

LA REVOLUCION DE LAS BIOTECNOLOGIAS

*Andrés Quiroga (Investigador Principal)
Domingo José Cardozo Martínez
Pablo Michel López*



LA REVOLUCIÓN DE LAS BIOTECNOLOGÍAS

**Universidad
Autónoma
Metropolitana
Unidad Xochimilco**



LA REVOLUCIÓN DE LAS BIOTECNOLOGÍAS

Rodolfo Quintero

Alejandro Córdova

Gustavo Leal

Carolina Martínez

Pierre-Michel Rosner

Universidad Autónoma Metropolitana
Rector General, doctor Gustavo Chapela Castañares
Secretario General, doctor Enrique Fernández
Fassnacht

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

División de Ciencias Sociales y Humanidades
Directora, doctora Sonia Comboni Salinas
Secretaria Académica, maestra Iris Santacruz Fabila

Edición:
Araceli Soní Soto
Fernando Vizcaíno Guerra
Alejandro Aréchiga Janet

Corrección: Salvador González Vilchis

Diseño de portada: Signa/Víctor Ortega

D.R. 1990, Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Calzada del Hueso 1100
Col. Villa Quietud, Coyoacán
C.P. 04960 México D.F.

ISBN 968-840-734-8
Impreso y hecho en México

ÍNDICE

Prólogo	7
de Luciano Concheiro B.	
I.	
Futuros que se aproximan:	11
el avance biotecnológico en el sector salud.	
Entrevista con el doctor Rodolfo Quintero R.	
por Alejandro Córdova, Gustavo Leal y Carolina Martínez	
Apéndice.	39
II.	
¿Revolución de la biotecnología	41
o tercera revolución agrícola?	
de Pierre-Michel Rosner	
(Traducción de Mario A. Zamudio Vega)	
Notas.	63

Prólogo

“Lo que aumentaba mi confusión era el haber nacido en una iglesia que de todo falla, que no admite duda alguna..”

J. J. Rousseau

Discurso sobre el origen y los fundamentos de la desigualdad entre los hombres.

Rousseau frente a los modernos y al imperio de la razón producto del progreso, llama la atención sobre las consecuencias negativas para el hombre, de ese progreso racional en la cultura y la civilización. En la sociedad actual, los vientos de cambio, como en una cinta sin fin, retoman el nombre de modernización y progreso, y tiene como punta de lanza la última expresión de la razón: la tecnología. Quizá por eso valga la pena recoger la sentencia de Rousseau en esta nueva época de Ilustración, y develar la supuesta neutralidad de los cambios tecnológicos colocando en el centro los intereses de la mayoría de las mujeres y hombres de nuestra sociedad.

Mucho hemos oído hablar de biotecnología y de sus múltiples efectos sobre sectores como el agrícola y el alimentario, así como el farmacéutico y el energético pero ¿cuál es la fuerza real transformadora de la biotecnología? ¿cuáles son sus ritmos de implantación y en qué puntos actuará realmente?, y bajo las condiciones actuales en que vive nuestro país ¿qué efectos tendrá la biotecnología? ¿reforzará nuestra dependencia, transnacionalizará aún más nuestra economía? ¿lo seremos capaces de apropiarnos con un sentido popular y nacionalista de la biotecnología? En otro nivel ¿también se cuestiona la llamada revolución biotecnológica? ¿qué idea de progreso conlleva?, ¿cuál es su efecto sobre las formas de producir, sobre el empleo y los modos de vida?, ¿sólo hay un camino o pueden retomarse, por ejemplo en la

revolución agrícola, opciones bajo la perspectiva del campesino?

En fin, preguntas hay muchas y algunas respuestas importantes podrán encontrarse en los dos textos que constituyen este libro. También cada uno de ellos, abre nuevos cuestionamientos incitándonos a profundizar en el tema. El primer trabajo: "Futuros que se aproximan: el avance biotecnológico. Entrevista al Dr. Rodolfo Quintero", de A. Córdova, G. Leal y C. Martínez, es una ágil y a la vez profunda puesta al día sobre la biotecnología en nuestro país. El lector versado sobre el tema encontrará propuestas políticas específicas, información relevante y la concepción de uno de los más importantes científicos en esta área, el Dr. Quintero, Premio Nacional de Ciencia y Tecnología en Alimentos (1983). Para los que busquen introducirse en el mundo de la biotecnología estos textos cumplen también con esa dimensión de la difusión.

La estudiada entrevista con Quintero nos lleva del mercado mundial y la determinación de las transnacionales en el desarrollo biotecnológico a las distintas opciones que como país podemos tomar y todo eso a través de sus sectores fundamentales: el agrícola, el alimentario, y el farmacéutico. En este último sentido, los propuestas políticas no son abstracciones o declaratorias generales, sino que tienen la ventaja de ir a lo específico, incluyendo en algunos casos el camino para conquistar los cambios necesarios. La caracterización del desarrollo de la biotecnología no es optimista, nos parece más bien madura, pero sin dejar de llamar la atención sobre la urgencia de las acciones que deben emprenderse y la necesaria visión de largo alcance, científica, que hace falta. Asimismo las referencias concretas a las políticas gubernamentales de corte neoliberal son críticas desde un ángulo especialmente innovador, que rompe con la falsa dicotomía de "mucho Estado o más mercado".

El trabajo de Pierre-Michel Rosner es muy interesante, nos introduce en diversos enfoques del desarrollo biotecnológico tomando por eje la identificación prospectiva de las nuevas tecnologías en la agricultura y sus posibles efectos

socioeconómicos. La biotecnología no es vista como un simple insumo, sino desde la perspectiva de su efecto transformador en la organización del trabajo agrícola, y a partir del proceso de difusión de las tecnologías.

Rosner presenta la temática en términos voluntariamente polémicos, no exento de felices giros irónicos, y de un combate frontal a los apologistas de la biotecnología. Su conclusión gira en torno a la superación de la brecha que se abre entre los actores del agro y los “dueños” de la biotecnología. El enfoque global y multidisciplinario permite que la conclusión, también política, no “caiga del cielo” sino tenga un rico contenido multifacético que se resume en la máxima de que “no hay revolución biotecnológica sin revolución agrícola”.

La entrevista y el trabajo de Rosner nos permiten asistir, en distintos niveles, a una necesaria desmistificación de la llamada revolución biotecnológica. El trabajo del último autor, por su especificidad nos lleva a una profundización mayor y a la identificación de las interrelaciones entre la revolución en el área biológica, la concepción de las nuevas tecnologías y la reorganización de la sociedad sobre esas nuevas bases. Al igual que la entrevista, las notas finales de Rosner dan posibilidad a una lectura paralela, polémica y actualizada sobre esta temática.

Finalmente, sólo nos resta recomendar una lectura apasionada de estos dos buenos análisis, con la pasión necesaria para abordar una temática que nos sitúa en el siglo XXI, pero que por lo mismo nos obliga a optar conscientemente por las vías de su desarrollo, a la vez que romper con todo espíritu de inercia y conservadurismo, y recordar nuevamente con Rousseau que la mujer y el hombre son lo más importante.

Luciano Concheiro B.

I

Futuros que se aproximan: el avance biotecnológico en el sector salud.

Entrevista con el doctor Rodolfo Quintero R. (abril de 1988)
Por Alejandro Córdova, Gustavo Leal y Carolina Martínez.

El cambio estructural proviene del mundo de la austeridad. En México la línea del cambio, se dice, ostenta un color: el de la modernización. Los últimos años de empeños restructuradores se asocian, además, a un anhelo: la integración de México a la economía mundial. Los cambios, modernizaciones e integración unifican una propuesta en boga que nos empieza a acosar y cuyas resonancias nos traen también señales inquietantes.

Tal es el caso de la llamada biorrevolución. Los productos anticipados por la biotecnología de los años setenta han llegado al mercado. Ya se comercializan en los sectores farmacéutico y alimentario; el sector agrícola podrá encontrarlos a la venta a finales de la década. El mercado mundial de productos biotecnológicos de primera generación, principalmente bebidas y alimentos fermentados, fue estimado en 55 mil millones de dólares en 1981. Los de segunda generación sumaban unos 20 mil millones de dólares en 1983, entre los cuales el desarrollo en la producción de penicilinas y, por ende, de antibióticos constituían el 40 por ciento. Puestas en perspectiva, estas cifras proyectan una comparación escalofriante: el mercado biotecnológico actual representa algo más del 12 por ciento del mercado petrolero, cuyas ventas mundiales en 1985 sumaron 600 mil millones de dólares. Por su parte, el valor de las ventas del conjunto de productos de segunda generación es equiparable al mercado azucarero (20 mil millones de dólares).

La biotecnología acomete al sector salud. La ingeniería genética ha dotado a la farmacéutica de un arsenal de medicamentos fantásticos: interferones, hormonas, vacunas y muchos más. Asociada a la tecnología de hibridomas, la investigación de nuevos materiales e informática está cimbrando las antiguas técnicas diagnósticas. Hoy día se dispone de nuevos sistemas diagnósticos que en corto plazo serán capaces de detectar diversos padecimientos. Las expectativas en el sector salud le asignan un rango del 22 por ciento de las ventas para 1990.

Los retos reales del afán modernizador están a la vista. México, como buena parte de Latinoamérica, está frente a un plexo de definiciones forzadas. La intensa competencia tecnológica que se libra en el escenario de los países del norte ha puesto al día el problema de las patentes y la propiedad intelectual. A través de los foros de negociación multilateral, como el GATT, los intereses de las vanguardias tecnológicas quieren establecer reglas del juego favorables. Prueba de ello es que el uso de las patentes ha sido extendido de 15 a 17 años. Mientras, en diversos países de América Latina y el Caribe apenas empieza el esfuerzo por identificar el impacto del nuevo paquete tecnológico sobre sus economías, poblaciones y sociedad.

El proyecto de modernización no puede menos que incorporar a su empeño la responsabilidad nacional frente a este futuro que está a la puerta. El Sistema Nacional de Salud exhibe ya un par de áreas de urgente definición: la industria químico-farmacéutica y el nivel de operación (asistencia y atención) del sector salud. Para ambas, el programa de cambio estructural no requiere demorarse en el diseño y evaluación de los marcos prospectivos: los resultados están a la mano. En todo caso, se trata de alternativas frente a ellos y, sobre todo, de los costos reales de la modernización.

Al ocuparse de estos retos y estos costos, el doctor Rodolfo Quintero ha ejemplificado: el tratamiento para el enanismo con hormona del crecimiento cuesta en los EUA 16 mil dólares anuales por paciente; si en México se pretendiera tratar a cien recién nacidos con este padecimiento por un

período de cinco años, el gasto exclusivamente para la adquisición del producto sería de 8 millones de dólares (alrededor de unos 20 millones de pesos al cambio de hoy). ¿Cuántos salarios mínimos costaría este programa de atención?

Por otra parte, el infarto al miocardio ya puede atenderse con un producto biotecnológico: el agente plasmógeno del tejido (TPA), que vale poco menos de dos mil dólares.

En 1981 México importó más de 150 millones de dólares en materias primas farmacéuticas. Según las últimas cifras del doctor Lieberman (director general de Control de Insumos de la Secretaría de Salud), en nuestro país sólo se produce el 58 por ciento de ellas. El cuadro básico de medicamentos se integra por 329 principios activos que cubren las necesidades de medicina para 60 millones de personas, abarcando el 95 por ciento de la patología nacional. El doctor Quintero considera que para el fin del siglo casi la mitad de esos principios serán de origen biotecnológico. Y apunta: “¿Cómo entra en este juego la industria químico-farmacéutica nacional? En total desventaja.”

La integración de México a la economía mundial acontece en los marcos de un frente externo turbulento y extremadamente competitivo. Este es el primer dato del que debe partir el “realismo económico” del cambio estructural y las políticas públicas a él asociadas.

En esta charla con el doctor Rodolfo Quintero* se revisa el perfil de los nuevos productos biotecnológicos, sus mercados, áreas de influencia, naturaleza de los intereses transnacionales, así como previsibles políticas nacionales alternas. Sus opiniones contribuyen a prevenirnos del sueño de una modernización en subido azul celeste, toda ella concordia, armonía y concertación.

* Rodolfo Quintero R. es un ingeniero químico mexicano con maestría en el Instituto Tecnológico de Massachussets y doctorado en ingeniería bioquímica por la Universidad de Manchester; se ha desempeñado en la UNAM, UAM y distintas universidades latinoamericanas. Ha dirigido los departamentos de biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomé-

1. ¿Cuál es el perfil de los productos biotecnológicos en el momento actual?

Me referiré a tres sectores estratégicos para el desarrollo biotecnológico, empleando datos sobre los países industrializados, principalmente: el farmacéutico, el agrícola y el alimentario. Cada uno ha tenido su propio ritmo en el desarrollo y comercialización de sus productos.

En el sector salud de estos países ha empezado a darse un uso masivo de los productos farmacéuticos derivados de la ingeniería genética y de la nueva biotecnología. En este momento hay unos ocho en el mercado mundial, y se espera que dentro de poco aparezcan muchos más. Así, se sabe que hay 36 vacunas en investigación, de las cuales 15 son las que interesan a los países desarrollados, las demás podrían interesar a países como el nuestro. Existen alrededor de 90 empresas -aparte de otros organismos internacionales- trabajando en vacunas, la mayoría en EUA, Inglaterra, Japón, Austria, Francia, Suiza y Australia.

Como las vacunas, hay muchos otros productos de uso directo en las terapias: tratamientos contra el cáncer, interferones, hormonas de crecimiento, interleuquinas, insulina humana, TPA (agente plasmógeno de tejido) para el tratamiento de infartos al miocardio, etcétera. Asimismo, hay unos 200 nuevos sistemas de diagnóstico en el mercado, que

dicas y del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de la UNAM. Fue director fundador del Programa Universitario de Alimentos de la misma. Trabajó en investigaciones prospectivas para la Fundación Barros Sierra y para un banco mexicano. Ocupó la gerencia de proyectos que culminó en la creación de Laboratorios Biológicos de México S.A. Ha sido consultor de Naciones Unidas en el área de desarrollo industrial, conferencista internacional y asesor de varios gobiernos latinoamericanos. Fue miembro de variados consejos de administración, de comisiones dictaminadoras, jurado de premios nacionales, y evaluador del Sistema Nacional de Investigadores. Autor de libros y artículos especializados, cuenta, además, con seis patentes nacionales y una internacional. Actualmente es coordinador técnico del Programa Regional de Biotecnología para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

se emplean para detectar desde hepatitis hasta SIDA, además, de muchos otros productos que irán en aumento durante la próxima década.

En el sector agrícola hay una gama de grupos trabajando: unos en semillas de granos básicos, otros en frutales, hortalizas, legumbres, en busca de plantas resistentes o con propiedades diferentes de las naturales o adicionales, además de agroquímicos promotores del crecimiento e insecticidas. Algunos de estos productos han empezado a entrar al mercado, aunque la gran mayoría no llegarán hasta mediados o finales de la siguiente década. La agricultura es el mayor de los mercados para los productos derivados de la biotecnología moderna.

En el sector alimentario no se esperan grandes cambios en cuanto a productos nuevos, sino una sustitución de los productos hoy usados: el almidón de maíz está sustituyendo al azúcar de caña; las grasas y lípidos empiezan a ser desplazados por productos provenientes del tratamiento enzimático de las proteínas del huevo y la leche, lo mismo ocurrirá con los saborizantes, colorantes y fragancias actualmente de origen vegetal y químico. Con esto, se espera un desplazamiento de los productos químicos y petroquímicos. Estos productos alimentarios biotecnológicos también están llegando al mercado, no en forma masiva pero sí continua, y seguirán llegando a lo largo de los años venideros.

Entonces, se ve venir una avalancha en el sector farmacéutico, en oleadas; la próxima en seis ó siete años. Y para los productos alimentarios, un continuo fluir, como un río. En cuanto al agro, sus productos esperarán un poco más.

Esto se acompañará de un conflicto de carácter internacional. La tecnología y la producción están siendo centralizadas no solo en unos pocos países, sino también en unos pocos productores, en unas pocas empresas; los demás buscarán la manera de protegerse de la dependencia que esto va a generar.

En el sector salud habrá una fuerte concentración de la parte productiva. Hoy día, las grandes transnacionales farmacéuticas y agroquímicas de los setenta han entrado de

lleno a la biotecnología y se han vuelto líderes: Monsanto, Shell, Dupont; en el campo farmacéutico: Ciba Geigy, Up-John, Merck, Pfizer, Bayer, etcétera. Y lo mismo en la petroquímica: en los EUA existen todavía unas 250 empresas que operan de forma independiente, pero se estima que difícilmente podrán consolidarse, y las que lo logren se convertirán a la larga en transnacionales. Ahora, de 30 ó 40 empresas con tecnología, podría haber algunas decenas de plantas de producción pero no cientos ni miles, por ser innecesarias incluso desde la perspectiva económica. Al aparecer estas nuevas técnicas, bastará con unas cuantas plantas para cubrir los requerimientos mundiales.

En el sector agrícola es probable que la parte técnica se desarrolle en unos pocos centros del mundo, pero la producción agrícola misma tendrá que hacerse en cada país; igualmente sucederá con la actividad pecuaria.

Como puede verse, todo depende del sector de que se trate. Desafortunadamente aún no hay una clara conciencia del delicado conflicto que se aproxima, lo que favorece las políticas de estas transnacionales.

2. ¿Cómo se comporta la actividad biotecnológica en el contexto internacional?

Habría que distinguir tres grupos de países. El primero es el de los industrializados: EUA, Japón, Inglaterra, Francia, Alemania, Bélgica, Suecia, Suiza, Italia y España, si bien la actividad de los últimos es mucho menor. Otro es el de los países llamados socialistas, donde además de la Unión Soviética destacan Yugoslavia, Hungría y China. Por último, está el de los países del Tercer Mundo, entre los que hay unos cuantos realmente interesados en la biotecnología y un gran número que apenas empieza a saber de qué se trata.

Los países del primer grupo, en especial los EUA, poseen el liderazgo tecnológico y comercial. Un rasgo del desarrollo de la biotecnología en este grupo es su rápida transformación en un campo comercial. Aunque se originó a principios de los setenta en las universidades, hoy día la mayor parte de los esfuerzos tecnológicos y comerciales se

despliegan en el sector industrial, al grado de que hay áreas en que los grupos industriales son más fuertes que los académicos. Las transnacionales han ido absorbiendo a los pequeños grupos, y la venta de los productos resultantes se canaliza a través de los consorcios transnacionales.

Un segundo rasgo de la evolución biotecnológica en este grupo es la estrecha relación que han establecido entre sí. Japón, por ejemplo, que estaba atrasado en ingeniería genética, contrató a algunas pequeñas empresas norteamericanas, incluso universidades, para que le hicieran estudios; los norteamericanos a su vez subcontrataron empresas europeas. De modo, pues, que los países de este grupo operan como si se tratara de uno solo; se contratan entre sí conforme van tomando la delantera tecnológica.

