo cual ya está sucediendo. De cualquier manera, por lo menos en biotecnología, son las grandes compañías oligopólicas las que marcan el tono de las relaciones industria-universidad y no las pequeñas, pues estas últimas generalmente iniciaron sus operaciones con científicos altamente calificados que mantuvieron sus puestos en las universidades, y ésta es la razón por la cual la pequeña empresa realiza la mayor parte de su investigación "en casa" (Kenney, 1986).

Sobre la base de varios supuestos plausibles, David Blumenthal y sus colegas estimaron que el apoyo industrial daba cuenta del "16 al 24 por ciento de todos los fondos disponibles para investigación y desarrollo de la biotecnología en las instituciones de educación superior en 1984" (1986: 231). Por sí mismas, estas cifras parecen más bien insignificantes, pero cuando las comparamos con el comportamiento general del apoyo industrial a universidades encontramos su verdadero significado:

"En contraste [con el apoyo industrial para investigación en biotecnología], la industria proporciona sólo de 3 a 4 por ciento de todos los fondos de investigación que se gastan en instituciones de educación superior [...] y como 3 por ciento de sus fondos para investigación y desarrollo en salud [...] Así, pues, la industria provee una proporción mucho mayor de los fondos disponibles para investigación universitaria en biotecnología que para la mayoría de los otros campos" (Blumenthal *et al.*, 1986: 231).

Estas cifras tienden a confirmar el punto de vista de que, a diferencia de otros campos de la ingeniería en que las universidades de Estados Unidos tomaron la iniciativa para establecer relaciones con la industria, en biotecnología es la industria la que busca los resultados de la investigación universitaria. Es decir, en otros campos de la ingeniería las universidades han tendido a "vender" su investigación a la industria, mientras que en biotecnología la industria trata de "comprar" sus resultados (Fusfeld, 1983: 14). Esto no debe sorprender, dado que la biología molecular era de las disciplinas científicas más básicas hasta hace una década. Más adelante veremos cómo el Estado ha estimulado los vínculos industria-universidad, con el incentivo adicional de haber efectuado cambios legales que permiten patentar nuevas formas de vida, creadas mediante la ingeniería genética.

Una vez que se ha instalado el criterio comercial en el proceso de investigación científica, surgen por lo menos dos tipos de problemas para las universidades. Por una parte, su propia misión se ve amenazada. Por otra, se introduce un mecanismo polarizador dentro del sistema universitario estadounidense, mediante el cual se benefician aquellas universidades que son ya las más favorecidas. Efectivamente, de acuerdo con el estudio de Fusfeld, de 200 instituciones en los Estados Unidos que pueden considerarse como "universidades de investigación", 100 de ellas dan cuenta del 85 por ciento de todos los fondos federales para investigación y desarrollo. El 10 por ciento dan cuenta del 25 por ciento. Por el lado industrial, la investigación se encuentra también altamente concentrada: 10 compañías dan cuenta del 33 por ciento de la investigación y el desarrollo patrocinados por la industria, y sólo dos compañías dan cuenta del 20 por ciento (Fusfeld, 1983: 12-13). Con este perfil de concentración de la investigación y la actual dinámica comercial, sólo podemos anticipar una mayor polarización de las instituciones de investigación.

La misión de las universidades se ve amenazada por varias razones. Primero, en la medida que prevalezca el criterio comercial, la investigación que tenga otras motivaciones sufrirá. Así pues, la celosamente resguardada autonomía de los científicos decrecerá severamente. El nuevo proceso creativo se convierte así en uno de "autonomía dirigida", como lo ha llamado Edward Yoxen (1981), mutilando a la ciencia de sus potenciales contestatarios. Segundo, aquellas empresas que contratan investigación universitaria generalmente imponen restricciones sobre la publicación de materiales que pueden contener descubrimientos patentables. Esto atenta directamente contra el principio del libre flujo de las ideas, que tradicionalmente ha estado en el núcleo de los valores defendidos por las universidades.

ESTADO Y MERCANTILIZACIÓN DE LA CIENCIA

Existen varios factores que han profundizado las tendencias mercantiles en la ciencia estadounidense. Por una parte, la crisis fiscal del Estado se ha

expresado en una caída dramática de los fondos federales para la investigación universitaria (Rosenzweig y Turlington, 1982; GAO, 1986). Por otra parte, el temor del gobierno de Ronald Reagan de perder aún más competitividad en el comercio mundial lo ha llevado a diseñar una serie de políticas orientadas a promover las relaciones industria-universidad. El propósito de estas políticas ha sido llevar lo más pronto posible los resultados de la ciencia al mercado, pues ha quedado claro que el desarrollo económico actual se basa en la ciencia y la alta tecnología.

