

# IICA



## ANALISIS DE IMPACTO DE LAS BIOTECNOLOGIAS EN LA AGRICULTURA: ASPECTOS CONCEPTUALES Y METODOLOGICOS

Walter R. Jaffé (Editor)

BIOTEC  
#10  
1991

PROGRAMA II:  
GENERACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Digitized by Google





ISSN-0534-5391



ANALISIS DE IMPACTO  
DE LAS BIOTECNOLOGIAS  
EN LA AGRICULTURA:  
ASPECTOS CONCEPTUALES  
Y METODOLOGICOS

Walter R. Jaffé (Editor)



PROGRAMA II:  
GENERACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

SERIE PUBLICACIONES  
MISCELANEAS

ISSN-0534-5391  
A1/SC-91-10

Mayo, 1991  
San José, Costa Rica

"Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios del autor y no representan necesariamente el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura".

PROYECTO INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA/  
AGENCIA CANADIENSE DE DESARROLLO INTERNACIONAL

El objetivo general del Proyecto IICA/ACDI es fortalecer el desarrollo conceptual y operativo de los cinco Programas del IICA, en las áreas temáticas más importantes de su Plan de Mediano Plazo y en el contexto del PLANALC. A través de los Programas, el Proyecto IICA/ACDI, con la colaboración de Agriculture Canada, apoya los esfuerzos de los países por modernizar y revitalizar sus sectores agropecuarios, en el marco del fortalecimiento de las relaciones entre Canadá, América Latina y el Caribe.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION: LA EVALUACION DE IMPACTO DE LAS BIOTECNOLOGIAS COMO INSTRUMENTO DE POLITICAS (Walter R.Jaffé).....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO GENERAL DEL ANALISIS DE IMPACTO DE LAS BIOTECNOLOGIAS.....</b>	<b>9</b>
<b>EL ANALISIS DE IMPACTO DE LAS BIOTECNOLOGIAS.....</b>	<b>12</b>
<b>PERSPECTIVAS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE.....</b>	<b>15</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>16</b>
<b>EL CONTEXTO GLOBAL DEL ANALISIS DE IMPACTO DE LAS BIOTECNOLOGIAS EN LA AGRICULTURA (Gerardo Otero).....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>21</b>
<b>REESTRUCTURACION DEL MODELO ECONOMICO EN AMERICA LATINA.....</b>	<b>24</b>
<b>CONCENTRACION Y PRIVATIZACION EN LA INDUSTRIA BIOTECNOLOGICA.....</b>	<b>29</b>
<b>LIMITACIONES DEL ANALISIS DE IMPACTO DE LA BIOTECNOLOGIAS.....</b>	<b>35</b>
<b>HACIA UNA PROPUESTA METODOLOGIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>49</b>

<b>PERSPECTIVAS DE LAS NUEVAS BIOTECNOLOGIAS PARA LOS SISTEMAS DE AGRICULTURA CAMPESINA (Ricardo Torres).....</b>	<b>53</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>55</b>
<b>EL POTENCIAL DE LA NUEVAS BIOTECNOLOGIA PARA LA AGRICULTURA.....</b>	<b>56</b>
<b>LA REESTRUCTURACION DE LA AGROINDUSTRIA Y LA PRIVATIZACION DE LA NUEVA BIOTECNOLOGIA.....</b>	<b>61</b>
<b>POSIBILIDADES DE LA NUEVA BIOTECNOLOGIA PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR Y CAMPESINA.....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>77</b>

<b>REPERCUSIONES DE LA BIOTECNOLOGIA EN EL SECTOR AGROPECUARIO DE LOS PAISES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE. UNA PROPUESTA METODOLOGICA (K.K. Klein, L.A. Marks, W.A. Kerr).....</b>	<b>81</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>83</b>
<b>METODOLOGIA PARA EVALUAR LOS EFECTOS ECONOMICOS DE LAS INNOVACIONES BIOTECNICAS EN LA AGRICULTURA.....</b>	<b>84</b>
<b>EVALUACION DE LAS POSIBLES REPERCUSIONES DE LAS BIOTECNOLOGIAS EN LOS PAISES DE ALC.....</b>	<b>94</b>
<b>CONCLUSIONES Y CUESTIONES DE POLITICA.....</b>	<b>123</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>128</b>

CMFN-000111  
 BIOTEC  
 #00010  
 1997

**EFFECTOS ECONOMICOS DE LA BIOTECNOLOGIA.  
ESTUDIO DE CASO: LA INDUSTRIA MEXICANA  
DE LA PAPA (L.A. Marks, K.K. Klein, W.A.  
Kerr)..... 131**

**INTRODUCCION..... 133**

**INFORMACION GENERAL SOBRE LA AGRICULTURA  
MEXICANA..... 134**

**INVESTIGACIONES ACTUALES SOBRE PAPA..... 151**

**METODOLOGIA..... 163**

**REPERCUSIONES DE LA BIOTECNOLOGIA EN LA  
INDUSTRIA MEXICANA DE LA PAPA..... 168**

**CONCLUSIONES..... 186**

**BIBLIOGRAFIA..... 187**

This One



N64B-LU9-GGE5

Digitized by Google





**INTRODUCCION**

**LA EVALUACION DE IMPACTO DE LAS**

**BIOTECNOLOGIAS COMO INSTRUMENTO DE POLITICAS**

**Walter R. Jaffé<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Especialista en Generación y Transferencia de Tecnología, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)



## MARCO GENERAL DEL ANALISIS DE IMPACTO DE LAS BIOTECNOLOGIAS

El análisis de impacto de las tecnologías, como actividad sistemática, tiene sus orígenes en el reconocimiento del papel que la tecnología desempeña en los procesos de desarrollo y cambio económico y social en el mundo. A partir de la Segunda Guerra Mundial se generaliza ese reconocimiento que se expresa, en una primera fase, en una fe casi ciega en el poder y las virtudes de la tecnologías para la solución de los problemas de la humanidad y para el progreso económico y social. Detrás de esa visión optimista subyace una concepción determinista; es decir, la creación y desarrollo de la tecnología es entendida como un proceso determinado por exigencias y características intrínsecas de la tecnología y la ciencia que la produce. En esa fase se reflexiona sobre los efectos de nuevas tecnologías en la sociedad en el marco de estudios prospectivos de tipo general, conducentes a identificar básicamente las potencialidades de las mismas. Un ejemplo destacado es el de los análisis sobre los efectos generales de la automatización resultante de las tecnologías informáticas.

Con la amplia difusión de efectos negativos no previstos de las tecnologías, iniciada con la publicación en la década de los 60 del libro *Silent Springs* de Rachel Carsons, que documenta el efecto devastador de los agroquímicos sobre el medio ambiente, se reconoce la necesidad de evaluar las tecnologías para evitar sus efectos indeseables. Así surge el *Technology Assessment* (Evaluación de tecnologías - ET) como campo de investigación social y actividad formal, que se institucionaliza en EE.UU. con la creación de la *Office of Technology Assessment* (OTA) del Congreso, con la función de asesorar a ese organismo en cuanto a los efectos e impactos de las tecnologías y, de ese modo, reforzar el proceso de toma de decisión en cuanto al papel del gobierno federal de aquel país en la promoción y desarrollo de tecnologías. Más o menos simultáneamente, se instituye en EE.UU. como requisito legal, la preparación de declaraciones de impacto ambiental para el desarrollo de proyectos de construcción, instalación de industrias, etc., mediante la *National Environmental Policy Act* de 1970 (Smits y Leyten 1988:25). Es el único ejemplo de institucionalización de esa actividad en esa fase; a pesar del interés que generó también en varios países europeos y de algunas iniciativas en ese sentido, no se logró su institucionalización. La primera fase de la ET se caracterizó por la idea de la tecnología como

proceso neutro, cuyos efectos negativos era posible identificar y caracterizar científicamente y, en consecuencia, evitar si se conocían con anterioridad. El problema era básicamente de tipo gerencial: la necesidad de contar con suficiente información para la toma de una decisión acertada.

La experiencia acumulada llevó a revisar esa concepción de la evaluación de tecnología; hoy se la interpreta más como un proceso de negociación política entre los diversos actores involucrados en el desarrollo tecnológico (científicos y tecnólogos, gobiernos, consumidores, industria, etc.) sobre la orientación y características de ese proceso. Ello refleja la concepción de la tecnología como una creación humana y social, que como tal puede y debe ser producto de un consenso social y político básico (Smits y Leyten 1988:28).

En la década de los ochenta se revivió el interés en la ET como proceso institucionalizado; ello llevó a países como Alemania, Holanda, Francia y Suecia a crear diversos tipos de organizaciones especializadas. Sus funciones incluyen el reforzamiento del proceso de toma de decisiones, el apoyo de políticas existentes, la iniciación y desarrollo de políticas futuras, la alarma temprana sobre posibles efectos negativos, la ampliación del proceso de toma de decisiones, la promoción de la aceptación de la tecnología por parte de la población y el incremento de la responsabilidad social del científico (Smits y Leyten 1988:29).

La ET se basa en diversos tipos de estudios e investigaciones, tales como los de tipo prospectivo, los estudios teóricos sobre el cambio técnico en sí y las evaluaciones de impactos económicos, sociales o tecnológicos de tecnologías genéricas (biotecnología, microelectrónica, etc.) o tecnologías y proyectos específicos. Son estudios que generan información para un proceso de toma de decisión y, como tales, tienen un destinatario explícito o implícito. Entre las decisiones más importantes referidas a la tecnología se cuentan la asignación de recursos a la investigación y desarrollo, su regulación sobre las políticas, su adopción y generación en el contexto de un país específico. Esas decisiones pueden ser tomadas en el seno de las propias organizaciones de investigación y desarrollo, de las empresas y de instituciones políticas más generales, como ministerios o parlamentos. Paulatinamente, las decisiones sobre la generación y uso de tecnologías han pasado del investigador o tecnólogo individual a la organización de investigación o empresa, y de ellas a las instituciones políticas.

Poco a poco, se ha perdido la autonomía del investigador o de la organización de investigación o empresas al incrementarse la injerencia política y del público en general en esas decisiones, no sin resistencia de los afectados. Dicho de otra forma, las decisiones de asignación de recursos, de regulación, de política tecnológica general, son, cada vez más, elementos que quedan fuera del control de los generadores de las tecnologías. Este proceso se refleja en los destinatarios de los estudios sobre impactos de las tecnologías. Primero ellos fueron, fundamentalmente, los integrantes de la comunidad científica, en particular administradores y gerentes de investigación y desarrollo, que requieren información para la asignación de los escasos recursos de investigación.<sup>2</sup> Posteriormente, se realizan para organizaciones financiadoras de investigación y para organismos políticos que deciden sobre la asignación de recursos y otras medidas de política tecnológica.<sup>3</sup> Los estudios sobre el impacto de la revolución verde, por ejemplo, realizados en los años 70, tenían básicamente como destinatarias las organizaciones financiadoras de los centros internacionales de investigación agrícola.<sup>4</sup>

La evaluación de impactos de las tecnologías debe ser vista, entonces, como parte de un proceso más amplio de ET, que en esencia es un proceso de tipo político. Los estudios de evaluación de impactos son insumos para ese proceso y, como tales, no pueden escapar del carácter político.

Las metodologías utilizadas para la realización de estudios de impactos de tecnologías pueden clasificarse, en términos generales, como de tipo prospectivo, que tratan de identificar y caracterizar ese impacto *ex ante*, y las del tipo *ex post*, que analizan el impacto que tuvo o tiene una tecnología determinada. Ambas parten, explícita o implícitamente, de una teoría económica y del cambio técnico que explica la generación, difusión, usos y otras características del proceso de cambio tecnológico

---

<sup>2</sup> Un ejemplo de este tipo de estudios es el realizado por un equipo del CIAT para identificar la distribución de beneficios del cambio técnico en el cultivo de frijoles *ex ante* (Pachico *et al.* 1987:279-285).

<sup>3</sup> El estudio de la OTA de 1986 sobre el efecto económico de la tecnología en la agricultura de EE.UU. es un ejemplo destacado (OTA 1986).

<sup>4</sup> Un ejemplo es el trabajo de Pinstrup-Andersen y Franklin (1976).

y científico. Los supuestos que se adoptan, particularmente en los estudios de tipo prospectivo, se basan por lo general en estudios *ex post*, pero no debe perderse de vista que, aun así, se trata de predicciones acerca del futuro, con todas la incertidumbre que ello implica (Buttel y Geissler 1989). Esos supuestos son de fundamental importancia para las conclusiones que se elaboren. Por ejemplo, en el caso de los análisis de impactos de las tecnologías en la agricultura, la tasa de adopción de la tecnología por parte de los agricultores es uno de esos supuestos.

## EL ANALISIS DE IMPACTO DE LAS BIOTECNOLOGIAS

Desde el mismo momento de su nacimiento, a comienzos de la década de los 70, las biotecnologías fueron reconocidas como un grupo de tecnologías genéricas de carácter revolucionario, por su posibilidad de afectar profundamente actividades productivas existentes y por el hecho de que permiten manipular procesos básicos de la vida, con todo el potencial de abuso que ello encierra. Por ello, desde aquel momento su desarrollo estuvo acompañado de intensas polémicas y conflictos, que han llevado a un nivel de regulación sin precedentes en el caso de una tecnología genérica emergente.<sup>5</sup> Es el primer caso de una participación significativa de sectores distintos a los mismos generadores de la tecnología en decisiones claves de su desarrollo y orientación, es decir, de la politización de decisiones claves. El énfasis inicial de esa discusión se puso en la garantía de la salud pública y del medio ambiente, pero rápidamente, al acercarse la posibilidad de comercialización de importantes productos biotecnológicos, se incluyó su efecto económico.

Los primeros estudios de ese tipo realizados sobre las biotecnologías fueron análisis de carácter general que, a partir de las tendencias científicas e industriales que caracterizan su generación y aplicación, así como sus características intrínsecas, tratan de identificar los impactos en industrias, países o regiones, como el Tercer Mundo por ejemplo. Más tarde, con la inminente comercialización de algunos productos, se realizaron estudios más específicos, en general de carácter cuantitativo, sobre los impactos de un determinado producto. A continuación se describen someramente las conclusiones de esos dos tipos de estudios.

---

<sup>5</sup> El caso más famoso involucra las pruebas a nivel de campo de una bacteria manipulada genéticamente, paralizadas por orden de un juez federal en EE.UU.

## Estudios Generales

En los primeros estudios de este tipo realizados, se identifican las industrias específicas que se verán afectadas por las biotecnologías, así como las potencialidades y probables impactos, en función de la propuesta de políticas públicas y empresariales para su desarrollo. Las biotecnologías son vistas como un elemento importante de la competitividad futura de industrias y naciones, lo cual obliga a realizar las inversiones requeridas para su desarrollo y comercialización. Ejemplos destacados de este tipo de estudios son los realizados por la OTA en 1984 y por la OECD en 1982 y 1989 (OTA 1984; Bull *et al.* 1982; OCDE 1989).

### *Conclusiones más importantes*

La paulatina definición de un modelo típico de desarrollo de las biotecnologías en los países industrializados, que tiene como protagonista central a las compañías transnacionales, permite el análisis del impacto general de ellas sobre actividades productivas o industrias específicas, como la agricultura por ejemplo, o en general sobre el Tercer Mundo. Las conclusiones más importantes sobre esos impactos se resumen a continuación:

**Aumento de productividad.** Uno de los impactos más importantes de la biotecnología, sobre el cual se cuenta con un amplio consenso, es el incremento de la productividad de todas las industrias que la utilizan, como la farmacéutica, agrícola, alimentaria, energía, entre otras. Ello tendrá efectos importantes sobre el nivel de precios relativo de los productos de esas industrias y sobre el comercio internacional. La tendencia secular de la baja de los precios relativos de productos agrícolas se verá reforzada (Hueth y Just 1985; Kalter y Tauer 1987; OCDE 1989).

**Pérdida de ventajas comparativas.** Con la biotecnología se podrá lograr superar limitantes de producción debidos a requerimientos climáticos, ecológicos y, en general, derivados de la localización de la producción. Ello implica la pérdida de las ventajas comparativas que, debido a esos factores, algunos países y regiones disfrutaban, con las correspondientes consecuencias económicas. Esa situación es especialmente importante en el caso de la producción agrícola (Hueth y Just 1985).

**Acceso a la ciencia y la tecnología.** La creciente privatización del

conocimiento en el campo de las ciencias biológicas, derivada del control por parte de empresas privadas de la investigación en biotecnologías, ha llevado a predecir a algunos analistas que el acceso a la información científica y tecnológica en ese campo se verá restringida en el futuro, lo cual representa una situación novedosa en el área biológica y de las ciencias agronómicas. Ello afectaría en particular a los países en desarrollo, que verían limitada su capacidad de utilizar esas tecnologías (Dembo, Dias y Morehouse 1987; Kenney 1987).

**Industrialización de la agricultura.** Las biotecnologías, al aumentar las posibilidades de manipulación y control de procesos biológicos (cultivo de tejidos, mejoramiento genético de seres vivos, obtención de proteínas y metabolitos secundarios, etc.) reforzarán la tendencia de la creciente industrialización de la agricultura, en el sentido de que aumenta el uso de insumos, la programación de la producción es de carácter industrial y, en muchos casos, inclusive, la producción se traslada físicamente a una unidad industrial (Kalter y Tauer 1985).

**Desplazamiento de exportaciones.** La creciente industrialización de la agricultura y la pérdida de importancia de las ventajas comparativas derivadas de la localización, hacen prever la pérdida de mercados de exportación tradicionales de países en desarrollo (Dias *et al.* 1986; Rural Advancement Fund International 1987; Svarstad 1987; Bijman *et al.* 1989). Esta situación ha sido analizada *ex post* para el caso del azúcar (Thomas 1985).

### *Conclusiones para los países en desarrollo*

Todos los análisis sobre el efecto de las biotecnologías en los países en desarrollo señalan la importancia de las compañías transnacionales en su transferencia y uso. Ellas son las que realizan en la actualidad la mayor cantidad de investigación en este campo. La mayoría de los analistas coincide en que el papel de esas compañías será negativo, pues implica una pérdida de control local de los procesos económicos; ello, aunado al supuesto de que estas compañías no aplicarán las tecnologías en función de las necesidades nacionales sino de la maximización de sus beneficios, permite predecir que el potencial de desarrollo social y económico de esas tecnologías no será realizado (Dias *et al.* 1986; Dembo y Morehouse 1987). Esta conclusión se basa en la información existente sobre el comportamiento de esas empresas en el pasado.



Debe tenerse en cuenta que el papel de las transnacionales en las economías de países en desarrollo ha sido estudiado en el contexto de las políticas de desarrollo económico proteccionistas y de sustitución de importaciones prevaletentes en estos países hasta hace pocos años. Este papel puede ser distinto en los modelos de apertura económica y fomento de exportaciones introducidos más recientemente, como sugiere Otero en su trabajo incluido en este volumen.

### **Estudios Específicos**

Los impactos económicos de las biotecnologías en situaciones de producción específicas han sido estudiados extensamente sólo en los casos de la hormona de crecimiento bovina (HCB) y de la hormona de crecimiento porcina (HCP) producidas por métodos de DNA recombinante, dos productos en proceso de registro para su comercialización en EE.UU. (Kalter 1985).

Las conclusiones de esos estudios permiten suponer que el uso de este nuevo insumo en la producción láctea y porcina tendrá consecuencias concentradoras para la producción, ya que a pesar de ser neutro en cuanto a su efecto sobre la escala de producción, requiere mayores capacidades gerenciales y de acceso y uso de información que las unidades de producción mayores y más capitalizadas, que pueden satisfacer mejor esas necesidades. De esta forma se acelerará la tendencia hacia menos unidades de producción, más pequeñas, que caracteriza a EE.UU. Esas conclusiones dependen críticamente de los supuestos de neutralidad de escala y de tasas de adopción de la tecnología (Kalter 1985:125-133).

Los estudios sobre los efectos de la HCB en EE.UU. han servido para movilizar a grupos de productores y consumidores que se oponen a la introducción de esta tecnología, y que hasta la fecha han logrado evitar su aprobación regulatoria.

### **PERSPECTIVAS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE**

La investigación en biotecnologías que se realiza en América Latina y el Caribe es, en algunos órdenes, de magnitud menor de la que se realiza en los países desarrollados. Los sectores de ciencia y tecnología son en general débiles y están afectados fuertemente por la crisis económica

que vive toda la región. No existe, por otro lado, investigación sobre las características económicas y los impactos de las biotecnologías en ALC, pues la actividad de Evaluación Tecnológica es muy poco conocida.

Con independencia de esa situación, está claro que las biotecnologías impactarán con fuerza a las economías regionales a mediano y largo plazo. Existe el antecedente de la pérdida de los mercados del azúcar, en los cuales el cambio tecnológico desempeñó un papel importante. El mayor impacto, en el plazo más cercano, será sobre el comercio internacional de productos agrícolas, ya sea por medio de la reducción de precios, ya por la sustitución y desplazamiento de exportaciones tradicionales. Ello justifica un esfuerzo especial para identificar los sectores y productos más afectados, lo cual permitirá desarrollar las estrategias defensivas correspondientes.

También debe estudiarse el impacto de la introducción de biotecnologías hacia el interior de las economías con el propósito de identificar su potencial, tanto positivo como negativo, y determinar las políticas requeridas para impulsarlo o evitar las consecuencias negativas. Los estudios que se presentan en este volumen pueden constituir un instrumento importante para que los sectores afectados o interesados movilicen las medidas de política, tanto gubernamental como empresarial, requeridas para que América Latina y el Caribe aprovechen plenamente la oportunidad de desarrollo que la revolución tecnológica ofrece.

## BIBLIOGRAFIA

BIJMAN, J.; DOEL, K. VAN DEN; JUNNE, G. 1987. The International dimension of biotechnology in agriculture. Office for Official Publ. of the E.C., Luxembourg.

BULL, A.T.; HOLT, G.; LILLY, M.D. 1982. Biotechnology: international trends and perspectives. OCDE, Paris.

BUTTEL, F.H.; GEISSLER, C.C. 1989. The social impacts of bovine somatotropin: emerging issues. In Molnar, M.J. y Kinnucan H. (eds.), Biotechnology and the New Agricultural Revolution. AAAS Selected Symposium 108, Westview Press. Colorado, EUA.

DEMBO, D.; DIAS, C.J.; MOREHOUSE, W. 1987. Technology to aid the poor: constraints to access resulting from privatization - the case of biotechnology. In Dembo, D.; Dias, C.J.; Morehouse, W.; Paul, J., *The international context for rural poverty in the Third World; issues for research and action by grassroots organizations and legal activists*. Council of International and Public Affairs, New York, EUA.

DEMBO, D.; DIAS, C.J.; MOREHOUSE, W. 1989. The vital nexus in biotechnology: the relationship between research and production and its implication for Latin America, *INTERCIENCIA* 14(4):168-180.

DEMBO, D.; MOREHOUSE, W. 1987. Trends in biotechnology development and transfer. ONUDI, Paris, Francia.

DIAS, C.J.; DEMBO, D.; MOREHOUSE, W. 1986. Product displacement: biotechnology's impacts on developing countries, In Dembo, D.; Dias, C.J.; Morehouse, W.; Paul, J., *The international context for rural poverty in the Third World; issues for research and action by grassroots organizations and legal activists*. Council of International and Public Affairs, New York, EUA.