Una tercera característica es que en estos países, el futuro de esta técnica ha sido cuidadosamente considerada, tanto por los gobiernos como por las empresas privadas. Se han instrumentado políticas educativas, de investigación y desarrollo, fiscales, legislativas, que han venido preparando el terreno para la comercialización de los productos en que han invertido en los últimos 15 años. En la parte comercial, por supuesto, las grandes empresas son las que se llevan la gran tajada.

El grupo de países socialistas se encuentra mucho más atrasado en términos técnicos que el anterior, y no sólo en el tiempo sino en el esfuerzo, en los recursos humanos, en la calidad de sus trabajos e investigaciones. Muchos de ellos están haciendo esfuerzos por avanzar, pero el apoyo gubernamental no es tan decidido ni tan claro, y las empresas -que son estatales y tienen por tanto una dinámica diferente- no son tan agresivas en su lucha por los mercados como las de los países del primer grupo. Desafortunadamente no tenemos suficiente información, ni por escrito ni por su exposición en foros internacionales, como para abundar.

Finalmente, están los países del Tercer Mundo. Entre los que se muestran más interesados en desarrollarse dentro del área biotecnológica en América Latina están Cuba, Brasil, Argentina, México, y yo incluiría a Venezuela. En Asia están

Israel, la India, Corea del Sur, Tailandia y Filipinas. En África, no sabemos que se esté haciendo nada importante aún, pero puede decirse que Egipto es uno de los países que está realizando intentos. Los esfuerzos en algunos de estos países han sido notables, y se han enfocado no sólo a la investigación sino también al desarrollo del producto y su comercialización. El Centro Cubano de Ingeniería Genética y Biotecnología, por ejemplo, ha requerido para su funcionamiento una inversión estimada en 108 millones de dólares que, sostienen los cubanos, de haberse realizado en EUA hubiera sido de unos 300 millones de dólares. Brasil está destinándole alrededor de 60 millones de dólares anuales, y similares situaciones pueden observarse en los demás países mencionados.

La trayectoria de este tercer grupo es, sin embargo, muy reciente, y no es tiempo aún de hablar de resultados definitivos. Lo que sí puede verse es que su posición dentro del contexto internacional es enteramente defensiva: aquellos que están haciendo algo se encuentran en actitud de ver cómo lograr que les toque una parte del pastel, mientras que los otros ni siquiera saben que hay pastel. El grupo que está fuera de la jugada es muy amplio, y aun cuando la gran publicidad en torno a las nuevas tecnologías llegara a inducirlos a participar, sus posibilidades de hacer algo son mínimas. Las empresas nacionales en estos países, además, están poco orientadas hacia el desarrollo tecnológico propio; les es muy difícil aceptar que sus compatriotas son capaces de desarrollar tecnología y que ellos mismos, como empresarios, pueden aplicarla a la producción. Es un problema, incluso, de idiosincrasia, de mentalidad, así que a diferencia de los países industrializados casi no participan en este esfuerzo.

3. ¿Qué vínculos existen entre el avance científico-tecnológico y el desarrollo de la moderna biotecnología en este contexto internacional?

La investigación científica se transforma cada vez más rápidamente en un elemento productivo, al menos en los

países industrializados y la biotecnología es un buen ejemplo de ello. La inversión en ciencia y tecnología tiende a recuperarse aceleradamente en el mercado; el tiempo transcurrido entre el descubrimiento científico y la aplicación comercial tiende a acortarse. Más aún, muchos de los productos que hay en el mercado surgieron en función de esta investigación. Se dice que algunos mercados son creados por el consumidor, pero en este caso la propia tecnología está generando los consumidores para sus productos, de los que algunos ni siquiera habían sido imaginados.

El desarrollo biotecnológico es impulsado no sólo por los avances tecnológicos y biológicos, sino también por los de otros campos: el uso masivo de la electrónica, que incrementa la velocidad en el procesamiento de la información -hoy sabemos que la genética se basa en la información, y nada mejor que los sistemas de microelectrónica para hacerlo con rapidez-; los nuevos sistemas de óptica, que facilitan la medición de los procesos biológicos; los nuevos materiales que permiten, por ejemplo, la implantación de dispositivos desde los que se liberan ciertos medicamentos al interior del cuerpo. Así, aunada a la propensión a reducir el tiempo entre el descubrimiento científico básico y su aplicación comercial, existe esta segunda tendencia hacia la conjugación, fusión, combinación y retroalimentación de los adelantos.

4. ¿Cuál es la actitud de las transnacionales frente a los países periféricos en cuanto al avance biotecnológico?

Su actitud tradicional no ha cambiado con la biotecnología, más bien la han acentuado. Han invertido cuantiosos recursos económicos y humanos en desarrollar esas tecnologías, y a través del sistema de patentes y propiedad industrial que ellas mismas han creado, garantizan su derecho a la explotación monopólica de los resultados de estos esfuerzos. Las transnacionales buscan la forma más favorable para explotar los mercados disponibles en las condiciones más convenientes. Así de sencillo: no hay el menor intento por favorecer a los que no tienen.

5. ¿Cuál es la significación de la última reunión de países latinoamericanos en Costa Rica (enero de 1988)?

Los temas de la reunión de Costa Rica giraron precisamente en torno a los lineamientos de seguridad para la aplicación de la biotecnología en América Latina. Allí se expresaron dos tipos de intereses: por un lado, el de los países industrializados que disponen de productos listos para enviar a los mercados, y que intentan preparar el terreno en los países receptores estableciendo bases de seguridad técnicas y comerciales a través de la reglamentación e incluso en algunos casos por medio de la legislación. Y por el otro, el de los países receptores, cuya preocupación es doble: analizar las repercusiones indeseables que podría acarrearles el uso de estas nuevas técnicas biológicas y, sobre todo en países como Brasil y México, estudiar la manera de favorecer su propio desarrollo y establecer una reglamentación que les permita protegerse de la avalancha de productos biotecnológicos provenientes de los países industrializados.

6. ¿Cómo surgió y cuál ha sido el desarrollo de la regulación de las actividades biotecnológicas?

En los primeros momentos del desarrollo de la tecnología biológica moderna, a mediados de los setenta, en los países industrializados, particularmente EUA, los científicos mismos adoptaron medidas de control muy estrictas para la experimentación, que en cierta medida frenaron su desenvolvimiento. Trabajar con organismos patógenos, por ejemplo, ha estado hasta ahora muy restringido; la experimentación en ingeniería genética se permite si es en especies microscópicas, eventualmente en animales, pero con el hombre está enteramente prohibido. En general, a los países generadores de tecnología les ha preocupado que no se vayan a producir organismos potencialmente letales para el ser humano. La reglamentación que han generado frente a esta nueva tecnología es abundante.

Ahora que se inicia la entrada a mercados como el latinoamericano, a los países industrializados les interesa esta-

blecer ciertas reglas del juego para su actividad. Algunos de sus productos probablemente serán producidos en los países receptores, y otros solamente utilizados. En todo caso, las transnacionales quieren asegurar la propiedad de sus productos, proteger la forma como serán manejados y verse a salvo de las responsabilidades que genere su uso. Así propugnan por el establecimiento de normas, reglamentos y leyes favorables.

La diferencia entre legislación y reglamentación no es trivial. Mientras que la ley es obligatoria, el reglamento es normativo, su interpretación es más flexible. Las leyes han de ser aprobadas por cámaras legislativas, mientras que los reglamentos pueden ser modificados por los directamente responsables, digamos una secretaría, sin pasar por instancias superiores.

En nuestros países, sin embargo, se usan indistintamente ambos términos. La legislación es aún muy general e incipiente, pero nos preocupa protegernos de los efectos nocivos que la transferencia de esa tecnología podría ocasionar: no nos gustaría ser conejillos de indias de los norteamericanos. Hay ejemplos de los riesgos que algunos productos suponen: en el sector agrícola existen organismos asociados a determinadas plantas que se liberan al medio ambiente, donde son de muy difícil control, generando desequilibrios ecológicos impredecibles. En los productos farmacéuticos, los organismos creados por los nuevos principios activos no suelen liberarse al medio ambiente debido a los estrictos sistemas de producción que evitan que salga algún organismo vivo, o bien para proteger su capacidad industrial, pero hay otros riesgos. Es indispensable, pues, evitar la entrada de productos insuficientemente probados en sus países de origen. Se busca una reglamentación no sólo frente a las investigaciones sino frente a las múltiples implicaciones de la utilización masiva de estos productos.

7. ¿Qué tipo de reglamentación desearían encontrar los países industrializados en América Latina?

Propugnan por una reglamentación sencilla, abierta y flexible, que no entorpezca el desarrollo de la biotecnología en nuestros países. La recomendación de los países industrializados pretende que los países receptores sean mucho más laxos con la reglamentación de lo que ellos mismos fueron. Así, podría pensarse que es un intento de corregir su actitud excesivamente cautelosa, pero mi impresión es que tratan de ganar un marco legal aceptado por la comunidad latinoamericana que facilite la realización de pruebas que en sus países enfrentarían grandes dificultades o grandes costos. En Latinoamérica hay todavía diferencias de opinión frente a esto, pero en general y precisamente por el menor conocimiento y experiencia que se posee, la tendencia es a establecer una regulación más bien estricta, quizá no tanto como la que hubo inicialmente en EUA, pero tampoco una en que todo esté permitido. Creemos que nuestra sociedad y nuestros grupos requieren la normatización de esta actividad en tanto se gana experiencia; posteriormente podrían hacerse modificaciones conforme fuera necesario.

8. ¿Qué monto alcanzan los intereses de los países industrializados en América Latina?

La inversión en la nueva biotecnología desde 1973, año de su generación, hasta la fecha, no se conoce con precisión, pero se estima cercana a los diez millones de dólares en las diferentes áreas. El interés de estos países es el de cualquier capitalista: recuperar esa enorme inversión con una ganancia.

Por supuesto, los principales mercados para la biotecnología no somos los países latinoamericanos; hay que decirlo con claridad. La mayor parte de las inversiones, sobre todo en el sector salud, se han hecho pensando en los mercados de los países industrializados. Pero si sumamos a Brasil y México, obtenemos una población cercana en número a la norteamericana, con mucho menor poder de compra pero que puede ser un importante mercado para ciertos productos, algunos de ellos de uso generalizado para toda la pobla-

ción. A las transnacionales les interesan en especial Brasil, Argentina y México, los países más pequeños llaman menos su atención.

9. ¿Qué sucede con los mercados de Asia, África, Medio Oriente, de los países del Este, URSS y China?

Con los mercados asiáticos ocurre algo similar a los de América Latina. Quizá en África no, pero sí en Asia. En Filipinas, Tailandia, India, la penetración de las transnacionales y sus presiones son semejantes. La influencia del Japón en Asia es muy grande, lo que quizá matiza la situación en forma parecida a lo que sucede en América Latina con EUA y en Europa Oriental con Europa Occidental. El panorama de África no lo conozco a fondo, pero supongo que aún no es de gran interés para las transnacionales. Un ejemplo del desinterés por atender al Tercer Mundo es el de la vacuna contra la malaria, cuyos trabajos fueron suspendidos porque la empresa pretendía explotarla comercialmente, a lo que la Organización Mundial de la Salud, quien financiaba el estudio, se opuso y el esfuerzo no prosperó.

En cuanto a los chinos, se sabe que algunas empresas norteamericanas han tratado de penetrar su mercado. Hay un par de proyectos para vacunas en que los chinos han buscado la colaboración europea, pero son productos conocidos, no nuevos. Sobre los soviéticos no tengo ninguna noticia reciente. Sabemos que trabajan en biotecnología moderna, pero en cuanto a técnica puede decirse que están sustantivamente atrasados frente a las zonas líderes ya citadas. La biología soviética, en especial la genética, se ha retrasado entre 10 y 20 años por decisiones adoptadas en el pasado. En 1981 llegó al mercado el primer producto derivado de la biotecnología; seis años después no sabemos de ninguno soviético.

10. ¿Cómo se ve México desde fuera y desde dentro en cuanto al vínculo entre el avance biotecnológico y la industria químico-farmacéutica?

Desde fuera, México aparece como un mercado interesante: con ochenta y tantos millones de posibles consumidores de estos productos. También se le ve como una posible fuente de materias primas para algunos productos. Es además un lugar próximo al mayor centro biotecnológico del mundo: EUA. Así puede comprenderse que a empresas japonesas y europeas les atraiga la idea de instalarse en México.

A nivel internacional, México es un país líder en el Tercer Mundo. Su reacción, entonces, ante la entrada de las transnacionales puede marcar una pauta para otros países. Hemos sabido de presiones por parte de las empresas norteamericanas, japonesas y europeas en dos sentidos: uno, por la obtención de mejores condiciones para la entrada e inversión en México; dos, por la revisión de nuestra ley de patentes y marcas. Eso refleja el interés por nuestro país.

El punto de vista académico -donde está la mayoría de la gente que trabaja, piensa y habla sobre biotecnología en México- refleja la preocupación por el retraso del país, por lo modesto de sus avances, por el insuficiente apoyo para su desarrollo y el poco interés que sus resultados despiertan. Es por eso que en ocasiones algunos investigadores tratan de vender o transferir al exterior lo que han hecho aquí. Desafortunadamente, la visión académica es de corto alcance; no logra entender las implicaciones de la relación con las transnacionales y la aceptación de leyes que favorezcan la entrada de estas empresas. Claro, no se puede generalizar, pero me atrevo a afirmar que la mayor parte de los académicos desconocen el trasfondo de esta problemática que los coloca en cierta condición de impotencia y desconcierto. Quisieran que el modelo norteamericano se repitiera; que de la universidad surgiera una gran empresa, lo que en nuestro contexto es imposible.

El sector industrial privado mexicano empieza a preocuparse por la biotecnología. Percibe que su posibilidad de participar adquiriendo tecnología o productos para comercializar en México, como lo hizo en el pasado, se ha reducido notablemente. Muchos empresarios se dan cuenta de que

con la apertura comercial y la entrada de México al GATT, su posición se debilita; que en un área como ésta no podrán ni siquiera ser vendedores de los nuevos productos, simplemente cuando su producción o sus compras en el extranjero para vender aquí sean desplazadas. Además, las empresas de esta rama pertenecen a grupos desacostumbrados al desarrollo tecnológico propio, aunque es posible que en algunos casos la misma presión económica los obligue a intentarlo y quizá entonces logren cierta participación. En este caso, tendrían que buscar relaciones con el exterior, con otras empresas, para obtener un lugar en la producción y eventualmente en el mercado.

El sector gubernamental tiene mucho que ver con la biotecnología: interviene en las relaciones internacionales, mientras que internamente elabora lineamientos y reglamentaciones (varias secretarías autorizan los productos que serán introducidos y consumidos en nuestro mercado). Así, el gobierno tiene que responder a la presión externa. Pero además este sector es el más grande financiador de investigación y el rector de las políticas de desarrollo industrial. Es por ello que empieza a notársele la preocupación y el interés por conocer qué es la biotecnología y qué es lo que puede ofrecer. Aún no existe, sin embargo, una posición única, ni siquiera integrada. Hay, pues, posiciones que responden, en cada caso, a lo que va sucediendo ante la presión externa. Internamente, no hay tampoco ninguna directriz sobre qué debemos hacer, cómo y con quién.

11. ¿Cuál es el estado de la ley mexicana de patentes? ¿Qué tipo de presiones se ha dado en la biotecnología y cuál ha sido su impacto en el sector químico-farmacéutico?

México ha aceptado ser miembro del Sistema Internacional de Patentes, y muchos investigadores mexicanos están a favor porque desean proteger sus descubrimientos. No obstante, la capacidad nacional para generar biotecnología patentable es tal que su reconocimiento ofrece, finalmente, un balance negativo. Parece que pertenecer a este grupo es más perjudicial que benéfico. Los investigadores mexicanos ge-

neran 5, 10, 20 patentes anuales, y en el mundo se producen 3 6 4 mil. Hay además muchos casos de productos mexicanos patentados que existían en otros lugares.

Una de las razones que justifican la pertenencia de México al Sistema de Patentes es la posibilidad de tener acceso a información técnica y científica que de otro modo no está disponible. ¿Hasta dónde hemos hecho uso de esa información? Es difícil pronunciarse porque en algunos casos sí se ha aprovechado, pero en general no. Un concepto como el de patentes lleva implícito una desventaja para países como el nuestro, puesto que se está aceptando el derecho al monopolio del mercado de ciertos productos. Como el país tiene poco desarrollo en el campo, es más lo que tiene que aceptar que lo que tiene que proteger.

En cambio, a los grandes grupos, países y corporaciones les conviene estar patentados: así reafirman su monopolio y explotación por un número de años. En EUA han logrado extender la patente de productos farmacéuticos y biotecnológicos de 10 a 17 años.

La presión sobre México para aceptar patentes biotecnológicas, se reconozca o no formalmente, ha sido fuerte; de hecho ocasionó la revisión de nuestra ley de patentes y marcas en 1986. México reconoce las patentes de procesos pero no de principios activos, compuestos ni seres vivos (microorganismos, plantas o animales). La gran lucha de este momento se da alrededor de los seres vivos. Puedo asegurar que desde la entrada al GATT en las negociaciones internacionales este ha sido un punto frecuentemente discutido. México no lo ha aceptado, pero la presión seguirá en los próximos años.

Los países que apoyan el reconocimiento de patentes biotecnológicas para el sector agrícola son pocos. Empero, en el campo de medicamentos y microorganismos son mucho más. Hay que ser muy cuidadosos al evaluar las implicaciones y analizarlas objetivamente; ver qué nos conviene como país. ¿Qué puede hacer México en esta situación? El conflicto con IBM, en la microelectrónica, puede ilustrarnos. En el área químico-farmacéutica estamos en condicio-

nes aún más desfavorables. Frente a los nuevos productos no tenemos nada prácticamente con qué contender. México no tiene muchas defensas, aunque creo que la no aceptación de patentes podría ser una. Las transnacionales nos venderán sus nuevos productos de todas maneras, y no veo la necesidad de concederles también el reconocimiento de sus patentes.

En las políticas de regulación del sector salud, uno de los contados instrumentos de que podemos valernos es el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, de 1987. Sin embargo, es un documento normativo muy general, habría que agregarle reglamentos específicos y recomendaciones institucionales para su operación. Habría además que otorgar a las instituciones responsables la facultad de constituir comités internos que ausculten y evalúen lo que está sucediendo, aunque en instituciones pequeñas tal vez lo más conveniente fuera generar comités de carácter regional o nacional a fin de evitar que quedaran integrados por las mismas personas que se convertirían en juez y parte.