Por su parte, las universidades han tenido distintas experiencias en el mercado. Algunas de ellas han organizado instituciones paralelas con el objeto de patentar invenciones y descubrimientos y de vender licencias para su uso a la industria o al gobierno. Otras han tenido una experiencia casi nula con el mercado, y son por tanto malas vendedoras de su ciencia. Con el propósito de promover la actividad mercantil de las universidades, el gobierno de Reagan diseñó la Ley Pública 96-517. Esta nueva ley, expedida en 1982, permite a las pequeñas empresas e instituciones que no persiguen fines de lucro —en las que se incluyen las universidades— patentar los descubrimientos que surjan de investigaciones financiadas con fondos federales. Otro propósito de la ley es proveer a las universidades de medios económicos adicionales para financiar su investigación futura. De esta manera, las universidades han sido lanzadas al mundo ruidoso del mercado para vender conocimientos útiles al mejor postor y tratar así de autofinanciarse. Examinemos brevemente cómo han reaccionado las universidades ante esta iniciativa del Estado.

La Contraloría General de los Estados Unidos (General Accounting Office, GAO) condujo un estudio de 19 universidades, en relación con número de invenciones declaradas tras la aplicación de la Ley Pública 96-517, de 1982 a 1984. En total, se declararon 1 920 invenciones en el periodo, pero 3 universidades concentraron cerca del 70 por ciento de ellas. Estas fueron el Instituto Tecnológico de California, 34 por ciento; el Sistema de la Universidad de California, 23 por ciento; y Stanford, 13 por ciento. “El resto de las universidades reportaron menos del 4 por ciento del total cada una. La mayoría de las invenciones declaradas fueron en los campos biológico, médico y electrónico” (Peach, 1986).

Desde luego que el solicitar una patente no significa la comercialización automática del descubrimiento involucrado —ya se trate de un proceso o de un producto—; esto también requiere que alguna firma industrial se interese en desarrollar alguna mercancía a partir de tal descubrimiento, lo cual se hace generalmente por medio de licencias. En los Estados Unidos una patente proporciona el monopolio del uso del descubrimiento por 17 años a su titular o a quien disponga de una licencia. Las licencias pueden causar regalías o no, y pueden ser o no exclusivas.

De acuerdo con el estudio de la Contraloría General (GAO), algunas universidades a menudo otorgan licencias *antes* de obtener las patentes correspondientes, especialmente en los campos de la biología y de equipo y acce-

sorios computacionales (Peach, 1986: 4). En efecto, 10 de las 19 universidades estudiadas manejan sus acuerdos de licencias a través de firmas de administración de patentes, sobre todo a través de las llamadas Research Corporation y la University Patent, Inc. Asimismo, "al entrar en acuerdos de patentes con empresas, las universidades a menudo transfieren la propiedad de la invención a esas firmas, dándoles así todos los derechos para solicitar ellas mismas las patentes" (Peach, 1986: 5). Por lo demás, las empresas administradoras de patentes cobran hasta un 40 por ciento de las regalías.

Esta descripción del comportamiento real de las universidades en el mercado refleja una actitud empresarial bastante pobre, es decir, una mentalidad no orientada a la ganancia en la mercantilización de su investigación. De esta manera, producir ciencia por la ciencia misma, lo cual era una de las principales empresas de la universidad, ahora aparece como una "limitante cultural" en el contexto de los nuevos requerimientos de una universidad mercantil. No obstante, los representantes de las universidades contactados por GAO "creen que los cambios que han resultado de la ley son pasos positivos para ayudar a que las universidades transfieran tecnologías al mercado" (Peach, 1986: 8).

La mercantilización de la ciencia y la tecnología era, después de todo, el principal propósito de los cambios legales bajo el gobierno de Reagan (Siwolop, 1987a; Walsh, 1987), sin importar demasiado si las universidades serían lo suficientemente agresivas para sacar los beneficios correspondientes. Así pues, otro posible peligro para las universidades es que sólo aquellas con la mayor experiencia mercantil sobrevivirán como "universidades de investigación", si la industria se convierte en su principal patrocinador. En otros términos, las nuevas reglas del juego promoverán aún más la "ley de sobrevivencia" que ya prevalece en la ciencia del Reino Unido: sobrevivencia no del más apto, sino del más gordo (Dickson, 1987: 512-513).

BIOTECNOLOGÍA Y NUEVAS ESTRUCTURAS LEGALES

El papel del Decreto de Protección de las Variedades Vegetales (*Plant Variety Protection Act*, PVPA, 1970) para estimular la crianza privada de variedades vegetales en los Estados Unidos difícilmente se puede sobreestimar. De los casi 800 certificados expedidos hasta diciembre de 1980, sólo 14 por ciento fueron para variedades desarrolladas por criadores públicos. Para septiembre de 1986 se habían otorgado 1'644 certificados y 288 solicitudes estaban procesándose (*The Economist*, 1986). Esto parece implicar un viraje fundamental en la posición y la función de las instituciones públicas de investigación agrícola, particularmente de las universidades agrícolas (LGU) y sus Estaciones Experimentales Agrícolas.

Antes de la aparición del decreto PVPA, el desarrollo de variedades de

cultivos de línea pura era el dominio casi exclusivo de los criadores públicos. Las actividades de las compañías privadas en estos cultivos se limitaban a la producción, el procesamiento y la comercialización de las variedades de semillas creadas en universidades. Sin una protección como la que otorgan las patentes, había poco incentivo para la inversión del capital privado en el costoso proceso de la investigación y el desarrollo de nuevas variedades. Sin embargo, cuando se introdujo el maíz híbrido en los años veinte, las compañías aprovecharon la ventaja de la protección "natural" que da el control propietario de las líneas cruzadas y se movilizaron pronto a desplazar el desarrollo público de líneas comerciales de maíz. La protección "natural" que proporcionan los híbridos consiste en lo siguiente: son producidos mediante el cruzamiento de dos líneas de diferentes ancestros genéticos; por lo tanto, después de la primera generación, en la cual las variedades híbridas pueden llegar a aumentar el rendimiento hasta en un 40 por ciento, la línea se vuelve inestable y pierde su vigor.² Con los híbridos, pues, no se puede guardar las mejores semillas de una cosecha para sembrarlas en el siguiente ciclo agrícola.