HUETH, D.L.; JUST, R.E. 1985. Policy Implications of Agricultural Biotechnology. *Amer. J. Agr. Econ.* 69(2):426-431.

KALTER, R.J. 1985. The new biotech agriculture: unforeseen economic consequences. *Issues in Science and Technology* 2(1):125-133.

KALTER, R.J.; TAUER, L.W. 1987. Potential Economic Impacts of Agricultural Biotechnology, *Amer. J. Agr. Econ.* 69(2):420-425.

KENNEY, M. 1987. The University in the information age: biotechnology and the less developed countries. *Development, Journal of the Society for international Development* 4:60-67.

OCDE. 1989. *Biotechnology: economic and wider impacts*. Paris.

OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESMENT (OTA). CONGRESS OF THE UNITED STATES. 1984, *Commercial Biotechnology: An International Analysis*. Washington DC. 1986, *Technology, public policy, and the changing structure of American agriculture*. Washington DC.

- PACHICO, D.; LYNAM, J.K.; JONES, P.G. 1987. The distribution of benefits from technical change among classes of consumers and producers: An ex ante analysis of beans in Brazil, *Research Policy* 16:279-285.
- PINSTRUP ANDERSEN, P.; FRANKLIN, D. 1977. A Systems Approach to Agricultural Research Resource Allocation in Developing Countries. In T.M. Arndt, D. Dalrymple y V. Ruttan (eds.). *Resource Allocation and Productivity in National and International Research* (University of Minnesota, Minneapolis) p. 416-435.
- RURAL ADVANCEMENT FUND INTERNATIONAL. 1987. Vanilla and biotechnology, *Development, Journal of the Society for International Development* 4:35-36.
- SMITS, R.; LEYTEN, J. 1988. Key Issues in the Institutionalization of Technology assessment, *Development of technology assessment in five European countries and the U.S.A. Futures*, February, p. 19-36.
- SVARSTAD, H. 1987. Biotechnology: consequences for West African countries of cocoa smallholders. *Development, Journal of the Society for International Development* 4:28-32.
- THOMAS, C.Y. 1985. Sugar: threat or challenge? An assessment of the impact of technological developments in the high-fructose corn syrup and sucrochemicals industries. Ottawa, Ontario (Canada), p. 140.

**EL CONTEXTO GLOBAL DEL ANALISIS  
DE IMPACTO DE LAS BIOTECNOLOGIAS  
EN LA AGRICULTURA**

**Gerardo Otero<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Investigador del Instituto de Estudios Económicos y Regionales, Universidad de Guadalajara. Este ensayo es el producto de un trabajo de consultoría efectuado para el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Una versión anterior fue presentada en el seminario "Perspectivas e Impactos Generales de las Agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe: Estrategias e Implicaciones", Paipa, Colombia, 14-17 de agosto, 1989. El autor manifiesta su agradecimiento a Eduardo Trigo y Walter Jaffé por sus críticas constructivas sobre una versión anterior.



## INTRODUCCION

La llamada "tercera revolución tecnológica" que atraviesa el mundo de hoy presenta graves retos para América Latina y el resto de los países del Tercer Mundo. Se trata de una revolución que ha de redefinir el papel de este grupo de países en la división internacional del trabajo. De hecho, la propia fisonomía de los actuales Estados-naciones podría cambiar de raíz con la actual reestructuración económica. Aunque la tercera revolución tecnológica está encabezada, indudablemente, por la microelectrónica (base también de la robótica y la informática), otras nuevas tecnologías tendrán un gran impacto en la economía y la sociedad: son los nuevos materiales y la biotecnología.

En este contexto mundial de profundos cambios, el presente trabajo pretende aportar algunas reflexiones teóricas y metodológicas que permitan abordar el análisis del posible impacto socioeconómico de la biotecnología en la agricultura de América Latina. Puesto que la investigación del autor se ha concentrado en el estudio comparativo de la biotecnología en Estados Unidos y México, el grueso del material empírico aquí utilizado se refiere a esos dos países. La razón de incorporar el análisis de lo que sucede en Estados Unidos es muy clara: dado que es la economía dominante en el mundo, de la cual surge el "paradigma tecnológico" predominante (Nochteff 1988), lo que en ella suceda afectará de manera profunda los destinos del resto de los países, sobre todo de aquellos cuyas economías están tan ligadas y son tan dependientes de la estadounidense. Es sorprendente que hasta ahora haya tan pocos investigadores de la región latinoamericana dedicados a estudiar la sociedad de donde surgen, en su mayoría, los factores "exógenos" del desarrollo de sus propios países, incluidas las principales innovaciones tecnológicas.

Otro aspecto contextual, que debe tomarse en cuenta de manera central en el presente análisis, es la crisis de endeudamiento por la cual atraviesan las principales economías latinoamericanas. Dicha crisis refleja el agotamiento del modelo de desarrollo sustentado en el proteccionismo, los subsidios y el intervencionismo estatal como mecanismos centrales para la promoción de la industrialización sustitutiva de importaciones. Si bien el objetivo principal de dicho modelo era sustituir importaciones de bienes de consumo, una de sus implicaciones ha sido el fortalecimiento de una gran dependencia tecnológica con respecto a los países de capitalismo avanzado. Es decir, el proceso sustitutivo de importaciones de

bienes manufacturados de consumo final resultó ser intensivo en la importación de bienes de capital e intermedios. Eso se ha combinado en forma explosiva con el deterioro continuo de los términos de intercambio de los productos primarios que tradicionalmente han exportado los países latinoamericanos para obtener divisas; de ese modo, pasaron a depender de una creciente deuda externa para continuar con su proceso de industrialización, hasta culminar en la actual crisis de endeudamiento.

Ante esa crítica situación, los gobiernos de algunos países como México han respondido con políticas encaminadas a reorientar el modelo de desarrollo en su conjunto con políticas económicas neoliberales. De un modelo orientado hacia el mercado interno se está pasando a otro orientado hacia el mercado internacional, pero esta vez para exportar manufacturas y no simplemente productos primarios. Dada la pérdida en los términos de intercambio de los productos primarios respecto a los manufacturados, la reorientación del modelo de desarrollo pretende incorporar a los países latinoamericanos en la revolución tecnológica actual. Sólo sobre esa base se podrá competir en los mercados mundiales de manufacturas. Tal cambio de enfoque en el modelo de desarrollo implicará una redefinición de las relaciones de dependencia con los países de capitalismo avanzado, en particular con EE.UU. Esto último debe ser cuidadosamente analizado, con el propósito de evaluar los impactos que la actual reestructuración económica mundial tendrá sobre el desarrollo de nuestros países.

Las siguientes dos secciones del trabajo están dedicadas a presentar las tendencias globales que determinan el análisis de impactos de las biotecnologías en América Latina. En primer término se presenta el caso de México como representativo de los esfuerzos que hacen hoy varios países latinoamericanos, en su intento por redefinir su incorporación a la economía mundial, ahora en función de una política de industrialización orientada a la exportación de manufacturas. Se describen de manera sintética los rasgos del nuevo modelo de desarrollo que se conforma en México y sus posibles implicaciones en lo referente a la importancia y el desarrollo de nuevas tecnologías. En función de las políticas económicas con que se instrumenta la Incorporación a la economía mundial, se propone que los agentes decididamente protagónicos en la economía pasen a ser las empresas transnacionales (ETN); se deja en un papel secundario a los empresarios locales. Sin duda, ese contexto estructural condicionará el acceso a las nuevas tecnologías y su



generación dentro de las economías latinoamericanas. Además, el hecho de que el mercado interno sea desplazado en función del externo como motor de desarrollo, tendrá repercusiones sobre la distribución del ingreso y el bienestar general de la población.

Siempre en el contexto de las tendencias globales, se presenta, posteriormente, una breve síntesis del surgimiento de la industria biotecnológica en Estados Unidos y sus actuales tendencias estructurales. La hipótesis propuesta es que la estructura de dicha industria tendrá importantes repercusiones sobre la forma como se diseminarán los nuevos productos que surjan de la biotecnología. A diferencia de las tecnologías asociadas con la Revolución Verde, que fueron impulsadas por instituciones públicas o semipúblicas, la biotecnología emerge a partir de compañías privadas y la nueva estructura industrial tiende fuertemente hacia la concentración. De hecho, en los últimos años las más grandes empresas de las industrias química y farmacéutica, son las que se convierten en principales protagonistas de la industria biotecnológica propiamente dicha. La hipótesis que aquí se propone es que dichas compañías serán las que fijen la tónica de la innovación y la difusión tecnológica, lo cual no necesariamente sucederá en función de las necesidades de los sectores menos privilegiados de las sociedades latinoamericanas; por el contrario, cabe esperar que la innovación tecnológica y su difusión procederán directamente en función de los intereses capitalistas (maximización de ganancias), lo cual puede o no tener un resultado satisfactorio para esas necesidades. La pregunta que aquí surge es si tal desarrollo contribuirá a disminuir las profundas desigualdades de la población latinoamericana; o si, por el contrario, contribuirá a agravarlas.

La siguiente sección señala los puntos débiles de las evaluaciones de impacto de la biotecnología con que hoy contamos. Para decirlo en forma esquemática, la literatura se ha dividido en dos tendencias principales: una que enfatiza la promesa positiva de la biotecnología y otra que señala sus amenazas. Lo que está claro es que ninguna de las dos tendencias cuenta con todos los elementos necesarios para efectuar una evaluación científica del impacto de la biotecnología. Eso es muy comprensible, pues sólo podemos conocer lo que existe, lo que ya ha sucedido. Debido a que de la biotecnología han surgido numerosos productos comerciales y la mayoría se encuentra aún en etapa experimental, son pocos los impactos existentes que se pueden evaluar.

En consecuencia, los resultados con que contamos deben ser apreciadas en general, en función de lo adecuados que sean sus supuestos, ya que la mayoría de ellas consiste en "simulaciones de impactos" o en meras especulaciones sobre los mismos.

Por último, se presenta una propuesta metodológica para el análisis de los impactos de la biotecnología en los países de América Latina. Se toman en cuenta los parámetros delineados a lo largo del trabajo para conformar un marco analítico globalizante y proponer una agenda de investigación.

## REESTRUCTURACION DEL MODELO ECONOMICO EN AMERICA LATINA

El propósito de la presente sección es explorar cómo influyen las políticas de ajuste estructural, en particular la apertura comercial y la subvaluación monetaria, en el comportamiento hacia las inversiones de los empresarios locales. Se presenta el caso de México como ejemplo paradigmático de la reestructuración del modelo económico por la cual atraviesan hoy varios países de la región latinoamericana. En el caso de México, la introducción de las políticas económicas de ajuste estructural se remonta apenas a unos cuantos años; sin embargo, ya es posible evaluar algunos de sus efectos sobre la iniciativa empresarial y el conjunto de la economía política del país. La proposición central aquí defendida es que la subvaluación de la moneda puede aumentar las exportaciones en el corto plazo, pero impide realizar las inversiones en capital fijo y nuevas tecnologías que exige la competencia internacional en el mediano y en el largo plazo. Por lo tanto, las medidas subvaluatorias representan una gran desventaja para los capitalistas locales frente a los extranjeros; además, deprecia severamente los ingresos de los asalariados y menoscaba su nivel de vida.

Uno de los supuestos fundamentos de esta sección es que la "iniciativa empresarial" no es meramente una cuestión cultural. Si en un momento dado se llega a conformar un conjunto de valores y orientaciones básicas hacia la inversión en una empresa o un país, ello es resultado, en buena medida, de las normas públicas y de la economía política, que conforman su contexto más amplio. Así, habría que indagar cuáles son las prácticas económicas más propicias para fomentar una actitud favorable a las inversiones productivas y de largo plazo, con el supuesto adicional de que son las que más contribuyen a elevar el nivel de vida de la población y la competitividad económica de un país.

Recientemente, George N. Hatsopoulos, Paul R. Krugman y Laurence H. Summers publicaron un artículo titulado: "Competitividad de Estados Unidos: Más Allá del Déficit Comercial", en la revista *Science* (1988). Entre otras cosas, esos autores argumentan que el costo del capital en Estados Unidos es muy alto en comparación con el de otros países industrializados, y esto fuerza a que los gerentes tengan un enfoque de corto plazo hacia los negocios; dado el contexto, tal enfoque resulta ser el racional para la empresa. Por el contrario, donde el costo del capital es bajo, como en Japón, es más lógico un enfoque de largo plazo, y eso se convierte en parte de la cultura de las compañías. Lejos de que esa cultura sea un fenómeno meramente mental, proviene del contexto de las normas públicas y de la economía política que circundan a los empresarios. Como dicen los autores comentados, "esas diferencias de enfoque pueden eventualmente aparecer como culturales, y de hecho serán lentas en cambiar aunque el costo del capital se altere. No obstante, el comportamiento de las empresas está condicionado en última instancia por el costo del capital que enfrentan". Y agregan: "la estrategia apropiada para prolongar los horizontes de planeación de los negocios y estimularlos a realizar inversiones de largo plazo no es criticar las culturas corporativas, sino cambiar los incentivos de mercado que las conforman". Aunque estos comentarios sobre la economía política de la cultura empresarial fueron efectuados pensando en Estados Unidos, en general se aplican a cualquier economía donde prevalece el sistema capitalista de producción.

Ante el nuevo contexto de apertura comercial y subvaluación de la moneda, los empresarios mexicanos han adoptado racionalmente una orientación que favorece las ganancias especulativas y de corto plazo, en contra de incrementos por iniciativas empresariales productivas y de largo plazo. Si esa situación se sostiene de manera indefinida, lo más probable es que los capitales extranjeros, provenientes de países con monedas fuertes, y las empresas transnacionales en general, se convertirán decididamente en los protagonistas principales de la dinámica económica de México. Los empresarios locales enfrentarán entonces tres opciones fundamentales, aunque no necesariamente excluyentes entre sí: 1) aliarse con los capitales internacionales como socios minoritarios; 2) competir en ciertas ramas de la producción como proveedores de las transnacionales; 3) mantenerse en aquellas ramas de la producción que no interesen a ese tipo de empresa. A continuación se proporcionan algunos antecedentes que resaltan la pertinencia de estos planteamientos.

## **Del Proteccionismo a la Apertura**

Dos instrumentos de política industrial cuya eficacia se ha puesto muy seriamente en duda en años recientes son el proteccionismo y los subsidios. Tales instrumentos fueron generalmente acompañados de una fuerte intervención estatal en la economía, basada en crecientes déficits públicos. Todo esto fue central en la manera como se implementó el modelo de desarrollo basado en la industrialización sustitutiva de importaciones que ha prevalecido en muchos países latinoamericanos durante cuatro décadas. Tal modelo estaría encaminado a crear y fortalecer un mercado interno, con miras a fundar un desarrollo nacional autosostenido. Cuando esto se lograra —continuaba el razonamiento en torno al modelo mencionado— la economía podría abrirse a la competencia en el mercado internacional.

Hoy los indicadores del agotamiento del modelo sustitutivo de importaciones en México son múltiples. Entre ellos, uno de los más claros es el hecho de que la mayor parte de las empresas mexicanas fueron incapaces de producir con las calidades y precios que les permitiesen competir con éxito en el mercado internacional.

Como ya se mencionó, dos de las medidas iniciales que se han tomado para reorientar el modelo económico fueron la apertura comercial y la subvaluación del peso mexicano. Tales medidas se han instrumentado mediante el ingreso de México al GATT (Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio) y las continuas devaluaciones de la moneda frente al dólar, a partir de 1982. Se suponía que tales políticas constituirían un fuerte estímulo para incrementar la competitividad de la industria mexicana en el contexto internacional. En este trabajo se cuestiona la pertinencia de la medida subvaluatoria y su compatibilidad con la apertura comercial.

Con la política subvaluatoria se atenta contra dos objetivos centrales del desarrollo socioeconómico de un país: los niveles de bienestar de la población, por una parte, y la eficiencia y la productividad como elementos clave para lograr la competitividad internacional, por la otra. En cuanto al primer aspecto, en México los salarios perdieron su poder adquisitivo casi en 50% de 1982 a 1988. Con base en esa devaluación del precio de la fuerza de trabajo, se ha pretendido incrementar la competitividad de la industria mexicana en el exterior. Lo dramático de la situación es que la economía mexicana depende aún en gran medi-

da del mercado interno, que a su vez se encuentra tan deprimido como los propios salarios. Además, en las economías avanzadas, con el impulso de las nuevas tecnologías los costos laborales tienden rápidamente a caer por debajo del 15% de los costos totales; se convierten así en un aspecto más bien irrelevante de las nuevas exigencias de la competitividad internacional (Drucker 1988). Es decir, la reestructuración industrial de los países avanzados, con los cuales México tiene que competir, es intensiva en el uso de capital y conocimientos, no en el de mano de obra ni materias primas baratas. Estos últimos elementos son los más abundantes en los países del Tercer Mundo; su decadente importancia en la dinámica del desarrollo económico mundial da cuenta, en buena medida, del creciente empobrecimiento de nuestros países.

Así, pretender conquistar los mercados internacionales sobre la base de materias primas baratas o bajos salarios puede significar para México tremendas frustraciones adicionales a las que ya sufren sus mayorías trabajadoras. Habrá que encontrar la fórmula para revitalizar el mercado interno, sin depender del costoso proteccionismo, y para acceder en forma competitiva a los mercados mundiales sin sacrificar los objetivos de equidad social. Se deberán combinar las preocupaciones por el logro de mayores divisas y por la creación de empleos con remuneraciones adecuadas (Trejos Reyes 1987).

### **Productividad, Competitividad y Desarrollo**

El ingreso de la economía mexicana al mercado mundial exige una competitividad duradera de su industria, lo cual requiere a su vez aumentos de eficiencia, productividad y calidad. Esto significa ingresar en la revolución tecnológica de los países avanzados, al menos en aquellos campos en los cuales México cuenta con una masa crítica de científicos y tecnólogos de alto nivel. Además, se tendría que hacer un esfuerzo por continuar la transferencia de las tecnologías de punta que no se pueden producir internamente, con el propósito de no quedar al margen de las tendencias del desarrollo económico mundial. Por último, habrá que tratar de que las tecnologías que se adopten, nacionales o importadas, se ajusten en la medida de lo posible a las condiciones del país, en cuanto a la disponibilidad de materias primas y mano de obra (Thorup 1987).

Puede verse ahora cuáles son algunas de las relaciones entre productividad, competitividad y nivel de vida. Como ya se ha dicho en este

trabajo, la "vía mexicana" para lograr un incremento en las exportaciones se ha basado en el aumento de su "competitividad" internacional por medio del empobrecimiento de los trabajadores. Debe entenderse que la deseada competitividad se puede lograr por dos vías muy distintas y, de hecho, opuestas entre sí desde el punto de vista de los trabajadores. Una vía es recortar su nivel de vida para competir con precios más bajos, que es lo que se ha hecho en México; otra vía es incrementar la productividad, lo cual es compatible con crecimientos continuos en los niveles de vida de la población en su conjunto.

Como ha afirmado recientemente William Baumol: "La prueba adecuada de la productividad no es, entonces, simplemente la habilidad de un país para equilibrar su comercio exterior (competitividad), sino su habilidad para hacerlo a la vez que logra una tasa aceptable de mejora en su nivel de vida" (1988:299). La Comisión sobre Competitividad Industrial, establecida por el entonces Presidente de los Estados Unidos, Ronald Reagan, también definió la competitividad de manera similar: "el grado en que una nación, bajo condiciones libres y justas de mercado, produce bienes y servicios que cumplen con la prueba de los mercados internacionales, *mientras que simultáneamente mantienen y expanden los ingresos reales de sus ciudadanos*" (citado en Young 1988:313; el subrayado es nuestro, G.O.). El aspecto del nivel de vida tiene que ser enfatizado constantemente, con el propósito de que se pueda hacer una crítica adecuada de las políticas actuales que tienden a depreciar los salarios para alcanzar la competitividad.

Una vez aclarado lo anterior, habría que establecer la relación entre producción, tecnología y desarrollo. Hay muchos economistas norteamericanos que han señalado la productividad (o la falta de ella) como el principal problema de Estados Unidos en años recientes. Y aunque sus formas de vida se han mantenido relativamente estables, eso ha sucedido a costa de crecientes déficits comerciales. Lo cual significa que los estadounidenses han estado viviendo más allá de sus posibilidades en los últimos años.

El crecimiento económico en Estados Unidos fue de 3.8% en los años cincuenta y sesenta; cayó a 2.2% anual de 1973 a 1985. El reciente desarrollo se ha debido a incrementos en el empleo, pero no en la productividad por trabajador: "el producto por trabajador creció a una tasa anual de 1.9% durante el período 1960 a 1973; creció a una tasa anual de sólo 0.3% de 1973 a 1985" (Hatsopoulos *et al.* 1988:300).

Entonces, la necesidad de que los salarios de un país crezcan más lentamente respecto a los de otros países para mantener su competitividad proviene de un rezago en su productividad en el sentido más amplio: una menor tasa de crecimiento en producto físico por obrero y una decreciente ventaja tecnológica y de calidad. Nótese que el primer aspecto –crecimiento en el producto físico– puede lograrse simplemente mediante un aumento en el empleo, tal como ha sucedido en Estados Unidos en los últimos lustros. Pero la tecnología y la calidad pueden hacer aumentar la competitividad por la vía de la mayor productividad.

La investigación científica y el desarrollo tecnológico serán, en consecuencia, factores decisivos para mejorar la productividad de un país sin sacrificar sus niveles de bienestar. Todo esto requiere un serio esfuerzo por sacar a las universidades mexicanas del hoyo financiero en que se encuentran, pues es en ellas donde se deben producir los nuevos profesionales, conocimientos y tecnologías que México demanda para su reestructuración industrial. De lo contrario, el país podría convertirse en una vasta plataforma de exportación para las empresas transnacionales, poco vinculadas con el mercado interno. Con eso se verían frustradas las aspiraciones de un desarrollo nacional que beneficie a las grandes mayorías de la población. Desafortunadamente, casi todos los indicadores visibles señalan una tendencia en el sentido opuesto.

## CONCENTRACION Y PRIVATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA BIOTECNOLOGICA

Esta sección presenta el contexto industrial en el cual emerge la nueva biotecnología, que contrasta marcadamente con el surgimiento de la anterior revolución tecnológica en la agricultura: la representada por la Revolución Verde. Se parte del supuesto de que el contexto institucional de la innovación tecnológica contiene un sesgo social que determina quiénes serán los beneficiarios. Ha sido ampliamente documentado que la Revolución Verde tuvo tres tipos de efectos: 1) aumentó de manera significativa la producción de los cultivos afectados por el nuevo paquete tecnológico; 2) tuvo efectos polarizadores en los órdenes regional y social, es decir, favoreció a las áreas que contaban con agricultura de irrigación y a los agricultores mejor dotados con capital y otros recursos; 3) disminuyó la diversidad genética de las variedades afectadas por las nuevas tecnologías, a la vez que aumentó la vulnerabilidad de las mismas (Cleaver 1972; Hewitt de Alcántara 1978; Pearse 1980; Wade 1974; Kloppenburg 1988).