12. En este escenario de polarización productiva ¿pueden los países latinoamericanos organizar políticas de recepción y adaptación de las nuevas tecnologías, que les permitan asociarlas a los sectores estratégicos donde su ventaja comparativa garantice niveles de competitividad real?

Al reconocer lo que acontece en la biotecnología a nivel internacional, la inversión que se le destina, el número de personas dedicadas a su investigación y desarrollo, y el número de productos que están llegando al mercado, descubrimos que la mayor parte de su avance corresponde a los países industrializados. Suponer que un país como el nuestro puede contender con ellos sería poco realista. Y no por falta de recursos humanos o de capacidad: sencillamente porque estos desarrollos requieren largo tiempo y cuantiosos recursos. Se estima que el desarrollo de un nuevo producto farmacéutico tarda de 7 a 10 años, con un costo de 100 a 120 millones de dólares. Un producto agroquímico puede

tardar más o menos el mismo plazo con un costo de 10 a 15 millones de dólares. Es de esperarse, entonces, que la mayoría de los productos provengan del exterior. Nosotros no podemos ser grandes generadores de biotecnología, pero sí recibir y adaptar sus avances a los sectores en que México puede competir. Tenemos la capacidad y la infraestructura en algunos proyectos de alta calidad al nivel internacional. Pero hay que definir con cuidado las áreas hacia donde orientar el esfuerzo, tomar un riesgo y canalizarles el apoyo.

Entre las áreas que podrían ser importantes para los mexicanos y en las que la tecnología biológica podría ser estratégica y prioritaria, están el sector agrícola, el sector salud y el sector alimentario. Pero en estas áreas habría que seleccionar proyectos bien específicos.

En la agricultura podría trabajarse en los granos que constituyen la base de la alimentación mexicana, el maíz y el frijol; habría que buscar especies que crezcan en suelos salinos o en suelos de poca precipitación pluvial, granos con mayor valor nutricional, especies resistentes a ciertas plagas.

En el sector salud diría que los recursos estatales deberían dirigirse al desarrollo de la medicina preventiva, en particular a ciertas vacunas, que es uno de los aspectos de menor interés comercial para la químico-farmacéutica. Podría también estudiarse la posibilidad de desarrollar algunos productos nuevos en esta industria, si bien es una rama difícil por la fuerte competencia y los altos costos.

El sector alimentario es otra área estratégica, cuya industria ha tenido que adaptarse a la crisis con sustitutos y aditivos que no suelen ser mejores en calidad nutricional a los que están supliendo. Ahí se abre un amplio campo en el que la biotecnología podría ser muy útil: si tomamos "leche" que ya no es de vaca, o si comemos carne que no es tal, que sean productos similares en calidad nutricional a los originales.

13. ¿Han fortalecido los planes gubernamentales el horizonte de acción de estas políticas alternas? ¿Cuáles son las expectativas para los años por venir?

No se fortalecieron en el sexenio 82-88. Es cierto que algunas agrupaciones dedicadas a la biotecnología crecieron. En el país hay unos 25 grupos, entre los cuales cinco o seis tienen el tamaño de masa crítica, y dos o tres podrían calificarse de calidad media a nivel internacional. Pero ello se ha dado en un marco de políticas diversas, poco congruentes y no bien dirigidas. Estos grupos han crecido más bien por cierta inercia, porque la biotecnología está de moda; porque afortunadamente funcionarios de muy alto nivel en el gobierno han creído en ella y en forma personal la han impulsado. En países de desarrollo similar al nuestro como Brasil, Argentina e India, sí se han establecido políticas específicas al respecto, pero aquí todavía no, y eso es de preocuparse.

En las reuniones sobre ciencia y tecnología un sentir generalizado -si bien no expresado particularmente para la biotecnología- es que debe haber áreas estratégicas y prioritarias. La investigación científica y tecnológica mexicana no puede crecer en todas las áreas con los recursos de que actualmente dispone. Espero que el gobierno recoja ese sentir sobre el que existe un fuerte consenso. Un segundo punto de acuerdo se refiere a la escasez de los recursos que los mexicanos dedicamos a la investigación y de los mexicanos que se dedican a la investigación. El Sistema Nacional de Investigadores reconoce como tales a poco más de 3500 personas, que en un país de más de 80 millones de habitantes, con pretensiones de dejar atrás el subdesarrollo, resultan claramente insuficientes. Y la biotecnología es un ejemplo: su fuerza en el sector productivo internacional moderno crece, y los países que van quedando al margen se alejan cada vez más de la posibilidad de competir. Sin tecnología le será muy difícil a México enfocarse hacia la modernización y dar a la exportación el peso que quiere darle. En cambio, se verá obligado a comprar tecnologías, y los beneficios de la exportación pararán en su mayoría en las manos de los proveedores de tecnología, productos y maquinaria moderna.

14. En el marco de la apertura comercial ¿qué perspectivas tiene la industria químico-farmacéutica nacional? ¿Qué riesgos y amenazas se ciernen sobre ella?

Hay datos que muestran que la industria químico-farmacéutica mexicana tiene y ha tenido siempre una fuerte dependencia de las transnacionales. Creo que esta dependencia se va a acentuar, que las transnacionales establecidas en México van a crecer. Hoy día se permite que sean 100 por ciento extranjeras, lo que hará que algunas de ellas quieran crecer más, no sólo para aprovechar el mercado mexicano sino también para exportar a otros lugares. Y si deja de haber participación nacional, la toma de decisiones de estas empresas será totalmente independiente.

En cuanto a los nuevos productos de la biotecnología, ya hemos visto cómo la principal comercialización ha sido por medio de estas empresas, así que podemos suponer que su introducción al país se dará por esta vía. Es probable, entonces, que las empresas mexicanas reduzcan su tamaño e incrementen su dependencia, cuando no que desaparezcan desplazadas por los nuevos productos. Hay transnacionales que desplazarán a sus propios productos, como es el caso de Lilly, que produce la insulina actualmente usada en el país y también la nueva insulina humana de origen biotecnológico. Pero si la primera fuera producida por una empresa mexicana, tarde o temprano sería eliminada del mercado. Y será lo que ocurra con algunos tratamientos contra el cáncer o con algunos productos químicos muy tóxicos. Es de esperar que varios de los productos biotecnológicos actualmente en desarrollo lleguen incluso a ser integrados en el Cuadro Básico Nacional, pero hasta aquí nos hemos referido sólo al área terapéutica. Hay otros dos segmentos en la químico-farmacéutica relacionados con la medicina preventiva: las vacunas y los nuevos métodos para diagnóstico.

Se espera que la empresa Laboratorios Biológicos de México S.A. produzca siete de las vacunas tradicionales. Mas frente a las treinta y tantas nuevas vacunas que la biotecnología está desarrollando (contra la hepatitis B, contra el SIDA, y muchas más) o ante las posibilidades de

elaborar otras, como alguna antiambiobiana o antimalárica, nuestra empresa no estaría siquiera en condiciones de ser tomada en consideración. Estas vacunas que revolucionarán la medicina preventiva, elaboradas con nuevos sistemas de producción, mejor diseñadas, con menos efectos secundarios, serán producidas por transnacionales, y si el país las requiere tendrá que importarlas. El costo del desarrollo es alto y querrán recuperarlo pronto, así que los precios serán muy elevados.

En cuanto a los sistemas diagnósticos hasta ahora ha sido una tarea de los laboratoristas, pero en EUA y Japón se están diseñando nuevos sistemas que no requieren ser aplicados en centros especializados ni por profesionales, sino que el paciente mismo puede hacerlo, reconociendo así su padecimiento. En EUA mucha gente puede hacer ya en casa el diagnóstico del embarazo, de sus niveles de glucosa o urea en sangre, y muy pronto podrá hacerse para el SIDA, hepatitis, gonorrea, etcétera. Esta tendencia llegará a nuestro país, puesto que los productos serán importados y vendidos por algunas empresas nacionales. Los sistemas de diagnóstico tradicionales llegarán incluso a desaparecer.

En la tecnología médica se progresa en forma rápida. Así, están en diseño equipos para la detección de tumores, que indican si los medicamentos actúan donde deben. Estos equipos son aprovechados por la biotecnología. El procedimiento tradicional de buscar en imágenes radiográficas la presencia de alguna masa u obstáculo, en ocasiones con auxilio de algún químico como medio de contraste, podría ser suplido ventajosamente por el envío de anticuerpos que se adhieren selectivamente a la superficie del tumor; si además se les añadiera algún elemento radioactivo o luminescente podría ser medido y localizado con precisión. Creo que los aparatos utilizados en biomedicina cambiarán a la par que avanza la biotecnología: si puedo enviar una droga al lugar del problema o localizarlo, también puedo diseñar aparatos que realicen las mediciones necesarias. Aún no sabemos si esos aparatos llegarán a México, pero seguramente no los produciremos aquí; tendrán que ser importa-

dos y tal vez sólo estarán disponibles en hospitales de excelencia, o quizá ni en éstos. En todo caso, o el equipo disponible en el país se volverá obsoleto, o se dará un retraso con respecto a los hospitales de otros países.

Por lo que toca a la presentación de los medicamentos, la biotecnología está desarrollando sistemas de liberación controlada de medicamentos. En un biopolímero puede ponerse la insulina, el anticonceptivo, o lo que se quiera, y se implanta en la oreja, en los párpados, en alguna región del cuerpo mediante una operación simple. De ahí el producto se difunde al organismo durante un tiempo prolongado, según sea la necesidad, en forma que el paciente reciba una dosis constante de la droga. Algunos de los nuevos medicamentos ya no se presentarán en pastillas o inyecciones, sino en estos nuevos sistemas de liberación controlada. Ello repercutirá obviamente en las empresas productoras de los medicamentos finales: si una transnacional empieza a vender "curitas" que liberan anticonceptivos, seguramente tendrá más impacto, mejor mercado y mayor penetración, que las que siguen vendiendo pastillas.

En relación al panorama de la industria farmacoquímica es preciso recordar que en nuestro país hay registrados muchos principios activos, unos 330, según cifra de M. Lieberman, funcionario de la Secretaría de Salud, y aún más medicamentos que utilizan el mismo principio. De esos principios probablemente un 10 por ciento o menos son de origen biológico. Estimo que a finales de siglo, de los 330 principios más usados un 40 ó 50 por ciento serán de origen biológico. Este desplazamiento hace pensar en una recomposición de la industria química en general y de la químico-farmacéutica en particular. ¿Cómo entra en este juego la industria mexicana? En una desventaja total.

15. ¿Cuál es el balance de la política de desincorporación estatal para la industria químico-farmacéutica en los marcos del cambio estructural? ¿Cuáles son los trazos básicos de la nueva modalidad de la regulación estatal?

Hubo un cambio de ruta radical. La decisión de fomentar la participación estatal en la químico-farmacéutica como área prioritaria estratégica -sobre todo en el sector terapéutico, que llevó entre otras cosas a la adquisición de PRO-QUIVEMEX y del 40 por ciento de CIBIOSA, a la creación del holding VITRIUM así como su ubicación dentro de SOMEX- desapareció. Tratando de hacer un balance puedo decir que hubo un cambio radical de visión: en menos de seis años algo que se consideraba estratégico y prioritario dejó de serlo. La salida del gobierno de esta rama favoreció a algunos grupos nacionales y transnacionales a quienes dejó el campo libre. En términos de las posibilidades del Estado de allegar al pueblo elementos para una buena salud (medicamentos, hospitales, etcétera) el sistema se debilitó. En la crisis actual no sería difícil que algunos productos dejaran de producirse sencillamente por no ser rentables. Un incremento en los precios, como los vistos últimamente, seguro que afectan al sector salud estatal, que es el gran comprador de medicamentos. Así que la posición del país, en particular del Estado, es ahora más desfavorable que al inicio del sexenio 82-88. Puedo enfatizar que entonces se tenía la idea de una participación estatal directa e importante en la químico-farmacéutica y farmacéutica, y en el curso de estos años no sólo se abandonó esa idea sino que se dio marcha atrás en algunos pasos ya adelantados. Me atrevo a decir que próximamente el gobierno intentará conducir la industria mexicana a la exportación. Entonces esta rama difícilmente florecerá; por el contrario, es probable que sufra, sobre todo en la parte nacional, un deterioro cada vez mayor.

El caso de la empresa de participación estatal Laboratorios Biológicos de México S.A., de la que fui gerente de proyectos técnicos, ilustra los límites y posibilidades de esta modalidad de regulación estatal. Inicialmente había una empresa 100 por ciento estatal, ni siquiera paraestatal, porque la Gerencia de Biológico y Reactivos pertenece a la Secretaría de Salud. Al final del sexenio 82-88 se convirtió en un proyecto de empresa mixta, con importante participación en la gestión, aportación tecnológica y compra de pro-

ductos del sector privado. Los planes gubernamentales consideran estratégica la medicina preventiva, aun por encima de la terapéutica, pero se ha decidido transferirla parcialmente a los grupos privados por razones de eficiencia, funcionamiento y búsqueda de una administración más efectiva.

Las áreas de esta nueva empresa son la medicina preventiva y los hemoderivados. Estos últimos tienen la función de hacer viable la empresa financiando las vacunas. Aun así creo que no será fácil encontrar socios, nacionales o extranjeros, a no ser que las condiciones de venta de los productos sean muy favorables o que haya cambios drásticos que interesen a los grupos privados. Ignoro lo sucedido en los últimos años.

La inversión inicial más fuerte es la estatal porque además de la dificultad de encontrar socios, el gobierno es quien tiene la capacidad humana, la infraestructura y el equipo para elaborar estos productos, si bien la calidad y sobre todo la cantidad no está del todo satisfecha. Eso es lo que esta empresa tendrá que superar.

16. ¿Qué posibles repercusiones tendría la incorporación de los nuevos recursos biotecnológicos sobre el nivel de operación (asistencia y atención) del Sistema Nacional de Salud?

Cuantificar el impacto sobre el gasto del sector salud en México es algo que hasta ahora nadie ha hecho, y no es fácil de hacer pues son muchos los supuestos. Pero hay una serie de datos que podrían ser útiles.

México importaba en 1981 más de 150 millones de dólares en materias primas farmacéuticas, que se incrementaban con el valor agregado al consumidor. Algunos estudios estiman la venta de medicamentos para 1980 en unos mil o dos mil millones de dólares, según los productos considerados.

Los nuevos productos biotecnológicos, por su parte, son muy caros. El tratamiento para el enanismo con hormona de crecimiento, por ejemplo, cuesta en EUA alrededor de 16 mil dólares anuales por persona. Supongamos que en México nacieran 100 enanos por año. Su tratamiento costaría

aproximadamente un millón seiscientos mil dólares anuales. Si quisiera dárseles el tratamiento por cinco años, el costo sería de ocho millones. Si cada año se incorporan a la población 100 nuevos enanos, habría que gastar alrededor de 40 millones de dólares quinquenalmente sólo para adquirir ese producto. El tratamiento para el infarto al miocardio con TPA cuesta unos 2 mil dólares. Si de 100 mil infartos anuales se considerara tratar con TPA la mitad, el costo sería de 100 millones de dólares por año. El precio del interferón y de las interleuquinas es muy variable, porque depende de lo requerido para cada tratamiento, pero está en el orden de las decenas o centenas de dólares por paciente.

Si se considera un gasto global de medicamentos para el país de unos dos mil millones de dólares, resulta que uno solo de los nuevos productos podría llegar a representar el 5 por ciento del total. Ahora, si pensamos no en tratamientos de enfermedades poco frecuentes sino en la utilización de nuevas vacunas de uso masivo para amplios sectores de la población, el gasto crecería tanto como el de por sí elevado precio de estos productos multiplicado por las dosis necesarias. Es mucho dinero para México, y sería difícil precisar qué parte del mercado nacional actual podría ser desplazado.

En términos económicos, si el país tuviera la capacidad de comprar estos productos podría constituirse en un mercado importante, especialmente si se considera que son productos de importación con pocas probabilidades de ser procesados internamente.

Desde el punto de vista médico, es probable que la nueva biotecnología genere enfoques diferentes dentro de la propia medicina. Muchos de estos productos son de origen humano, idénticos a los que produce el cuerpo, lo que puede llevar a que algunas de las terapias actuales cambien. Un caso es el de las penicilinas semisintéticas, la penicilina y la cefalosporina, antibióticos muy usados a nivel mundial, incluso en México. Pero últimamente han venido perdiendo valor terapéutico debido a los numerosos microorganismos que se les resisten. Estos producen una enzima (la beta

lactamasa) que destruye al antibiótico. Por medio de la investigación biotecnológica se encontró la forma de inhibir la producción de esta enzima, lo que generó un producto que nuevamente ha masificado el uso de estos antibióticos, como en el pasado. Este conocimiento lo tienen un tanto pocas empresas, así que las ganancias serán para ellas.

También en medicina preventiva se avecinan grandes cambios. Si nuestro país desarrollara un paquete digamos de unas 12 vacunas de utilización masiva, muchos de los ancestrales problemas de salud podrían combatirse. El impacto de una vacuna contra la amibiasis para una población como la mexicana, por ejemplo, sería notable; sus efectos se harían sentir incluso en los servicios de atención médica. Pero para lograrlo habría que estar trabajando ya en su desarrollo.

Ahora, creo que se podría organizar un grupo del sector salud para evaluar qué productos nos interesaría consumir, pero que fuera antes que las empresas los registraran. Una vez identificados, habría que averiguar su grado de avance. Si estuvieran llegando al mercado habría que negociar las mejores condiciones para su adquisición. En caso de estar aún en investigación, habría que buscar alguna asociación o algún mecanismo para crear condiciones de menor dependencia, pero sin esperar a que los productos estén totalmente aprobados. La Food and Drug Administration (FDA) es la agencia norteamericana que decide sobre los medicamentos que pueden usarse masivamente por humanos en EUA, y en la práctica establece los estándares internacionales. Hay legislaciones y reglamentos más estrictos que los de la FDA, como los japoneses, pero no es el caso de la Oficina de Regulación Sanitaria, organismo mexicano.

Un ámbito en el que la industria privada mexicana tiene perspectivas es el de los sistemas diagnósticos. El gobierno tiene alguna participación en esta línea, pero es más lo que posee el sector privado. Su capacidad técnica es adecuada para desarrollar algunos "kits", es decir, sistemas diagnósticos específicos para México. Quizá fuera necesario hacer

algunas adaptaciones para funcionar en áreas rurales con aparatos más rudimentarios o sistemas más simples.

El campo de los hemoderivados, sueros antialacránicos y contra mordedura de víbora, o derivados como la albúmina, podría ser prometedor. En el mundo hay una escasez de sangre humana completa, además hay casos en los que es más recomendable el uso de la albúmina, que es una proteína, y no de sangre completa.

Hay, pues, un mercado insatisfecho para los hemoderivados. Debemos recordar que esto se agrava a raíz del problema del SIDA. La albúmina producida por la ingeniería genética, prácticamente carece de riesgo alguno de contener el virus. Este producto podría desplazar en buena medida a la sangre humana, con lo que tendría un enorme volumen comercial.