Con el ejemplo del maíz híbrido ante ellos, los semilleros buscaron ganarse sus "derechos de creadores" mediante un artificio legislativo. Un intento inicial para incluir especies reproducidas sexualmente en la anterior legislación de protección a las variedades vegetales fue derrotada estrepitosamente en 1930. Y aunque el Congreso estadounidense resistió la idea de proteger las variedades vegetales de los años cincuenta a los sesenta, las compañías semilleras ganaron una considerable experiencia de investigación por la vía de trabajar en aquellos cultivos en que la hibridización se podía lograr.

Finalmente, el desarrollo de una planta investigativa sustancial en el sector privado, la introducción de una legislación para proteger variedades vegetales en Europa, y la creciente importancia de las exportaciones agrícolas estadounidenses fueron factores que aumentaron el poder de cabildeo de la Asociación Gremial Americana de Semillas (*American Seed Trad-Association*). En 1970, a pesar de las evidencias de que la creación pública de variedades vegetales había sido muy efectiva para la modernización de la agricultura en los Estados Unidos, se legisló la PVPA.

Más recientemente, las compañías de biotecnología obtuvieron un gran logro legislativo. El 3 de octubre de 1985, el "United States Board of Patents Appeals and Interferences" decidió que las semillas, las plantas

² Berlan y Lewontin (1986) han escrito una crítica incisiva del mito de que la hibridización, por sí misma, da cuenta de los incrementos de productividad. Si bien la hibridización es uno de varios factores (*v.gr.*, el creciente uso de fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas, irrigación, maquinaria, etcétera), ha habido demasiada exageración sobre el papel de los propios híbridos. La razón principal para promoverlo, dicen estos autores, fue *mercantilizar* las semillas del maíz. Puesto que los híbridos se vuelven inestables después de la primera cosecha, ya no pueden utilizarse como semillas en el siguiente ciclo agrícola. Así pues, los agricultores tienen que comprar semillas todos los años, quedando atados al mercado de insumos.

y los cultivos vegetales pueden ser protegidos por el decreto de patentes de 1952 y que pueden ser sujetas a la protección de patentes de producción. Así pues, la apropiación privada de nuevas variedades de organismos vivos se ha hecho posible legalmente, y desde luego esto se concentrará en aquellas firmas que tienen el capital para realizar fuertes inversiones en investigación y desarrollo biotecnológicos. Este cambio en la legislación de Estados Unidos indudablemente promoverá el desarrollo y la comercialización de productos de las firmas de biotecnología, las cuales muy probablemente comenzarán a inundar el mercado con nuevos productos —ya patentados.

Apenas el 3 de abril de 1987 la "United States Patent & Trademark Office" aprobó la posibilidad de patentar animales nuevos, criados mediante la ingeniería genética. Esta decisión se hizo en el contexto de rechazar una solicitud específica para patentar un ostión anormalmente grande, producido con técnicas de ingeniería genética, por considerarlo demasiado parecido a los que se encuentran en la naturaleza. Sin embargo, el principio general de la posibilidad de patentar animales fue aprobado. Como era de esperarse, esta medida fue aplaudida por la "Industrial Biotechnology Association" de los Estados Unidos, pero también desató una tormenta de protestas por parte de Jeremy Rifkin, la "Humane Society" y otras sociedades que defienden a los animales (Siwolop, 1987b: 126). Rifkin, presidente de la Fundación de Tendencias Económicas (con sede en Washington) y un conocido crítico de la biotecnología, acusó a la Oficina de Patentes de los Estados Unidos de animar a los científicos para que le "hagan de dioses", criando nuevas formas de vida (Monmaney y Hager, 1987). En cuanto a la clonación³ —y patentado— de los propios seres humanos, la posibilidad teórica existe para su realización. Pero tendría que cambiar la ley que prohíbe la esclavitud, o la apropiación privada de otros seres humanos, para que ello se lleve a la práctica en los Estados Unidos (McAuliffe y McAuliffe, 1981).

LA BIOTECNOLOGÍA Y EL TERCER MUNDO

La biotecnología tendrá un gran impacto tanto en los países subdesarrollados como en los países de capitalismo avanzado. Las variedades criadas mediante la ingeniería genética que respondan con bajos niveles de fertilidad o que sean tolerantes a condiciones salinas podrían incrementar la productividad en las vastas áreas de tierras marginales donde las variedades convencionales de alto rendimiento no son apropiadas. Más importante aun para los agricultores pobres: la biotecnología contiene la posibilidad de diseñar variedades mejoradas que no dependan fundamentalmente de

³ Un "clón" es la reproducción exacta de un organismo, mediante técnicas de ADN recombinante, o por cultivos de tejidos celulares o vegetales.

insumos comprados para la obtención de aumentos significativos en el rendimiento. La propagación clonal de cultivos de árboles podría aliviar grandemente los problemas de escasez de leña y deforestación,⁴ y ya ha reducido el tiempo necesario para desarrollar variedades de palmas oleaginosas por un factor de 30.