Sólo el primer efecto de la Revolución Verde —aumentos en la producción— puede considerarse como positivo. Los otros dos son indeseables tanto social como ecológicamente. Esos efectos se dieron a pesar de que el contexto institucional estuvo dominado por instituciones públicas, como las universidades agrícolas de Estados Unidos (*Land Grant Universities*), y semipúblicas, como los Centros Internacionales de Investigación Agrícola. La pregunta que ahora se plantea es cuál será el impacto de la nueva revolución biotecnológica, cuyo contexto institucional está dominado por grandes empresas transnacionales, como se verá en seguida.

Las ciencias biológicas se habían contado entre las más "puras" o "básicas" hasta hace unos tres lustros, cuando investigadores de las universidades de California y Stanford inventaron la técnica del ADN (ácido desoxirribonucleico) recombinante. Con esa técnica fue posible extraer información genética de un organismo e introducirla en otro. Cualquier barrera planteada por incompatibilidad sexual o por diversidad de especies o géneros quedó teóricamente eliminada de las posibilidades de manipulación genética con la nueva técnica. Así, repentinamente, la biología se convirtió en una ciencia aplicada, con grandes y lucrativas promesas comerciales.<sup>2</sup>

Al comienzo se asociaron algunos científicos académicos con capitalistas de alto riesgo, los llamados *venture capitalists* en Estados Unidos, para formar empresas dentro de lo que sería una industria *boom* en Wall Street: la industria de la biotecnología. Se trataba de una industria

---

<sup>2</sup> Para una historia de la transferencia de genes entre diversas especies de plantas, ver Goodman, R. et al. (1987). Antes de consolidarse la ingeniería genética, todos los métodos para mejorar las variedades vegetales dependían de la compatibilidad sexual entre las especies en cruzamiento. "Los nuevos métodos de transferencia genética incluyen los de la fusión celular y los que manipulan directamente el ADN. Estos últimos incluyen: la transferencia mediada por agrobacterias, la transferencia por microinyección y la transferencia mediada por virus: la transferencia genética por medio del ADN recombinante es sólo el último en una larga historia de métodos disponibles que han sido crecientemente más poderosos para mejorar los cultivos" (Goodman, R. et al., 1987:53). El número del 16 de junio de 1989 de la revista *Science* (Vol. 244, pp. 1275-1317) contiene una sección especial dedicada al tema "The New Harvest: Genetically Engineered Species", que incluye los últimos productos de la biotecnología.



"intensiva en conocimientos", capacidad científica e investigación, razón por la cual los inversionistas sabían que tardarían algunos años en lanzar sus primeros productos al mercado. Muchas de esas mercancías tendrían un carácter muy especial: serían nuevos organismos vivos, producidos en el laboratorio. Además, reflejarían el carácter privado y monopolístico de su apropiación, al estar protegidos por la ley de patentes de Estados Unidos, de países europeos y del Japón.

Años después del surgimiento de la nueva industria, algunas compañías como Genentech (que fue la primera), comenzaron a lanzar algunos productos al mercado. Con ello pudieron financiar las etapas sucesivas de investigación y desarrollo de otros productos, y mantener su independencia. Pero muchas pequeñas compañías han tardado más de lo esperado en producir mercancías, razón por la cual han tenido que recurrir a las grandes empresas transnacionales para sostenerse como empresas. Con ello han cedido su autonomía y han contribuido a cambiar el perfil inicial de la industria con características más concentradas y oligopólicas (Crawford 1988).

Esa nueva tendencia se profundizó durante el *crack* de la bolsa de valores de Nueva York en 1987, en el cual la industria de la biotecnología sufrió más que el resto del mercado. Mientras que las 400 empresas más importantes de Estados Unidos perdieron en promedio 28% en los precios de sus acciones, las 60 empresas de biotecnología más importantes perdieron 44%. Con esos problemas, los capitalistas de alto riesgo ya no estuvieron dispuestos a invertir en la industria de biotecnología; y fueron las grandes ETN las que entraron a "pescar en río revuelto" (Crawford 1987a).

Mark Crawford, el reportero de la revista *Science* que da seguimiento al desarrollo de la industria de biotecnología, observó lo siguiente acerca del *crack* de Wall Street en 1987:

"Esta declinación y la pérdida de confianza de los inversionistas puede afectar profundamente el futuro de algunas de las 400 compañías de biotecnología. Para el futuro previsible, los analistas dicen que las ofertas públicas de acciones y el capital de alto riesgo ya no son mecanismos viables de financiamiento para compañías nuevas en busca de extender su investigación y comercializar nuevos productos. Como resultado, las compañías que tienen poco efectivo y a las cuales les faltan varios años antes de que sus productos lleguen al mercado, pueden verse forzadas a ceder algo de su independencia y alinearse con

compañías americanas o extranjeras más grandes" (Crawford 1987a).

Esas dificultades financieras para la nueva industria sólo acelerarán la tendencia a la concentración, en la cual los gigantes de las industrias química y farmacéutica absorberán las pequeñas empresas de biotecnología (Otero 1989a y 1989c). Un símbolo contundente de esa tendencia es la reciente adquisición (enero de 1990) de la empresa pionera Genentech por Hoffman-La Roche, una empresa gigante suiza de la industria química (Otero 1990).

Otro aspecto que ha cambiado en años recientes, junto con la transformación de la estructura industrial, es el vínculo que las empresas sostienen con las universidades. Mientras que las pequeñas empresas que iniciaron la industria generalmente se formaban con científicos de alto nivel y realizaban la mayor parte de su investigación en la propia compañía, las ETN tienden a contratar el grueso de la investigación con las universidades. Este giro se está dando de tal manera que podría cambiar la propia naturaleza de las universidades, pues el patronazgo industrial plantea el criterio comercial como fundamental para fijar las agendas de investigación científica. Debe quedar claro que serán las grandes ETN las que marquen la pauta para las relaciones industria-universidad, que ahora se hacen cada vez más cercanas, y no las pequeñas firmas; estas últimas generalmente iniciaron sus operaciones con científicos altamente calificados de las universidades, y ésta es la razón por la cual la mayor parte de su investigación la realizaban "en casa", en vez de contratarla con universidades (Kenney 1986).

Así, ya no será la mera curiosidad académica o científica del investigador la que oriente sus estudios, ni el "desinterés" científico y el deseo de publicación de los descubrimientos, sino el interés comercial de obtener nuevos contratos con las empresas. Estas, a su vez, no se orientarán por la motivación de producir mercancías que satisfagan alguna necesidad humana, sino que elegirán simple y llanamente a aquellas que maximicen sus ganancias (Otero 1989a).

## Patentes y Privatización

"En alta tecnología, las patentes son símbolos de virilidad. El número de patentes que solicite una compañía es un signo de su creatividad y de su futura prosperidad" (*The Economist*, *The Pitfalls of Patents*, Mayo 9, 1987, p. 82).

Una característica que ha marcado el surgimiento de la industria biotecnológica es el auge de las patentes. Una patente es la forma legal que existe para proteger la propiedad industrial.<sup>3</sup> En Estados Unidos, una patente otorga el monopolio sobre el uso de la invención protegida —que puede ser un producto o un proceso industrial— por 17 años. El titular de la patente puede otorgar licencias a quienes estén dispuestos a pagar regalías, aunque también se pueden otorgar licencias sin ejercer el cobro de éstas, como lo hacen muchas universidades norteamericanas sin experiencia mercantil (Peach 1986).

En Estados Unidos, la administración Reagan se propuso impulsar la mercantilización de la ciencia mediante la Ley Pública 96-517, vigente desde julio de 1981. Esa ley otorga a las pequeñas empresas y a las instituciones que no persiguen fines de lucro, incluidas las universidades, el derecho a patentar y retener el título de los inventos que resulten de proyectos de investigación patrocinados con fondos federales.

La economista inglesa Joan Robinson, se refirió a las patentes de la siguiente manera:

"Una patente es un instrumento para impedir la difusión de un nuevo método antes de que el inversionista original haya recuperado ganancias adecuadas para inducir la inversión requerida. La justificación del sistema de patentes es que, si se hace más lenta la difusión del progreso técnico, se asegura que habrá más progreso técnico que difundir (...) Puesto que se basa en una contradicción, no puede haber algo así como un sistema de patentes idealmente benéfico, y es posible que produzca resultados negativos en casos particulares, impidiendo el progreso innecesariamente aunque su efecto general tenga un saldo favorable" (cit. en Nelkin 1984:15).

---

<sup>3</sup> Para una reseña sobre patentes, tecnología y desarrollo, con énfasis particular en América Latina, ver Tsur (1989).

Uno de los múltiples problemas que plantea la proliferación de patentes es la gran desigualdad de condiciones para producir inventos que existe entre los diversos países. Los países con fuertes sistemas de ciencia y tecnología tendrán las mayores ventajas y podrán monopolizar el uso de conocimientos en el orden comercial. Esa situación introduce un mecanismo adicional de polarización económica entre los países, pues los Estados más avanzados se preparan también para proteger las patentes de sus compañías en el exterior.<sup>4</sup>

Ahora bien, en el caso particular de la biotecnología, el auge de las patentes es verdaderamente frenético, a tal punto que la Oficina de Patentes y Marcas (*Patents and Trademarks Office* o PTO) de Estados Unidos tiene un tremendo rezago en su procesamiento:

"Aunque el número de resoluciones finales sobre solicitudes pendientes aumentó a 2.472 en 1987 (21%), las empresas deben esperar ahora cerca de 2.5 años antes de que un examinador revise su solicitud. Luego lleva 25.3 meses en promedio llegar a una decisión final. En contraste, las solicitudes de patentes para farmacéuticos basados en compuestos orgánicos habitualmente pueden recibir una resolución final dos años después de la solicitud.

"(...)El retraso total en solicitudes pendientes, incluidas apelaciones y enmiendas, se elevó a 6907 para el 31 de diciembre (de 1987), comparado con 5837 un año antes. Más significativo aún es el incremento de nuevas solicitudes que esperaban resolución a fines de 1986. Fueron en total 4051, un salto de 22% en 12 meses (Crawford 1988:723)".

En síntesis, la creciente privatización del conocimiento, sumada a la también creciente concentración de la Industria biotecnológica, vaticinan grandes dificultades para que sus progresos técnicos sean aplicados a bajo costo en los países latinoamericanos. Mas bien todo parece indicar que los patrones de difusión de la biotecnología incrementarán vigorosamente la presencia de las ETN en la región, lo cual llevará a niveles más profundos de dependencia.

---

<sup>4</sup> Sobre este tema se pueden consultar dos informes de Oficina General de la Contraloría (*General Accounting Office* o GAO), que es la rama investigativa del Congreso de los Estados Unidos (GAO 1987a, 1987b).

## LIMITACIONES DEL ANALISIS DE IMPACTO DE LA BIOTECNOLOGIA

Se han presentado dos orientaciones básicas en el análisis de los impactos socioeconómicos de la biotecnología en los países del Tercer Mundo. Algunos la plantean como la panacea que ha de resolver los problemas de la alimentación mundial; otros plantean un escenario más bien pesimista, pues consideran a la biotecnología como un fenómeno del mundo desarrollado que tenderá a sustituir muchos de los actuales productos de los países en desarrollo y éstos, por lo tanto, tendrán pocas esperanzas de acceder a una etapa superior de desarrollo económico (Goodman, D. *et al.* 1987).<sup>5</sup>

Como ejemplo de análisis optimista puede citarse el trabajo de Cassio Luiselli (1987). Si bien ese autor presenta tanto las oportunidades como los riesgos que ofrece la biotecnología, la implicación final de su ensayo es que los países de América Latina, y México en particular, cuentan con un amplio margen de maniobra para moldear el futuro desarrollo si se siguen ciertas prescripciones de política. En tal sentido, existen tres áreas principales en que se puede detectar un optimismo infundado: 1) la evaluación de los recursos científicos e industriales para la biotecnología de los países en desarrollo; 2) la supuesta neutralidad en la escala económica requerida para la aplicación de los nuevos productos biotecnológicos; 3) las posibilidades y disposición de los países para establecer esfuerzos de cooperación. A continuación se tratará brevemente cada uno de esos puntos.

### Recursos Científicos e Industriales para la Biotecnología

Si bien habitualmente se acepta que los países en desarrollo tienen una base mucho más débil para la ciencia y la tecnología, existe una tendencia a exagerar el potencial de los recursos existentes para ingresar en la nueva biorrevolución. Por ejemplo, es verdad que México tiene varios centros de investigación que trabajan en la frontera del conocimiento, con científicos de primera línea que publican en revistas académicas internacionales. Sin embargo, cuando se compara esos centros con los laboratorios universitarios e industriales de los países avanzados, surge que, por lo menos en número de científicos, los labo-

---

<sup>5</sup> Un análisis equilibrado se encuentra en Ahmed (1988).

ratorios mexicanos están muy por debajo de aquellos. Para ilustrar este punto, se expondrán dos casos de Estados Unidos.

En la Universidad de Wisconsin-Madison, el Centro de Biotecnología tiene un directorio de profesores cuya investigación está vinculada a la biotecnología: se trata de una lista de 240 personas de 42 departamentos de la universidad. Dicho centro fue creado en forma expresa para comercializar tecnología universitaria y vincular de diversas formas a la universidad con la industria. Por cierto, esa universidad ha sido pionera en el establecimiento de ese tipo de vínculos desde los años treinta; es decir, cuenta con un desarrollo institucional y cultural adecuado a la tarea de vender al sector industrial la ciencia y la tecnología generadas en la universidad.<sup>6</sup>

Por otra parte, la compañía norteamericana BioTechnica International, de Cambridge, Massachusetts, cuenta con 80 académicos y técnicos en su personal. Esa compañía se dedica a la investigación y el desarrollo de productos biotecnológicos para la agricultura. Entre los principales inversionistas se encuentran firmas tan importantes como Seagram's y Monsanto.<sup>7</sup>

En contraste con esos casos, México sólo cuenta con un total de unos 200 biotecnólogos que trabajan con las técnicas nuevas (tales como el ADN recombinante, los cultivos celulares y de tejidos vegetales, fusión de protoplastos, etc.). Con esa enorme brecha en cuanto a la cantidad de científicos, difícilmente se puede ser muy optimista respecto a la posibilidad de competir con éxito en un campo tan dinámico como la biotecnología sobre la base de recursos propios, o de factores endógenos. Existe, además, una gran desvinculación en América Latina entre las instituciones académicas y el aparato productivo, aspecto que en Estados Unidos se modifica en forma acelerada en los últimos años. Resulta necesario, entonces, un análisis más realista en cuanto al potencial científico de los países latinoamericanos antes de poder evaluar

---

<sup>6</sup> Información proporcionada por Richard Burgess, Director del Centro de Biotecnología de la Universidad de Wisconsin-Madison, en una entrevista con el autor (31-V-1986).

<sup>7</sup> Entrevista con Georgina Hernández, Investigadora del Centro de Investigación sobre Fijación del Nitrógeno, Universidad Nacional Autónoma de México (Cuernavaca, Morelos) quien hizo estudios postdoctorales en BioTechnica International (2-VI-1988).

correctamente sus perspectivas y hacer las recomendaciones de política correspondientes.

### **Escala Económica y Biotecnológica**

Al contrario de lo que piensan los optimistas en el análisis del potencial de la biotecnología, parece más bien que la mayoría de los productos tendrán un sesgo hacia la gran escala productiva. Es decir, lejos de favorecer a las pequeñas explotaciones de tipo campesino o minifundista, las nuevas biotecnologías tenderán a reforzar el sesgo introducido en su momento por la Revolución Verde, en el sentido de requerir fuertes inversiones de capital. Con esas nuevas tecnologías el agro latinoamericano requerirá una fuerza de trabajo cada vez más reducida. La alternativa podría ser que, de no introducirse las innovaciones tecnológicas, la agricultura dejara de ser una actividad económica viable en los países del Tercer Mundo. Pueden analizarse algunos nuevos productos de la biotecnología, que reflejan claramente un sesgo hacia la gran escala de producción.

La generación y venta de clones de embriones de ovejas y ganado vacuno, por ejemplo, quedará reservada para las explotaciones más modernas, que hoy utilizan las tecnologías genéticas más avanzadas. La clonación comercial de este tipo de ganado se convierte ya en una realidad. Hay grupos de investigación en Estados Unidos que desarrollan métodos de fusión celular con el potencial de producir copias múltiples, y tal vez ilimitadas, de ovejas y vacas. La clonación permite contar con un método para obtener animales predecibles genéticamente, con capacidades superiores en la producción de leche y carne (Marx 1988). Neal First y sus colegas en la Universidad de Wisconsin-Madison han clonado embriones de vaca con éxito; sin embargo, pasarán varios años antes de que puedan determinar la calidad específica de los becerros resultantes, pues lo que clonan no es la vaca sino el embrión mismo. Una de las metas de los investigadores es mejorar la técnica de clonación, de tal manera que todo el proceso pueda darse en el tubo de ensayo.

Una de las implicaciones de este tipo de investigación es que, en el futuro, será posible producir sólo animales de "elite" para la producción de carne y leche. Ese mejoramiento genético de los animales, combinado con el uso de hormonas de crecimiento, promete revolucionar notablemente la producción en esos ámbitos, y probablemente ese proceso

desplazará a cantidades apreciables de agricultores. Todo parece indicar que la agricultura del futuro no requerirá más de uno o dos por ciento de la fuerza de trabajo de un país. Las preocupaciones principales residirán en cómo emplear productivamente a los trabajadores desplazados.

Otra de las tendencias que refuerzan esa interpretación es que la nueva agricultura combinará dos o más productos de la actual revolución tecnológica, incluidas las computadoras, para un manejo integral de las empresas agrícolas (Kloppenburg, Kleinman y Otero 1988). Es muy probable que se afiance un enfoque de sistemas en la administración. Por ejemplo, siempre en el caso de la ganadería, ya se comienzan a establecer sistemas computarizados que dan seguimiento a cada vaca para su asignación de alimento (según peso, edad, período de lactancia, etc.), el control de vacunas, la aplicación de hormonas, etc. (Sun 1986). Como resultado, sólo las grandes corporaciones podrán hacer las fuertes inversiones de capital necesarias en esos sistemas integrados de manejo de los recursos. Todo ello refuerza la tendencia hacia la discriminación del pequeño agricultor, con lo cual se acelerará el proceso de descampesinización.<sup>8</sup>

### **La Cooperación en Biotecnología**

La tercera área en que parece existir un optimismo exagerado en la evaluación del impacto de la biotecnología es la referida a las posibilidades de establecer cooperación entre los países. Aquí puede hablarse de dos tipos de alianza: uno con otros países del Sur, en particular con los de América Latina, y otro con Estados Unidos. En general se afirma, con acierto, que México, Brasil y Argentina (y podría incluirse a Cuba) son los países con los mejores y más numerosos grupos de investigación biotecnológica en la región, seguidos a cierta distancia por Colombia, Chile, Perú y Venezuela.

Es preciso evaluar las posibilidades estructurales de los dos tipos

---

<sup>8</sup> Dos trabajos en los cuales hemos demostrado la existencia en México de la tendencia a la "descampesinización sin proletarización completa", presente desde los cincuenta con la Revolución Verde, son: Bartra y Otero (1988) y Otero (1989b).



de alianza que se plantean, con el propósito de especificar cuál es la más viable y realista, pues de poco sirve plantear alianzas que retórica o ideológicamente suenan bien cuando la historia reciente de América Latina indica que difícilmente se puede dar.

En concreto, podría pensarse que apelar a una alianza entre países latinoamericanos despertaría ecos de simpatía, pero es dudoso que se pueda materializar un tipo de alianza que tenga algún impacto real en nuestras sociedades. Ya en las décadas de los cincuenta y sesenta estuvo en boga plantear la integración económica latinoamericana, pero las fuerzas económicas mundiales determinaron resultados distintos. A manera de ejemplo: México realiza 70 por ciento de su comercio exterior con Estados Unidos, y quizá las cifras para el resto de los países de América Latina son similares. En la práctica todas nuestras economías se han desarrollado en el marco de una terrible dependencia de intercambio con los países industrializados en general y, muy en particular, con Estados Unidos.

Asimismo, debe tenerse en cuenta la actual tendencia neoliberal de muchos gobiernos latinoamericanos, que implica una mayor apertura comercial y una mayor participación de las inversiones extranjeras en América Latina, pues es precisamente la escasez de capital lo que ha inducido a los gobiernos a solicitar la participación de la inversión extranjera.

Es probable que en el futuro inmediato la cooperación se establezca de manera más espontánea, en función de los intereses comerciales de las grandes empresas transnacionales que han invertido en biotecnología.

Una leve esperanza de que las ETN tengan un comportamiento benéfico para las sociedades dependientes se puede vislumbrar en el cambio de contexto que se da en la economía política y en las políticas públicas con el nuevo modelo de crecimiento "hacia afuera", basado en la exportación de manufacturas.

En el modelo sustitutivo de importaciones, las ETN fueron también protagonistas; en ese período tuvieron una presencia nociva para la economía, pues simplemente aprovecharon la fuerte protección y los subsidios, sin desarrollar una competitividad internacional. Inclusive la mayoría de sus productos han costado más a los consumidores locales que si se hubiesen importado.

El nuevo modelo económico hará que las propias ETN se esfuercen por competir en el ámbito internacional, con lo cual se podría esperar que generen un comportamiento diferente al de la época del proteccionismo. En México hay ya un ejemplo en este sentido: la industria automotriz, que en general fue deficitaria debido a sus fuertes importaciones de insumos, maquinaria y equipo, ahora se ha constituido en la rama industrial con el mayor superávit comercial dentro del sector manufacturero. Deberá evaluarse, sin embargo, si la base de la renovada competitividad de la industria automotriz ha sido el aumento de su productividad, o si lo han sido simplemente los bajísimos salarios que puede pagar la industria a sus obreros.

Debe quedar claro, pues, que se vive una coyuntura mundial de generalizada reestructuración económica. Eso implica un cambio en los patrones de dependencia de los países latinoamericanos frente a los de capitalismo avanzado, en particular frente a Estados Unidos. El movimiento hacia la "nueva dependencia", como la han llamado Manuel Castells y Roberto Laserna recientemente, implica diversas modalidades de inserción para los países en la división internacional del trabajo, de acuerdo con su base económica.

Se pueden vislumbrar al menos tres grandes patrones de vinculación en el contexto de la "nueva dependencia". Cada uno de ellos implica diversos grados y diversas cualidades de integración a la economía internacional: 1) nueva industrialización a partir de las tecnologías de punto, con base en capitales autóctonos (p. ej. Brasil y sus industrias microelectrónica y biotecnológica); 2) mayor integración basada en crecientes exportaciones manufactureras e inversiones extranjeras directas (p. ej. México); 3) integración "perversa", basada en el exportación de cultivos y/o productos ilegales (p. ej. Bolivia, Perú, Colombia). Una cuarta posibilidad, para países con bases industriales muy débiles (p. ej. algunos países centroamericanos y del África), es una creciente marginalización de la economía mundial, en la medida en que sus exportaciones agrícolas sean sustituidas por nuevos productos de la biotecnología.