17. El pensamiento ilustrado se ilusiona con los países de alta industrialización. La vinculación entre investigación, universidad e industria aparece como un prodigio: causa y efecto del desarrollo. Pero aún en aquellas sociedades esta relación es tormentosa. El destino de los premios Nobel en biotecnología es un ejemplo de investigadores que apostaron al progreso científico pero que a la vez han sido víctimas del mercado. ¿Qué les ha sucedido?

Citaré algunos casos de personas que han recibido el Nobel en áreas relacionadas con la biotecnología. El doctor Stanley Cohen recibió el premio junto con otras personas por una investigación que permitió introducir información genética nueva en un ser vivo. En el estudio participó también el doctor Hebert Boyer, pero a él no se le concedió el Nobel. Ambos trabajaban en universidades de California cuando en 1973 lograron su propósito. Entonces Boyer se relacionó con un grupo financiero que vislumbrando su potencial aportó capital de riesgo. En 1976 se fundó la empresa Genentech, actualmente la más grande del mundo de las aplicadas a la ingeniería genética, de la que Boyer es asesor y accionista. Cohen, en cambio, cedió sus derechos a la universidad y obtuvo el Nobel. Es uno de los científicos

más interesados en revisar las implicaciones de este tipo de manipulaciones en seres vivos. Ambos lograron el hallazgo, pero la academia tiene sus reglas: quien opta por el comercio pierde el reconocimiento científico.

El doctor W. Gilbert ya era premio Nobel cuando decidió participar comercialmente en la biotecnología. Con otros seis científicos de alto nivel internacional fundó la empresa Biogen, que al principio tuvo una parte en Europa y otra en EUA. Estos científicos calcularon que sus conocimientos en conjunto valían 50 millones de dólares, ofreciéndoselos como acciones a las transnacionales. Una de ellas aceptó y así surgió Biogen, empresa que no tenía productos sino sólo conocimientos, los que derivaron en productos. Gilbert salió de Harvard, donde era profesor, debido al conflicto entre intereses académicos y comerciales. Años más tarde salió de la empresa en que fue director por ser un pésimo administrador; un gran científico pero un mal administrador. Volvió a Harvard y creó otra empresa dedicada a conocer la información genética de todo el genoma humano para su eventual explotación comercial, una tarea ambiciosa y compleja. Gilbert ha reunido varias decenas de millones de dólares gracias a ser un gran científico capaz de vender ideas y conjuntar equipos técnicos de gran nivel.

Este caso no se refiere a premios Nobel. El dueño de Monsanto, empresa asociada tecnológicamente a Industrias Resistol, se percató a principios de los ochenta de la importancia de la biotecnología: acudió a un curso de educación continua y personalmente hizo algunos experimentos, entre ellos el de la clonación, una transformación genética. Así se convenció de que su empresa debía ser líder en este campo, sobre todo en el área agrícola. Monsanto ha sido consistente en su estrategia: ha invertido en enormes laboratorios, ha contratado a las mejores universidades norteamericanas y a los científicos más calificados del mundo, convencido de las inmensas perspectivas de su inversión.

Este fresco nos evidencia que la ciencia y la tecnología que están en nuestras manos desbordan las fronteras de un mundo exacto.

Apéndice:

¿Qué es la Biotecnología?

La biotecnología es, en un sentido elemental, la evaluación y uso de agentes materiales en la producción de bienes y servicios. Su carácter multidisciplinario involucra a la biología, la química y la ingeniería.

El punto de partida de la biorrevolución fue el descubrimiento de la estructura del ácido desoxirribonucleico (DNA) en 1953.

En los setenta pudo ser manipulado el DNA en un tubo de ensaye y fue explorada la fusión de células animales para producir hibridomas, con lo que se sintetizaron artificialmente proteínas. Con ello, resultó posible "programar" proteínas para el uso humano. En 1973 fue realizada la primera clonación (inserción) de un gene humano en una bacteria, y dos años después la producción de anticuerpos monoclonales por medio de tecnología de hibridomas. Así como los últimos 20 años fueron predominio de la microelectrónica, se considera que los próximos 20 lo serán de la biotecnología.

Actualmente la mayor parte de la industria se apoya en las técnicas de selección (sobre todo c), fermentación, uso de agentes biológicos inmovilizados y técnicas de recuperación y purificación. La fermentación alcohólica es un buen ejemplo de la biotecnología de "primera generación", así como la elaboración de penicilinas lo es de la "segunda". Con biotecnología se han producido bebidas alcohólicas, alimentos fermentados, antibióticos, forrajes, semillas artificiales, sistemas diagnósticos, etcétera. La "tercera generación" de productos biotecnológicos está en gestación.

El capital mundial invertido en investigación y desarrollo sumaba en 1986 unos seis mil millones de dólares. Las vanguardias tecnológicas se ubican en EUA, Japón y la Comunidad Económica Europea. En Norteamérica hay unas 200 empresas pequeñas con capital de alto riesgo. En 1984 el

esfuerzo federal de este país sumó 650 millones de dólares, de los que el 78 por ciento se invirtieron en salud. Japón posee una importante tradición en “segunda generación” (fermentaciones enzimáticas), además es la mayor potencia comercial con el 50 por ciento de las ventas mundiales. Su industria gasta más de 200 millones de dólares anuales en investigación y desarrollo. La Comunidad Económica Europea ha desarrollado más la innovación que la comercialización.

La biotecnología incide en la *ecología* (manipulación en seres vivos, plantas resistentes, transferencia de genes, trasplantes, pérdidas de los germoplasmas), en la *salud* (humana y animal), y en la *economía* (elevación de los rendimientos de la tierra, incremento de la oferta alimentaria, disminución del número de granjas, sustitución de materias primas del Tercer Mundo, dependencia de los países altamente industrializados). En el largo plazo su impacto más importante será en el campo agrícola, pecuario y forestal así como en la industria alimentaria; mantenimiento y control de los germoplasmas, nuevos herbicidas y pesticidas. Hoy lo es en el sector salud.

II

¿Revolución de la biotecnología o tercera revolución agrícola?

Pierre-Michel Rosner*

“Alfred Nobel n’a pas inventé la poudre,
mais il en a vulgarisé les ersatz,
et ces ersatz ont leur prix.
La terre est pavée de bonnes inventions.”
Jacques Prévert, *Fatras*.¹

Desde hace unos diez años, en los círculos científicos de la biología se piensa que el sector de la biotecnología² es capaz de llevar a cabo una “revolución técnica” y, desde hace más o menos cinco años, los hechos han comenzado a comprobarlo: esa revolución ya ha dado sus primeros pasos. Los resultados se suceden tanto en los institutos de investigación como en los sectores de la producción y la transformación; nuevos productos aparecen en ramas tan distintas como la farmacéutica, la química, la industria agroalimentaria, la de insumos o la de transformación; pero, sobre todo, están siendo puestos en práctica nuevos procesos de producción.

Cuando surge una innovación mayor, el discurso que la acompaña se esfuerza siempre por hacer resaltar únicamente sus ventajas y potencialidades. Y la biotecnología no escapa a esta regla; según sus panegiristas, mañana y gracias a ella, se producirá más y mejor: mediante la utilización de semillas mejoradas con genes que harán que las plantas sean resistentes a la sequía, a los choques hídricos, a las heladas y a la salinidad, la tierra será, por fin, un globo verde en el que hasta los desiertos serán cultivados; nuevos tratamientos protegerán a hombres y animales de las enfermedades más dramáticas; epidemias, desnutrición y hambrunas desaparecerán en un futuro previsible, etcétera; y, de hecho, en el

mercado se ofrecen ya algunos de esos productos que nos anuncian *des lendemains qui chantent*.³

El discurso que acompaña a la biotecnología implica una compleja transformación en cuanto a la manera de resolver los problemas de la producción agrícola:

- las soluciones pasan, cada vez más, por el control de lo biológico en su sentido más amplio, esto es, por el control de los caracteres aleatorios y heterogéneos del material vivo que se produce; por lo tanto, el control de los insumos (semillas y tratamientos) y de los productos (cantidad y calidad) parece adquirir mayor importancia que el de la fase específica de la producción agrícola;
- consecuentemente, siempre según ese discurso, la importancia del conjunto de las técnicas no biológicas de producción agrícola será cada vez más relativa y, además, debido al desplazamiento de ciertas técnicas, se podrá llegar a tal extremo que algunos medios de producción aparentemente indisociables de la producción agrícola -la tierra, por ejemplo- ya no participarían sino anecdóticamente en la resolución de esos problemas.

Ahora bien, el alcance concreto de esta hipótesis sólo puede comprenderse cuando se incluye en el análisis otro factor, olvidado en ese discurso, pero de fundamental importancia para el conjunto de problemas que plantea la innovación: el de la difusión de ésta. Inventar, qué bien; pero difundir... ¡qué mejor!, pues es en el plano de la difusión donde la innovación adquiere, o no, su sentido social completo.

No es mi intención revivir en este artículo el antiguo debate acerca de los que tendrán acceso al progreso y los que se verán excluidos del mismo; ese tema ya ha sido analizado muchas veces y, según todo parece indicarlo, seguramente será objeto de nuevas polémicas.

El enfoque que intento presentar consiste en algo más concreto, en una reflexión en torno a las condiciones objetivas de la difusión de la biotecnología: ¿qué se puede hacer?,

¿quién lo hará? y ¿cómo se hará?; y, una vez analizadas estas preguntas, adquirirán todo su sentido las siguientes: ¿cuáles serán las consecuencias de dicha difusión?, ¿serán aceptables? y ¿para quién serán aceptables?

Así, creí conveniente organizar la reflexión en tres partes. En la primera, presento un balance, un tanto breve, de la biotecnología en su etapa actual; en ese balance, planteo la existencia de limitaciones, tanto de orden biológico como socioeconómico, para su desarrollo. Esta manera de proceder me permite, en primer lugar, reducir la biotecnología a lo que considero su núcleo, es decir, las biotécnicas, y, en consecuencia, restringir el estudio de su difusión a un problema fundamentalmente socioeconómico. En la segunda parte, pongo a discusión las características de la revolución económica que el desarrollo de la biotecnología implica y trato de demostrar que el futuro de éstas no depende tanto de “descubrimientos milagrosos” sino, sobre todo, de que se incremente la productividad del trabajo en el sector agrícola; asimismo, en esa segunda parte presento las principales conclusiones de este artículo. En la tercera parte, en fin, trato de ilustrar mediante tres casos concretos las posibles consecuencias de las conclusiones a que he llegado. Estoy muy lejos de pretender haber agotado el estudio de cada uno de mis ejemplos; lo que pretendo, más bien, es abrir sendas de reflexión sobre la base de distintos supuestos, por lo que deliberadamente he dejado inconclusa esa última parte.

Antes de abordar de lleno el tema, desearía reflexionar sobre algunos aspectos teóricos que me pueden ayudar a presentar el enfoque concreto:

1) **La invención y la difusión son dos realidades totalmente distintas.** El hecho de que una sociedad ofrezca condiciones favorables para ciertas invenciones o descubrimientos no implica una difusión inmediata y automática de los mismos. Los trabajos de Marc Bloch o Lynn White, por ejemplo, ilustran perfectamente esta distinción en el caso de la agricultura:⁴ el arado de volteo fue inventado alrededor del siglo I d. C. en la zona de la actual Bélgica; sin embargo, fueron necesarios diez siglos para que su difu-

sión rebasara las fronteras de la región de origen. En efecto, el estudio de la evolución de la agricultura en esas regiones de Europa occidental demuestra con claridad que la difusión de ese tipo de arado se vio obstaculizada hasta el siglo IX por condiciones socioeconómicas adversas y que sólo fue después de esa fecha cuando, una vez desaparecidas dichas condiciones, el arado de volteo empezó a difundirse.

2) Al incrementar la división del trabajo y permitir una expresión más precisa de la demanda de innovaciones de ciertos grupos sociales, **el capitalismo redujo fuertemente la duración del paso entre invención y difusión**. Ahora se puede pasar de un descubrimiento al nivel de las ciencias fundamentales a su aplicación concreta y a la difusión de sus productos materiales derivados en menos de cincuenta años.

3) No obstante, **la reducción de la duración del paso entre invención y difusión provoca una modificación importante en el conjunto de problemas que plantea esta última**. En efecto, si bien es cierto que, en lo concerniente a las épocas anteriores al siglo XVIII, nos es posible medir la difusión de cualquier herramienta principalmente a través de factores geográficos y numéricos, cuando se trata de estudiar el nivel de difusión que tuvo una técnica durante o después de dicho siglo, esos factores pierden importancia y le ceden el lugar al impacto producido por la técnica en la reorganización de la sociedad de que se trate.⁵

Por lo tanto, cuando hablo de la difusión de las biotecnologías, tomo en consideración su impacto a los niveles socioeconómico y/o político **dentro y fuera** de la unidad productiva que las desarrolla o las utiliza.

4) **Las tres primeras de las preguntas antes planteadas (qué, quién y cómo) no son independientes**. Por lo general, si bien es cierto que se puede contestar con claridad a la primera y a la segunda preguntas, muchas veces las respuestas a la tercera son rápidas o están totalmente desligadas de las otras dos, puesto que el enfoque se hace, ya sobre las limitaciones internas, ya sobre las externas.⁶ En mi caso, intentaré relacionar ambos enfoques. En cuanto medio de

producción, el objeto productivo (herramienta, máquina, etcétera) presenta una doble determinación:

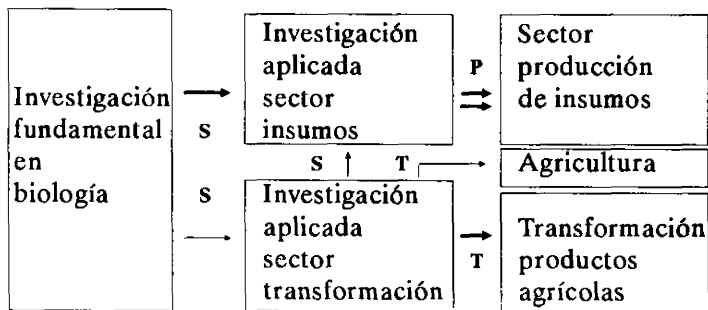
- a) se inscribe en un contexto social definido; y
- b) implica, potencialmente, cierto orden social.⁷

A partir de estos elementos teóricos, podré analizar cómo ciertos grupos (quién) inventan ciertas técnicas (qué) y, también, cómo esas técnicas exigen una organización social dada (cómo) para difundirse.

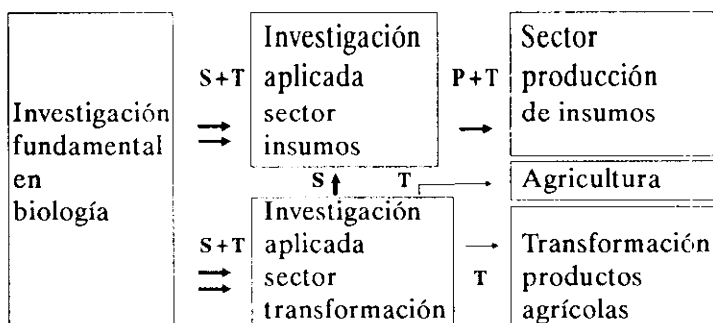
De hecho, al considerar que la herramienta implica un orden social, ya no se trata de caracterizar “lo que se puede hacer” como una nueva gama de técnicas, sino de plantear la pregunta: ¿cuáles serán los cambios necesarios y suficientes (tanto a los niveles científico y técnico como a los niveles social, económico, político y cultural) para que se difunda cierta innovación generada inicialmente a los niveles científico, técnico y/o económico? Por ende, la modificación ya no es considerada únicamente como una mera consecuencia sino, también, como una condición hipotética. El impacto no es el resultado de un “después” que sigue a un “antes”, sino un proceso evolutivo que se retroalimenta.

Y es precisamente esa posible “realidad futura” la que trataré de esbozar en relación con el tema que nos interesa, para lo cual consideraré que la revolución biotecnológica posee todos los elementos necesarios para convertirse en la tercera revolución agrícola, o revolución agro-bio-industrial.⁸

GRAFICA 1 DECENIO DE 1970



GRAFICA 2 DECENIO DE 1980



Naturaleza de los flujos:

S = Saber; T = Técnicas; P = Productos.

I. Un balance de la biotecnología

Si se estudia una lista de las principales innovaciones en biotecnología, la primera observación que surge es sobre la heterogeneidad en la distribución de los resultados por rama o por sector;⁹ observación que sigue siendo válida cuando se toman en consideración las probables innovaciones a plazos de 5, 10 ó 15 años.¹⁰

Para empezar, tratemos de entender esa heterogeneidad basándonos en la modificación que han sufrido los flujos de resultados científicos entre grandes sectores a partir de los años setenta y hasta la fecha (véase la Gráfica 1).

El sector de la investigación básica en biología presenta cambios importantes. Cada día, el conocimiento sobre los mecanismos intracelulares, celulares o fisiológicos es más preciso, más completo y más complejo; no obstante, es necesario hacer dos observaciones:

1) La marcada aceleración en el ritmo de acumulación de conocimientos biológicos proviene no sólo del aumento de los medios económicos destinados a ese sector científico sino, también, de la fuerte resistencia del material vivo a las transformaciones. En el último de los casos, con cada paso exitoso que se da en la investigación básica, la meta, esto es,

la investigación aplicada, se aleja más, y ello hace necesario contar con nuevos programas de investigación básica, los cuales, a su vez, aumentan los conocimientos.¹¹ Así, en lo concerniente al tema que nos interesa, el resultado de ese proceso es que la elaboración de nuevas técnicas domina todos los demás fenómenos a tal grado que, hasta ahora, por "biotecnología" debe entenderse antes bien "biotécnicas" que nuevos productos genéticamente transformados.¹² Por ende, la cuestión preliminar que se presenta como indispensable para intentar cualquier estudio de la biotecnología consiste en el análisis de las nuevas prácticas productivas y sociales que surgen como consecuencia necesaria de la aparición de esas técnicas.

2) En el plano de la investigación, esos hechos se traducen en una modificación de la distribución de los flujos de resultados entre sectores. Por una parte, si bien hasta los años setenta existió una brecha muy marcada entre investigación básica e investigación aplicada, en la actualidad esa brecha está desapareciendo: las técnicas y los productos son creados tanto al nivel de la investigación aplicada como al de la básica, en estrecha interrelación; por otra parte, no obstante, lo anterior no impide que sigan existiendo algunas especificidades sectoriales, a pesar de la generalización de la demanda de investigación básica por parte de los sectores de aplicación.