Ha habido un amplio reconocimiento del valor potencial de la biotecnología en los países subdesarrollados. India y Filipinas han establecido institutos nacionales de biotecnología, y a petición de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos, la Academia de Ciencias de ese país ha convenido realizar una conferencia sobre "Prioridades en la Investigación Biotecnológica para el Desarrollo Internacional". Las visiones de una biorrevolución que continuará donde se quedó la Revolución Verde son ya un lugar común (Buttel, Kenney y Kloppenburg, 1985).⁵

¿Tendrá tal biorrevolución un impacto más positivo sobre los pobres de los países del Tercer Mundo del que tuvo la Revolución Verde? Parece que mucho dependerá del papel y la estrategia que adopten los Centros Internacionales de Investigación Agrícola (IARC) como el CIMMYT (Centro para la Investigación y el Mejoramiento del Maíz y el Trigo, con sede en México). Aún suponiendo que los IARC son agencias adecuadas para el desarrollo y la introducción de variedades mejoradas con ingeniería genética, socioeconómicamente deseables, existen razones para dudar que esas agencias estén en posición de asumir tal responsabilidad. La cambiante articulación entre los criadores públicos y privados de variedades vegetales en los países de capitalismo avanzado parece estar teniendo efectos paralelos en las instituciones internacionales (Buttel y Barker, 1985).

Los IARC tienen actualmente restricciones financieras similares a las que sufren las universidades agrícolas en los Estados Unidos. En 1983, el financiamiento para los IARC aumentó 6 puntos porcentuales por debajo de la inflación y casi todos los 13 centros vieron reducir sus programas de investigación y entrenamiento. Por ejemplo, el CIMMYT, donde Norman Borlaug realizara su trabajo que le hizo ganar el premio Nobel, permitió a Pioneer Hi-Bred retener una copia de todo su material genético sobre maíz. A cambio de eso, Pioneer produciría las variedades del CIMMYT. La razón para que el CIMMYT permitiera a Pioneer producir sus semillas fue que todas las semillas requerían ser germinadas y reproducidas periódicamente para seguir siendo viables —un proceso muy caro que el CIMMYT no podía financiar. Así como ahora sucede en las universidades agrícolas estadounidenses, parece que los IARC aceptarán nuevas tareas de las ETN semilleras a medida que ven disminuir sus presupuestos.

Las transnacionales del agronegocio claramente ven al Tercer Mundo

⁴ En este caso, la "propagación clonal" se refiere a la reproducción masiva de árboles para combatir la deforestación.

⁵ Han habido una gran cantidad de trabajos sobre la Revolución Verde. Algunos de los más destacados son: Cleaver (1972), Hewitt de Alcántara (1978), Lipton y Longhurst (1985), Pearse (1980), y Wade (1974).

como un mercado lucrativo para productos de la bioingeniería y como una fuente de la muy codiciada diversidad genética. Ahora que la propia crianza de nuevas variedades se convierte en un eslabón crucial en la valorización de la investigación biotecnológica, bien puede parecerle útil a la industria privada el confinar a los IARC, que tienen su sede en los países del Tercer Mundo donde se encuentra la diversidad genética, a la investigación básica y a la recolección, preservación y evaluación del germoplasma. La forma de la biorrevolución estará determinada, en última instancia, por las necesidades del capital transnacional.

La introducción de la biotecnología también puede tener efectos duraderos en la división internacional del trabajo en la agricultura. Los trópicos tienen una serie de ventajas sobre las zonas templadas, incluyendo el clima cálido durante todo el año y una mayor intensidad solar. La biotecnología podría concebiblemente desarrollar variedades de, digamos, maíz o soya susceptibles de ser cultivados fuera de las zonas templadas. Por otra parte, las aplicaciones industriales de la biotecnología ya han tenido un impacto negativo sobre los mercados para el azúcar y otros productos que la ingeniería genética puede sintetizar. Por ejemplo, las enzimas inmovilizadas han posibilitado la producción de endulzadores industriales a partir del maíz. En 1982 el jarabe de maíz daba cuenta ya del 36 por ciento del mercado de endulzadores industriales en los Estados Unidos, y se espera que esa cifra ascienda a por lo menos 44 por ciento en 1987.

Además, el desarrollo de las técnicas de cultivo de tejidos vegetales está posibilitando la producción de medicamentos que antes sólo eran derivables de plantas completas o de procesos sintéticos que involucraban petroquímicos muy caros. El cultivo de tejidos, que consiste en hacer crecer células animales o vegetales en un medio nutriente, permite que células individuales produzcan sustancias en aislamiento del resto del organismo original, de la cual se produce después un extracto. El proceso productivo ya no se verá interrumpido por conflictos laborales, por problemas climáticos o gubernamentales, o por problemas de transporte. La creciente intensidad de capital en este proceso productivo es obvia: no habrá plantas que plantar, cultivar ni cosechar; habrá costos de transporte y procesamiento más bajos, y un mejor control de calidad. La producción será más predecible y confiable, y tal vez ya ni siquiera existirá "agricultura". Muchos productos serán afectados de esta manera con los desarrollos en el cultivo de tejidos: en cada caso los trabajadores serán desplazados.