Las primeras dos opciones implican claramente el acceso a las nuevas tecnologías. Lo que las distingue es la forma en que se pretende acceder a ellas. Mientras que el desarrollo brasileño reciente estuvo orientado por una ideología estatal de autonomía tecnológica, México fue "persuadido" por las ideologías neoliberales que dan un mayor peso a las

fuerzas del mercado en la reestructuración económica. Ahora bien, hay que tomar en cuenta que ambos países se encuentran sumergidos en un tremendo endeudamiento externo, reflejo de la crisis de la "vieja dependencia", y en esas condiciones ambos países tratan de renegociar su nueva inserción en la división internacional del trabajo. Sin duda, Brasil cuenta con una base industrial más sólida que México, pero enfrenta mayores dificultades para controlar su inflación y cumplir con el servicio de la deuda. El hecho de que a México se le hayan dado mayores facilidades para cumplir con esto último refleja quizás la mayor aprobación que ha encontrado en los círculos del capital financiero internacional al haber optado por una mayor integración económica con Estados Unidos, sobre la base de haber liberalizado ampliamente la legislación sobre inversiones extranjeras y comercio exterior.

Como consecuencia del nuevo tipo de vinculación internacional, cada país tendrá intereses diversos respecto a la cooperación en biotecnología. Así, por ejemplo, parece inminente que México pase pronto a formar parte de un nuevo bloque comercial con Estados Unidos y Canadá. Ante el reacondo de los bloques económicos en el mundo, éste es uno de los puntos en la agenda del actual Presidente de Estados Unidos, que en este sentido sólo continúa la de su antecesor. Por lo tanto, resultará más difícil que México pueda establecer vínculos de cooperación en biotecnología con otros países de América Latina. En cambio, eso sería más factible para Brasil; inclusive, sería de interés para Brasil tomar una posición de liderazgo en los esfuerzos de cooperación entre los países latinoamericanos.

En cualquier caso, debe considerarse que toda evaluación socio-económica de la biotecnología deberá tomar en cuenta la actual redefinición de los patrones de dependencia, la posición desde la cual la enfrenta cada país y las políticas públicas que cada Estado ha elegido para redefinir su modelo de desarrollo, pues esos factores establecerán los límites dentro de los cuales se dé el futuro desarrollo de la región.

Habrà que evaluar, entre otras cosas, cuáles son los efectos sobre el desarrollo (crecimiento económico y elevación de los niveles de vida de la población) de las diversas ideologías y políticas estatales referentes a la autonomía tecnológica.

## HACIA UNA PROPUESTA METODOLOGICA

Una de las mayores dificultades que se enfrentan al tratar de proponer una metodología de evaluación de los impactos de innovaciones tecnológicas es que esa práctica sólo ha sido desarrollada, y apenas incipientemente en los países industrializados. La literatura existente al respecto es muy escasa, y se refiere de preferencia a los peculiares problemas de las sociedades avanzadas.

Ante esa dificultad, el Centro de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas (UNCSTD) organizó un "Taller Internacional de Trabajo sobre Sistemas de Alerta en Tecnología Avanzada: Hacia el Intercambio de Experiencias y Promoción de la Cooperación Internacional en Evaluación de Tecnología". Los trabajos presentados en ese encuentro fueron publicados como número 4 del *ATAS Bulletin*, en octubre de 1987.

Uno de los trabajos de mayor relevancia en el orden metodológico entre los presentados a aquel taller es el de Meinlof Dierkes (1987). Este autor recuerda que, de acuerdo con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, una tecnología puede evaluarse en función de su grado de contribución en tres niveles: la satisfacción de necesidades humanas, el grado en que promueve el concepto de autodeterminación mediante la utilización de recursos propios (humanos y naturales), y por su adecuación ambiental (Dierkes 1987:5). Como se puede ver, el objetivo de la evaluación tecnológica está en función de lo que se podría identificar como una definición generalmente aceptada del desarrollo socioeconómico de un país. Los elementos decisivos son en síntesis, tres: satisfacción de necesidades humanas, autodeterminación y equilibrio ambiental. El análisis precedente se ha enfocado sólo en los dos primeros aspectos; se ha dejado de lado la importante cuestión ambiental, que tanta relevancia tiene en el caso de la biotecnología.

Dierkes proporciona también una definición general de "evaluación de tecnología" en los siguientes términos:

"(...)la evaluación y pronóstico integrados y sistemáticos de las consecuencias más importantes (positivas y negativas, directas e indirectas) de tecnologías recientemente introducidas o modificadas sobre los sectores centrales de una sociedad (economía, grupos específicos de la población)" (Dierkes 1987:5).

Agrega el mismo autor que las evaluaciones de ese tipo han sido experimentadas por gobiernos y corporaciones de negocios innovadores con el propósito de maximizar los efectos deseables y minimizar los indeseables del desarrollo tecnológico de la sociedad y sobre grupos o intereses específicos, tales como el medio ambiente.

Dierkes propone, asimismo, procedimientos generales y tareas específicas para una evaluación de las nuevas tecnologías. Aunque demasiado generales, vale la pena reproducir algunos puntos de su trabajo, para tratar de complementarlos con una propuesta más adecuada a las especificidades de los países latinoamericanos.

*Paso 1. Definir la tarea.* Esto debe basarse en los valores y condiciones de cada país o región; y las tareas deben ser determinadas para cada situación. Los tipos de efectos por examinarse deben ser identificados (por ej. sobre el empleo, acerca de los precios al consumidor, en cuanto al uso de recursos naturales, sobre la ecología, etc.).

*Paso 2. Describir las tecnologías relevantes.* Es necesario obtener datos técnicos y de producción, describir el nivel actual de avance en el proceso de investigación y desarrollo, e identificar las barreras técnicas, sociales y económicas para la materialización de la tecnología.

*Paso 3. Desarrollar supuestos sobre el estado de la sociedad.* Dada la influencia mutua entre tecnología y sociedad, se deben precisar factores tales como el poder adquisitivo, el comportamiento real y potencial de los consumidores o usuarios, y sus actitudes, necesidades y valores.

*Paso 4. Identificar las áreas afectadas.* Esto involucra la identificación de aquellas áreas que pueden ser afectadas positiva o negativamente por una tecnología. Seis áreas clave –valores, ambiente, población, economía, sociedad e instituciones– podrían proporcionar un punto de partida general en este proceso, complementadas por estudios de casos específicos que examinarían, por ejemplo, aspectos educativos, geográficos o de transporte.

*Paso 5. Preparar un análisis preliminar de los efectos.* En todos los puntos en que ello sea posible, se deben describir los efectos de corto y largo plazo sobre las áreas individuales, en términos cuantitativos, y se debe identificar la interdependencia entre áreas.

**Paso 6. Identificar posibles opciones para la acción.** Sobre la base del paso 5, se pueden diseñar programas que maximicen los efectos positivos de la tecnología en cuestión y minimicen los negativos.

**Paso 7. Completar el análisis de efectos.** El paso final del procedimiento para conducir una evaluación de tecnología, es corregir las conclusiones hechas en el paso 5, mediante la consideración de los cambios propuestos en el paso 6. Las conclusiones formuladas en esta etapa pueden contener juicios de valor, razón por la cual las conclusiones de una evaluación pueden variar de manera muy significativa en diferentes contextos (Dierkes 1987:7).

### **Algunos Aspectos Específicos de América Latina**

Si se estudia la literatura existente sobre evaluación de la biotecnología, se pueden observar otras dos limitaciones fundamentales, además de las ya señaladas en la sección anterior. Aquí se trataría de analizar esas limitaciones con el interés expreso de desarrollar una metodología alternativa. Una de ellas consiste en que el impacto de la biotecnología se analiza en sí mismo, ya sea con respecto a la agricultura o a la medicina, sin tomar en cuenta que forma parte de la llamada "tercera revolución tecnológica" (Mandel 1978), y que las innovaciones en otros sectores de la economía tendrán efectos combinados con los de la biotecnología (Otero 1990). De allí la importancia del paso 5 en la metodología de Dierkes, que propone "identificar la interdependencia entre áreas".

Una segunda limitación de los estudios de impacto de la biotecnología es lo que se podría denominar el "voluntarismo" del analista, que no es más que una forma transfigurada del optimismo exagerado que fue analizado en la sección anterior. Es decir, a menudo nos topamos con análisis excesivamente optimistas, con una serie de recomendaciones que parecen suponer que los gobiernos de los países latinoamericanos o las agencias internacionales de desarrollo tienen recursos ilimitados para impulsar las políticas que proponen. Esta limitación se podría superar, parcialmente, en la medida en que se pusiera la mayor atención en la estructura de la división internacional del trabajo, así como en los "procesos estructurales de la innovación tecnológica" en cada país. Al hablar de "procesos estructurales", se está poniendo énfasis en la necesidad de combinar el análisis de la estructura con el de los actores protagónicos en la dinámica económica de los

países. Los principales actores que se han mencionado en este trabajo son: las empresas transnacionales, los empresarios locales, los gobiernos y las agencias internacionales.

Del análisis efectuado en este trabajo, pueden surgir cuatro dimensiones principales sobre las cuales habría que evaluar los posibles impactos socioeconómicos de la biotecnología en América latina: 1) Resulta necesario ubicar el nuevo papel que se asigna a las economías atrasadas en la división internacional del trabajo, en el contexto de su integración al mercado mundial con pretensiones de convertirlas en exportadoras de manufacturas; habría que preguntarse qué cambios ocurrirán entre los actores principales de la dinámica económica de la sociedad y cómo se distribuirán los beneficios de la nueva vinculación. 2) Hay que evaluar el potencial de los sistemas de ciencia y tecnología de los países y su vinculación con la industria; si bien existen centros e institutos de Investigación, es preciso determinar su grado de vinculación con el aparato productivo y las formas adicionales en que se podría promover dicha vinculación. 3) Es importante revisar las estructuras jurídicas con relación a la protección industrial, para determinar si las leyes existentes (de patentes y de regulación sobre productos y procesos biológicos) promueven u obstaculizan el desarrollo de la industria local de biotecnología. 4) Por último, se requiere un análisis de las estructuras de las diversas industrias que serán afectadas por los productos de la biotecnología, así como también de las industrias o instituciones que estarán encargadas de difundir la nueva tecnología, para tratar de promover los efectos positivos y evitar los negativos. A continuación se elabora brevemente cada uno de esos puntos.

### **Nueva Inserción en la División Internacional del Trabajo**

De acuerdo con el análisis precedente, la tendencia principal indica que las empresas transnacionales (ETN) tendrán una presencia cada vez mayor en las economías atrasadas. El cambio de modelo del proteccionismo hacia la apertura comercial en momentos de profunda crisis hace muy difícil a los empresarios locales enfrentar con éxito los retos de la competencia internacional. La pregunta central en este contexto es cuál será el comportamiento de las ETN en relación con los objetivos de desarrollo de los países latinoamericanos.

En un artículo reciente se critica el énfasis de algunos estudios sobre el autoritarismo político como factor que aumenta la violencia

política en los países en desarrollo (London y Robinson 1989). Sin negar la importancia de tal factor, los autores de ese trabajo introducen el factor externo en una ecuación econométrica y la aplican a un total de 56 países, la mayoría de ellos en desarrollo. La nueva ecuación cuantifica la presencia de las empresas transnacionales; esto es definido como "dependencia externa". Según los autores, a mayor dependencia externa se da una mayor violencia política, debido al efecto negativo que aquélla tiene sobre la distribución del ingreso. Es decir, para London y Robinson ha quedado claro que una mayor dependencia de los países respecto a las ETN implica una peor distribución del ingreso, lo cual a su vez significa una mayor violencia política. Si esto es lo que promete el nuevo modelo neoliberal de desarrollo dependiente, tal vez sería conveniente explorar o inventar nuevos modelos que tuvieran como su mayor prioridad elevar los niveles de bienestar de la mayoría de la población por otras vías. Otra pregunta que permanecería planteada sería si nuestros pueblos tienen siquiera la opción de seguir un modelo distinto de aquel al cual están hoy por ingresar.

### **Ciencia, Tecnología y Aparato Productivo**

Al analizar las relaciones entre ciencia, tecnología y aparato productivo en el contexto biotecnológico, es preciso indagar las dimensiones de la "masa crítica" con que cuentan los países latinoamericanos y las áreas de investigación en que está concentrada en ese dominio. Habría que establecer asimismo el grado de vinculación de los investigadores con la industria. Si existiera alguna vinculación de ese tipo, sería preciso evaluar el tipo de empresa con el que se establecen nexos. En el caso de México ya se comienza a perfilar una paradoja: los pocos contratos de transferencia de tecnología que ha establecido la Universidad Nacional Autónoma de México han sido, en su gran mayoría, con ETN (Otero 1989a); de ese modo, cabe la posibilidad de que los pequeños pero significativos esfuerzos científicos de un país pobre como México, sean capitalizados por las grandes corporaciones de los países ricos. Y no debe olvidarse que la investigación científica en México ha sido financiada, en su mayor parte, por el público contribuyente, mediante fondos federales. La pregunta que habría que plantear en ese contexto es, si la privatización de conocimientos generados con fondos públicos se utilizará en última instancia en beneficio del interés público, o si tendrá un efecto regresivo sobre la distribución del ingreso.



## Estado y Estructuras Legales

Existen dos áreas de la intervención estatal que pueden afectar el desarrollo de la biotecnología en América Latina. Una es la industria, mediante algunos estímulos fiscales o de otro tipo; otra es la legislación referida a la propiedad industrial y a la regulación de los productos y procesos biológicos susceptibles de ser comercializados. Ambas áreas apenas están por desarrollarse en la mayoría de los países latinoamericanos. Brasil es uno de los pocos países (o tal vez el único) que ha establecido estímulos concretos para el desarrollo de la industria biotecnológica, pero casi todos tienen notorias lagunas legislativas en materia de propiedad industrial y regulación biológica. Esto último podría inclusive llegar a plantear graves peligros ecológicos si algunas industrias de los países del Norte vinieran a los nuestros para realizar pruebas prohibidas en sus propios países.

Ya se ha denunciado la existencia de pruebas por parte de compañías o instituciones estadounidenses, realizadas en Argentina y Nueva Zelanda, que pudieron haber violado las leyes norteamericanas que rigen la liberación al medio ambiente de organismos creados mediante la ingeniería genética. El Instituto Wistar liberó organismos en Argentina sin notificar al gobierno de ese país; buena parte de sus fondos provenían de los Institutos Nacionales de la Salud (NIH) de Estados Unidos, lo cual obliga al beneficiario a sujetarse a las regulaciones existentes en ese país (Crawford 1986, 1987b).

Dentro del discurso del libre comercio, el propio aparato estatal estadounidense ha establecido una serie de incentivos para el desarrollo de la industria biotecnológica. Habría que indagar, en un estudio comparativo (con Brasil, por ejemplo), cuáles han sido los estímulos más exitosos para tal propósito, y determinar si algo similar funcionaría en otros países latinoamericanos.

## Biotecnología y Estructura Industrial

La cuestión teórica que se plantea con la nueva estructura industrial de la biotecnología tiene que ver con la forma que adoptará su disseminación. No es lo mismo que las nuevas tecnologías sean producidas e impulsadas por organismos gubernamentales o internacionales, públicos o semipúblicos, que por empresas privadas. Las motivaciones de cada tipo de organización son muy diferentes, tanto como para tener

impactos también disímiles en la estructura de la sociedad. Mientras las instituciones públicas pueden estar interesadas en mejorar la distribución del ingreso y el bienestar de la población, las empresas privadas sólo se interesan en general por maximizar sus ganancias. Lo que corresponde evaluar, en tal sentido, es si ese tipo de estructura industrial llevará a mejorar la distribución del ingreso y el bienestar de la población latinoamericana, o si contribuirá a profundizar la pobreza y las desigualdades sociales.

Otro aspecto que debe estudiarse cuidadosamente es el de la estructura de las industrias que recibirán el impacto de las nuevas biotecnologías. Sus efectos serán muy diversos en la medida en que la estructura sea homogénea o heterogénea en cuanto al tipo de productores; es decir, si se tratara de una estructura industrial homogénea, con grandes productores que cuentan con fuertes inversiones de capital, lo más probable sería que la nueva tecnología no tuviera efectos polarizadores, ya que todos los productores tendrían similares posibilidades de acceso a las innovaciones tecnológicas. En cambio, si se tratara de una estructura heterogénea, polarizada, lo más probable sería que si la nueva tecnología tuviera un sesgo favorable a la gran escala su introducción afectará adversamente los pequeños productores, quienes seguramente deberían salir del mercado. En este caso el problema por resolver sería el desempleo creado por la innovación tecnológica. Por último, si se tratara de una estructura homogénea de pequeños productores, lo más probable sería que éstos quedarán al margen de la innovación tecnológica, lo cual implicaría una de estas alternativas: el país en su conjunto no adoptaría dicha tecnología y podría quedar marginado del comercio internacional, o los encargados de difundirla serían exclusivamente agentes externos, con el consecuente efecto adverso sobre los pequeños productores locales.

En cualquier caso, debe hacerse un esfuerzo por interrelacionar los efectos que se dan en un sector con los que se pueden obtener en otro. Idealmente, habría que hacer estudios de "equilibrio dinámico", en los cuales se diera cuenta de los cambios simultáneos en varios sectores de la economía. De lo contrario, podría suceder que nuestra evaluación fuera tan incompleta que perdiéramos de vista efectos importantes de la nueva tecnología.

## BIBLIOGRAFIA

AHMED, I. 1988, The bio-revolution in agriculture: key to poverty alleviation in the Third World?, *International Labour Review* (Geneva, ILO). Vol. 127, No. 1, enero.

BARTRA, R.; OTERO, G., Crisis Agraria y Diferenciación Social en México, *Revista Mexicana de Sociología*, Año L, núm. 1, enero-abril.

BAUMOL, W. J. 1989, Is There a U.S. Productivity Crisis?, *Science*, Vol. 243, 3 febrero, pp. 611-615.

BURBACH, R.; FLYNN, P. 1983, Las Agroindustrias Transnacionales: Estados Unidos y América Latina, México, Ediciones Era.

CLEAVER, H. 1972, Contradictions of the Green Revolution, *Monthly Review*, Vol. 2, Núm. 1, junio.

CRAWFORD, M. 1986, Overseas field tests under fire, *Science*, Vol. 234, 28 noviembre, pp. 1068-1069.

\_\_\_\_\_. 1987a, Biotechnology's stock market blues, *Science*, Vol. 238, 11 diciembre, pp. 1503-1504.

\_\_\_\_\_. 1987b, NIH finds Argentina experiment did not break U.S. biotechnology rules, *Science*, Vol. 235, 16 enero, p. 276.

\_\_\_\_\_. 1988, Investor takes Major Position In BioTechnica, *Science*, Vol. 239, p. 722.

DIERKES, M. 1987, The Role of Technology Assessment in the Process of Development, *ATAS Bulletin*, United Nations, N.Y., Issue 4, octubre, pp. 4.8.

DRUCKER, P. F. 1988, El nivel salarial ya no es relevante en la competencia mundial, *Excelsior*, 23 marzo, 1988, pp. 10F y 10F.

GAO (General Accounting Office, Congreso de Estados Unidos) 1987a, Patent Policy: Recent Changes in Federal Law Considered Beneficial, Report to the Chairman, Subcommittee on Courts, Civil Liberties and The Administration of Justice, Committee on the Judiciary, House of Representatives, GAO/RCED-87-44.

\_\_\_\_\_. 1987b, **International Trade: Strengthening Worldwide Protection of Intellectual Property Rights**, Report to Selected Congressional Subcommittees, GAO/nsiad-87-65.

\_\_\_\_\_. 1985, **Agriculture Overview: U.S. Food/Agriculture in a Volatile World Economy** (Briefing Report to the Congress), Washington, GAO/RCED-86-3BR, noviembre.

GOODMAN, D.; SORJ, B.; WILKINSON J. 1987, **From Farming to Biotechnology**, Oxford, Basil Blackwell.

GOODMAN, R. M. et al. 1987, **Gene Transfer in Crop Improvement**, Science, Vol. 236, 3 abril, pp. 4854.

HATSOPOULOS, G. N.; DRUGMAN, P.R.; SUMMERS, L.H. 1988, **U.S. Competitiveness: Beyond the Trade Deficit**, Science, Vol. 241, 15 julio, pp. 299-307.

HEWITT DE ALCANTARA, C. 1978, **Modernización de la Agricultura Mexicana**, México, Siglo XXI Editores.

KENNEY, M. F. 1986, **Biotechnology: The University-Industrial Complex**, New Haven, Yale University Press.

KLOPPENBURG JR., J.; KLEINMAN, D.L.; OTERO, G. 1988, **La biotecnología en Estados Unidos y el Tercer Mundo**, Revista Mexicana de Sociología, Año L, núm. 1, enero-abril.

LONDON, B.; ROBINSON, T.D. 1989, **The Effect of International Dependence on Income Inequality and Political Violence**, American Sociological Review, Vol. 54, No. 2, abril.

LUISELLI FERNANDEZ, C. 1987, **Biotechnology and Food: The Scope for Cooperation**, In Thorup (1987).

MANDEL, E. 1978, **Late Capitalism**, Londres, New Left Books.

MARX, J. L. 1988, **Cloning sheep and cattle embryos**, Science, Vol. 239, 29 de enero, pp. 463-464.

NELKIN, D. 1984, *Science as Intellectual Property: Who Controls Research*, New York, Mac Millan Publishing Company.

NOCHTEFF, H. J. 1988, *Revolución Industrial y Alternativas Regionales*, Revista de la CEPAL, diciembre.

OTERO, G. 1990, *The Coming Revolution of Biotechnology: Rebuttal of Buttell*, Ponencia preparada para su presentación en la reunión anual de la American Sociological Association, Washington, D.F., agosto 8-11.

\_\_\_\_\_. 1989a, *Ciencia, Nuevas Tecnologías y Universidades*, *Ciencia y Desarrollo*, Vol. XV, núm. 87, julio-agosto, pp. 49-59.

\_\_\_\_\_. 1989b, *Agrarian Reform in Mexico: Capitalism and the State*, In William Thiesenhusen (Ed.), *Searching for Agrarian Reform in Latin America*, Boston, Unwin Hyman.

\_\_\_\_\_. 1989c, *Industry-University Relations in Biotechnology and the Sugar and Dairy Industries: Contrasts Between México and the United States*, World Employment Programme research working paper, Ginebra, Organización Internacional del Trabajo.

PEACH, D. 1986, *Patent Policy: Universities' Research Efforts Under Public Law 96-517*. U.S. General Accounting Office, GAO/RCED-86-93, abril.

PEARSE, A. 1980, *Seeds of Plenty, Seeds of Want: Social and Economic Implications of the Green Revolution*, Oxford, Oxford University Press.

SUN, M. 1986, *Will growth hormone swell milk surplus?*, *Science*, Vol. 233.

THE ECONOMIST, *The Pitfalls of Patents*, Mayo 9, 1987, p. 82.

THORUP, C. L. (Ed.) 1987, *The United State and México: Face to Face with New Technology*. New Brunswick. Transaction Books.

TREJOS REYES, S. 1987, *El futuro de la política industrial en México*, El Colegio de México, México.