En efecto, mientras que la utilización de las nuevas técnicas se generaliza en todas las ramas, la aparición de distintos productos, por el contrario, es muy concentrada (principalmente en el sector de la transformación y en el medicoveterinario). Así, a pesar de que la introducción de biotécnicas modificó los procesos productivos internos de las empresas en el sector de los insumos para la producción vegetal y de que hubo algunos éxitos económicos,¹³ esas modificaciones no se han traducido hasta ahora en la aparición de productos genéticamente transformados que posean una diferencia fundamental con los antiguos. Desde el punto de vista económico, los logros de la genética (resistencia del tabaco a ciertas enfermedades, jitomates adaptados a la sequía, etcé-

tera) son escasos y anecdóticos -para la sociedad- en comparación con productos como los granos básicos. Y, aun en el caso de estos últimos, los cambios se limitan a los procesos de selección (utilización del cultivo de tejido, etcétera); ello significa, efectivamente, una modificación importante en cuanto a la velocidad de selección, pero, de ninguna manera, una aportación fundamental de la biotecnología respecto a la manera de *crear lo nuevo*.

Como vemos, las consecuencias de la introducción de la biotecnología son importantes en el plano de la productividad, pero no tienen su origen en la especificidad de la biotecnología en cuanto ciencia capaz de modificar lo vivo,¹⁴ sino que son específicas de las biotécnicas. Otra prueba de esta afirmación la constituye, precisamente, el sector de fertilizantes y tratamientos, en el que los resultados de la investigación básica (un mejor conocimiento de los mecanismos celulares a todos los niveles: núcleo, membrana, citoplasma, etcétera) son los que ahora permiten concebir productos más seleccionados, productos que, por lo general, todavía son elaborados mediante la química fina. Consecuentemente, el cambio en la productividad relacionado con las implicaciones de la introducción de la biotecnología debe ser analizado en dos planos: el de las empresas productoras y el de los agricultores. En el caso de las primeras, las innovaciones están provocando una profunda modificación de sus estrategias comerciales, de producción y de investigación.¹⁵ En el caso de los segundos, los cambios son, por el momento, muy reducidos en comparación con lo que se puede esperar que ocurra en un plazo de cinco a diez años, puesto que ya existen en el mercado tratamientos más selectivos; sin embargo, todavía no han sido modificados los procesos de aplicación de esos tratamientos (dosis, forma, etcétera), por lo que la difusión de la biotecnología sólo se dará realmente cuando esos procesos hayan sido modificados, y entonces será cuando la biotecnología empezará a tener una verdadera significación para los agricultores: cambio necesario de maquinaria, de procesos de trabajo, etcétera, con sus condiciones/consecuencias clásicas en el

plano económico, esto es, acumulación previa necesaria y, también, como resultado, un ritmo de acumulación más veloz. Estos casos reflejan, una vez más, hasta qué punto la difusión de la biotecnología rebasa los aspectos estrictamente científico y técnico; las biotécnicas desempeñan una función fundamental en dichos casos, pero, en cuanto a su impacto social se refiere, esa función sólo es comprensible a través de las leyes de la acumulación relativa.

Los sectores de la farmacoquímica, por otra parte, ocupan en la actualidad un lugar particular en el sector de los insumos debido a su dinámica, pues en ellos se elaboran constantemente “nuevos” productos (por ejemplo: medicinas más específicas, hormonas sintéticas), procesos (como el proceso de transplante de embriones), etcétera; también en este caso, no obstante, lo “nuevo” consiste en que el hombre pueda obtener esos productos industrial y artificialmente, esto es, lo “nuevo” no consiste en el producto mismo, sino en la técnica de producción empleada y, cuando se trata del producto mismo (como es el caso de algunos tratamientos y medicamentos), el producto nuevo todavía no lo es desde el punto de vista biológico.¹⁶

Así, vemos que nuestra regla parece ser válida para todos los sectores, pues lo que permitió la dinámica de las empresas farmacoquímicas en cuanto a su rápida reconversión para la utilización de la biotecnología (menos de diez años) fue, esencialmente, su cercanía con la medicina humana.¹⁷

Si bien el hecho de que el sector de insumos no logrará innovaciones importantes antes de diez o quince años puede ser explicado por la relación forzosa de ese sector con la investigación básica, el importante dinamismo que, por el contrario, muestra el sector de la industria de transformación es explicado por la estrecha relación de éste con la investigación aplicada.¹⁸ En este último caso, los capitales se orientaron prioritariamente hacia las empresas que fabrican productos de alto valor agregado por unidad de peso, para llegar, en un segundo tiempo, a las empresas fabricantes de productos de menor valor agregado (aromas, primero,

luego champagne, después leche y, desde hace poco tiempo, cereales).

Por importante que sea al nivel de la industria, no obstante, la difusión de esas técnicas es limitada en comparación con la potencialidad, real en este caso, que ofrece la biotecnología, pues los mayores obstáculos para dicha difusión provienen de causas externas al sector. Algunos ejemplos pueden ser útiles para ilustrar de manera concreta esta afirmación: las industrias vitivinícolas y queseras han demostrado una sorprendente capacidad para integrar las nuevas técnicas a sus procesos -si bien, como debe ser obvio, las innovaciones sólo pudieron ponerse en práctica después de un largo trabajo de investigación y desarrollo y mediante costosas inversiones-, pero esa reconversión fue lograda únicamente por las empresas que ya eran líderes en sus respectivas ramas (por ejemplo, la firma Piper-Heidsieck, fabricante de champagne) o por las que corrieron grandes riesgos financieros (como Le Lutin, fabricante de queso camembert);¹⁹ sin embargo, tal argumentación parece insuficiente para aclarar en su totalidad los éxitos de esas ramas en comparación con otras (aromas y cereales, por ejemplo), por lo que sería necesario estudiar más en detalle algunas hipótesis concernientes a las características de los productos que se busca transformar: regularidad de los flujos de entrada, calidad homogénea o heterogénea del producto, posibilidad de homogeneización de éste y de control de sus características -continuas o discontinuas- durante el proceso de transformación y durante la fase de producción agrícola, etcétera.²⁰

En este punto del análisis, se impone una serie de conclusiones. Por una parte, tal como acabamos de verlo, si bien se dio una concentración de los resultados aplicados en algunos sectores, ello oculta en realidad ciertas reglas generales válidas para todos:

a) lo "nuevo" se refiere antes bien a las técnicas que a los productos *strictu sensu*;

b) la importancia que tiene el aspecto técnico en el fenómeno llamado “revolución de la biotecnología” reubica plenamente este fenómeno en la esfera socioeconómica; y

c) el porvenir de la biotecnología en cuanto práctica depende tanto de la ciencia misma como de la evolución de sectores socioeconómicos ajenos a la utilización de las biotécnicas; lo cual quiere decir que la aparente especificidad de la biotecnología como solución científica a los problemas biológicos y sociales pertenece al orden de los mitos.

Por otra parte, la utilización industrial de las biotécnicas está reservada, por el momento, a operaciones muy puntuales en sectores limitados. Por ahora, nos es posible afirmar que:

a) el impacto *productivo* de las nuevas biotécnicas es cuantitativamente reducido;

b) sólo los laboratorios de investigación y algunas industrias agroalimentarias de transformación han logrado reorganizar realmente el conjunto de sus procesos de producción en torno a las biotécnicas; y

c) los otros sectores de la rama agrícola están tratando de reestructurarse de la misma manera, pero todavía no lo han logrado.

En el resto del trabajo, por lo tanto, analizaré principalmente los factores que limitan dicha reorganización. Cuando digo limitan, no quiero decir que la reorganización sea imposible o que, por verse obstaculizada, reduzca la potencialidad *real* de la biotecnología a nivel histórico, sino que **se requiere una adecuación indispensable entre los nuevos elementos propios a las biotecnología y el conjunto de la organización social ya existente** (cf. los puntos 4-a y b de la introducción).

Así, pues, los obstáculos a la difusión de las biotécnicas parecen ser de dos tipos netamente distintos:

1) Los primeros son inherentes a cualquier técnica nueva que se base en los resultados de la investigación básica: ésta plantea un problema de tiempo.

En efecto, entre el momento de la “imaginación” y el momento de la realización, es necesario el transcurso de

varios decenios.²¹ Según la experiencia histórica que nos han dejado las otras revoluciones científico-técnicas, serán necesarios todavía de diez a quince años de intentos antes de que se cumplan los plazos más cortos que transcurrieron en otras áreas entre el descubrimiento y el dominio tanto técnico como social.

2) Los segundos surgen, precisamente, del carácter mundial de la revolución, inicialmente técnica, que la biotecnología es capaz de provocar: tanto en el sector agropecuario como en el agroindustrial, las cadenas de producción correspondientes a cada producto tendrán que ser reorganizadas económica, integral y coherentemente para el conjunto del sector; no se trata meramente de introducir algunas técnicas en empresas aisladas, sino de (re)organizar la totalidad del proceso de producción agrícola y biológico. La diferencia entre los dos términos de esta alternativa resume precisamente toda la profundidad del término revolución.

Aun una lectura parcial y rápida de la prensa europea de los diez últimos años nos ofrece la confirmación de que esa reconversión abarca no sólo los sectores productivos industriales o de investigación de punta, sino la sociedad en su conjunto: orientación de los créditos, estatales y privados; creación de nuevas técnicas financieras; adaptación de la legislación laboral; y, también, modificaciones en el plano de la ideología política (problemas de la nacionalización o privatización de las grandes empresas, primeros pasos para formar una unidad europea -económica y política- real basada en la utilización de tecnologías de punta, etcétera).²²

Resumiendo a grandes rasgos lo que ha sido planteado hasta ahora, tenemos:

- una revolución tecnológica en el área biológica;
- que ese conjunto de descubrimientos permitió la concepción de nuevas técnicas; y
- que esas técnicas no pueden difundirse si no se dan determinadas condiciones de reorganización socioeconómica de la sociedad.

Estas tres fases de la demostración hablan directamente en favor de la tesis de la "revolución de la biotecnología",

puesto que, efectivamente, hoy en día se observa una revolución económica basada en la evolución científica de la biología, en la irrupción de esa evolución en la esfera industrial y, por lo tanto, basada también en una reorganización socioeconómica cuyo fundamento es la biotecnología. No obstante, llamar a ese fenómeno “revolución de la biotecnología” significa reducirlo a un sólo origen, significa pensar que, desde el punto de vista tecnológico, goza de una autonomía relativa respecto a las ramas que abarca y significa, en fin, defender la idea de que la difusión de esas técnicas en unas cuantas ramas productivas no tendrá ningún impacto en las otras ramas económicas. El planteamiento que haré de este último aspecto permitirá ver que tal no es el caso y rebasar la tesis antes mencionada; asimismo, me permitirá plantear, a mi vez, la de la “tercera revolución agrícola” o “revolución agrobiointustrial”. Para ello, intentaré demostrar:

- en el plano estrictamente económico, que el estado actual de las biotécnicas son casi suficientes para que se produzca una revolución, pero que, para que ésta ocurra efectivamente, es necesario incorporar factores de otras ramas técnicas tan necesarios como las biotécnicas; y
- en el plano socioeconómico, que la “revolución de la biotecnología” requiere, además de los profundos cambios que ya se están produciendo, una reorganización aún más drástica de la producción, la transformación y la comercialización de los productos agrícolas que implicará modificaciones tanto para los sectores que utilizarán las biotécnicas como para los que no las utilizarán.

En otras palabras, lo que buscaré demostrar es que las biotécnicas constituyen un elemento necesario y, al mismo tiempo, insuficiente de esa revolución. Insuficiente, no sólo porque las biotécnicas son factores de orden técnico únicamente y, por ende, se requieren factores de otro orden, esto es, factores socioeconómicos, sino porque también se re-

quieren otros elementos técnicos. Necesario, porque ese cambio no es posible sin las biotécnicas.

II. Donde se demuestra que quizá el futuro de la biotecnología no se encuentre donde se pensaba

1. De unos descubrimientos poco probables o de la función ideológica del discurso científico

Para empezar, es necesario hacer notar que ninguno de los factores arriba mencionados se habría producido sin una modificación radical del discurso dominante. A partir de la segunda mitad de los años setenta, el tema de las tecnologías de punta empezó a jugar un papel paradigmático fundamental en ese discurso²³ y, en consecuencia, basadas en la obtención de resultados concretos, las élites tecnocientíficas, al igual que las políticas y las económicas, pudieron retomar rápidamente el tema del “progreso” como eje para la solución de la crisis.

Entonces empezaron a florecer proyectos de investigación orientados a crear o transformar especies vegetales (y animales, a veces) en el sector de la biotecnología. Puesto que la Madre Naturaleza tenía la criticable costumbre de funcionar basada en topes (de absorción, fijación, etcétera) y antagonismos que limitaban los rendimientos y puesto que los métodos tradicionales de mejoramiento vegetal eran incapaces de modificar esas relaciones, la biotecnología hizo su irrupción como la ciencia que habría de derrumbar, finalmente, todas esas barreras: en un futuro no muy lejano, por ende, los cereales fijarían el nitrógeno, se adaptarían a las sequías y a la salinidad e incluso tendrían un rendimiento fotosintético más alto; y todo acumulado, puesto que, si se podía lograr una sóla de esas transformaciones en una planta, bien se podrían realizar las otras, una a una.

No es necesario decir que los fundamentos científicos de tal discurso carecen de seriedad, ya que descansan en un análisis muy parcial de la realidad -como veremos más ade-

lante- y, ante todo, se salta de un elemento al sistema, y viceversa, sin ningún escrúpulo: del gene modificado, se pasa al genoma, del genoma a la planta y de una planta a otra. Por una parte, modificar un gene significa modificar la fisiología entera de una planta y, si bien es posible pensar en conjugar tales operaciones, el resultado es azaroso;²⁴ esas investigaciones experimentales sólo pueden proporcionar resultados mediante una larga serie de tanteos. Pero no se trata aquí de lamentar tal dificultad ni de impugnar las biotécnicas por azarosas, sino de hacer destacar la existencia de un desfase objetivo entre el método científico empleado y el atajo 'cientista' característico del discurso dominante. Por otra parte, cuando se hace tal generalización de métodos experimentales cuyos procedimientos están íntimamente ligados al sustrato, se pierde de vista la finalidad de los experimentos (la modificación o creación de especies) y el objetivo intermedio (la difusión de las biotécnicas) se convierte en el centro de todo. Así, de ser un medio pasa a ser un fin: ya no se difunde -las biotécnicas en este caso- para obtener algo... sino que se difunde ¡por difundir! Y todo laboratorio que no recurra a las biotécnicas o no contribuya a su mejoramiento queda, de hecho, "científicamente" marginado.

2. De los descubrimientos "inútiles"

Pero eso no es lo más importante. Efectivos o no, los descubrimientos milagrosos bien podrían resultar inútiles para provocar la tercera revolución agrícola.

El ejemplo del procedimiento de "desenrollado de macromoléculas" es ilustrativo de la anterior afirmación.²⁵ Las posibilidades abiertas por dicho procedimiento dejan perplejo a quien lo estudia: se trata nada menos que de sustituir una parte esencial de la petroquímica y de la carboquímica por la agroquímica. Grande sería el impacto que causarían tales biotécnicas en las cadenas industriales si llegaran a difundirse -y esto explica también, en parte, el gran interés que siempre han mostrado las empresas transnacionales

petroleras por la biotecnología²⁶-. Más adelante haré algunas reflexiones acerca de ese impacto; mientras tanto, demostraré cuáles son las condiciones, desde el punto de vista agroeconómico, para la difusión de las biotécnicas.

Ya no se trata de crear pequeñas empresas de alto riesgo ni, tampoco, de promover una reorganización productiva en un sólo sector, sino de crear, prácticamente, un nuevo proceso de producción y transformación, la AGROBIOINDUSTRIA, dotado de sectores propios (agroquímica pesada y ligera), lo cual implica una reestructuración simultánea de los sectores industriales tradicionales (petroquímica y carboquímica, pesadas y ligeras). Resulta evidente que, *a priori*, esa nueva rama no tiene por qué mantenerse en el sector de la llamada industria agroalimentaria.

Ahora bien, en primer lugar, el desarrollo de tal cadena industrial no se logrará de un día para otro. Por un lado, será necesario desplazar a las empresas competidoras y superar inercias y hábitos; por otro lado, habrá que movilizar recursos financieros, humanos y materiales capaces de concretar la ruptura. Por lo demás, como vimos anteriormente, existe ya una conciencia sobre la necesidad de ese cambio y, asimismo, la voluntad para promoverlo, tanto entre los gobiernos occidentales como entre las empresas transnacionales; asimismo, conviene recordar que ya existen las técnicas de transformación necesarias, las cuales abarcan procesos totalmente controlados e industrializados a través de la ingeniería genética y la investigación en microbiología. Y, para su aplicación en gran escala, esas técnicas ya no requieren los milagrosos descubrimientos científicos con los que se pretende aportar la parte "noble" de la biotecnología. A eso es a lo que me refiero cuando hablo de "descubrimientos inútiles".

En segundo lugar, tal como lo hemos visto, esas técnicas de transformación crean mercados no alimentarios para su producción y ello provoca que el valor de la función social de la agricultura se multiplique;²⁸ pero la modificación no tendrá lugar si no se incrementa, al mismo tiempo, la producción total; además, ese incremento tendrá que venir

acompañado de precios unitarios muy inferiores, y con mucho, a los actuales, ya que, mientras la tonelada de cereales cueste, aproximadamente, 200 dólares estadounidenses o el hectolitro de leche 50 dólares, el petróleo, con su costo de 15 a 20 dólares por barril, conservará la ventaja. No obstante, es probable que esa relación de precios se invierta; primero, porque el petróleo o el carbón, bases actuales de toda la química, son materias primas no renovables; segundo, porque el costo de producción por unidad de materia agrícola seca aún puede disminuir marcadamente, y ello, ya sea que intervenga o no un descubrimiento importante en el sector de la biotecnología destinada a los insumos agrícolas.

¿Por qué? Porque la robótica agrícola -la cual se encuentra a punto de entrar en su fase de comercialización- incrementará la productividad del trabajo en una razón que todavía nos es desconocida.²⁹ Y es posible afirmar esto porque se trata de una tendencia que no sólo ha prevalecido en el tiempo sino que, además, es coherente con las aportaciones que razonablemente se puede esperar que harán las biotécnicas.

Problemas biotécnicos aparte, lo anterior quedará demostrado una vez que hayamos visto que, debido precisamente a que existe un tope a la modificación genética de las especies superiores, la revolución no se limitará técnicamente a una revolución de la biotecnología.

Tomemos para ello el ejemplo del trigo. En el caso de este cereal, en la actualidad ha sido posible obtener los siguientes rendimientos:³⁰

- mejores rendimientos mundiales alcanzados en estaciones experimentales: entre 15 000 y 16 000 kg/ha.
- mejores rendimientos mundiales alcanzados en condiciones "reales" (granjas): entre 13 000 y 14 000 kg/ha.
- rendimiento promedio actual del grupo de granjas más productivas a nivel mundial (menos del 5 por ciento de los productores europeos): entre 11 000 y 12 000 kg/ha.