PROSPECTOS PARA MÉXICO Y AMÉRICA LATINA

Aunque las variedades vegetales de alto rendimiento fueron introducidas en los Estados Unidos desde los años treinta, junto con el paquete tecnológico asociado con ellas, a este paquete nunca se le denominó "Revolución Verde" en el contexto estadounidense. Sin embargo, queda claro

que la modernización de la agricultura de Estados Unidos se basó precisamente en las tecnologías que comprende la Revolución Verde (Lewontin y Berlan, 1986).

México fue el primer país del Tercer Mundo que importó las tecnologías de la Revolución Verde para su desarrollo agrícola. Muchos de los impactos de la nueva tecnología fueron similares tanto en México como en los Estados Unidos: 1) desigualdades regionales, favoreciendo las áreas de agricultura de riego; 2) polarización social, beneficiando a los agricultores más ricos y más grandes, y 3) problemas ecológicos, incluyendo una mayor vulnerabilidad de las cosechas y una decreciente diversidad genética en los recursos de germoplasma (Kloppenborg, 1984).

El hecho de que los contrastes sean tan grandes, por otra parte, entre las Revoluciones Verdes de México y los Estados Unidos, sugiere la importancia de lo marcadamente diferentes que son las estructuras agraria e industrial de cada país. En los Estados Unidos se daba un sólido proceso de industrialización, capaz de absorber a la mayor parte de la fuerza de trabajo desplazada de su agricultura. En México, por contraste, la mayoría de las unidades de producción eran de subsistencia, de tipo campesino, con escasas posibilidades de hacer las inversiones de capital que exigían los paquetes de la Revolución Verde. Su débil proceso de industrialización, además, sólo pudo absorber parte de la fuerza de trabajo desplazada de la agricultura. El resultado fue que sólo una pequeña minoría de los productores rurales —los agricultores empresariales— se convertirían en la base de los incrementos de producción y productividad de la agricultura comercial y de exportación (Bartra y Otero, 1987; Otero, 1986, 1988).

Las tendencias a la polarización regional en México han ido de la mano con la expansión de la infraestructura de riego y el uso creciente de las variedades de alto rendimiento introducidas por la Revolución Verde. Con el aumento de la inversión en obras de riego, a partir de los años cuarenta, los productores comerciales llegaron a concentrarse en una pequeña área: casi el 50 por ciento de la producción agrícola proviene del 23 por ciento del total de la superficie de cultivo y es producida por el 19 por ciento de la fuerza de trabajo rural. En contraste con esto, las vastas regiones campesinas y semiproletarias dan cuenta de la mitad de la superficie cultivable, de más de la mitad de la fuerza de trabajo agrícola total, y de sólo una tercera parte de la producción agrícola total (Appendini, 1983: 192).

Los distritos de riego del norte han sido el sitio real de la Revolución Verde. A nivel nacional, en el 80 por ciento de la superficie de riego que se siembra con alfalfa, sorgo, soya, arroz, maíz, frijol y trigo se utilizan semillas híbridas o mejoradas. Además, la producción de semillas se ha privatizado crecientemente, a manos sobre todo de ETN. Mientras que la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), empresa paraestatal, vendió 41.1 por ciento de las variedades de alto rendimiento y las empresas privadas vendieron 58.9 por ciento en 1970, esas cifras fueron de 26.9 por

ciento y 73.1 por ciento, respectivamente, para 1977. Las ETN no sólo controlan el mercado sino que seguido tienen que importar semillas de los Estados Unidos para completar su oferta local. Éste es el contexto en el cual surge la biotecnología en la agricultura mexicana, y el cuadro no es muy diferente para el resto de América Latina.

En cuanto a la producción científica y tecnología en México, así como en América Latina en general, las relaciones industria-universidad son casi inexistentes (Goldstein, 1985; Waissbluth, Cadena y Solleiro, 1985). Las universidades en América Latina están orientadas más a la enseñanza que a la investigación, y por lo tanto es muy probable que si se hace alguna investigación biotecnológica en México de relevancia comercial, ésta se hará en instituciones como el CIMMYT (Plucknett, Smith y Horne, 1985). ¿Será crecientemente marginado este centro, relegado a actividades que no se relacionen con las necesidades del pueblo mexicano, sino con las necesidades del capital transnacional? ¿Tiene México la capacidad para comprometerse con la investigación en biotecnología o se convertirá en un simple consumidor de sus productos, desarrollados en los países de capitalismo avanzado? En el pasado, el CIMMYT ha establecido relaciones con empresas transnacionales, funcionando más como un apéndice de sus necesidades, que para su supuesta clientela: los campesinos locales.