**TSUR, Y. 1989, Las Patentes: Reflexiones sobre Tecnología y Desarrollo, Comercio Exterior, Vol. 39, núm.4, abril, pp. 282-287.**

**WADE, N. 1974, Green Revolution: A Just Technology Often Unjust in Use. Science, Vols. 186 y 187, 20 y 27 diciembre.**

**YOUNG, J. A., 1988, Technology and competitiveness: A key to the economic future of the United States. Science, Vol. 241, 15 de julio, pp. 313-316.**

**PERSPECTIVAS DE LAS NUEVAS  
BIOTECNOLOGIAS PARA LOS SISTEMAS  
DE AGRICULTURA CAMPESINA**

**Ricardo Torres C.<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Economista de la Universidad Nacional de Colombia, Master of Philosophy de la Universidad de Sussex. Actualmente es Jefe de la División Agraria de COLCIENCIAS, Bogotá, Colombia.





## INTRODUCCION

La nueva biotecnología puede actualmente afectar a todos los sectores que componen el sistema agroalimentario: desde los cultivos hasta la producción industrial de insumos agrícolas y de alimentos procesados; es decir, todo tipo de actividad productiva que utilice productos biológicos o que tenga capacidad para hacerlo.

En el caso de la agricultura, quizás las innovaciones biotecnológicas de mayor alcance sean aquellas que prometen sustentar sistemas agropecuarios de alta productividad y bajo consumo de insumos industriales, dado el gran impacto económico y social que conllevaría su difusión.

Prácticamente todos los analistas que se ocupan de este nuevo paradigma tecnológico han coincidido en señalar que la nueva biotecnología (NBIOT), a diferencia de otras nuevas tecnologías, presenta tal versatilidad que puede ofrecer desarrollos al alcance de distintos tipos de productores, sin excluir a los de menores recursos, y puede generar opciones tecnológicas prácticamente para todo tipo de producto biológico y de medio ecológico; por tal causa, es considerada muy superior a las tecnologías típicas de la llamada Revolución Verde.

Algunos han considerado a esa capacidad como una oportunidad única que se presenta a los países del Tercer Mundo para mejorar de manera definitiva su agricultura, y sobre todo para superar la pobreza que afecta a gran parte del sector rural. Otros, en cambio, piensan que dadas las condiciones institucionales en que se desarrolla la nueva biotecnología, ella conducirá inevitablemente a reforzar las estructuras de desigualdad social y económica que hoy prevalecen en los países en desarrollo.

Sin embargo, evaluar en forma realista las posibilidades prácticas de la NBIOT implica analizar no sólo su potencial científico-técnico, sino también las evidencias prácticas puestas de manifiesto en esta temprana etapa de su desarrollo. Es necesario, en tal sentido: 1) discriminar el potencial que ofrecen las diferentes técnicas de la NBIOT para la agricultura; 2) revisar las dificultades técnicas que aún supone el desarrollo y puesta a punto de las tecnologías más prometedoras en el caso de la agricultura campesina; 3) evaluar el tipo de innovaciones en

el contexto de la tendencia hacia la privatización de las actividades de investigación y desarrollo; 4) discutir el rol del Estado en el nuevo contexto económico e institucional.

En este documento se argumentará que el análisis de la información disponible permite concluir que la gran mayoría de las innovaciones biotecnológicas que actualmente se desarrollan tienden, al menos en el corto y en el mediano plazo, a reforzar y extender la vida útil de los patrones tecnológicos y económicos prevaletentes en la agricultura; en esos patrones se funda, precisamente, el negocio de las corporaciones transnacionales que hoy son "propietarias" también de parte sustancial de la NBIOT. Por lo tanto, la posibilidad de orientar el potencial de las nuevas biotecnologías hacia la evolución de sistemas agrícolas alternativos más apropiados a las necesidades de los países en desarrollo, tanto en términos económicos y sociales como en términos ecológicos, requiere una fuerte y decidida intervención del Estado, con el fin de asegurar un contexto institucional adecuado a sus estrategias. Esa intervención debe incluir medidas para el fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica, y medidas complementarias de política económica para un orden jurídico-institucional que garanticen los incentivos necesarios para su desarrollo.

## EL POTENCIAL DE LA NUEVA BIOTECNOLOGIA PARA LA AGRICULTURA

La NBIOT hace ya aportes significativos al mejoramiento de la agricultura, pero su verdadero potencial está aún por ser desarrollado. La NBIOT es un conjunto de técnicas derivadas de diferentes disciplinas asociadas con la biología molecular, la bioquímica y la genética. Esas técnicas pueden ser agrupadas en: 1) cultivo y regeneración de células y tejidos; 2) hibridación somática; 3) ingeniería genética; 4) producción de anticuerpos monoclonales; 5) biocatálisis. Las relacionadas más directamente con la agricultura son las tres primeras.

El cultivo de tejidos *in vitro* se basa en una propiedad exclusiva de las plantas, según la cual éstas pueden ser regeneradas por completo a partir de células no reproductivas. Hoy es una técnica ampliamente difundida, la cual ha hecho contribuciones importantes para mejorar la eficiencia de los sistemas de fitomejoramiento tradicional por medio de distintas vías (Ver Cuadro 1).

---

CUADRO 1

PRINCIPALES APLICACIONES DE LAS TECNICAS  
DE CULTIVO DE TEJIDOS VEGETALES

---

1. CONSERVACION DE MATERIAL GENETICO
2. PROPAGACION MASIVA
3. ELIMINACION DE ENFERMEDADES
4. INTERCAMBIO DE GERMOPLASMA
5. MAYOR EFICIENCIA EN LOS PROCESOS DE HIBRIDACION:

Selección precisa de rasgos deseados; obtención de híbridos entre especies distintas y rapidez en la obtención de nuevas variedades.

Cultivo de células

Rescate de embriones

Selección por cultivo de anteras y microesporas

Producción de haploides

Variación somaclonal

Fusión de protoplastos

---

Varios son los aspectos positivos de esa técnica; en primer lugar, la conformación y mantenimiento de bancos genéticos es fundamental para los procesos de fitomejoramiento y la conservación de germoplasma *in vitro*; es una herramienta muy útil que facilita la multiplicación, caracterización, evaluación y almacenamiento del material vegetal; además, supera muchos de los problemas de manejo que se presentan en los bancos plantados.

En segundo lugar, el cultivo de tejidos es una técnica eficiente de propagación, por medio de la cual se producen con economía y rapidez grandes cantidades de clones superiores y plantas élite. Esta es, de hecho, la fuente de ingresos de la mayoría de compañías dedicadas a la biotecnología. En particular el sistema de embriogénesis es, comercial-

mente, el de mayor potencial, puesto que permite encapsular embriones para producir semilla artificial, mediante un proceso mecanizable con el uso de biorreactores, lo cual facilita el avance hacia una completa automatización del sistema (Roca 1989:11-12).

En tercer lugar, el cultivo de tejidos *in vitro*, complementado con tratamientos de quimio y termoterapia, es un medio eficaz para la eliminación de enfermedades, en especial las producidas por patógenos sistémicos, virus que no pueden ser eliminados por medio de pesticidas. De ese modo se mejoran también las posibilidades de transporte e intercambio internacional de material genético sano.

En cuarto lugar, el cultivo de tejidos permite acelerar el mejoramiento genético de plantas mediante diferentes técnicas complementarias: a) el cultivo de células *in vitro* es un instrumento bastante refinado y eficaz para la selección de caracteres resistentes a enfermedades, o tolerantes a procesos de *stress* químicos y fisiológicos (Innes 1989:28); b) el rescate de embriones es una técnica que facilita la hibridación y la transferencia genética entre especies o géneros interrelacionados; c) la producción de haploides y su posterior doblaje a partir del cultivo de polen o de anteras ya ha permitido producir nuevas variedades de alto rendimiento en arroz, trigo y maíz (Roca 1989:13); d) el cultivo de anteras y microesporas también es utilizado para la selección por resistencia a *stress* y enfermedades, de manera que éstas se expresen en la producción de haploides; así se ha obtenido, por ejemplo, resistencia a heladas en tomates (Innes 1989:28); e) mediante el uso tanto de la esterilidad masculina como de la auto-incompatibilidad se han obtenido híbridos F1 de alta productividad y calidad. Esta última técnica se expande con rapidez, a pesar de estar asociada a altos costos en la producción de semillas (Innes 1989:28).

Finalmente, debe recordarse que la variación somaclonal o la producción de variantes genéticos que se obtienen luego de que el cultivo de tejidos pasa por una fase de callos indiferenciados, podría convertirse en un arma poderosa para el fitomejoramiento; sin embargo, hasta el momento no se han obtenido resultados útiles, en especial porque el fenómeno no puede todavía ser controlado (Roca 1989:14). La hibridación somaclonal constituye también una herramienta potencial para lograr la hibridación entre especies y géneros, difícil de obtener por medio de métodos de cruce convencionales; sin embargo, hasta el momento no se han podido obtener resultados comerciales significativos.

No obstante, las NBIOT que encierran el mayor potencial para producir innovaciones tecnológicas de gran alcance en los sistemas de producción, son las conocidas genéricamente como ADN recombinante o Ingeniería genética. Son éstas las que mayor expectativa han despertado entre los analistas; a ellos se hace referencia implícitamente cuando se destaca la ilimitada capacidad que se habría logrado ya para manipular virtualmente cualquier planta y adaptar un cultivo a cualquier tipo de medio ecológico.

El uso del plásmido Ti de la *Agrobacterium tumefaciens* y del plásmido Ri de *A. rhizogenes* para transferir códigos genéticos de resistencia a antibióticos y a herbicidas, se han convertido en práctica común en los últimos años (Innes 1989:28). De esa manera se ha obtenido un método que, al menos en teoría, permite transferir cualquier tipo de gen a cualquier planta, lo cual implica un cambio radical en las bases de las técnicas convencionales de mejoramiento genético vegetal. Sobre todo, estas nuevas técnicas de ingeniería genética permiten transformar de manera sustancial los procesos de producción agrícola a partir del desarrollo de nuevos tipos de sistemas de cultivo. Sin embargo, son precisamente esas tecnologías las que se encuentran apenas en una fase temprana de desarrollo; para su perfeccionamiento se requiere aún mayor esfuerzo investigativo, más recursos y tiempo para aprovechar su potencial y conseguir resultados prácticos.

La ingeniería genética es un conjunto de técnicas que permiten identificar, aislar, modificar y reintroducir genes a su organismo original, o transferirlos a otro diferente. Sin embargo, aún quedan muchos problemas por resolver en ese proceso, relacionados con aspectos tales como la expresión genética, el efecto sobre el material genético receptor, la estabilidad de la expresión genética a lo largo de generaciones subsecuentes y la escala de operación necesaria para obtener la cantidad de plantas alteradas deseada (Innes 1989: 28). (Ver Cuadro 2).

Los genes transferidos deben ser introducidos exactamente en el órgano adecuado de la planta y no en otro. Asimismo, el carácter transferido debe ser transmitido sexualmente de manera permanente, pero la variación somaclonal ya mencionada crea dificultades. Las funciones del metabolismo intermediario y el rol de las enzimas, sobre todo en plantas mayores, son decisivas, pero aún se carece de mucha información para la adecuada comprensión de los procesos involucrados en la biología molecular (Innes 1989:28). Otra gran limitación es la poca

cantidad de genes de importancia económica identificados hasta el momento.

---

CUADRO 2

PRINCIPALES PROBLEMAS EN EL DESARROLLO  
DE LA INGENIERIA GENETICA

---

1. Identificación y caracterización de genes
  2. Aislamiento de secuencias específicas de ADN
  3. Clonación de ADN recombinado
  4. Transferencia de ADN a más especies
  5. Correcta expresión del gen transferido
  6. Regeneración de más especies
  7. Estabilización del rasgo genético transferido mediante la reproducción sexual
  8. Conocimiento del metabolismo intermedio y del rol de las enzimas
- 

Elaborado con base en: *Biotechnology and Plant Breeding*, AgBiotech News and Information, 1989, Vol. 1, No. 1, p. 28.

Dado el estado actual de desarrollo de la NBIOT, su mayor contribución ha sido mejorar la eficiencia de los sistemas convencionales de fitomejoramiento; se los ha hecho más rápidos y precisos, con la aplicación de técnicas de cultivo de tejidos, aunque sin producir todavía innovaciones que puedan provocar alteraciones importantes en los sistemas de producción agrícola. Las líneas de la biotecnología que prometen, en cambio, innovaciones radicales (tales como resistencia a pestes y enfermedades, tolerancia a *stress* ambiental, fijación natural de nitrógeno, mejores contenidos nutritivos), las cuales podrían revolucionar no sólo las bases de los sistemas de hibridación, sino los fundamentos mismos de los sistemas de producción agrícola prevaecientes, se encuentran apenas en una fase inicial; por tal causa, su potencial sólo se podrá materializar en el largo plazo.

## LA REESTRUCTURACION DE LA AGROINDUSTRIA Y LA PRIVATIZACION DE LA NUEVA BIOTECNOLOGIA

A diferencia de la Revolución Verde (que fue una estrategia promovida primordialmente por el sector público con objetivos políticos y sociales, e instrumentada luego para satisfacer los intereses comerciales de las corporaciones transnacionales productoras de agroinsumos), la biorrevolución generada por la NBIOT es sobre todo un asunto de las corporaciones transnacionales; el sector público desempeña en ese proceso un papel secundario.

El rasgo distintivo de la biorrevolución (producción y difusión de la NBIOT) es la privatización. El desarrollo del sistema convencional de fitomejoramiento, en particular el método de hibridación de doble cruce, no fue sólo la técnica que hizo posible la obtención de variedades de alto rendimiento (VAR), con gran respuesta al uso de insumos artificiales; también significó el mecanismo económico que facilitó la apropiación privada de los beneficios obtenidos con el desarrollo de nuevas tecnologías biológicas y agronómicas. En efecto, la producción de híbridos de alto rendimiento impide que el agricultor pueda reproducir la semilla en su finca y lo obliga a adquirirla comercialmente (Torres 1988:85-86). La hibridación, por lo tanto, abrió las puertas a la agroindustria productora de semillas, en especial en algunos cultivos, y al establecimiento de cierta capacidad de investigación y desarrollo en el área agronómica por parte de la empresa privada. La agroindustria de las semillas comenzó a crearse en Estados Unidos y Europa en los años veinte, y se consolidó a lo largo de los cincuenta y sesenta (Goodman *et al.* 1987:33-44). En América Latina, en cambio, la industria semillera aparece más como un subproducto de la Revolución Verde.

La NBIOT crea condiciones que permiten el reforzamiento de la privatización de las actividades de investigación y desarrollo biológicas y agronómicas. La complejidad de la investigación y los relativamente altos montos de inversión requeridos para su desarrollo se convierten en efectivas barreras que, además de eliminar de manera definitiva al agricultor del campo de la producción de semillas, impiden la entrada de otros competidores comerciales. Esas condiciones agilizan la industrialización de la producción de innovaciones biológicas y el correspondiente uso de la investigación biológica (básica y aplicada) como arma de competencia monopólica. En tal sentido, es protegida por

medios institucionales, como las patentes y los derechos de propiedad (los cuales ya han sido establecidos en los países desarrollados que sirven de base a las corporaciones transnacionales involucradas en el negocio de las NBIOT) y/o mediante las prácticas habituales de secreto industrial.

Las semillas de la Revolución Verde fueron difundidas mundialmente por una red de Centros Internacionales de Investigación Agrícola (CIIA), creada a tal efecto por algunas fundaciones privadas estadounidenses con apoyo del gobierno federal; a ellas se sumó posteriormente un *pool* de agencias internacionales de desarrollo, para conformar lo que hoy se conoce como el "Grupo Consultivo" (GCIAI). Detrás de él se abrieron paso las corporaciones transnacionales productoras de insumos agrícolas; los centros internacionales difundieron las nuevas variedades, y las transnacionales suministraron los insumos necesarios para su cultivo (Torres 1987b).

Para cumplir su labor, los centros internacionales se apoyaron, a su vez, en los Sistemas Nacionales de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de los países objetivo. Se establecieron fuertes estructuras de investigación agrícola en algunos países del Tercer Mundo para que pudieran cumplir con esa función. Fueron fundados o reorganizados institutos en América Latina y Asia, con abundante colaboración internacional, con el fin de crear capacidad para hibridar y adaptar las variedades de la Revolución Verde y difundirlas localmente. Asimismo, fueron instituidos sistemas especiales de crédito y asistencia técnica, con el propósito de que los agricultores pudieran adaptar el paquete de insumos necesario. De ese modo, las transnacionales extendieron sus mercados hacia el Tercer Mundo, en especial en países de mercados grandes y medianos: India, México, Argentina, Brasil, Filipinas, Colombia, Perú y Paquistán, entre otros. La biorrevolución, en cambio, se abre paso en manos directas de las transnacionales, que

ahora realizan su propia investigación biológica y desarrollan sus "propias" variedades.

En 1988, sólo en Estados Unidos, las empresas con actividades de investigación y desarrollo en biotecnología agrícola invirtieron US\$ 280 millones, con 4000 investigadores, lo cual se compara favorablemente con el presupuesto de los Centros del Grupo Consultivo, en el mismo año, para investigación agrícola (no sólo biotecnología), que fue de US\$ 180 millones, con 830 investigadores (Fowler *et al.* 1988:61-64).



Actualmente, la capacidad e influencia de las corporaciones transnacionales es aún mayor, dado el proceso de concentración que se ha operado en la industria de agroinsumos en los últimos diez años. Más de un tercio de las corporaciones dominantes en este campo hacia mediados de los años setenta ha desaparecido. La industria de pesticidas, que vale aproximadamente US\$ 17.4 mil millones, es dominada por siete transnacionales que participan con 63% de las ventas globales. (Fowler et al. 1988:73-76) (Ver Cuadro 3).

CUADRO 3

## PARTICIPACION DE LAS SIETE EMPRESAS MAS IMPORTANTES EN LAS VENTAS DE PESTICIDAS EN 1986

(Millones de Dólares)

Empresa	País	Ventas	% de Ventas Global
Bayer	Alemania	2 344	13
Ciba-Geigy	Suiza	2 070	12
ICI	Gran Betaña	1 900	11
Rhone-Poulenc	Francia	1 500	9
Monsanto	Estados Unidos	1 152	7
Hoechst	Alemania	1 022	6
Du-Pont	Estados Unidos	1 000	6
Siete más importantes		10 988	64

Tomado de: *Pharm-ecology, The Corporate Approach to Organic Agriculture*, En: *Development Dialogue*, 1988, 1-2, Upsala, Suecia, p.77.

El desarrollo y aplicación de la NBIOT ha propiciado una vasta reestructuración del sistema agroalimentario que no se limita a la mayor concentración de la industria tradicional de agroquímicos. Los rasgos más característicos de esa reestructuración han sido la incorporación de la industria de semillas, antes independiente, por parte de las transnacionales dominantes en el campo de agroinsumos y de alimentos, y la institucionalización, por las mismas compañías, de la investigación biológica y agronómica, la cual antes era función casi exclusiva del sector público. Se trata de la fase más reciente, y ciertamente más espectacular, de una tendencia de largo plazo que se ha configurado en

la medida en que convergieron distintas tecnologías aplicadas a la producción agropecuaria y su producción se pudo programar en forma más integrada. Así como las técnicas de hibridación se hicieron más eficientes para producir variedades de alta respuesta a los agroquímicos y mejor adaptadas a las necesidades de mecanización, se favoreció un rápido acercamiento entre las distintas ramas productoras de fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, maquinaria y equipo, cuyo alto nivel de integración se expresa en el llamado "paquete tecnológico". Las NBIOT prometen ahora la posibilidad de producir variedades vinculadas ya no a un insumo genérico sino inclusive a una formulación o marca en particular.

El temprano reconocimiento de que el insumo clave en la comercialización de las NBIOT es la semilla originó recientemente un proceso de veloz adquisición de las más importantes firmas semilleras por las transnacionales en los países desarrollados e incluso en algunos del Tercer Mundo (Torres 1988:87-89). Se ha estimado en cerca de 500 el número de adquisiciones directas y similar número de otro tipo de participaciones accionarias. De las siete corporaciones líderes en plaguicidas, cinco están ahora colocadas entre las 20 compañías de semillas más grandes del mundo. Las ventas mundiales de semillas se calculan en US\$ 13.6 mil millones anuales, y las 10 principales compañías cubren 20%. Se ha previsto que para el año 2000 este mercado valdrá US\$ 28 mil millones, de los cuales aproximadamente US\$ 12.1 mil millones contarán con alguna contribución de la biotecnología (Fowler *et al.* 1988:74-77) (Ver Cuadro 4).

Por su parte, la institucionalización de la investigación ha sido un proceso envolvente en el cual las corporaciones utilizaron tres mecanismos principales: 1) la compra o respaldo financiero de las compañías pioneras en biotecnología, que habían sido creadas inicialmente por investigadores vinculados a las universidades (tal es el caso de Genetech, Celltech, Agrigenetics, Calgen, Cetus y Biogen, entre otras); 2) la realización de contratos para financiar investigación universitaria a cambio del licenciamiento de resultados promisorios (muchas de las más importantes universidades norteamericanas y europeas se encuentran ya en la lista de estos costosos contratos); 3) la organización de programas propios, para lo cual las compañías han atraído connotados grupos de investigadores universitarios, ya sea como empleados, asesores o como accionistas de sus compañías. Varios premios Nobel, por ejemplo, se encuentran de ese modo vinculados a las transnacionales (Torres 1988).

**CUADRO 4**  
**PARTICIPACION DE LAS SIETE EMPRESAS MAS IMPORTANTES**  
**EN LAS VENTAS DE SEMILLAS EN 1986**

(Millones de US\$)

<b>Empresa</b>	<b>País</b>	<b>Ventas</b>	<b>Ventas Globales %</b>
Pioneer	Estados Unidos	891.0	6.55
Shell	Gran Bretaña/Holanda	350.0	2.57
Sandoz	Suiza	289.8	2.13
Dekalb/Pfizer	Estados Unidos	201.4	1.48
UpJohn	Estados Unidos	200.0	1.47
Lima-Grain	Francia	171.5	1.26
ICI	Gran Bretaña	160.0	1.19
Ciba-Geigy	Suiza	152.0	1.12
LaFarge	Francia	150.0	1.10
Volvo	Suecia	140.0	1.03
<b>Diez más importantes</b>		<b>2 705.7</b>	<b>19.90</b>

Tomado de: Pharm-Ecology, The Corporate approach to Organic Agriculture, En: Development Dialogue, 1986, 1-2, Upsala, Suecia, p.76.

### TENDENCIAS ACTUALES EN EL DESARROLLO DE INNOVACIONES BIOTECNOLOGICAS

La NBIOT tiene la capacidad técnica para resolver muchos de los problemas que la Revolución Verde no pudo tratar. Sin embargo, las actuales tendencias dominantes en el desarrollo de las innovaciones biotecnológicas indican que se realiza muy poco esfuerzo para atender las necesidades de la agricultura familiar o campesina que eventualmente pudieran adecuarse a los países del Tercer Mundo. Eso se debe, como ya se explicó, en parte a dificultades de orden científico y tecnológico, pero sobre todo a las condiciones económicas e institucionales en que se desarrollan. En la medida en que priman los intereses de compañías privadas internacionales, la NBIOT crece predominantemente en función de las estrategias comerciales particulares.

La mayor cantidad de esfuerzos y recursos se concentran, por el momento, en lograr la extensión del mercado para los químicos ya registrados; se buscan una mejor respuesta a los fertilizantes, tolerancia a los herbicidas y producción de embriones encapsulados para reemplazar la semilla (Ver Cuadro 5).