- tres primeros promedios nacionales alcanzados en el año de 1984: Holanda, 7 815 kg/ha; Bélgica, 6 856 kg/ha; Francia, 6 450 kg/ha.
- promedio mundial en el año de 1984: 2 250 kg/ha.

Por las cifras anteriores, resulta evidente que existen genes de alto potencial y cultivares muy bien identificados en los que se reflejan esos potenciales genéticos.

Ahora bien, ¿en qué medida es posible mejorar aún esos rendimientos? Según algunos agrónomos especialistas en la cuestión, a partir de un rendimiento de aproximadamente 18 000 kg/ha, entraría en juego un tope fotosintético. Lo anterior quiere decir que, a partir de ese rendimiento, la planta ya no podría sintetizar más, cualquiera que fuere la cantidad de energía recibida. Para superar esa barrera, por una parte, se tendría que modificar genéticamente la planta y, si bien se desconoce cuál sería la reacción fisiológica de ésta a tal modificación, sí se sabe que, a ese nivel de manipulación, sería necesario “reorganizar” la mayoría de los mecanismos. Por otra parte, a pesar de que los conocimientos actuales no permiten resolver por ahora ese problema, la operación no parece imposible en un plazo de treinta a cincuenta años. Una vez superada esa barrera, el siguiente problema sería físico, debido a que la cantidad de energía aprovechable en la superficie de la tierra también tiene un tope. Así, el rendimiento máximo posible sobre la tierra, con luz natural, sería de aproximadamente 22 000 a 26 000 kg/ha. en el caso del trigo.

En el largo plazo, consecuentemente, la aportación de la biotecnología permitiría una duplicación de los mejores rendimientos mundiales actuales, resultado nada desdeñable. Pero, sea lo que fuere, me parece que se trata, precisamente, de la parte anecdótica de la biotecnología.

Volvamos ahora a las cifras antes mencionadas. Por un lado, vemos que, con el material genético existente y sin ninguna utilización de las biotécnicas, una multiplicación por cinco de la producción mundial actual de trigo es **teóricamente** posible. Por otro lado, vimos antes que, puesto que las biotécnicas pueden crear nuevas oportunidades de trans-

formación industrial, su utilización al nivel de las industrias de transformación ya está totalmente lista para derribar el actual tope de "sobreproducción de productos agrícolas". En la actualidad, el simple juego de la acumulación diferencial, en condiciones de libre mercado de la tierra (que es el caso de todos los países desarrollados) y de acceso a una técnica que permita una mayor productividad del trabajo (la robotización), es suficiente para permitir el incremento de la producción y, a la vez, la reducción de los precios, factores necesarios para la realización del proceso de difusión de las biotécnicas en la rama industrial.

Esos dos procesos de difusión técnica -robotización de la agricultura y "biologización" de la industria- se apoyan uno al otro de manera sinérgica. Ahora bien, a pesar de que no se oponen, ya sea ahora o en el largo plazo, según el caso, a una mayor utilización de productos biotecnológicos en el campo de la producción de insumos agrícolas -por ejemplo: equipos de diagnóstico fitosanitario, fertilizantes o tratamientos con acción más localizada, especies genéticamente manipuladas *stricto sensu*, etcétera- y de que, también, es seguro que una buena parte de las biotécnicas actuará como refuerzo del proceso general, esos dos procesos, que se relacionan de manera íntima, son los que, no obstante, constituyen el eje fundamental de la revolución actual. En cuanto a las biotécnicas, éstas se basan esencialmente en una utilización industrial de los microorganismos modificados aleatoriamente y no por manipulación.

En resumen, la tercera revolución agrícola se presenta entonces como la conjugación de los siguientes factores:

1º la robotización de la producción agrícola; y

2º la utilización industrial de los productos agrícolas con fines esencialmente no alimentarios;

y, para realizarse, tiene necesidad de la biotecnología, si bien, como ya lo dijimos antes, ésta no es suficiente, pues, aunque las biotécnicas desempeñarán un papel esencial, al igual que, en menor medida, la creación de nuevos productos biológicos, la difusión de la biotecnología no se puede concebir sin la revolución agrícola.

Así, hablar de la tercera revolución agrícola se justifica plenamente.

3. ¿Cuál será el impacto de la revolución agrobiointustrial?

Antes afirmé que la tercera revolución agrícola implicará una transformación de la actual organización de la producción y de los intercambios y, para ilustrar este planteamiento, que cada quien podrá desarrollar según su propia experiencia, basten algunos ejemplos.

A. Necesidad de que en las sociedades europeas se dé un desarrollo no limitado de la agricultura

Si retomamos la hipótesis del incremento de la producción agrícola y la aplicamos a las condiciones europeas -esto es, a un caso en el que ya no es posible incrementar la superficie cultivable-, resulta evidente a primera vista que la tercera revolución agrícola generará un incremento de la superficie cultivada por trabajador, por lo que los demás sectores de la economía deberán absorber el excedente de mano de obra así provocado. Hoy en día, se puede estimar que dicho excedente será del 3 al 5 por ciento de la actual población activa, es decir, del 30 al 50 de la población agrícola activa. ¿En qué trabajará?, ¿con qué formación?, ¿cuál será el precio social de ese cambio? Nadie lo sabe.

B. Las transferencias entre ramas industriales

Anteriormente sugerí la sustitución de la petroquímica por la agroquímica y, si bien existen dificultades técnicas para llevar a efecto tal sustitución, el principal problema será el del futuro de los países productores de petróleo que han basado su desarrollo en la utilización de la renta que les produce ese bien. ¿Cuáles serán, en su caso, las posibilidades para mantener esa renta o negociar su desaparición? ¿Cómo justificar su desaparición ante la nación y cómo

justificar que los años de auge petrolero no hayan sido suficientes, en muchos casos, para transformar esa renta en capital productivo eficaz, en lugar de que, muy por el contrario, correspondieran a los de mayor incremento del peso de la deuda? En fin, ¿cómo podrían integrarse esos países al nuevo escenario económico internacional?, ¿sobre qué bases de producción? y ¿con capital de qué origen?

Las interrogantes mencionadas en el párrafo anterior plantean, de manera evidente, cuatro tipos de problemas: por un lado, económicos y políticos y, por el otro, nacionales e internacionales, todos íntimamente relacionados entre sí por dos razones. Primera, porque las eventuales soluciones económicas basadas en el capital foráneo no podrán ponerse en práctica sin poner en tela de juicio de una manera más profunda los pasados errores de las políticas económicas y sociales nacionales; segunda, porque, dada la mayor dependencia política y económica que provocará ese tipo de soluciones, será muy difícil poner en práctica las soluciones políticas internas sin otorgar garantías políticas y económicas a los países acreedores.

C. Un futuro incierto para los países en vías de desarrollo

Como acabamos de ver, es posible que algunos países en desarrollo pierdan su renta petrolera, pero también es posible que otros pierdan parte de sus ingresos, puesto que, con ciertos aromas y un sustrato, ya no serán realmente necesarios los productos tropicales (café, cacao, cítricos, etcétera); así, también es razonable esperar una posible pérdida de los llamados mercados "refugio".³¹

Agregaré, finalmente, que, en caso de una baja aún mayor en los precios de los granos básicos (hipótesis y consecuencia, al mismo tiempo, de la tercera revolución agrícola), la producción de cereales de los países en vías de desarrollo ya no tendría ninguna razón de ser económica. En la actualidad, resulta más barato abastecer el mercado urbano de los países del Tercer Mundo con granos comprados en el mercado internacional que con los producidos en esos países;

problema que se acentuará aún más en el futuro. Habrá, pues, que elegir entre producir localmente más caro o comprar en el exterior más barato; en otras palabras, incrementar el costo de la vida urbana protegiendo al campesinado o aceptar la pérdida definitiva de la autosuficiencia alimentaria con sus consecuencias ya bien conocidas (arma alimenticia, dependencia, etcétera), esto es, habrá que elegir entre tensiones urbanas y tensiones rurales.

Esta hipótesis puede parecer catastrófica y, por lo demás, sería temerario afirmar con certeza que se hará realidad; sin embargo, es indicativa de *un* posible futuro. Lo que sí puede afirmarse ya es que, por poseer ciertas características propias (necesaria concentración de capital, utilización en gran escala, etcétera), las nuevas tecnologías agrícolas (robótica, biotécnicas) trazan forzosamente las grandes tendencias de las mutaciones sociales que se darán en el futuro. En cuanto a las nuevas técnicas, éstas necesitan de la biotecnología para desarrollarse, esto es, su potencial no está totalmente predeterminado; sin embargo, como cualquier técnica, se inscriben en un contexto histórico dado: responden a *ciertas* necesidades y a *ciertos* intereses. La potencialidad que generan y los intereses que despiertan rebasan con mucho los de su propio sector, por lo que sería un error pensar que sus condiciones de difusión social son las de una revolución técnica autónoma.

Para alcanzar su mayor desarrollo, la biotecnología requiere una profunda transformación de la producción agrícola, y tal transformación corresponde a la realización de una revolución agrícola.

Por su impacto, esa revolución influirá no solamente en los países industrializados sino también en los menos avanzados y modificará la actividad tanto del director de las industrias agroalimentarias internacionales como la de los pequeños campesinos del Tercer Mundo.

Una vez más, el espacio económico de estos últimos está por reducirse. ¿Hasta qué punto será posible tal reducción?

Traducción de Mario A. Zamudio Vega

Notas

* Pierre-Michel Rosner. Ingeniero agrónomo del Instituto Nacional Agronómico París-Grignon, especializado en desarrollo agrícola. Actualmente es profesor visitante que colabora con el proyecto de investigación de la región Mixteca de Oaxaca, que se realiza en la Coordinación de la Maestría en Desarrollo Rural de la UAM-Xochimilco.

¹ Alfred Nobel no inventó la pólvora / sólo vulgarizó sus sucedáneos, / y esos sucedáneos tienen su precio. / El camino de la tierra está empedrado de buenas invenciones.

² Utilizo en este trabajo la definición de biotecnología propuesta por la Federación Europea de las Biotecnologías: la biotecnología permite, gracias a la aplicación de los conocimientos y las técnicas de la bioquímica, la microbiología, la genética y la ingeniería química, aprovechar, en el plano tecnológico, las propiedades y capacidades de los microorganismos y el cultivo de tejidos (Albert Masson, *Les biotechnologies: défis et promesses*, Paris, UNESCO, 1983, p. 11). Esta definición apunta hacia el uso de cuatro ciencias, dos de las cuales -la microbiología y la (ingeniería) genética- se abocan fundamentalmente a la manipulación o transformación de moléculas de seres vivos, por lo que las ideas clave que contiene son dos: la primera se refiere al "uso" y, por ende, a las técnicas, mientras que la segunda se refiere a la especificidad de cada una de las ciencias citadas, las cuales buscan, entre otras cosas, crear lo nuevo desde el punto de vista biológico.

³ "Mañanas que cantan": perspectivas de un futuro feliz; expresión utilizada para caracterizar el optimismo revolucionario.

⁴Véase L. White, "Tecnología y cambio social", en R. Nisbert, T. S. Kuhn, L. White *et al.*, *Cambio social*, Alianza Editorial, Madrid, 1979, pp. 102-122; y, en general, M. Bloch, *Les caractères originaux de l'histoire rurale française*, Paris, 1955.

⁵Por ejemplo, unas cuantas plataformas de lanzamiento de cohetes son suficientes, a escala mundial, para tener acceso a los productos elaborados en el espacio y para que se observe un efecto en la reorganización socioeconómica. El problema de contar o no con una plataforma es, por lo tanto, un problema de independencia nacional, de geopolítica, no un problema de difusión de una técnica. De la misma manera, basta que algunas empresas transnacionales (tales como Unilever o Rhône-Poulenc) tengan acceso a una nueva tecnología para que el problema mundial de la agricultura sufra modificaciones. M. Marloie, en *L'Internationalisation de l'agriculture française*, Economie et humanisme/Les éditions ouvrières, Paris, 1984, ofrece una rápida descripción de los casos de la difusión del tractor (pp. 41-46) y de ciertos procesos de industrialización de la cría de gallinas y de su repercusión en la reorganización tanto de las unidades de producción familiares como de la economía internacional.

⁶Esto es: técnicamente, funcionará de tal manera porque de otra manera es imposible o, socialmente, tiene que funcionar de tal manera, según que sea la técnica o el medio social lo que fije las modalidades de funcionamiento del objeto. No se busca, o muy poco, relacionar *a priori* ambos enfoques.

⁷Algunos especialistas impugnan este punto de vista; véase, por ejemplo, la presentación de la discusión al respecto en el texto de P. Lemonier, "L'Étude des systèmes techniques, une urgence en technologie culturelle", en *Techniques et cultures*, n^o 1, Paris, 1983. No obstante, me parece que, cuando se plantea el problema de la difusión de una herra-

mienta de una sociedad a otra, no es necesario pensar en una reproducción/trasposición idéntica del orden social; la existencia de condiciones distintas en el interior y en el exterior (el objeto ya existe en el exterior) hace que cualquier proceso de simple trasposición resulte inoperante y la creación absolutamente necesaria; ahora bien, a pesar de esta creación forzosa, se mantiene en pie el hecho de que el objeto determina por sí mismo no sólo los elementos que tendrán que cambiar, sino también una orientación del cambio (y, por lo tanto, no cualquier técnica puede difundirse en cualquier ámbito, aunque "teóricamente" sea posible). F. A. Moreno ofrece una excelente reflexión acerca de este tema en su análisis teórico "Repensar lo rural" (mimeo), presentado en el IX Coloquio *Las sociedades rurales hoy*, 21 al 23 de octubre de 1987, en El Colegio de Michoacán.

⁸ Acerca del concepto de Revolución Agrícola, véase M. Mazoyer, "Systèmes agraires et développement agricole", *Note de synthèse provisoire à l'attention de la "Commission Systèmes Agraires"*, Ministère de la Recherche et de la Technologie, Paris, 1985, p. 14). Una revolución agrícola se caracteriza, generalmente, por:

a) una duplicación de la productividad del trabajo agrícola (este aspecto es uno de los que permiten identificarla de manera concreta en el plano histórico); y

b) su aspecto total en cuanto a su impacto sobre la reorganización de la sociedad.

En el ámbito europeo es posible identificar las siguientes revoluciones agrícolas (la lista no es exhaustiva):

- la sedentarización de la agricultura o revolución agrícola neolítica;
- la revolución del transporte pesado (siglos IX-XI d. C.), con la difusión del arado *brabant* y, por ende, la difusión de la labor profunda y del transporte pesado;
- la primera revolución agrícola (siglo XIX d. C.), con la difusión de la asociación estrecha entre la agricultura y la ganadería;

- la segunda revolución agrícola (1940-1960), con la difusión de la mecanización, la especialización y el uso de insumos industriales.

Las revoluciones agrarias permiten la difusión generalizada de modos específicos de explotación del medio ambiente, los cuales preceden siempre, en pequeñas áreas geográficas o pequeños sectores económicos, a la revolución propiamente dicha; en el plano histórico, por lo tanto, es posible identificar esos modos de explotación del medio ambiente antes de que se produzca la revolución, y ellos nos pueden ayudar, a su vez, a identificar teóricamente *a priori* una futura revolución. Así, por revolución agrícola se entiende el conjunto de: a) una difusión generalizada de un nuevo modo de explotación del medio ambiente (con la consecuente desaparición del modo de explotación anterior) al nivel de las técnicas productivas; y b) las transformaciones correspondientes en cuanto a las relaciones sociales de producción.

Es necesario hacer notar que la primera y segunda revoluciones se caracterizan por haber sido ya revoluciones *agrícolas e industriales*; una no existe sin la otra. La meta de este artículo es, precisamente, analizar cómo la “revolución de la biotecnología” no se puede entender sin una revolución en el campo de los procesos de producción agrícolas, ya que no sólo dicha “revolución de la biotecnología” se quedaría en simple sueño sin la revolución agrícola, sino que esta última determinará, en parte, lo que es socialmente factible a partir de las biotécnicas.

Por ende, la tercera revolución agrícola será una revolución agrobioindustrial, es decir, una fusión entre la industria, lo biológico y la agricultura. Mediante el uso del término “fusión” rechazo, desde luego, el enfoque de la “dominación”, consideración que deriva directamente del enfoque adoptado desde el punto de vista de los sistemas (expresado en términos de las condiciones necesarias y suficientes): para que efectivamente tenga lugar la tercera revolución agrícola, la agricultura deberá aceptar por fuerza ciertas condiciones impuestas por la industria, pero, asimis-

mo, esta última tendrá que adaptarse a ciertas condiciones impuestas por la agricultura. De este juego dialéctico, es más que probable que surja un nuevo sector dominante, y existen muchas razones para pensar que será precisamente el sector industrial; sin embargo, ese es otro problema cuyo resultado dependerá fundamentalmente de las luchas sociales.

⁹Véase, por ejemplo, el artículo de G. Arroyo "La biotecnología y las empresas transnacionales, en *Desarrollo económico y problemática alimentaria*, suplemento especial del 25 aniversario de *El Día*, México, junio de 1987, pp. 12-15.

¹⁰Véase el estudio de P. M. Rosner, *L'Impact des nouvelles technologies en agriculture*, escrito para la Association Internationale Futuribles, Paris, junio de 1985, p. 70.

¹¹El caso del proceso de fijación del nitrógeno en las plantas superiores y, más particularmente, en los cereales nos ofrece un buen ejemplo de esa cadena. En 1985 se descubrió que son siete los genes encargados del proceso de fijación del nitrógeno, por lo que no sólo el proceso sino también su trasplante ofrecen una complejidad mucho mayor que lo que se pensaba hace veinticinco años, pues ya no se trata de trasplantar *un* gene, sino *siete* segmentos separados que, no obstante, funcionan de manera absolutamente complementaria. ¿Cuál es la función de su entorno en el DNA?, ¿cómo aislarlos y luego trasplantarlos sin que pierdan su función?, ¿en qué lugar injertarlos? y, por último, ¿podrá la planta aceptarlos sin que su fisiología se altere a tal grado que pierda otras funciones necesarias? Para lograr el trasplante efectivo, no sólo del gene sino también de su función, será indispensable contestar a todas estas preguntas.