Existen algunas instituciones que hacen investigación biotecnológica en México (Kenney e Hibino, 1987; Quintero, 1985; Robert y Loyola, 1985). Pero existen también por lo menos tres problemas con la mayor parte de la investigación que en ellas se realiza: 1) la mayoría de la investigación es de tipo "básico" y no aplicado; 2) casi no existen vínculos con la industria privada mexicana, y 3) el cultivo de tejidos vegetales tiende a ser la tecnología más usada, excepto por un puñado de científicos que usan la tecnología del ADN recombinante. En consecuencia, una de las muy pocas empresas mexicanas de biotecnología, que forma parte de un importante grupo industrial en la ciudad de México (DESC, Sociedad de Fomento Industrial), ya está mirando hacia el norte en busca de transferencia de tecnología. Esta firma ha establecido comunicación con Cornell y otras universidades de Estados Unidos, principalmente porque las relaciones con universidades mexicanas son virtualmente inexistentes. Hay también razones ideológicas y políticas por las cuales esas relaciones no se desarrollan: los investigadores de las universidades públicas sienten que se "corromperían" con tales vínculos, y sienten hostilidad hacia la iniciativa privada, sobre todo en las grandes universidades de la ciudad de México.

Este triste escenario de la biotecnología en México nos lleva a creer que, de haber más empresarios mexicanos interesados en la emergente industria, en el mejor de los casos buscarán asociarse con capitalistas estadounidenses. En el peor, las ETN intentarán transferir la tecnología, directamente o a través de subsidiarias, con todas las implicaciones que ello conlleva en términos de patentes, regalías y forma superiores de depen-

dencia tecnológica, científica y, por lo tanto, financiera para el pueblo de México.

Si los que toman las decisiones en México y América Latina tienen la voluntad política de intervenir en este proceso, hacia un desarrollo nacional de la biotecnología, será necesario que actúen pronto con medidas de política científica e industrial firmes. Desde luego, sería ilusorio pretender que los países del Tercer Mundo desarrollen toda la gama de biotecnologías internamente, con recursos científicos y financieros locales. Sin embargo, existe una base de conocimientos importantes tanto en México como en Brasil (Osorio de Almeida, 1984). Con decisiones de política adecuadas, tales conocimientos podrían convertirse en desarrollos tecnológicos autóctonos. Pero una pregunta que aún hay que responder es si la biotecnología, tal como ahora se desarrolla, es el "tren" correcto en el que los países del Tercer Mundo deben "subirse", y si tienen siquiera el poder de tomar esa decisión.

El capitalismo está generando una variedad de nuevas y poderosas fuerzas productivas. La más importante de éstas en relación con la agricultura es la biotecnología. Los ingenieros en genética tienen ahora acceso a los bloques para la construcción de la vida misma, y pronto estarán en la posición de alterar el código genético a voluntad, programándolo para cumplir especificaciones predeterminadas y criando formas novedosas y económicamente significativas de vida. Un avance tan fundamental en las fuerzas productivas no puede dejar de tener un profundo impacto en la forma como se organizan los procesos de producción. En este trabajo hemos tratado de delinear lo que nosotros anticipamos que será una gran reestructuración de la agricultura bajo el impacto de la naciente tecnología. En este sentido, el trabajo también contiene una agenda implícita de investigación: ¿Se transformará el sector agrícola mundial en la forma aquí delineada?

Parece claro que la biotecnología estimulará la centralización del capital, facilitando una integración más completa del sector de insumos agrícolas, y la industria semillera se convertirá en un nuevo terreno para la competencia entre los grandes capitales transnacionales. ¿Cómo afectará esto a la estructura industrial? ¿Cuáles serán las consecuencias de un mayor poder de mercado entre unas cuantas firmas con intereses tanto en biotecnología como en semillas? ¿Cuál será el papel de las compañías de ingeniería genética creadas por el capital de alto riesgo? ¿Cuál será la articulación entre esas compañías, las ETV y sus subsidiarias semilleras? ¿Cuál será el destino de las compañías semilleras independientes?

La biotecnología contiene un potencial sin precedentes, tanto de impactos positivos como negativos sobre la diversidad genética y la biósfera global. Todos los recursos genéticos mundiales se han vuelto económicamente relevantes repentinamente, por su nuevo estatuto de medios de

producción para el ingeniero en genética. ¿Actuará esto como un incentivo para evitar la declinación de la diversidad genética, lo cual se convertiría en un límite para la realización del pleno potencial de la biotecnología, o continuará la erosión genética de todos modos? ¿Cómo responderán los países del Tercer Mundo ante un interés intenso por explotar sus recursos genéticos? ¿Qué intereses se servirán con los actuales esfuerzos de exploración y colección vegetal? ¿Cómo se estructura el acceso a los bancos nacionales e internacionales de germoplasma? ¿Dónde reside el control de la herencia genética mundial?

Con toda probabilidad, vendrá una biorrevolución a continuar la Revolución Verde. Esencialmente, esta biorrevolución probablemente involucrará la extracción de recursos genéticos del Tercer Mundo, su incorporación a las variedades vegetales en los laboratorios de los países de capitalismo avanzado, y la reintroducción de las variedades mejoradas a los países subdesarrollados a través de un mercado de insumos ampliado. ¿Serán los IARC crecientemente marginados, relegados a actividades que no se relacionen con las necesidades de los pueblos del Tercer Mundo, sino con las necesidades del capital transnacional? ¿Tienen los países subdesarrollados la capacidad de comprometerse efectivamente con la investigación biotecnológica o serán simplemente consumidores de los productos de la bioingeniería desarrollados en los países de capitalismo avanzado?