CUADRO 5

## TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE LAS NUEVAS AGROBIOTECNOLOGIAS

Necesidad Básica	Contribución Potencial	Desarrollos Dominantes
Diversificación y mejoramiento de sistemas de produc.	Conservación, selección y mejoramiento de cultivos básicos	Embriones encapsulados (semilla artificial). Híbridos complejos.
Reducción de costos de produc.	Resistencia a plagas y a enfermedades. Fijación de nitrógeno. Tolerancia Stress ambiental	Resistencia a herbicidas
Mejor nutrición	Mayor contenido nutritivo	
Rendimientos	Eficiente uso de los recursos vegetales locales	Mejor respuesta a insumos artificiales (fertilizantes)

Elaborado con base en: *The Homogenization of Life; A Summary of the Problem/Potential*, En: *Development Dialogue*, 1988, 1-2, Upsala, Suecia, p. 49.

A pesar del gran potencial existente para seleccionar y mejorar variedades y especies exóticas, la mayor parte de las compañías biotecnológicas está comprometida en superar los actuales rendimientos de los cultivos tradicionales de la Revolución Verde, tales como el trigo, el arroz y el maíz. Se espera que para 1991 estén disponibles en el mercado nuevas variedades de arroz las cuales permitirán un aumento en los rendimientos de 50% sobre los niveles de 1986 (Fowler *et al.* 1988:68). Ese tipo de mejoramiento deberá reflejarse en un mayor consumo de fertilizantes (Ver Cuadro 6).

**CUADRO 6**  
**INCREMENTO ESTIMADO DE LA PRODUCCION**  
**DE ALGUNOS CULTIVOS MAYORES**  
**DEBIDO A LA BIOTECNOLOGIA**

(1988 = 100)

Región	Año (Estimado) Cultivo	1992 Maíz	1992 Trigo	1991 Arroz
Estados Unidos		144	145	150
Canadá		171	145	-
Europa		148	144	300
Asia		200	200	200
ALC		200	200	200
Africa		200	200	222
Promedio		177	172	214

Tomado de: *The End of the End; Third World Farmers and The New Plant Genetics*, En: *Development Dialogue*, 1988, 1-2, Upsala, Suecia, p. 68.

Sin embargo, la abrumadora mayoría del trabajo de hibridación está concentrada en el área de resistencia a herbicidas. Al menos 27 compañías han establecido programas en esa línea; cubren los cultivos más importantes, tales como arroz, maíz, algodón, papa, trigo, sorgo y soya, hortalizas y algunas especies forestales (Fowler *et al.* 1988:77).

Como ya se mencionó, se han manifestado graves preocupaciones sobre la excesiva aplicación de agrotóxicos y el hecho de que un creciente número de malezas e insectos se hayan hecho resistentes a ellos; pero la investigación no se ha dirigido hacia la resistencia a pestes, sino hacia la resistencia a agrotóxicos. La lógica subyacente es comercial: adaptar plantas a químicos tiene varias ventajas. Desarrollar una nueva variedad es más barato que desarrollar un nuevo herbicida, lo cual puede costar hasta US\$ 40 millones. Si los cultivos resisten al herbicida y éste ha sido finalmente aprobado luego del largo proceso regulatorio requerido, podrá tener vigencia por largo tiempo y así extender su mercado y su período de vida útil.

Si bien la disponibilidad en el mercado de semillas resistentes a herbicidas no se espera hasta finales de la década de los noventa, se han hecho progresos significativos en esa dirección. Calgene ha aislado un gen que confiere resistencia a *Round Up*, el herbicida de Monsanto; el proyecto es producir variedades comerciales de algodón. Ciba-Geigy está produciendo semillas resistentes a su propia marca, *Atrazine*. Rhone-Poulenc está produciendo semillas de girasol resistentes a su químico *Bromoxinye* (Ahmed 1988:62). Se han expresado temores por parte de algunos científicos en cuanto a que una inesperada mutación genética de los híbridos así obtenidos dejará de manera sorpresiva sin protección al cultivo, debido al *stress* causado por el aumento en las aplicaciones de químicos; se prevé, asimismo, el fortalecimiento del ya observado círculo vicioso según el cual las malezas y los insectos también mutan y ganan resistencia a los químicos (Ver Cuadro 7).

La micro-encapsulación de embriones es la tecnología de más rápido crecimiento entre todas las biotecnologías agrícolas que se desarrollan actualmente. El embrión encapsulado reemplaza a las semillas; es una semilla artificial. Se trata de un embrión obtenido por embriogénesis somática a partir de partes de la planta diferentes a la semilla; es encapsulado con nutrientes y pesticidas, simulando la estructura de una semilla. Con él se garantiza al cultivador una "semilla" confiable, sin dudas sobre sus cualidades genéticas; al mismo tiempo, representa un excelente vehículo para el uso de fertilizantes y plaguicidas, tanto en la fabricación del embrión como en su cultivo en campo.

Actualmente, nueve compañías trabajan en la producción de ese tipo de semilla, por medio de 17 programas en los cuales se incluyen 13 cultivos; la mayoría de ellos son hortalizas, pero se investiga también en maíz, arroz, trigo, sorgo y cebada (Fowler *et al.* 1988:80-82). Se cree que sólo a comienzos del siglo XXI la microencapsulación cubrirá una parte significativa del mercado de semilla, pero aún no está claro si el aumento del costo de la semilla será contrarrestado por probables disminuciones en la aplicación de pesticidas.

En el largo plazo, la estrategia de las corporaciones no excluye las líneas ya reseñadas, pero también prevé la ampliación a la producción de bioinsumos. A pesar de que actualmente la mayor parte del trabajo en fijación de nitrógeno, biopesticidas y bioherbicidas se desarrolla en el sector público, las corporaciones han asegurado su acceso a esa línea de investigación, y en el momento oportuno comenzarán a desarrollar productos comerciales.

**CUADRO 7**  
**RESISTENCIA A HERBICIDAS:**  
**MUESTRA DE DESARROLLOS MAS INVESTIGADOS**

Marca	Cultivo	Corporación/Contratista
Round-Up	Algodón Papa Maíz Maíz Hortalizas Maíz	Calgene Calgene Calgene ICI/Biotechnica ICI/Biotechnica Phyto-Dinamics
Atrazine	Tomate Soya Tabaco ? ?	Calgene Ciba-Geigy USDA Harvard Michigan State
Basta	Papa Tabaco Papa Tomate	Biogen Biogen Plant Genetic System Plant Genetic System
Glean	Soya Tabaco	Dupont Dupont
Picloran	Tabaco Tabaco	Dupont Cornell University

Elaborado con base en: *Pharm-Ecology: The Corporate Approach to Organic Agriculture*. In *Development Dialogue*, 1988, 1-2, Upsala, Suecia, p. 86-92.

Si bien las compañías se han mostrado desdeñosas en cuanto a las posibilidades de mejorar la capacidad de las plantas para fijar nitrógeno, los investigadores universitarios han hecho importantes progresos. Se ha demostrado que los genes fijadores pueden ser transferidos a plantas no fijadoras, y se ha avanzado en mejorar la eficiencia de la bacteria fijadora

*Rhizobium* (Fowler et al. 1988:82-83). De todas formas, de esos trabajos pueden derivarse tecnologías que favorezcan la mayor absorción de fertilizantes inorgánicos.

Por lo menos siete compañías realizan trabajos para desarrollar biofungicidas. La alta especificidad es su principal atractivo desde el punto de vista técnico, pero es también su mayor debilidad desde el punto de vista comercial. Las compañías tienen la opción de vincular su uso al de químicos corrientes para lograr esquemas más efectivos. Pennwalt, por ejemplo, desarrolla una técnica para aplicar una raza de *B. Subtilis* junto con *Benomyl* para combatir insectos que atacan a ciertos frutales.

Los trabajos en biopesticidas representan apenas la mitad de los efectuados en resistencia a herbicidas; más de 95% de ellos están dirigidos a adaptar la toxina del *Bacillus thuringensis* a diversos cultivos (Fowler et al. 1988:83-85). No obstante, existen ya informes que señalan que las más potentes razas de ese bacilo han generado mutaciones en poblaciones de insectos objetivo.

La utilización de bioinsumos no debe ser identificada automáticamente con agricultura orgánica, pues aunque los productos parezcan más adecuados ecológicamente, ellos no impiden el riesgo de graves contaminaciones, si se tiene en cuenta que muchas sustancias naturales son altamente tóxicas. El uso intensivo de biofertilizantes o biopesticidas puede tener los mismo riesgos que hoy plantean los insumos artificiales: contaminación y desarrollo de una resistencia aún más severa en plagas y malezas. Por lo demás, el trabajo en estas áreas podría también conducir eventualmente, como ya se anotó, a complementar y reforzar el uso de insumos agroquímicos.

La NBIOT representa un nuevo medio de diversificación para la ya saturada industria agroquímica, que enfrenta una situación crónica de excesos de capacidad instalada (Yoxen 1983: 150). Las estrategias de la industria biotecnológica, en el corto y en el mediano plazos, apuntan a maximizar el uso de químicos y a ampliar el uso de pesticidas. En el largo plazo esas estrategias contemplan la producción de biopesticidas y biofertilizantes, cuya liberación en el medio ambiente puede tener impactos aún imprevisibles.



## POSIBILIDADES DE LA NUEVA BIOTECNOLOGIA PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR Y CAMPESINA

Si se encara el completo desarrollo del potencial biotecnológico para la agricultura, sus efectos globales más importantes se traducirán en una mayor industrialización de la producción agrícola y en el desarrollo de sistemas de producción menos dependientes de fuentes de energía no renovables. Esta última vía podría ser la de mayor trascendencia debido a que, además de sus favorables efectos ecológicos, tendría un gran impacto económico y social, puesto que podría ser la base de sistemas de producción eficientes, diversificados y de bajo costo; por lo tanto, al alcance de productores de limitados recursos.

Por industrialización de la agricultura debe entenderse no sólo el uso creciente de insumos industriales sino, ante todo, el desarrollo de procesos de producción más continuos y flexibles. Si bien habitualmente el desarrollo tecnológico de la agricultura se identifica con mayores niveles de productividad basada en el mayor uso de insumos agroquímicos y maquinaria, lo cierto es que se trata de un fenómeno más complejo, el cual —por medio de la reducción del ciclo de reproducción de las plantas y de la disminución de su sensibilidad a las variaciones climáticas— ha llevado a cultivos más eficientes debido a la compactación de su proceso de producción. Así, muchos "tiempos muertos", intra e intercultivos, se han convertido en tiempo productivo; de ese modo se hace más eficiente el uso de insumos, maquinaria y mano de obra, lo cual posibilita la obtención de más cosechas en un mismo período. En ese sentido, la tendencia hacia la industrialización de la agricultura significa mayor independencia frente a las condiciones naturales de producción (Torres 1987a:20-25). Los cultivos de hortalizas y flores en invernadero son la más clara expresión de esa tendencia.

El gran impacto tecnológico de la Revolución Verde no se debió meramente al uso de variedades de alto rendimiento acompañadas de fertilizantes y riego, como parece entenderse cuando se habla del llamado "paquete tecnológico". Los aumentos en la productividad de arroz, maíz y trigo —los cultivos típicos de la Revolución Verde— se debieron además al hecho de que se trataba de variedades enanas de rápido crecimiento y de porte uniforme, que posibilitaron cosechas adicionales y mayor mecanización de las mismas (Torres 1987b:36-39).

El impacto de esa tecnología fue de tal importancia que el cambio

inducido en la agricultura causó transformaciones, incluso en prácticas culturales ancestrales que estaban ligadas a la sucesión secular de las cosechas según las estaciones.

Hoy, luego de una activa y prolongada polémica, críticos y defensores de la estrategia de la Revolución Verde coinciden en señalar que la difusión del paquete tecnológico típico contribuyó a aumentar la oferta global de algunos cereales y conjurar, de ese modo, hambrunas recurrentes en algunos países, pero falló en resolver problemas económicos y sociales del campo, hacia los cuales estaba dirigida la estrategia (Buttel *et al.* 1985; Lipton y Longhurst 1985).

Los requerimientos técnicos y económicos inherentes a la aplicación del modelo difundido mediante el denominado paquete tecnológico produjeron un acentuamiento en los desequilibrios regionales y en las desigualdades sociales de los países en donde ese modelo se aplicó en gran escala, mientras que la mayoría de países del Tercer Mundo (África, por ejemplo) quedaron al margen de cualquier beneficio de ese proceso.

En primer lugar, ese modelo es muy exigente en términos agroecológicos. Requiere suelos llanos de buena calidad y abundante disponibilidad de agua. Por esa razón, su difusión fue exitosa sólo en determinadas regiones del mundo, mientras que las regiones mal dotadas, que son la mayoría en el Tercer Mundo y en las cuales se concentra el campesinado pobre —que constituye a su vez, la mayoría de la población rural de esos países— no fueron beneficiados por ese proceso de cambio tecnológico.

En segundo lugar, el aprovechamiento más completo del potencial de las nuevas variedades implicó altos costos debido a la demanda de insumos industriales que implica. El paquete supone la compra de semilla híbrida producida en forma comercial, la aplicación de abundantes cantidades de fertilizantes inorgánicos, el uso de herbicidas para controlar la proliferación de malezas, la aplicación de crecientes cantidades de pesticidas para contrarrestar la mayor susceptibilidad de los cultivos a plagas y enfermedades, y una mecanización más intensa para aprovechar los rendimientos a escala (Torres 1987b).

El resultado de este modelo tecnológico en las regiones en donde se difundió ampliamente fue la descomposición del campesinado a gran escala y el empeoramiento de las condiciones de vida a nivel rural,

debido al efecto combinado del desempleo provocado por la mayor mecanización y al empobrecimiento de grandes capas de campesinos de escasos recursos que no tuvieron acceso a la nueva tecnología, frente a lo cual el sector industrial no contó con la capacidad suficiente para absorber la mayor disponibilidad de mano de obra. Los más favorecidos con los beneficios de la mayor producción y productividad fueron los agricultores con acceso a mayores recursos (Griffin 1979), en especial, tierra, crédito y asistencia técnica (en cuyas manos tendió a concentrarse la producción) y los consumidores urbanos, quienes pudieron gozar de precios bajos en algunos bienes-salario (Lipton y Longhurst 1985).

Finalmente, es importante tener en cuenta que el paquete de la Revolución Verde es, en sí mismo, un modelo tecnológico que consiste en monocultivos extensos basados en el consumo intensivo de insumos derivados del petróleo; en tal sentido ha tenido otros efectos adversos. A nivel ecológico, se detectan dos consecuencias principales; por un lado, una significativa erosión genética, debido a la eliminación de variedades locales en favor del cultivo masivo de muy pocas variedades de alto rendimiento; por otro lado, una preocupante contaminación de aguas, suelos y productos, debido a la aplicación de fertilizantes sintéticos y agrotóxicos (Dalhberg 1979). Ambas situaciones suponen, desde luego, severas disrupciones de ecosistemas complejos y la pérdida de diversidad biológica, tanto en términos de plantas como de animales.

En el campo económico, el creciente uso de una fuente de energía no renovable como materia prima para la producción de insumos agroquímicos y como combustible, se traduce de manera inevitable en una tendencia al alza de los costos de producción agrícola y en una pesada dependencia para los países en desarrollo, en especial para aquellos que carecen de petróleo y de la tecnología necesaria para producir los insumos localmente (Torres 1988:19-25).

La gran capacidad que ofrece la NBIOT para manipular genéticamente las plantas, amplía en forma sustancial los alcances de las técnicas de fitomejoramiento y crea renovadas posibilidades para los enfoques tecnológicos que se han adaptado en los últimos tiempos como opciones para superar las limitaciones de la Revolución Verde. Esos enfoques son, principalmente, la Investigación en Sistemas Integrados (ISI), el Control Integrado de Plagas (CIP), y la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) (Oasa 1987). El primer enfoque tiende a lograr un aprovechamiento in-

tegral de los recursos disponibles locales por medio de sistemas diversificados de producción agrícola; los otros dos (CIP Y FBN) procuran reducir el consumo de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, respectivamente. Estos sistemas tienen el objetivo común de buscar modelos de agricultura de bajo consumo e insumos agroquímicos por medio del uso más eficiente de fuentes de energía renovable.

El mayor énfasis en el desarrollo de variedades de alto rendimiento y el descuido práctico de otros objetivos se debieron, entre otros factores, a la mayor facilidad para hibridar y a la capacidad de respuesta de la planta a la disponibilidad de fertilizantes; en cambio, el manejo de otros caracteres importantes, tales como la resistencia a pestes o la fijación de nitrógeno, presentan grandes dificultades para ser tratados por los métodos de hibridación tradicionales, basados en la reproducción sexual, debido a la mayor complejidad genética asociada a esas funciones.

La NBIOT, en especial la ingeniería genética, significa capacidad para alterar genéticamente las plantas más allá de las barreras de la reproducción sexual; ahora se dispone de herramientas mucho más poderosas, con las cuales las posibilidades de obtener resultados positivos en las líneas de investigación relacionadas con los modelos de agricultura de bajo uso de insumos se hacen menos complejos. No obstante, como ya se dijo, los problemas que aún deben ser resueltos y la información que debe lograrse para generalizar el uso de las técnicas de la ingeniería genética, implican que ciertos resultados prácticos en estas áreas sólo podrán ser obtenidos en el largo plazo. De todas maneras, se han hecho avances con más rapidez de la esperada, y los efectos logrados hasta el momento son prometedores.

En la línea de incorporación de resistencia a pestes y enfermedades, por ejemplo, dos logros recientes podrían revolucionar la hibridación por resistencia. El primero es la incorporación a plantas de fracciones del DNA de virus previamente manipulados; se logra de ese modo la denominada protección cruzada de esas plantas a virus relacionados pero más severos. Esta técnica ha sido probada con éxito en tomate, papa, tabaco y algodón (Roca 1989:9). El segundo ha sido la incorporación exitosa del gen que codifica la toxina producida por el *Bacillus thuringensis*, con lo cual se consigue la resistencia a insectos.

Se espera que, para mediados de los noventa, se encuentren disponibles en el mercado variedades resistentes de tabaco, papa y to-

mate (Innes 1989:29). El problema actual es la imposibilidad de asegurar la durabilidad de la resistencia. Sin embargo, si bien se han logrado esos importantes desarrollos, aún se necesita mucha información sobre los mecanismos y las sustancias que controlan la resistencia. Otra limitación es que la técnica que utiliza *Agrobacterium* sólo opera en dicotiledóneas, mientras que en monocotiledóneas (cereales especialmente), se ha usado la técnica de la fusión de protoplastos, caso en el cual existen dificultades para la regeneración de la planta.

Una de las áreas más difíciles es la fijación de nitrógeno, sobre todo por la dificultad en transferir los genes que codifican esa función a plantas no leguminosas (Innes 1988:29). Mayores posibilidades tiene la investigación conducente a mejorar la eficiencia de las asociaciones existentes entre plantas leguminosas y microorganismos fijadores de nitrógeno (Ver Cuadro 8).

En la medida en que las NBIOT tuvieran la capacidad de alterar virtualmente todas las características de las plantas y adaptarlas a distintos objetivos, se tendría la posibilidad de establecer sistemas de producción agrícola más intensos por su continuidad, rapidez y uniformidad; de ese modo sería factible la aplicación de métodos típicamente fabriles al proceso de producción agrícola. La automatización de las técnicas de propagación masiva *in vitro* y de la producción en invernadero caracterizarían a ese proceso.

Por otra parte, la posibilidad de desarrollar sistemas de producción agrícola apoyados en el fortalecimiento de la capacidad biológica de las plantas y, por lo tanto, con menor dependencia de fuentes no renovables de energía, abre nuevas oportunidades a modelos tecnológicos agrícolas alternativos más adecuados desde el punto de vista ecológico, y más apropiados a las necesidades de los sistemas de producción campesinos y familiares.

Dado el contexto institucional de una creciente concentración de la agroindustria de insumos y de alimentos, y de una incorporación de la investigación biológica por parte de un número cada vez menor de corporaciones transnacionales, la posibilidad de aplicar el potencial de la NBIOT al desarrollo de sistemas agrícolas de bajo nivel de insumos agroquímicos no parece demasiado cercana.

La idea inicial de que la NBIOT sería una herramienta para avanzar hacia una agricultura más benéfica desde el punto de vista ecológico y

más apropiada desde el punto de vista de la granja familiar o de pequeños productores, aparece ahora ensombrecida por el interés comercial de las corporaciones, determinado a su vez por altas inversiones en las actuales líneas de producción de insumos.

CUADRO 8

PLAZO PREVISTO PARA EL DESARROLLO DE  
LAS NUEVAS BIOTECNOLOGÍAS VEGETALES

Tecnología	Objetivos	Plazo
Propagación clonal: Cultivo de meristemos, ápices, etc.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Multiplicación masiva</li> <li>2. Eliminación de enfermedades</li> <li>3. Conservación de plantas</li> <li>4. Intercambio de materiales</li> </ol>	Inmediato
Rescate de embriones: Cultivo de embriones	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtención de híbridos entre especies diferentes</li> </ol>	Inmediato
Haploidía: cultivo anteras, cultivo de embriones	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acelerar el mejoramiento genético</li> <li>2. Investigaciones genéticas</li> </ol>	Mediano
Variación somacional: Cultivo de protoplastos, callos, etc.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acelerar el mejoramiento genético intravarietal</li> </ol>	Mediano
Selección de mutantes: Cultivo de protoplastos, células, callos, etc.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtención de líneas con</li> <li>2. Investigación básica</li> </ol>	Largo
Hibridación somática: fusión de protoplastos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtención de híbridos asexuales</li> <li>2. Transferencia de genes citoplasmáticos</li> </ol>	Largo
Ingeniería genética: ADN recombinante, vectores y cultivo de protoplastos, callos, etc.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incorporación de genes sintéticos simples.</li> <li>2. Transferencia de genes naturales simples.</li> <li>3. Transferencia de genes complejos</li> </ol>	Mediano Largo Más largo

Elaborado con información obtenida de William Roca, CIAT, Cali, Colombia.

## BIBLIOGRAFIA

AHMED, I. 1988. The bio-revolution in agriculture. Key to poverty alleviation in the Third World? In *International Labour Review*, Vol. 127, No. 1, p. 53-72.

BUTTEL, F.; KENNEY, M.; KLOPPENBURG, J. 1985. From the green revolution to biorevolution: some observations on the changing technological basis of economic transformation in the Third World, In *Economic Development and Agricultural Change* p. 31-55.

DALHBERG, K. 1979. *Beyond the green revolution*. Plenum Press; New York.

FONSECA, S. 1984. *La investigación agrícola después de la Revolución Verde*. Documento inédito. PROCADI. Bogotá, Colombia.

FOWLER, C.; LACHKOVICS, E.; MOONEY, P.; SHAND, H. 1988, *The laws of life. Another development and the new biotechnologies*. Número especial de *Development Dialogue*, No. 1-2, Fundación Dag Hammarskjöld, Upsala, Suecia.

GOODMAN, D.; SORJ, BL.; WILKINSON, J. 1987. *From farming to Biotechnology*. Basil Blackwell, Oxford.

GRIFFIN, K. 1979. *The political economy of agrarian change*. Mc Millan, London.