¹²De ahí precisamente el conjunto de problemas relacionados con la "revolución de la biotecnología": ¿Es capaz la biotecnología de permitir la creación de nuevos productos

que cambiarían drásticamente el panorama de la producción y de los intercambios (desaparición de ciertos factores biológicos limitantes, producción biológica ilimitada, etcétera)? Puesto que, *teóricamente*, permite la transformación del *potencial* genético, la biotecnología crea su propio mito, el de la dominación total del Hombre sobre la Naturaleza y, consecuentemente, ofrece una doble apariencia: lo que *es* (materialmente, un conjunto de biotécnicas y, por ende, una causa de transformación de las actuales relaciones sociales de producción) y lo que *potencialmente puede ser* de manera muy concreta (la solución biológica a los problemas biológicos). Así, por una parte, al crear ese Sueño Dorado y presentarlo como una mera realidad para cuya materialización sólo nos faltan algunos éxitos de investigación y, por la otra, al no tomar en cuenta lo que *será mañana*, todo análisis evaluativo de lo que *es hoy* relega la biotecnología, al mismo tiempo, al rango de ejercicio sin valor alguno.

¹³Por ejemplo, el de la transnacional Monsanto, empresa creada hace menos de quince años y ahora líder mundial en algunos sectores de la producción de semillas.

¹⁴Si tomamos el ejemplo de la selección de una semilla, vemos que el tiempo de selección pasó de un mínimo de quince años a aproximadamente siete años. Este incremento en la velocidad de selección se debe a lo artificial del proceso de *multiplicación* y muy poco al de *reproducción*: la multiplicación de miles de semillas totalmente idénticas se logra más rápidamente *in vitro* que *in vivo*.

Las consecuencias biológicas de este proceso no son desdenables; por ejemplo, la reducción drástica de la variedad de los genotipos utilizados por los agricultores implica una mayor sensibilidad de la planta a los ataques de una enfermedad determinada. Así, en el caso de Francia, puesto que el 90 por ciento de la superficie triguera anual se siembra con menos de cuatro cultivares distintos, el 90 por ciento de la producción corre el riesgo del ataque de menos de cuatro enfermedades.

Con todo, estas posibles consecuencias son poco importantes en comparación con las de carácter socioeconómico; en efecto, si seguimos analizando el ejemplo precedente, de inmediato saltan a la vista dos consecuencias. Por una parte, ese riesgo biológico tiene un reflejo social evidente: la autosuficiencia alimentaria del país depende de cuatro plagas y, por la otra, la reducción del número de cultivares utilizados implica una disminución de la adaptación de la planta al medio ambiente local, por lo que aumenta su sensibilidad a los fenómenos locales (climáticos, plagas, suelos, etcétera) y, también, la necesidad de nuevos tratamientos.

Estos dos problemas socioeconómicos pueden ser resueltos mediante un mismo proceso: la transformación y reorganización de la producción a los niveles microeconómico y macroeconómico; y este fenómeno se presenta gracias a que es posible lograr, **simultáneamente**, un incremento efectivo de los rendimientos, una reducción del riesgo mediante un mayor uso de tratamientos y una mayor remuneración de la mano de obra.

No obstante, no se puede ocultar el hecho de que los agricultores que se beneficiarán de ese proceso no serán todos. Sólo se verán favorecidos, por una parte (a composición orgánica de capital idéntica), los que cuenten con condiciones "naturales" de producción más cercanas a las necesarias para el cultivo de una semilla cuya utilización se generalice espacialmente -esto es, al disminuir el número de cultivares, se incrementa el papel de la renta diferencial de tipo I en función de las condiciones "naturales" promedio determinadas por la investigación-; por la otra, dado que el principal criterio de selección sigue siendo el incremento de los rendimientos, una mayor velocidad de selección influirá directamente en el ritmo de acumulación de las unidades de producción, por lo que serán las unidades de producción con mayor productividad a nivel mundial las que más se beneficiarán de ese incremento. Cuando el rendimiento promedio que logra un campesino es de 2 000 a 3 000 kg/ha. de trigo, no necesita semillas de alto potencial, además, las probabilidades de que la utilización de éstas no sea rentable son

muy altas, así, pues, no las utilizará; por el contrario, la utilización de semillas de alto potencial es rentable y totalmente necesaria para el campesino que ya obtiene de 10 000 a 12 000 kg/ha., y quiere conservar su ventaja relativa.

Así, puesto que influye de tal manera en la renta diferencial de tipo II, el incremento en la velocidad de selección implica, consecuentemente, que el impacto social se hará sentir más bien a través de la evolución propia de una parte del sector campesino y de su función en la formación de los precios internacionales, como cualquier técnica, que a través de aportaciones específicas de las biotécnicas.

¹⁵A lo largo del artículo será abordado nuevamente este punto (cf. también las notas 22 y 27). Por otra parte, el artículo de Brenta, Noemí L., "Biotecnología: ¿nuevo mito postindustrial?", en *David y Goliath, Revista del CLACSO*, año 17, n° 51, abril de 1987, pp. 26-33, sugiere que la evolución de las biotécnicas presenta una serie de etapas que muestran cierta correspondencia con las etapas de las estrategias industriales.

Por el momento, en lo que se refiere a la relación de las empresas productoras de insumos con la investigación, podemos afirmar que éstas se dedican cada día más a la investigación básica, estrategia que tiene su justificación en dos tipos de razones. El primero, actual y concreto, se relaciona con la necesidad de las empresas no sólo de orientar la investigación sino, también y antes que todo, de participar directamente en la elaboración de las nuevas técnicas (y, eventualmente, de los nuevos productos). Este primer tipo de razones se justifica, a su vez, por el cambio cualitativo que se ha dado en la relación entre tratamiento y planta: hasta los años setenta, la planta todavía era considerada, más o menos, como una especie de "caja negra" a la cual era necesario proporcionar ciertos productos con ciertas características. La fisiología proponía "ideas" en cuanto a esas características, pero era la agronomía la que, en último caso, permitía conocer la respuesta del vegetal; así, pues, el empirismo dominaba aún, en cierta medida, a la investigación

aplicada. La biotecnología vino a modificar sustancialmente esa relación entre las disciplinas, así como el carácter científico de la investigación aplicada; ahora, a partir del momento en que se decide la elaboración de un producto, se piensa en función del lugar receptor o activo, de los flujos moleculares, de los fenómenos que ocurren en las membranas, etcétera, esto es, la molécula activa que se busca elaborar tiene que ser adaptada *ex ante* a dichas características. En este plano, la diferencia entre el conocimiento científico puro y la técnica desaparece en gran parte, por lo que se vuelve falsa la separación entre investigación básica y aplicada; las técnicas se relacionan tan estrechamente con el material vivo al cual son aplicadas que la participación en la investigación “básica” se vuelve obligatoria para toda empresa productora de insumos. Así, una buena ilustración de este fenómeno la constituyen los trabajos de la transnacional Rhône-Poulenc sobre los lugares de injerto y los procesos de penetración intracelulares o intranucleares. La meta “aplicada” de esas investigaciones es la concepción de productos más específicos y más eficaces: puesto que las moléculas llegarían exclusivamente al lugar activo, por una parte, los efectos secundarios disminuirían y, por la otra, sería posible reducir las dosis aplicadas a cantidades mínimas (algunos decilitros y, quizás, algunos centilitros por hectárea).

El segundo tipo de razones abarca las hipótesis sobre los resultados que es posible obtener a mediano plazo. El razonamiento es, más o menos, el siguiente: Piénsese en dos empresas; la primera, 'A', productora de fertilizantes y tratamientos y la segunda, 'B', productora de semillas. Supongamos que, en un plazo de diez o quince años, la empresa 'B' logra injertar genes de resistencia a enfermedades, de fijación del nitrógeno, etcétera, en sus semillas. Si, mientras tanto, la empresa 'A' no hiciera nada, bien podría cerrar sus puertas, riesgo inaceptable desde el punto de vista capitalista (y quizá también sindical); así, la empresa 'A' intentará disminuir el riesgo, **todavía hipotético**, por diversos medios:

a) mediante la búsqueda de productos muy específicos... así, quizá, podría mantenerse en el mercado;

b) mediante la compra de acciones en el sector semillas... ¡por si acaso!; y

c) mediante la investigación propia para injertar genes de resistencia en el genoma de la planta de que se trate con un triple propósito:

c.1) siempre será posible vender un producto nuevo;

c.2) si logra injertar un gene de resistencia a una enfermedad cualquiera, no podrá ser tan distinta la técnica para injertar otro tipo de gene de resistencia a las enfermedades tratadas mediante los productos fabricados por otras empresas; y

c.3) el proceso podría ser aún más interesante en el caso de los herbicidas, ya que se podría vender, por un lado, una semilla resistente a un herbicida total (resistencia genéticamente inscrita) y, por el otro, el herbicida.

Las empresas competidoras tendrían que abandonar su propia producción, pues la empresa 'A' contaría con todo el proceso completo; ¡nunca mejor servido que por sí mismo!

Así, mientras la empresa 'A' toma las medidas para reducir el **riesgo hipotético**, aún no ha ocurrido nada, únicamente en el plano de las suposiciones; sin embargo, esa empresa de fertilizantes y tratamientos ya se habrá convertido en una productora de semillas y desarrollado su sector de investigación en todas direcciones.

¹⁶Tal es el caso, por ejemplo, de la insulina, cuya producción se obtenía de puercos o caballos, en el que la innovación no se relaciona con la producción en sí, sino con su producción *sintética*; y el caso de las otras hormonas es muy similar. En estos casos, el problema de la difusión no consiste en la aparición de nuevos productos, sino en un posible cambio de escala en la producción... y en la utilización. ¿Serán realmente interesantes para los agricultores esas hormonas (cf. la hormona de crecimiento)? ¡Quizá sí, quizá no! A decir verdad, ¡quién sabe!, puesto que implican una modificación total del manejo de los hatos, tanto en el plano técnico como en el económico -velocidad de crecimiento, ritmo de crianza y, por ende, velocidad de rotación del capital y ritmo de

acumulación-. ¿Serán coherentes esas modificaciones con el manejo de las otras actividades -producción de forrajes, calendario de trabajo, etcétera-? ¿Qué futuro implicarán para los agricultores, tanto en el plano de la explotación agrícola que llevan a cabo como en el de su inserción social? Sería necesario plantearles ambas preguntas antes de embarcarse en costosos programas de investigación, porque, de no hacerlo, también habrá que enfrentar costosos movimientos sociales y políticos.

¹⁷En este plano, la evaluación de la difusión y el impacto de las biotécnicas se vuelve muy compleja. Si bien los indicadores económicos atribuyen el liderazgo al sector de la "salud" (humana o animal). Desde los puntos de vista técnico y científico, no obstante, tal parece no ser el caso; además, la subdivisión sectorial se revela como totalmente artificial. Los éxitos más numerosos se encuentran, sobre todo, entre los trabajos hechos sobre los procariotes, esto es, los seres inferiores sin verdadero núcleo. En cuanto a los eucariotes, justamente la presencia de un verdadero núcleo ha obstaculizado durante mucho tiempo todos los esfuerzos para aplicar las biotécnicas sobre esos seres, por lo que, en el plano de la productividad, los éxitos más patentes en dicho sector dependen más bien de la aplicación de los resultados de la microbiología que de resultados directos de las biotécnicas. Lo anterior lo ilustran bien los casos de la insulina (cf. la nota 16) o del trasplante de embriones; en este último caso, los primeros pasos (poliovulación, trasplante estricto, etcétera) fueron logrados rápidamente mediante las técnicas de la medicina "tradicional", y entonces, con la necesidad de determinar de manera precoz el sexo de los embriones, empezó en realidad el problema biotecnológico; en efecto, dado el alto costo de la operación de trasplante, su aplicación se reserva para los hatos lecheros de alta productividad, por lo que el trasplante de los embriones machos no resulta interesante desde el punto de vista económico y se hace necesario determinar precozmente el sexo del embrión. De hecho, sólo fue en 1986 cuando se logró romper la barrera -ia la

estricta observación!- que representaba el núcleo verdadero.

Así, son varios los factores que nos permiten aclarar la dinámica del sector salud: por un lado, la función de modelo comparativo que tradicionalmente han desempeñado los animales superiores respecto a la fisiología humana ha permitido una acumulación de conocimientos básicos más importante que en el caso de los vegetales; por otro lado, si bien es cierto que la aplicación de las biotécnicas se ha vuelto totalmente indispensable para las investigaciones que se llevan a cabo en ese sector, son los microorganismos los que, en el plano de la productividad, siguen sustentando la mayoría de los procesos; la posibilidad, en fin, de aplicar esas técnicas con mayores ganancias a la producción de medicamentos para el hombre permitió que ese sector se colocara a la cabeza.

¹⁸En menos de diez años, sectores enteros de la industria de la transformación se han modificado sobre la base de la implantación de nuevos procesos de producción; así, es posible observar una difusión generalizada de los procesos biotecnológicos en las industrias de los aromáticos, los colorantes, los preservativos, y, también, en las del vino (champagne, bordeau, etcétera.) y del queso.

¹⁹A esos factores económicos se añaden dos factores científicos: primero, en la fabricación de tales productos se aplicaban procesos biotecnológicos tradicionales de fermentación; segundo, la rama de la fermentación disfruta de la enorme ventaja de centrarse en microorganismos unicelulares sin núcleo verdadero. Consecuentemente, la aplicación industrial de los resultados de la microbiología parece "sencilla" en la actualidad cuando se la compara con la complejidad de los problemas que plantean los organismos superiores.

²⁰En efecto, parece que algunos de los obstáculos con que se topan las otras ramas del sector de la transformación

agroalimentaria para la difusión de las biotécnicas tienen su origen, precisamente, en la difícil manipulación de las materias primas; y esta explicación parece ser válida tanto para los cereales como para los tubérculos, productos que muestran una marcada diversidad en la calidad entre lotes de cantidades reducidas. Dado que las empresas que habrán de transformar esos productos mediante la aplicación de biotécnicas tendrán que hacerlo en grandes cantidades (VA/kg de materia seca menor), ello plantea el problema, muy concreto, de la homegeneización del producto, y no únicamente en el plano físico sino también en el químico, con los consiguientes problemas de medición continua tanto de las características generales como de las moleculares, problemas que son originados directamente por las estrictas condiciones de trabajo que impone la manipulación de los microorganismos.

Aparentemente, la industria lechera plantea el mismo tipo de problemas; sin embargo, existen tres diferencias importantes que pueden modificar el conjunto de problemas: primero, la leche es un líquido!, lo cual significa que el homegeneizarla mediante operaciones clásicas (químicas o mecánicas, por ejemplo) antes de la transformación estrictamente biotecnológica es más fácil que en el caso de un producto sólido; segundo, las primeras empresas que utilizaron esas técnicas cuentan con mercados locales constantes para sus compras de materias primas, lo cual parece ejercer un "efecto de terruño", esto es, de homegeneización, en la calidad de estas últimas; tercero, esas empresas se dedican a la fabricación de productos de muy alta calidad cuyo precio depende fundamentalmente de esta última, es decir, les fue posible desarrollar una estrategia comercial basada en la calidad más que en la cantidad.

Finalmente, parece que el caso de los aromáticos es una consecuencia del caso de los cereales y los tubérculos: por el momento, los aromáticos sólo desempeñan una función complementaria en productos *con un alto valor agregado* (postres "exóticos", cocina preparada, etcétera.) cuyo mercado se reduce todavía a una población con altos ingresos o

grandes limitaciones de tiempo disponible para cocinar. Así, mientras no se domine por completo la transformación de las bases (cereales, tubérculos, etcétera) la utilización de los aromáticos se limitará a ese tipo de productos de consumo reducido, por lo que su porvenir depende directamente de la aplicación de las biotécnicas a los productos de difusión generalizada.

²¹ Probablemente el ejemplo del menor tiempo transcurrido entre el descubrimiento en el plano de la investigación básica y la aplicación derivada con una difusión social importante lo constituye la informática: de 30 a 50 años entre los resultados de las matemáticas básicas que permitieron imaginar las computadoras como algo realmente factible (el sueño existía ya desde Pascal) y su elaboración concreta (y manipulable). Si ampliamos un poco la comparación entre las dos ramas, la informática y la biotecnología, surgen algunas observaciones, aisladas pero no sin interés:

a) Dado que se basa en mecanismos inertes, el proceso de elaboración de la informática fue, a grandes rasgos, el siguiente: invención, descubrimiento en las matemáticas y, finalmente, creación técnica (dejamos deliberadamente de lado el problema de la investigación en física y, más en particular, en electrónica, porque los fenómenos que se analizan son esencialmente modelables y predecibles).

Puesto que aborda fenómenos biológicos, la biotecnología se topa con problemas metodológicos totalmente distintos: no se trata de inventar o descubrir, sino, primero, de entender algo que ya existe (lo que, de cierta manera, también es el caso de las matemáticas -por ejemplo, la axiomática- y, de manera evidente, el de la física), pero *cuyas premisas únicamente son modificables después de la cabal comprensión del fenómeno*. En electrónica, se juega con electrones y ciertos materiales y, en matemáticas, se juega aún más mediante la modificación de los axiomas... y, ¡a ver qué resulta! Los juegos con los seres vivos son, por desgracia, muy limitados y, en el plano científico, pronto llegan a ser muy aburridos: los seres mueren o no hacen lo que se

esperaba de ellos; en pocas palabras, siempre plantean preguntas nuevas al investigador, pero raras veces lo ayudan a contestar las que él tenía preparadas. (De ahí esta pregunta para los epistemólogos: ¿Qué es más fácil, crear o entender una realidad?)

b) El otro punto de comparación se refiere a los fenómenos imaginarios: las máquinas de cálculo fueron imaginadas mucho antes del siglo XX y, de cierta manera, la imaginación colectiva (en Occidente, por lo menos) analizó sus ventajas e inconvenientes mucho antes de tenerlas a la mano; esa ha sido siempre una de las funciones de la literatura de ciencia-ficción. *1984* es una parábola política; no obstante, lo que otorga credibilidad a la novela es justamente la presencia material de un *Big-Brother* por completo verosímil. En cierto sentido, desde los inicios del siglo XX se empezó a reflexionar, de una forma u otra, en el impacto que ejercerían las máquinas capaces de manejar grandes cantidades de información y en lo que se podría hacer concretamente con ellas. Por el contrario, la reflexión acerca de la transformación de lo biológico siempre ha sido muy reducida: se hace, ora desde el punto de vista antropomórfico (Esopo, Ovidio, Cyrano de Bergerac, etcétera.), ora en función de deidades o magos, y raramente más allá. Dicho en otras palabras, no se ha podido (o querido) plantear lo biológico de una manera que no sea “a semejanza de” o en cuanto “amo”, “creador”, etcétera, en todo caso, en cuanto ser superior. Los pocos intentos de transformación biológica (*El Gólem*, *Frankenstein* y otros más) se convierten en fracasos e implican forzosamente la dominación y luego la muerte del atrevido que había intentado el experimento. Hubo que esperar hasta los años sesenta, es decir, hasta los primeros descubrimientos de la química genética, para que, en *Dune*, se intentara plantear “algo diferente”: otros paisajes, otros seres vivos (ni mejores ni peores que los humanos), otra racionalidad biológica, psicológica, otras leyes químicas diferentes a la del carbono, etcétera. Hasta antes de esa obra, el tema parecía totalmente tabú. Pero, tabú o no, el problema ya no reside en ello; ahora se trata de crear la cultura de

las biotécnicas, esto es, una cultura que permita pensar lo que se puede hacer con ellas, concreta y realmente, y de que esa cultura se convierta en una cultura de masas, no sólo de una élite, ya sea científica, económica o política.