Es probable que en los Estados Unidos las universidades sean crecientemente instrumentalizadas por el capital transnacional, con lo cual los investigadores verán disminuidas su creatividad y su autonomía. Las agendas de investigación serán marcadas por los nuevos patrones de las universidades, profundizando así el papel de la ciencia y la tecnología como la base actual del desarrollo de las fuerzas productivas. Se agudizará, seguramente, la división del trabajo entre universidades de investigación y universidades de enseñanza en los Estados Unidos, mientras que los países del Tercer Mundo verán profundizar su dependencia económica de los países avanzados por contar con una endeble base científica para el desarrollo de la biotecnología. Las crecientes limitaciones a la publicación de nuevos descubrimientos se compensará con la proliferación de las patentes, pero éstas significarán la apropiación privada y la monopolización del conocimiento. Y las patentes serán protegidas por el gran poder estatal de los países de capitalismo avanzado.

En el presente, la empresa privada opera con mínimas restricciones en el desarrollo y la comercialización de las nuevas biotecnologías. Es imperativo que grupos democráticos y progresistas logren un entendimiento y un control significativo de la forma como se explotarán los recursos genéticos mundiales. En este trabajo hemos tratado de establecer las trayectorias por las cuales se aplicará la biotecnología en la agricultura, y de explorar el impacto que tendrá la innovación biotecnológica. La biotecnología está preñada de potencial tanto para la liberación como para la dominación. Para cuál lado se desarrollará depende de quién la oriente y cuáles pará-

metros pueda establecer la sociedad para guiar su utilización. La necesidad de investigación socialmente sensible, en relación con la biotecnología, es inmediata —antes de que la nueva tecnología se aplique irreparablemente.

BIBLIOGRAFÍA

- Appendini, Kirsten A. de: (1983), "La polarización de la agricultura mexicana: un análisis a nivel de zonas agrícolas", en Gonzalo Rodríguez Gigena (ed.), *Economía Mexicana*, México, Centro de Investigación y Docencia Económicas.
- Barkin, David y Blanca Suárez: (1983), *El fin del principio: las semillas y la seguridad alimentaria*, México, Centro de Estudios de Ecodesarrollo y Editorial Océano.
- Bartra, Roger y Gerardo Otero: (1987), "Agrarian Crisis and Social Differentiation in Mexico", en *The Journal of Peasant Studies*, vol. 14, núm. 3, Londres, abril.
- Berlan, Jean-Pierre y R. C. Lewontin: (1986), "The Political Economy of Hybrid Corn", en *Monthly Review*, vol. 38, núm. 5, julio-agosto.
- Blumenthal, David, Michael Gluck, Karen Seashore Louis, y David Wise: (1986), "Industrial Support of University Research in Biotechnology", en *Science*, vol. 231, 17 de enero.
- Buttel, Frederick H., Martin Kenney y Jack Kloppenburg, Jr.: (1985), "From Green Revolution to Biorevolution: Some Observations on the Changing Technological Bases of Economic Transformation in the Third World", en *Economic Development and Cultural Change*, vol. 34, núm. 1, octubre.
- Buttel, Frederick H. y Randolph Barker: (1985), "Emerging Agricultural Technologies, Public Policy, and Implications for Third World Agriculture: The Case of Biotechnology", en *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 67, núm. 5, diciembre.
- Cleaver, Harry: (1972), "Contradictions of the Green Revolution", en *Monthly Review*, vol. 2, núm. 1, junio.
- Dickson, David: (1987), "U. K. Science: Survival of the Fittest-or Fattest?", en *Science*, vol. 236, 1 de mayo, pp. 512-513.
- Fusfeld, Herbert I.: (1983), "Overview of University-Industry Research Interactions", en Thomas W. Langfitt, A. P. Fishman y A. V. Glowasky (eds.), *Partners in the Research Enterprise: University-Corporate Relations in Science and Technology*, Filadelfia, University of Pennsylvania Press.
- GAO (U. S. General Accounting Office): (1986), *University Funding: Federal Funding Mechanisms in Support of University Research* (Report to the Chairman, Committee on Science and Technology, U.S. House of Representatives), GAO/RCED-86-53.
- Goldstein, Daniel J.: (1985), "New Patents in Technology: Their Impact