INNES, N.L. 1989. *Biotechnology and plant breeding*, In *AgBiotech News and Information*, Vol 1, No. 1, p. 27-31.

JOFFE, S.; GREELEY, M. 1987. *The new plant biotechnologies and rural poverty in the Third World*. I.D.S. Universidad de Sussex, Documento preparado para *Appropriate Technology International*, Washington.

- KENNEY, M.; BUTTEL, F.; TADLOCK, C.; KLOPPENBURG, J. 1982. Genetic engineering and agriculture: exploring the impacts of biotechnology on industrial structure, industry, university relationships, and the social organization of U.S. agriculture. Taller sobre Biotecnología, Agricultura e Interés Público. Universidad de Kentucky. Junio 15-17.
- LIPTON, M.; LONGHURST, R. 1985. Modern varieties, international agricultural research and the poor. CGIAR, Study Paper No. 2. Washington D.C.
- OASA, E. 1987. The political economy of international agricultural research: a review of the CGIAR's response to criticism of the Green Revolution. In: The Green Revolution Revisited. Bernhard Glaeser (Ed), Allen and Unwin, Londres.
- PEARSE, A. 1980. Seeds of plenty, seeds of want. Clarendon Press, Oxford.
- QUINTERO, R. 1989. Prospectiva de las agrobiotecnologías en América Latina. Documento inédito. UNAM. Cuernavaca, México.
- ROCA, W. 1989. La nueva biotecnología: implicaciones para la agricultura de los países en desarrollo. Documento inédito. CIAT. Cali, Colombia.
- RUTTAN, V. 1984. The green revolution: seven generalizations. In Leading Issues in Economic Development. Gerald M. Meier (Ed), Oxford University Press.
- TORRES, R. 1987a. Labour process and agriculture. Documento inédito. *Term Paper*. I.D.S.. Universidad de Sussex, U.K.
- \_\_\_\_\_. 1987b. Critical dimensions of the Green Revolution Documento inédito. *Term paper*. I.D.S. Universidad de Sussex, U.K.
- \_\_\_\_\_. 1988. The impact of modern biotechnologies on developing agriculture: Lessons from theory and some policy implications. Tesis de M. Phil. Inédita. Institute of Development Studies at University of Sussex. Brighton. U.K.
- YOXEN, E. 1983, The Gene Business. Free Association Books. Richard Clayton, U.K.



**REPERCUSIONES DE LA  
BIOTECNOLOGIA EN EL SECTOR AGROPECUARIO  
DE LOS PAISES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE  
UNA PROPUESTA METODOLOGICA**

**K.K. Klein <sup>1</sup>**

**L.A. Marks <sup>2</sup>**

**W.A. Kerr <sup>3</sup>**

---

<sup>1</sup> Profesor, Departamento de Economía, Universidad de Lethbridge, Alberta, Canadá.

<sup>2</sup> Asistente de Investigación de los Estudios de Postgrado, Departamento de Economía, Universidad de Calgary, Alberta, Canadá.

<sup>3</sup> Profesor, Departamento de Economía, Universidad de Calgary, Alberta, Canadá.



## INTRODUCCION

La biotecnología ha sido definida como la aplicación de principios científicos y técnicos al procesamiento de materiales mediante agentes biológicos, a fin de proporcionar bienes y servicios (OCDE 1989:4). La biotecnología permite al género humano aprovechar las características deseables de plantas, animales y microorganismos que puedan tener valor económico.

La biotecnología difiere, de manera fundamental de las palabras tecnología biológica que forman su raíz. Durante cientos de años los científicos se han ocupado del desarrollo de la tecnología biológica en la esfera de la agricultura. Sin embargo, la diferencia fundamental entre la nueva biotecnología y los métodos más antiguos de fitomejoramiento y zootecnia es que la biotecnología comprende la transferencia de genes. Dicha transferencia es un proceso mucho más rápido, más preciso y confiable; ofrece más posibilidades que el método convencional de reproducción selectiva (NRC 1987:16-17). Los nuevos métodos permiten la selección y la manipulación de genes de uno en uno antes que la transferencia de una serie completa de genes. Además de los nuevos métodos de selección genética de plantas y animales, la biotecnología ofrece amplias posibilidades de efectuar mejoras en cuanto a la nutrición de plantas y animales, la resistencia a las tensiones impuestas por el medio ambiente, el control de plagas y enfermedades y el desarrollo de nuevas especies.

El presente estudio se ocupa de las posibles consecuencias económicas de la biotecnología agrícola en los países de América Latina y el Caribe (ALC). Los objetivos del estudio son los siguientes:

1. Estudiar los instrumentos específicos que han sido desarrollados en la esfera de la biotecnología agrícola.
2. Elaborar un enfoque metodológico para evaluar las repercusiones de las biotecnologías aplicadas al sector agrícola en la economía de los países de ALC.
3. Prever los efectos probables de las biotecnologías cuya introducción en las prácticas agrícolas comerciales sea inminente, tanto en países desarrollados como subdesarrollados.

4. Exponer a grandes rasgos las posibles políticas que los países de ALC deben adoptar, a fin de mitigar los efectos indeseables de la introducción de biotecnologías en la agricultura. Las repercusiones en los países de ALC pueden derivarse de manera indirecta de las biotecnologías que los países desarrollados están a punto de adoptar pero que no han sido, o no serán adoptadas por los países de la región, o en forma directa de las biotecnologías que se desarrollan o se adoptan únicamente en países del área.

Es probable que el tipo de repercusiones que experimenten los países de ALC dependa de que los productos afectados sean para la exportación, para la importación, o no sean objeto de intercambio. El objetivo es estudiar el tipo de cuestiones que los responsables de la formulación de políticas de los países de ALC posiblemente tengan que considerar para la elaboración de una estrategia nacional en materia de biotecnología.

El marco metodológico para evaluar los efectos de la biotecnología se presenta en la siguiente sección. Las repercusiones en los países de la región que se prevén como resultado de la introducción de biotecnologías agrícolas figuran en la sección subsiguiente. Las principales conclusiones, con algunas repercusiones en materia de política, se incluyen en la última sección.

#### **METODOLOGIA PARA EVALUAR LOS EFECTOS ECONOMICOS DE LAS INNOVACIONES BIOTECNICAS EN LA AGRICULTURA**

Se pueden experimentar efectos económicos sólo si se modifican las condiciones de la oferta o de la demanda en uno o más mercados (de productos finales o de insumos). Los cambios en la oferta o en la demanda afectarán al precio del producto o recurso de que se trate; ello, a su vez, afectará los ingresos de los productores, los precios pagados por los consumidores, la combinación de productos que se cultivan, la asignación de recursos, la distribución de los ingresos y, posiblemente, la balanza comercial con otros países.

#### **Mercados de productos**

Los métodos biotecnológicos que consisten en la manipulación de organismos vivos con el propósito de mejorar la práctica de la agricultura

son de carácter innovador (Koutsoyannis 1979). La introducción de cambios puede dar lugar a la innovación de productos (se modifica la naturaleza cualitativa del producto) o a la innovación de procesos (se adquieren conocimientos acerca de un método de producción nuevo o más eficiente). La introducción de cambios en la tecnología puede dar como resultado una mayor eficiencia de todos los métodos de producción; por otra parte, algunas técnicas podrían volverse menos eficientes y ya no serían de utilidad para los productores.

La mayoría de los efectos iniciales de la biotecnología en la práctica agrícola están relacionados con la innovación de procesos. En su mayoría contribuyen a aumentar la oferta de productos que se obtiene con un nivel determinado de insumos. Esto se puede representar gráficamente mediante una variación ascendente de la función de producción (Fig. 1a). Por otra parte, podría lograrse el mismo nivel de producción con menos insumos (Fig. 1b). En ambos casos la curva de la oferta se desplazaría hacia afuera y hacia abajo a corto plazo (Fig. 1c).

Si el aumento de la oferta se absorbe en el mercado interno, entonces los precios disminuirán y los consumidores nacionales se verán beneficiados con precios más bajos (es decir, aumentarán los excedentes del consumidor). Que los productores nacionales se beneficien o no dependerá de la elasticidad de la curva de la demanda de su cultivo. Para la mayoría de los productos agrícolas la curva de la demanda a la que se enfrentan los productores es bastante inelástica; por eso es posible que los productores experimenten una disminución de los ingresos totales con un aumento de la producción. La baja de los precios presionará a los productores a adoptar la nueva tecnología; los que no estén en condiciones de hacerlo se verán obligados a salir del mercado.

Puede suceder que los encargados de la formulación de políticas se interesen en tecnologías que generen economías de escala en la producción. Los agricultores que puedan lograr beneficios de las economías de escala estarán en condiciones de obtener ganancias extraordinariamente elevadas gracias a la utilización de la biotecnología y obligarán a los pequeños agricultores a salirse del mercado. Esto tiene repercusiones en la distribución del ingreso que deberán ser examinadas por los encargados de políticas a medida que las innovaciones biotecnológicas estén disponibles.

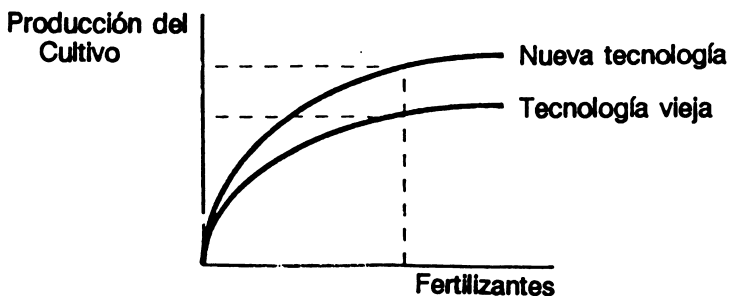


Figura 1a Aumento de la función de la producción

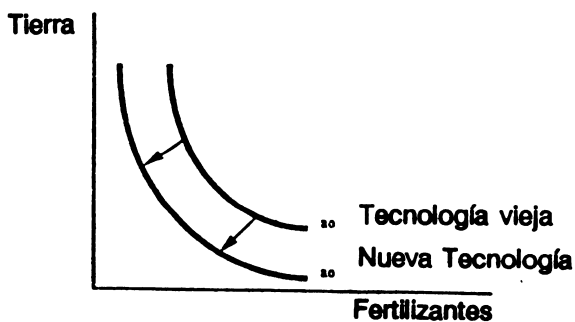


Figura 1b Disminución de los insumos necesarios para alcanzar un nivel constante de la producción

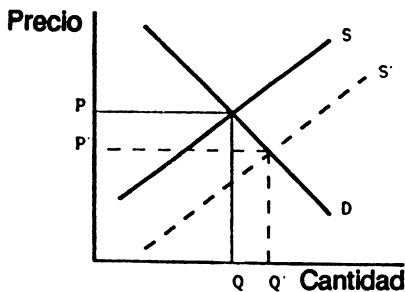


Figura 1c Desplazamiento hacia afuera de la curva de la demanda

Si la producción excede el nivel de consumo interno, algunos de los productos pueden exportarse. Las repercusiones en los países de ALC variarán según las biotecnologías se adopten únicamente en países desarrollados o sólo en países de la región.

En la Fig. 2 se ilustran los efectos de una variación en la curva de la oferta en un país desarrollado importador que adopta una nueva biotecnología, a la vez que un país de ALC no lo hace. En ese caso se supone que el país de ALC exporta el producto porque la demanda interna es demasiado reducida, o porque tiene una ventaja comparativa sobre el país desarrollado. Si se supone que el aumento de la oferta sea lo suficientemente importante como para influir en los precios mundiales, el aumento de la oferta dará lugar a una disminución del precio internacional del producto que es objeto de intercambio. Ello supondrá beneficios globales para los consumidores tanto de los países de ALC como de los países desarrollados. Los agricultores de países de ALC perderían, ya que ellos exportarían un volumen menor de productos a precios reducidos. Que el país en su conjunto pierda o no dependerá de las ganancias relativas de los consumidores y de las pérdidas relativas de los productores. En general, se registraría una disminución en la producción del artículo y una disminución en el volumen de las exportaciones procedentes de los países de ALC. Una disminución de las exportaciones se traduce en una reducción de los ingresos por concepto de exportación, una disminución de los ingresos en divisas y, posiblemente, una depreciación de la moneda. Ello dará lugar a un empeoramiento de las relaciones de intercambio y podría reducir la capacidad del país para importar bienes.

La Fig. 3 ilustra el caso en que un país exportador de ALC adopta una nueva biotecnología a la vez que un país desarrollado no lo hace. Un aumento de la oferta del producto, habida cuenta de los dos supuestos anteriores del modelo, daría como resultado una baja en el precio internacional del producto, con lo cual se beneficiarían los consumidores del país desarrollado y del país de la región. Los productores del país de ALC se beneficiarían con el aumento de la producción. Se registraría un aumento de los ingresos por concepto de exportación y luego una posible revalorización de la moneda nacional. Es posible que aumente la disponibilidad de crédito para el país de ALC gracias al aumento de las divisas y a una mejor situación de la balanza de pagos.

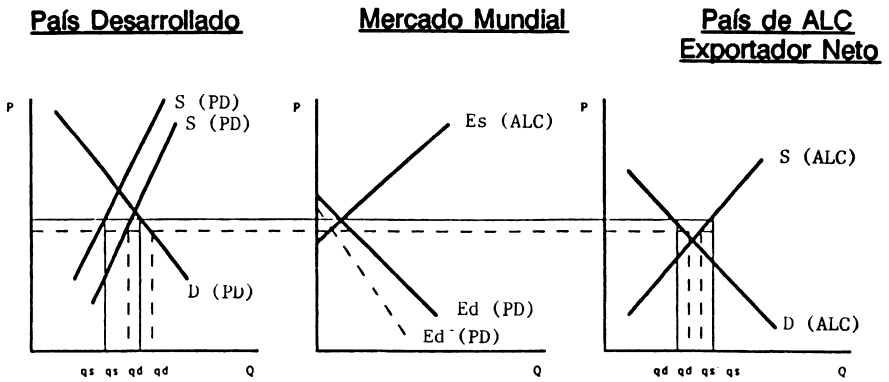


Figura 2 Repercusiones en un país exportador de ALC cuando sólo el país desarrollado adopta la biotecnología

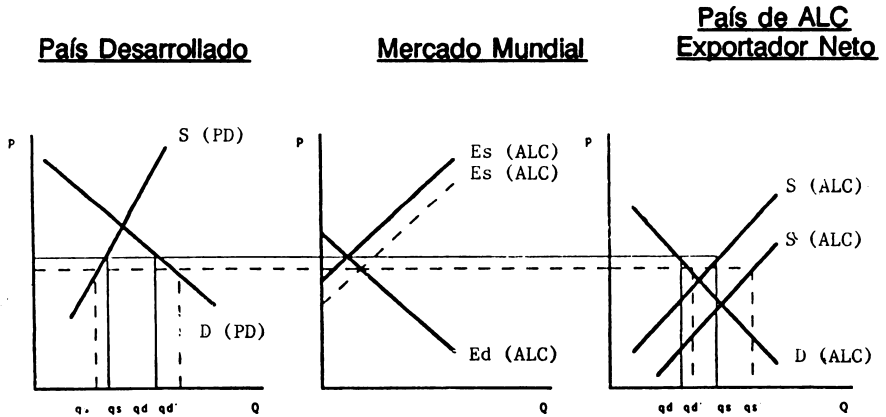
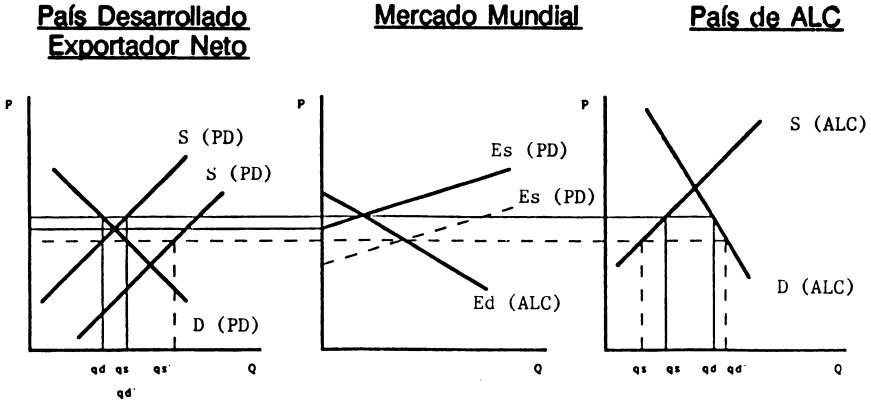


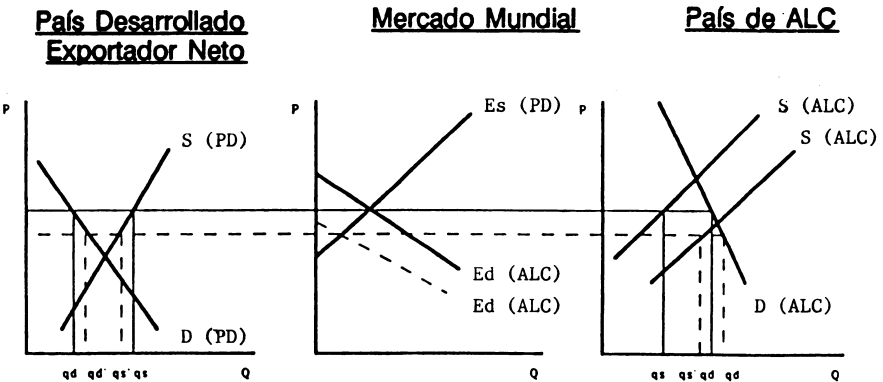
Figura 3 Repercusiones en un país exportador cuando sólo el país de ALC adopta la biotecnología



La Fig. 4 ilustra el caso en que el país exportador desarrollado adopta la biotecnología pero el país importador de ALC no lo hace.



La Fig. 5 ilustra el caso en que el país importador de ALC adopta la biotecnología pero el país exportador desarrollado no lo hace.



Existe otra posibilidad de que la introducción de la biotecnología en la producción agrícola repercuta en el mercado de productos: en algunos casos puede haber una modificación de la calidad del producto, lo cual afectaría la demanda. Puede suceder que la demanda total aumente debido al mejoramiento de la calidad. Un incremento de la demanda daría lugar a un aumento en el precio del producto, con lo cual mejoraría la situación económica de los productores. Una segunda posibilidad es que la elasticidad de la demanda se modifique como consecuencia del nuevo proceso de producción; de acuerdo con esa modificación podría aumentar o disminuir el grado de respuesta de las compras de los consumidores ante los cambios de precio del producto. Una tercera posibilidad de cambios en las condiciones de la demanda como resultado de una nueva biotecnología es la introducción de un producto completamente nuevo (por ejemplo, cabra + oveja = "cabreja"). Se puede crear un nuevo producto a partir de un cultivo existente y crear, de esa manera, un nuevo mercado para ese mismo producto agrícola.

### **Mercados de Insumos**

Si se introduce la nueva tecnología en un país de la región, es posible que los mercados de insumos también se vean afectados. En vista de que las condiciones de la demanda y de la oferta con frecuencia son diferentes para los diversos insumos, se examinarán las posibles repercusiones en varias categorías de insumos.

### ***Mano de obra***

Si la biotecnología innovadora es de gran intensidad de mano de obra, el producto marginal del trabajo aumentará a un ritmo más rápido que el producto marginal del capital. En tal caso, los agricultores tendrán un incentivo para cambiar a otro proceso de producción con mayor intensidad de mano de obra, lo que ocasionaría un aumento en la demanda de mano de obra. Si la biotecnología que se introduce es neutra, se utilizarán más capital y más trabajo en el proceso de producción. Será necesario evaluar esas repercusiones de acuerdo con cada biotecnología introducida. Sin embargo, en ambos casos se registrará un aumento de la mano de obra.

Es necesario formular ciertos supuestos con respecto a la función

de la oferta de mano de obra no calificada. En general, se da por sentado que la función de la oferta de mano de obra es bastante horizontal (pero no infinitamente elástica) debido a la rigidez institucional y a un exceso de oferta de mano de obra en los países de la región.

Un aumento de la demanda de mano de obra dará lugar a un incremento de los salarios reales y del empleo, y es posible que tenga efectos negativos en la utilización de mano de obra para otras actividades. Si los efectos de la biotecnología dan por resultado una reducción de la demanda de mano de obra, sucederá lo contrario: se registrará una baja en los salarios reales y en el empleo. Es posible que la mano de obra se desvíe hacia otras actividades (por ejemplo, fuera del sector agrícola).

### *Capacidad gerencial*

En el caso de los países de la región puede suponerse que la curva de la oferta de capacidad gerencial será prácticamente vertical a corto plazo. Es probable que un aumento de la demanda dé lugar a un aumento en los ingresos del personal directivo sin que haya un importante aumento en el empleo.

Puede suceder que el personal directivo se obtenga en otras industrias, lo que produciría externalidades negativas. Es posible que sea necesario importar capacidad gerencial desde fuera del país para aliviar los cuellos de botella. Ello podría crear externalidades positivas para otras industrias.

### *Tierra*

Muchas biotecnologías contribuirán a aumentar el rendimiento de la tierra. A corto plazo, la oferta de tierra es bastante estable y un aumento en su demanda daría lugar a un aumento en el valor del alquiler de la tierra. Con el tiempo podría aumentar la cantidad de tierras disponibles, debido al desmonte; esto podría tener repercusiones en el medio ambiente que sería necesario evaluar. El aumento de la demanda de tierras con fines agrícolas podría ejercer presión para lograr mejoras tales como el riego, de manera que los recursos existentes puedan ser utilizados más eficazmente. Además, algunas biotecnologías que aumentan la tolerancia de los cultivos a los suelos ácidos o a la sequía pueden contribuir a que el desmonte se convierta en una opción viable que permita la siembra de cultivos en tierras de bajo rendimiento que, de

otra manera, no se utilizarían. El aumento de la demanda de tierras para la agricultura limitaría su disponibilidad para otras actividades.

### *Crédito*

La introducción de varias biotecnologías daría lugar a un aumento de la demanda de crédito en el sector agrícola, ya que se necesitarían nuevas máquinas, edificios, semillas, fertilizantes o plaguicidas. Sin embargo, es improbable que los tipos de interés del país se vean afectados por el aumento de las necesidades de crédito en el sector agrícola. Para ello quizás se requieran líneas de crédito especiales, orientadas a las necesidades concretas de los agricultores, tales como la capacitación de personal directivo a fin de que pueda hacer frente al gran riesgo que supone la introducción de esas biotecnologías. Puede suceder que para ello también se requieran mecanismos financieros más modernos de parte de los proveedores, bancos y otros organismos financieros. El aumento en la demanda de créditos puede tener efectos negativos en otros usuarios de crédito; por ejemplo, se podría establecer el racionamiento del crédito en otros sectores.

### *Maquinaria*

Algunas biotecnologías podrían ocasionar un aumento de la demanda de maquinaria, lo que a su vez produciría un aumento de los precios y de la cantidad de maquinaria que se suministra en el país. Sin embargo, si la industria nacional no está en condiciones de proporcionar el equipo necesario, habría que importar la maquinaria del extranjero; de ese modo aumentarían las importaciones y se reducirían las reservas en divisas.