²²Los fenómenos que menciono a continuación constituyen sólo unos cuantos ejemplos relacionados con temas tan distintos:

- Utilización más frecuente que en el pasado, en el sector de las empresas agroalimentarias, de prácticas como la fusión, la absorción, la compra cruzada de participaciones, etcétera.
- Aparición de nuevas técnicas financieras (los capitales de riesgo) para ayudar al desarrollo de las tecnologías de punta -las biotécnicas, entre otras- tanto en el plano de la elaboración como en el de la utilización. Esta dinámica financiera permitió el surgimiento de numerosas pequeñas empresas, con un gran potencial intelectual, hijas de los equipos de investigación de los mastodontes trasnacionales. En el plano social, en Estados Unidos y Europa fueron aplicadas numerosas medidas para legitimar esas filiaciones: “renuncia” concertada entre la empresa matriz y el empleado con el fin de crear una empresa utilizando las biotécnicas; reincorporación posible del “ex empleado” en un plazo de uno o dos años sin importar los resultados; ayuda para obtener los capitales iniciales, etcétera.
- Aplicación de cierta concertación interestatal para la elaboración de las políticas tanto internacionales como nacionales -“Reunión de Versalles” del “Grupo de los Seis” en 1982-, con la creación de grupos de trabajo internacionales; la organización de la Red Internacional de las Biotécnicas; el establecimiento de planes de formación a largo plazo (apertura de nuevos troncos escolares, becas, reorganización de los programas escolares a partir de la secundaria otor-

gando una mayor importancia a las ciencias de la vida, etcétera).

- Derrumbe, incluso, bajo la presión de los hechos, de ciertos viejos “tabúes” ideológicos. Basada en las nuevas prácticas gubernamentales y empresariales antes mencionadas, poco a poco cobra forma cierta unidad europea que obliga a los grupos políticos a redefinir o matizar sus posiciones respectivas frente al tema europeo. Asimismo, a pesar de las apariencias del juego político, el enfrentamiento entre los que quieren “más Estado” y los que quieren “menos Estado” se olvida inmediatamente cuando se busca poner en práctica mayores programas de industrialización o de investigación que de otra manera serían irrealizables y sólo alcanzarían la escala nacional o de una sólo empresa (incluso transnacional). Así, en Francia, en 1981, los socialistas decidieron por unanimidad la nacionalización del sector bancario para contar con las herramientas financieras que les permitieran llevar a cabo una reconversión tecnológica mayor (Plan Fabius de 1984) y, más particularmente en el caso que nos interesa, la nacionalización del grupo Rhône-Poulenc para favorecer su mutación hacia la aplicación de las biotécnicas. Cinco años después, esos mismos socialistas se dividieron cuando el gobierno derechista de Chirac puso en práctica una amplia política de reprivatización; primero, porque, para una parte de ellos, la política de nacionalización no tenía otra meta que la orientación y porque el grado alcanzado por ésta ya hacía difícil invertir la dinámica; segundo, porque, a pesar de todos los extremismos del discurso derechista respecto al efecto negativo de la intervención del Estado en la economía y a pesar de que la realidad de los procesos de reprivatización consistió en hacer verdaderos regalos a una parte de la gran burguesía y del gran capital nacional, el gobierno de Chirac se cuidó muy bien de no perder el control estatal sobre esas empresas, por

un lado, conservando el 49 por ciento de las acciones en manos del Estado, esto es, muchísimo más que la minoría necesaria para mantener el poder de bloqueo, por otro lado, organizando los procesos de venta de tal manera que se dificultase una alta concentración en unas mismas manos del 51 por ciento restante del capital de las empresas y, en fin, consecuencia lógica de lo anterior, designando directamente, en cuanto principal accionista, a todos los directores de las empresas “reprivatizadas”.

²³En el ámbito europeo, los años sesenta se caracterizaron por una impugnación creciente -primero cultural, luego política y, finalmente, económica- del modelo de desarrollo vigente desde la posguerra. Esa impugnación desembocó concretamente en un debate en torno al concepto de progreso entendido como “crecimiento”, “mayor acumulación” (de capital, de conocimientos, etcétera.) o expresado en términos de la calidad de la vida. Lo “más” -producir más, tener más- en oposición a lo “mejor” -vivir mejor, tener un tiempo libre mejor, relaciones mejores-. En el plano político, ese debate se tradujo en el surgimiento de nuevos actores (el Club de Roma, los movimientos ecologistas, los partidos “verdes”, los movimientos de la “izquierda alternativa”) que defienden nuevas teorías con fundamentos “naturalistas” y/o “tercermundistas” (ecología, crecimiento cero, etcétera).

La crisis económica de la segunda mitad de los setenta agudizó ese debate y su traducción en términos de lucha política; sin embargo, también favoreció la introducción de un nuevo factor: la mutación tecnológica. Al mismo tiempo que las nuevas tecnologías permitían reorganizar una parte de la planta productiva, se elaboró un discurso tecnocrático, generalizador en el terreno de los éxitos, en el que se olvidó el papel que jugó el factor tecnológico en el surgimiento de esa misma crisis y, finalmente, fueron legitimadas ideológicamente las sucesivas olas de “reconversión industrial” (Giscard, de 1974 a 1981) y de “mutación tecnológica” (Plan Fabius de 1984).

En su libro, *L'Audace ou l'enlissement*, Paris, Éditions La Découverte, 1984, p. 370, Alain Lipietz propone un buen análisis de este planteamiento.

²⁴En este caso, cabe recordar que el hombre y la mosca poseen aproximadamente el mismo número de genes; sin embargo, la complejidad de los sistemas no estriba en una multiplicación exponencial de los genes, sino de sus interrelaciones. Por ende, es **sumando** unos genes más como se **multiplican** las funciones biológicas.

²⁵El desenrollado de macromoléculas consiste en un conjunto de operaciones que permite obtener moléculas lineales, muy largas, a partir de moléculas cuya estructura es espacial. Tal es el caso de los compuestos amiláceos, que constituyen la mayor parte de la materia seca de la leche, los cereales y los tubérculos.

²⁶Me refiero, entre otros, al caso de la compañía petrolera francesa ELF, de capital estatal, y de su filial, la SANOFI, especializada, primero, en la farmacoquímica y, luego, en la producción de saborizantes y aromáticos. Dicha empresa, petrolera en sus orígenes, desarrolló una política de participaciones cruzadas con otras empresas del sector biotecnológico (tales como las mencionadas en la nota 22), a tal grado que hoy en día sería difícil clasificarla en uno u otro de los sectores económicos.

²⁷En mi opinión, la **agrobioindustria** se distinguirá de la llamada industria agroalimentaria porque, en ella, los insumos agrícolas serán considerados llanamente como cualquier otra materia prima, esto es, entre otras cosas, la demanda ya no se orientará específicamente hacia lo alimenticio. Hasta ahora, los insumos agrícolas que tenían aplicaciones diferentes a las alimenticias eran muy pocos (el caso de las oleaginosas y, en proporción aún menor, el de los amiláceos) y, además, esas aplicaciones eran muy limitadas (jabones, en el caso de las oleaginosas y pegamentos, en el de los amiláceos). Aún más, en el caso de las oleaginosas la

utilización complementaria de los insumos -económicamente fundamental, dado el tamaño de la rama- tenía su origen, sobre todo, en razones de orden técnico: la purificación química con el propósito de producir aceites implicaba, forzosamente, la obtención de jabones.

En la **agrobioindustria**, la utilización con fines no alimenticios se extenderá a otros insumos agrícolas; por lo demás, los productos no alimenticios fabricados por la **agrobioindustria** ya no serán “subproductos”, residuos obligados de una serie de operaciones técnicas, sino que constituirán la meta de la producción industrial, es decir, la **agrobioindustria** se impondrá como una industria no alimentaria. Consecuentemente, el campo tendrá que modificar su producción: tendrá que producir determinadas variedades de trigo, maíz o remolacha destinadas a la fabricación de plásticos, cosméticos, etcétera, y **isólo a eso!** Se dará, pues, por un lado, un **cambio cualitativo** de la demanda (variedades específicas para determinado uso industrial exclusivamente no alimenticio) y, por otro lado, un **cambio cuantitativo** (aparición de un nuevo tipo de demanda de ciertos productos que en la actualidad pasan por una situación de sobreproducción respecto a la demanda de los sectores solventes).

En fin, utilizo deliberadamente el término de agrobioindustria y no el de bioindustria porque, en mi opinión, las bioindustrias son industrias que utilizan procesos de producción biológicos. La palabra bioindustrial se refiere estrictamente a la parte industrial de los procesos de producción agrícolas (esto es, los sectores de los insumos y de la transformación) y su enfoque es esencialmente técnico. Así, dado que el efecto provocado por la adopción de las biotécnicas es más general que un simple cambio de técnicas al nivel tan sólo de la industria de la transformación, me parece que el término que califique a ese proceso debe abarcar el conjunto del objeto afectado; y, si bien es cierto que las biotécnicas desempeñan una función fundamental en ese proceso y que, más particularmente, las bioindustrias actúan como vanguardia técnica, la totalidad del cambio

rebasará, con mucho, al sector estrictamente industrial del agro.

²⁸ En efecto, la función dual de la producción agrícola -alimenticia y no alimenticia- fue la regla general de todos los sistemas agrarios hasta la segunda revolución. Ahora bien, puesto que ésta exigió un desarrollo de la química, al mismo tiempo favoreció la difusión de productos sintéticos en detrimento de ciertas materias primas agrícolas, por lo que la consecuente especialización de la agricultura se dio tanto al nivel microeconómico como al macroeconómico de la producción. Con todo, en la actualidad se da una modificación sustancial: los productos agrícolas vuelven a tener una función dual, si bien en el marco de unidades de producción agrícolas especializadas.

²⁹ Así, si bien la utilización de semillas mejoradas y de fertilizantes químicos favoreció una multiplicación de los rendimientos potenciales por un factor de 2 a 5, lo que causó la disminución de los precios agrícolas fue, sobre todo, la mecanización, que permitió la multiplicación de la productividad del trabajo por un factor de entre 10 y 50; cf. Mazoyer, Marcel, "La Crise de la paysannerie", en *Actuel Développement*, nº 47, Paris, 1982.

En la actualidad, los fabricantes de maquinaria agrícola están listos para proponer tractores robot, pero, según ellos, lo que les impide lanzar ya al mercado ese tipo de material es, ante todo, la situación económica (la débil demanda potencial); sin embargo, existe otra razón, la cual es de orden técnico: la inexistencia de captosres para medir las modificaciones del medio ambiente (humedad, resistencia del suelo, etcétera). De esas dos razones, la primera es la más seria, pues los problemas técnicos no impidieron la utilización de los primeros tractores con arados de tracción animal adaptados para su nuevo uso.

El mismo razonamiento puede ser aplicado al caso de la ganadería lechera: en la actualidad existen en el mercado robots de ordeña que, a diferencia de las máquinas auto-

máticas, funcionan sin la intervención del hombre. A manera de comparación, se puede recordar que los tiempos de ordeña son aproximadamente los siguientes: manual, cuatro horas para unas quince vacas; automático, cuatro horas para unas cincuenta vacas; robot, tiempo humano casi nulo. Por otra parte, también sería necesario tomar en consideración los cambios consecuentes en el plano de la producción de forrajes: sin una cosecha mecanizada, el número de treinta vacas alimentadas por trabajador es difícilmente rebasable, por lo que la mecanización generalizada se hace indispensable para rebasar ese número; así, a ese nivel, se presenta como técnicamente posible y económicamente necesario el uso y la individualización de raciones complementarias de alimentos balanceados, con sus correspondientes consecuencias sobre la productividad.

En la actualidad, la difusión de la robótica para la ordeña permite considerar como posible el manejo de hatos de entre ciento cincuenta y doscientas vacas en lactación por trabajador.

³⁰Fuente para 1984: *Comparaciones internacionales: México en el mundo, 1986*, INEGI-SPP, México, 1987.

³¹En Europa, se denomina “mercados refugio” al conjunto de los tipos de producción agrícola tropical en que se especializaron numerosos países del Tercer Mundo (café, cacao, caña de azúcar, cítricos, etcétera). Esta caracterización se hizo necesaria para distinguir entre los mercados de agroexportación (cereales) dominados por los países industrializados y los dominados por los países del sur, así como entre las razones de esa dominación. Entre estos últimos países, fueron caracterizados tres grupos de productos y/o mercados: los **tropicales de refugio**, los **tropicales** y los **de contratemporada**.

En el caso de los **productos de contratemporada**, los países del sur aprovechan su situación geográfico-climática para abastecer los mercados europeos y se trata, por lo

manzanas de Africa del Sur o de Chile, etcétera.

Los **productos tropicales** son especies cuya producción proviene tradicionalmente de la franja tropical: algodón, soya, caña de azúcar, café, etcétera. A diferencia de los **productos refugio**, se trata de especies cuya producción sería eventualmente posible en Europa. Los casos de la papa (adaptación durante el siglo XVIII) o del maíz (adaptación en Europa del norte desde hace unos treinta años) son ejemplos históricos de ese tipo de cambio, mientras que el ejemplo actual lo constituye el caso de la soya, que fue introducida en Europa hace menos de quince años. Con todo, la definición de este grupo no es muy clara; en realidad, sólo tiene validez en un momento dado y, sobre todo, como distinción respecto a los **productos refugio**.

En el caso de estos últimos, el concepto de **refugio** introduce numerosas categorías de análisis que abarcan no sólo el estudio de los intercambios internacionales sino, también, estudios comparados de la producción, enfoques históricos, explicación de las formas de producción y de desarrollo propias de cada caso, etcétera.

Un primer enfoque deriva de un análisis desde el punto de vista de las ventajas comparativas a gran escala, entre las que se toma en cuenta aspectos relacionados con la renta diferencial de tipo I, esto es, condiciones naturales de insolación, precipitación, temperaturas más favorables en el "trópico" que en Europa, etcétera.

En realidad, no obstante, el concepto abarca mucho más y es necesario introducir otros factores de análisis, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- En la actualidad, la forma de integración de la agricultura europea al capitalismo se asemeja mucho más, por lo general, a una forma campesina que a la *junker* o inglesa (cualquiera que sea, por lo demás, el nivel de las fuerzas productivas), por lo que la utilización de mano de obra asalariada es reducida.
- El nivel general de desarrollo de las fuerzas productivas implica un costo de oportunidad de la mano de

riada se vuelve rentable sólo en dos tipos de condiciones: cotidianamente, en condiciones de composición orgánica del capital operativo más fuerte que el promedio local (mecanización, etcétera); o, excepcionalmente, en condiciones de accidente climático, u otro, que comprometa por completo la cosecha y la reproducción de la unidad de producción (en estos casos, más vale incluso, en ocasiones, “perder todo” que endeudarse más para rescatar poco).

- Por ende, el juego de la renta diferencial de tipo II no debe entenderse, únicamente, entre sistemas de cultivo para un mismo producto (entre países) sino, **también, en el (los) sistema(s) agrario(s) de cada contexto nacional, entre sistemas de producción distintos.**
- Los factores anteriores llevaron a la desaparición casi total de la “economía de plantación” (superficie importante, uso intensivo de la mano de obra y composición orgánica débil del capital) del ámbito norteeuropeo. Su persistencia actual se observa principalmente en regiones con una fuerte presencia de trabajadores inmigrantes temporales (turcos, africanos del norte, españoles hasta hace poco, italianos del sur o portugueses) cuya remuneración es establecida antes bien en comparación con el país o la región de origen que con el nivel de vida y reproducción del lugar de empleo.
- La independencia política de las últimas colonias y la permanencia en ellas de estructuras latifundistas o minifundistas llevó a una mayor especialización de los nuevos países en las agroexportaciones, especialización que implicó una baja general de los precios, y a una mayor dificultad de acumulación debida a la transformación del modelo de plantación en un modelo con una fuerte composición orgánica del capital.

Consecuentemente, el **mercado refugio** es un mercado en el que los países del Tercer Mundo tienen una renta diferen-

cial del tipo I y, también, un mercado que ya no se integra históricamente a la estructura productiva europea y para el cual fue adecuada la estructura productiva de ciertos países en desarrollo.

Este libro se terminó de imprimir en febrero de 1989. La portada estuvo a cargo de Signa, diseño para la comunicación s.c., y la impresión fue realizada por Ediciones Gráfica Zeta S.A. de C.V.

El tiraje fue de mil ejemplares

Mucho hemos oído hablar de biotecnología y de sus múltiples efectos sobre sectores como el agrícola y el alimentario, así como el farmacéutico y el energético pero ¿cuál es la verdadera fuerza transformadora de la biotecnología?, ¿cuáles son sus ritmos de implantación y en qué puntos actuará realmente?, y bajo las condiciones actuales en que vive nuestro país ¿qué efectos tendrá?, ¿reforzará nuestra dependencia o transnacionalizará aún más nuestra economía?, ¿seremos capaces de apropiarnos de ella con un sentido popular y nacionalista? En otro nivel también se cuestiona la llamada revolución biotecnológica, ¿qué ideas de progreso conlleva?, ¿cuál es su efecto sobre las formas de producir, sobre el empleo y los modos de vida?, ¿existe hoy un camino o puede retomarse, por ejemplo en la revolución agrícola, opciones bajo las perspectivas del campesino? En fin, preguntas hay muchas y algunas respuestas importantes podrían encontrarse en los dos libros que constituyen este libro.

El primer trabajo: "Futuro que se aproxima: el avance biotecnológico. Entrevista al Dr. Roberto Quintana", de A. Córdoba, G. Leal y C. Martínez, es una útil y a la vez profunda puesta al día sobre la biotecnología en nuestro país. El lector versado sobre el tema encontrará propuestas políticas específicas, informaciones relevantes y la concepción de uno de los más importantes científicos en esta área, el Dr. Quintana, Premio Nacional de Ciencia y Tecnología en Alimentos (1983). Para los que busquen introducirse en el mundo de la biotecnología estos textos cumplen también con esa dimensión de la difusión.

El trabajo de Pierre-Michel Besson "¿Revolución de la biotecnología o tercera Revolución agrícola?", nos introduce en diversos enfoques del desarrollo biotecnológico tomando por eje la identificación prospectiva de las nuevas tecnologías en la agricultura y sus posibles efectos socioeconómicos. La biotecnología no es vista como un simple insumo, sino desde la perspectiva de su efecto transformador en la organización del trabajo agrícola, y a partir del proceso de difusión de la tecnología.