- on Latin America”, en Taller de Planeación sobre Biotecnología y Sistemas Alimentarios en América Latina, La Jolla, Cal., Centro de Estudios México-Estados Unidos, Universidad de California, San Diego.
- Hightower, Jim: (1973), *Hard Tomatoes, Hard Times*, Cambridge, Mass., Shenkman Publishing Co.
- Kenney, Martin F.: (1986), *Biotechnology: The University-Industrial Complex*, New Haven, Yale University Press.
- Kenney, Martin y Jack Kloppenburg, Jr.: (1984), “The American Agricultural Research System: An Obsolete Structure?”, en *Agricultural Administration*, vol. 14, núm. 1
- Kenney, Martin y Barbara Hibino: (1987): “Biotechnology in Mexican Agricultural Research: Development of a Research Agenda”, trabajo presentado en la reunión de la Rural Sociological Society, en Madison, Wisconsin, del 12 al 15 de agosto.
- Kloppenburg, Jack, Jr.: (1984), “The Social Impacts of Biogenetic Technology in Agriculture: Past and Future”, en G. Berardi y C. Geisler (eds.), *The Social Consequences and Challenges of New Agricultural Technologies*, Boulder, Col., Westview Press.
- Kloppenburg, J. Jr.: (1988), *Frist the Seed: The Political Economy of Plant Biotechnology, 1492-2000*, Nueva York, Cambridge University Press.
- Kloppenburg, Jack, Jr. y Daniel Lee Kleinman: (1987a), “Seeds of Struggle; the Geopolitics of Genetic Resources”, en *Technology Review*, vol. 90, núm. 2.
- Kloppenburg, Jack, Jr. y Daniel Lee Kleinman: (1987b), “The Plant Germplasm Controversy”, en *Bio-Science*, vol. 37, núm. 3, marzo.
- McAuliffe, Susan y K. McAuliffe: (1981): *Life for Sale*, Nueva York, Coward, McCann y Geoghegan.
- Monmaney, Terence y Mary Hager: (1987), “Should Man Make Beast?—A New Ethical Dilemma”, en *Newsweek*, 4 de mayo, p. 6.
- Otero, Gerardo: (1986), *Political Class Formation in Rural Mexico: Class, State and Culture*, tesis doctoral, Universidad de Wisconsin-Madison, Ann Arbor, Mich., University Microfilms International.
- Otero, Gerardo: (1987), “Biotechnology and University-Industry Relations: The Rise of a New Patronage?”, trabajo presentado en el Seminario de los Miércoles del Centro de Estudios México-Estados Unidos, Universidad de California, San Diego, 20 de mayo.
- Otero, Gerardo: (1988), “Agrarian Reform in Mexico: Capitalism and the State”, en William Thiesenhusen (ed.), *Searching for Agrarian Reform in Latin America*, Winchester, Mass., Allan y Unwin.
- OTA (Office of Technology Assessment, U. S. Congress): (1986), *Technology, Public Policy and the Changing Structure of American Agriculture*, Washington, OTA.
- Ozorio de Almeida, Anna Luiza (coord.): (1984), *Biotecnología e agricultura: perspectivas para o caso brasileiro*, Petrópolis, Editora Vozes Ltda.

- Peach, Dexter (Director de GAO): (1986), "Patent Policy: Universities Research Efforts Under Public Law 96-517", U. S. General Accounting Office, GAO/RCED-86-93, abril.
- Pearse, Andrew: (1980): *Seeds of Plenty, Seeds of Want: Social and Economic Implications of the Green Revolution*, Oxford, Oxford University Press.
- Plucknett, Donald L., Nigel J. H. Smith y Mary E. Horne: (1985), "Biotechnology at the International Agricultural Research Centers in Latin America", en los trabajos del Taller de Planeación sobre Biotecnología y Sistemas Alimentarios en América Latina, La Jolla, Cal., Centro de Estudios México-Estados Unidos, Universidad de California, San Diego.
- Quintero, Rodolfo (ed.): (1985), *Perspectivas de la biotecnología en México*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Robert, Manuel y Víctor Manuel Loyola (eds.): (1985), *El cultivo de tejidos vegetales en México*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Rosenzweig, Robert M. y Barbara Turlington: (1982), *The Research Universities & Their Patrons*, Berkeley, University of California Press.
- Siwolop, Sana: (1987a), "A Pipeline from the Lab to Industry", en *Business Week*, 4 de mayo, p. 126.
- Siwolop, Sana: (1987b): "The Debate Over Animal Patents Isn't Over Yet", en *Business Week*, 4 de mayo, p. 126.
- Suárez, Blanca: (1983), "Las semillas mejoradas y los cambios en el sector agropecuario en México, 1970-1977", en Gonzalo Rodríguez Gigena (ed.), *Economía Mexicana*, México, Centro de Investigación y Docencia Económicas.
- The Economist*: (1986), "Copyright Plants", 27 de septiembre, p. 90.
- Wade, Nicholas: (1974), "Green Revolution: A Just Technology Often Unjust in Use", en *Science*, vols. 186 y 187, 20 y 27 de diciembre.
- Waissbluth, Mario, Gustavo Cadena y José Luis Solleiro: (1985), "La vinculación universidad-industria: una experiencia organizacional en México", en los trabajos del Taller de Planeación sobre Biotecnología y Sistemas Alimentarios en América Latina, La Jolla, Cal., Centro de Estudios México-Estados Unidos, Universidad de California, San Diego.
- Walsh, John: (1987), "NSF Puts Big Stake on Research Centers", en *Science*, vol. 236, abril, pp. 18-19.
- Weiner, Charles: (1986), "Universities, Professors, and Patents: A Continuing Controversy", en *Technology Review*, vol. 89, núm. 2, febrero/marzo.
- Yoxen, Edward: (1981): "Life as a Productive Force: Capitalising the Science and Technology of Molecular Biology", en L. Levidow y B. Young (eds.), *Science, Technology and the Labour Process*, Londres, CSE Books.