### *Fertilizantes y plaguicidas*

Muchas biotecnologías utilizadas en el fitomejoramiento dan lugar a un aumento en la demanda de agroquímicos. A su vez un aumento en la demanda de fertilizantes o plaguicidas contribuiría a aumentar el precio y la cantidad suministrada de esos insumos, lo cual podría afectar de manera negativa la utilización de otros insumos. Es posible obtener economías de escala relacionadas con la utilización de fertilizantes y de plaguicidas (es decir, los costos por unidad pueden disminuir a medida que aumenta la extensión del terreno sembrado). El uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas podría producir efectos negativos en el medio ambiente. Además, como muchos de los agroquímicos se importan, ello

afectaría a la balanza comercial de los países de ALC y, por lo tanto, sus vínculos de crédito internacional.

El propósito de desarrollar algunas biotecnologías es reducir la necesidad de fertilizantes y plaguicidas. Una reducción en la utilización de esos insumos produciría efectos contrarios. Es posible que los abastecedores nacionales de fertilizantes y plaguicidas tengan que afrontar dificultades debido a la disminución en el uso de sus productos. Si el país de ALC importara los agroquímicos, habría un resultado positivo en la balanza comercial y, de esa manera, aumentarían las reservas de divisas y el crédito externo. Eso también tendría repercusiones positivas en el medio ambiente, pues en la mayoría de los casos la biotecnología que se introduce reduciría o eliminaría los efectos nocivos del uso de fertilizantes químicos.

### *Forraje*

Algunas biotecnologías aplicadas a la nutrición de los animales podrían aumentar la digestibilidad de los forrajes. Los productores de cultivos tales como la alfalfa experimentarían una disminución en el precio de los forrajes.

### *Insumos de tipo veterinario*

Dichos insumos incluyen la capacidad técnica del veterinario y el costo de las vacunas. Algunas biotecnologías podrían originar un aumento en la demanda de veterinarios calificados. Si el mercado local no puede atender a esa demanda, se deberá conseguir en el extranjero el personal técnico necesario. Si bien a corto plazo quizás se registre un aumento de los salarios, la oferta de esa mano de obra calificada se mantendrá relativamente estable.

En general, con la introducción de las nuevas biotecnologías habría una tendencia a la disminución del costo de las vacunas como insumo para el ganado. Aunque la demanda de vacunas quizás aumente, su bajo costo (que se refleja en un desplazamiento descendente de la curva de su oferta) no permite determinar las repercusiones en los precios del ganado. Además, algunos factores, como el hecho de que una nueva vacuna se desarrolle en el país o se importe pueden afectar al precio y la cantidad disponible. Si la vacuna se importa, el aumento de la demanda daría lugar a un aumento de las importaciones, lo cual tendría efectos negativos en la relación de intercambio.

## **Agua**

Algunas biotecnologías aplicadas a las plantas podrían ocasionar un aumento de la demanda de agua en las tierras agrícolas. De ese modo, disminuiría la cantidad de agua disponible para otros fines (por ejemplo, para uso doméstico e industrial). Una mayor utilización de agua en la agricultura también podría producir efectos negativos en el medio ambiente.

### **EVALUACION DE LAS POSIBLES REPERCUSIONES DE LAS BIOTECNOLOGIAS EN LOS PAISES DE ALC**

Los efectos iniciales de un cambio tecnológico en la agricultura se experimentan en la oferta y en la demanda. En la oferta, los efectos iniciales serán un desplazamiento hacia abajo de la curva de la oferta del producto; en general, el motivo principal para introducir la biotecnología en la producción agrícola es aumentar el rendimiento de una cantidad determinada de insumos, ya sea mediante su utilización más eficiente o mediante una reducción de las pérdidas de producción debidas a las enfermedades, las plagas o las condiciones climáticas. Se han determinado los efectos que producen en el rendimiento las diferentes biotecnologías aplicadas a animales y plantas, así como las repercusiones que se prevé tendrán en la utilización de insumos en la práctica agrícola (cuando ese uso sea aplicable). En el Cuadro 1 se indican las repercusiones en la oferta que se prevén como resultado de la introducción de biotecnologías en la producción pecuaria de los países de ALC; en el Cuadro 2 se indican las repercusiones en la producción de plantas.

A continuación, se examinan las repercusiones en la demanda como resultado de la introducción de biotecnologías en los países de ALC.

#### **Repercusiones en la Oferta: Biotecnologías Aplicadas a los Animales**

Las innovaciones biotecnológicas que se aplican a la producción pecuaria deberían ser fácilmente transferibles de los países desarrollados a los países de ALC y viceversa.

### *Selección genética orientada hacia las características de rendimiento*

Durante siglos el hombre ha procurado mejorar la productividad pecuaria mediante la reproducción selectiva (NRC 1987: 33). Los criadores han buscado la forma de lograr animales más grandes, con mayores cantidades de carne magra (de mejor calidad) y utilizar los recursos de manera más eficiente. Mediante el uso de los instrumentos de la biotecnología, tales como el mapeo de genes y el cultivo celular, los científicos pueden acelerar el proceso de reproducción selectiva y lograr mejoras en cuanto al rendimiento, el comportamiento y la adaptabilidad de un animal.

Las técnicas de aislamiento de ADN homólogos (Agriculture Canada 1987: 3.2), permiten comparar los genes de los animales recién nacidos, o que aún no han nacido, con los de aquellos que poseen una característica deseada. Gracias a estas técnicas, es posible predecir la capacidad de rendimiento del recién nacido y seleccionar individuos superiores desde una etapa inicial. Algunas técnicas complementarias, como la microinyección, contribuirán a acelerar el ritmo de las mejoras.

Las asociaciones de criadores podrían proporcionar la capacidad necesaria para transferir fácilmente esa tecnología a los agricultores. Sin embargo, el escaso número de ese tipo de organizaciones constituye una posible limitación para la adopción de esa tecnología en los países de ALC.

La selección genética ofrece la posibilidad de lograr una mayor producción de carnes y leche y de reducir pérdidas (Cuadro 1). Es posible que se requieran más insumos de tipo veterinario para poder aplicar esta biotecnología.

### *Hormonas, reguladores y cronobiología*

Esta biotecnología supone el conocimiento del sistema neuroendocrino (es decir, el sistema de secreción hormonal que afecta a órganos específicos) que transmite información a los órganos, los tejidos y las células (Agriculture Canada 1987: 3.3). El objetivo de ésta es modificar mensajes específicos a fin de aumentar la lactancia en las vacas, reducir las tensiones impuestas por el medio ambiente y lograr otras mejoras referidas a la producción.

CUADRO 1  
 REPERCUSIONES EN LA OFERTA COMO RESULTADO DE LA INTRODUCCION DE DETERMINADAS  
 BIOTECNOLOGIAS EN LA PRODUCCION PECUARIA DE LOS PAISES DE ALC

Efectos Distributivos				
Tipo de Tecnología	Especificidad Geográfica			Economías de Escala
	Aplicable a País Desarrollado	Aplicable a País de ALC	Región Espec.	
Selección genética orientada a las características de rendimiento	✓	?	?	
Hormonas, reguladores y cronobiología				
HCB	✓	?	?	
HCP	✓	?	?	
Cronobiología	✓	?	?	+
Nutrición animal				
Enzimas	✓	✓	?	
Bacterias	✓	✓	?	
Levaduras	✓	✓	?	
Uso de materiales residuales	✓	?	?	+
Eficiencia de la reproducción				
Transferencia de embriones	✓	?	?	?
Mapeo de genes	✓	?	?	?
Salud/patología animal				
Vacunas	✓	?	?	?
Reducción de moho en alimentos	?			
Materiales de diagnóstico	✓			
Control de insectos	✓	?	?	+



Efectos en el Aumento de la Producción				Efectos en la Utilización de Insumos					
Aumen- to de Produc.	Reduc- ción Pérdi- das	Mano de Obra	Admi- nistra- ción	Tierra	Crédito	Maqui- naria	Alimen- ción de Animales	Servi- cios Veteri- narios	Agua
Existente	Nueva								
+	+							?	
++		+	?				+	?	
+		+	?			+	+	?	
+		+	+				-		
++		?	+		+		-		
+	++	+	+		+		-		
+		?	+				-		
+		?	+				-		
+	++	?	?		?	?	-		?
++	++	?	?		?		-		?

Una de las aplicaciones más conocidas de esta tecnología es la de la hormona de crecimiento bovino (HCB). Cuando se inyecta diariamente esta hormona a las vacas, el rendimiento de leche puede aumentar hasta en 40%. Según Armstrong (1983:77-78), la hormona aumenta notablemente la distribución de la energía disponible hacia la producción de leche, a expensas del tejido del cuerpo.

El efecto inmediato de esta biotecnología es aumentar de manera considerable la producción del ganado lechero existente (Cuadro 1). Puede ser que para ello se requieran más insumos, tales como forraje, capacidad gerencial, mano de obra para suministrar las hormonas y servicios de veterinaria.

Las hormonas de crecimiento porcino (HCP) pueden ser utilizadas para aumentar el peso en vivo de los cochinitos. Estas producirían efectos similares a los de las hormonas de crecimiento bovino.

Además, Armstrong (1983:85) señala que otro método para aumentar el nivel de hormonas de crecimiento podría ser la introducción de ADN ajeno en el genoma de un mamífero. Esta tecnología quizás sea más avanzada que la inyección directa. Existiría también la posibilidad de inmunizar a un animal contra sus propias hormonas para manipular los procesos reproductivos, tales como aumentar el ritmo de ovulación en las ovejas.

La cronobiología comprende el estudio de las interacciones del tiempo y el comportamiento de los animales (Agriculture Canada 1987:3.4). El aumento de la productividad se logra mediante la utilización de luz, alimentos y otras indicaciones diarias con el propósito de obtener respuestas del sistema regulatorio que tendrían un claro efecto positivo en el metabolismo, la síntesis y el comportamiento de los animales. Esto contribuirá a aumentar la producción de carne y leche de los animales. Sin embargo, la introducción de dicha tecnología puede tener repercusiones en la distribución, puesto que sólo los productores en gran escala estarán en condiciones de utilizar dicha tecnología. Además, quizás se requiera más mano de obra, capacidad gerencial, maquinaria e instalaciones para los animales (Cuadro 1). Posiblemente se requieran menos alimentos, ya que se ha logrado una mayor eficiencia del metabolismo.

### *Nutrición animal*

Algunas compañías como Alltech han desarrollado un programa global de productos biológicos naturales para la alimentación de animales (Lyons 1987:43). Productos biológicos han sido desarrollados con el fin de aprovechar la interacción natural que existe entre microorganismos, como las bacterias y los hongos, y los animales. En el pasado, la industria de alimentos para animales contaba con antibióticos para controlar determinadas bacterias patogénicas, promoviendo también el crecimiento. Estos han sido censurados más tarde por la opinión pública de los países desarrollados por razones que son en parte políticas, en parte sensacionalistas y en parte objetivas (Lyons 1987:1).

La biotecnología permite la utilización, en la industria de alimentos para animales, de medios no antibióticos que han sido perfeccionados a fin de controlar a los agentes patógenos y aumentar la eficiencia de los alimentos. Estos medios incluyen a las enzimas, cultivos de levadura, bacterias vivas y reguladores de pH en los alimentos.

Durante siglos las enzimas se han utilizado como catalizadores bioquímicos, pero las enzimas digestivas como las proteasas y las gluconasas se han utilizado en la industria de alimentos sólo durante los últimos 20 años. Al añadir enzimas a la dieta de los cerdos, las aves y el ganado vacuno se logran mejoras en la conversión del alimento y aumenta el peso en vivo de los animales. En el caso de animales jóvenes, da lugar a una digestión más completa de alimentos tales como granos, paja, heno, y, por consiguiente, un ritmo de crecimiento más rápido. Los agricultores o los distribuidores de alimento pueden mezclar los agentes que ayudan a la digestión, como las enzimas, con las raciones de alimento para los animales. El mejoramiento de la conversión de alimentos tiende a ser mayor en las dietas bajas en energía (alimentos de baja calidad) que en las altas (alimentos de calidad superior) (Lyons 1987:8). Lyons señaló que resulta bastante evidente que las enzimas apropiadas pueden mejorar la utilización de ingredientes que contienen un valor biológico inferior y lograr niveles de rendimiento similares a los que se espera de los alimentos con un alto valor nutritivo. Esto podría aplicarse a los países de ALC que tienen problemas debido a la baja calidad de los alimentos.

Las enzimas pueden ser muy beneficiosas cuando están dirigidas a un determinado tipo de forraje, como el centeno, el trigo o la cebada. Es probable que la enzima actúe con mayor eficacia en un grano

determinado. La cebada tiene una alta concentración de beta glucógeno que puede desdoblarse más fácilmente si se le agrega endobeta-gluconasa en la alimentación de los animales.

Las bacterias lácticas ácidas también pueden tener un efecto beneficioso en los animales y en su capacidad de digerir los alimentos y resistir a los agentes patógenos. Esto cae dentro de la esfera general de los agentes probióticos u organismos y sustancias que contribuyen al equilibrio de la flora intestinal. El medio intestinal puede mejorar si se introducen organismos beneficiosos que colonicen el tracto gastrointestinal de los animales y, de esa manera, se reduce el número de organismos no beneficiosos que pueden sobrevivir en el tracto. Sobre este concepto de exclusión competitiva se realizan hoy muchas investigaciones; es particularmente apropiado para las aves, ya que los científicos han tratado de determinar un método probiótico para combatir la salmonela. La idea es que las bacterias lácticas ácidas excreten metabolitos que son nocivos para los agentes patógenos o que, por su existencia, excluyan a los agentes patógenos de los sitios de colonización. Por lo tanto, los probióticos pueden ser utilizados en dos circunstancias: cuando la balanza en el tracto se inclina a favor de los patógenos debido al *stress* o a las enfermedades, o cuando no están presentes las bacterias lácticas en el momento del nacimiento o después de un tratamiento de antibióticos.

El *stress* impuesto por el medio ambiente o por el transporte puede ser ocasionado por la falta de acceso a alimentos y agua durante el transporte de los animales, o por los cambios ambientales o de alimentación, lo cual resulta en un bajo consumo de alimentos durante cierto tiempo. Esos problemas pueden mitigarse si se mejora la flora del tracto intestinal. Durante el período de destete pueden utilizarse también los probióticos a fin de superar las tensiones relacionadas con ese proceso. Se ha demostrado que las dietas que contienen enzimas tales como peptidasas junto con *Lactobacillus bulgaricus* ayudan a reducir la mortalidad relacionada con la diarrea en los animales jóvenes (Lyons 1987:18), lo cual daría lugar a un aumento del rendimiento y a una disminución de las pérdidas ocasionadas por la muerte de animales.

La levadura se ha comenzado a utilizar en los últimos tiempos como alimento para pequeños rumiantes y vacas lecheras. Con la levadura aumentan: la eficiencia del alimento, el peso en vivo de los animales, la producción lechera, la digestibilidad de cualquier tipo de alimento (en

especial fibra) y, además, mejora la salud general del animal.

La levadura produce tres efectos importantes en el animal. En primer lugar, puede existir en el rumen del ganado vacuno, lo cual proporciona un pH ideal para el crecimiento. La levadura activa excreta sus propias enzimas, tales como las proteasas (enzimas digestivas de proteínas) y las amilasas (enzimas digestivas de los almidones) que pueden ayudar al desdoblamiento y a la digestión de los alimentos. En segundo lugar, la levadura contiene importantes minerales esenciales para la salud de los animales. En tercer lugar, contiene complejos de vitamina B que son esenciales para el crecimiento bacteriano.

Las enzimas, las bacterias y las levaduras han sido utilizadas en países de ALC. Alltech Ltd. ha vendido esos productos en Jamaica y México. Cada biotecnología tiene la capacidad de aumentar los productos de origen animal y, en el caso de los probióticos, de reducir de manera considerable las pérdidas (Cuadro 1). En general, para su utilización será necesario disponer de más mano de obra y personal directivo, y posiblemente de más crédito.

En el caso de los probióticos, los agricultores deben introducir la biotecnología por cada tipo de animal, para lo cual se requiere un buen conocimiento de explotación agropecuaria. El uso de agentes probióticos y levaduras podría aumentar la eficiencia del alimento para animales y disminuir así las necesidades de alimento. Además, el uso adecuado de este producto hará que disminuyan considerablemente los servicios veterinarios, debido al mejoramiento general de la salud animal.

Es factible la utilización de técnicas de bioprocesamiento con el fin de proporcionar alimentos menos costosos a los animales de corral. Además, se pueden elaborar alimentos para animales como subproducto de los desechos líquidos de los procesos industriales (NRC 1987: 43). Con ese procedimiento, se reduciría la cantidad necesaria de alimentos convencionales. Sin embargo, es posible que sólo los agricultores con explotaciones en gran escala puedan disponer de esas técnicas (Cuadro 1).

### *Eficiencia de la reproducción*

Se pueden suministrar hormonas al ganado vacuno con la finalidad de sincronizar el estro y la ovulación. Tras la inseminación artificial, los embriones fertilizados no implantados pueden transferirse mediante un

método no quirúrgico. Los embriones fertilizados se pueden introducir en las trompas de falopio de una vaca no preñada que actúa como madre sustituta. El mapeo de genes podría facilitar la transferencia de las características deseables al embrión (Agriculture Canada 1987:3.5).

Las consecuencias económicas probables de la transferencia de embriones serían un aumento de la producción, debido a una mayor eficiencia en la utilización del ganado existente (mayor cría por hato) mediante un mayor porcentaje de preñez, y la capacidad de aumento de peso de cada cría (Cuadro 1). Para ello serán necesarios más insumos de tipo veterinario y mayor capacidad gerencial.

### *Salud y patología animal*

La salud y la patología animal tienen fuertes repercusiones en el sector agrícola, en especial en ALC, donde existen más vectores portadores de enfermedades y resulta más difícil eliminar o combatir las enfermedades. En general, cualquier tecnología que permita reducir las pérdidas de animales contribuirá eficazmente a aumentar el rendimiento y a reducir los gastos por servicios veterinarios. Precisamente por esa razón, el estudio del control, la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades son de suma importancia.

La fiebre aftosa es muy contagiosa y afecta a todos los animales ungulados. Si bien la enfermedad ha sido prácticamente erradicada en Europa y en Norteamérica, las pérdidas aún son elevadas en ALC. Kupper señaló que el virus es capaz de escapar al sistema inmunológico del huésped, debido a que la superficie de los antígenos es sumamente variable. Las vacunas que han sido inactivadas por procesos químicos tienen ciertas desventajas; la preparación de éstas supone la manipulación de un gran volumen de material infeccioso en grandes instalaciones. Sin embargo, mediante la biotecnología se ha elaborado una vacuna con métodos de ADN<sub>r</sub> que utiliza solamente parte del agente patógeno; esa parte no es infecciosa. Esto estimula la producción de anticuerpos neutralizantes. La vacuna fue elaborada a principios del decenio de los ochenta y el éxito logrado ha sido de 100%. Sin embargo, no se sabe aún cuándo estará disponible para el comercio (Kupper 1983:44). Si la vacuna se desarrollara con fines comerciales, se experimentarían dos efectos claros: un aumento en la producción de ganado en los países de ALC, debido a la reducción de las pérdidas; y una reducción en los costos de las vacunas y servicios de tipo veterinario (Cuadro 1);

posiblemente se requiera más mano de obra y personal directivo.

### *Kits de diagnóstico*

Se han desarrollado *kits* de diagnóstico para detectar enfermedades y la preñez en los animales. Esos materiales contribuyen a reducir las pérdidas (debido a la tasa de mortalidad), aumentar la producción y reducir los costos de veterinario (Cuadro 1). Es improbable que esta biotecnología genere economías de escala. El *kit* de diagnóstico no supondría un gran aumento en el nivel de personal directivo para su funcionamiento.

### *Control de insectos*

La biotecnología para el control de insectos incluye la utilización de vectores bacterianos para producir insecticidas que tengan efecto en los insectos, pero no en los seres humanos ni en los animales. Estos servirían para combatir insectos tales como los mosquitos y la mosca negra que reducen la producción de animales directamente; muchos de esos insectos son también portadores de enfermedades. Se han desarrollado también sustancias atrayentes en base de feromonas; éstas interrumpen el apareamiento de los insectos y atraen a los insectos hacia otros lugares que no sean el huésped animal (Agriculture Canada 1987:3.1). Esas biotecnologías podrían contribuir a reducir las pérdidas y a disminuir los insumos de tipo veterinario (son, en consecuencia, muy apropiadas para ALC) (Cuadro 1).

## **Repercusiones en la Oferta: Biotecnologías Aplicadas a las Plantas**

En los países desarrollados se han realizado numerosas investigaciones para el mejoramiento de los cultivos. En países menos adelantados se han realizado muchas menos investigaciones, aunque son precisamente esos países los que tienen mayor necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que les permitan aumentar su productividad. Para muchos países de ALC la clave para experimentar un crecimiento económico a largo plazo es lograr la autosuficiencia en los cultivos alimentarios esenciales. Además, es improbable que las biotecnologías para el fitomejoramiento desarrolladas en los países desarrollados puedan transferirse fácilmente a los países de ALC. Los encargados de la formulación de políticas en los países de ALC deberán tener en cuenta las condiciones específicas del lugar, al decidir si se importa una biotecnología o si inician sus propias actividades de investigación.

### *Resistencia al stress impuesto por el medio ambiente*

Tanto los países de las regiones desarrolladas como los de las subdesarrolladas del mundo, tienen especial interés en lograr plantas resistentes a las condiciones climáticas rigurosas. Esto es especialmente importante en los casos en que los climas y los suelos son sumamente variables en una determinada región.

Científicos de la Universidad de California utilizaron técnicas de cultivo de tejido y de clonación para desarrollar una variedad de alto rendimiento de guayule, un árbol que produce caucho y se cultiva en el suroeste de Texas y en el norte de México. Los genes transferidos produjeron plantas más resistentes a la sequía (Seenath 1988:55). Esta biotecnología podría extenderse a otros países productores de caucho; gracias a ella se reducirían las pérdidas y, en término medio, aumentaría la oferta (Cuadro 2).

En Canadá se espera obtener para 1995 un trigo de invierno resistente al frío, como resultado de la exposición de los meristemos a la criopreservación, propagado mediante el cultivo de tejido. Ello reduciría la destrucción de plantas por el frío del invierno y, de ese modo, aumentaría la producción del trigo de invierno. Es posible que con esa biotecnología aumente también la cantidad de tierras disponibles para el cultivo. Lo anterior podría aplicarse a las zonas de cultivo de trigo en Argentina.

### *Plantas resistentes a los herbicidas*

Antes de que se desarrollara esta esfera de la biotecnología, el objetivo de todo herbicida era destruir de manera selectiva las malezas. Con la nueva tecnología se puede lograr este objetivo haciendo que el cultivo se vuelva resistente a ese compuesto químico. De ahí el término "planta resistente al herbicida".

Con esta biotecnología aumentará la producción de los cultivos gracias a una disminución de las pérdidas. Además, puede ser una tecnología que permita ahorrar mano de obra. Como el herbicida no afectaría al cultivo, el número de aplicaciones de herbicida se reduciría, en comparación con las prácticas agrícolas convencionales, en las cuales los herbicidas químicos a menudo deben utilizarse tanto antes como después de la siembra.



No será posible desarrollar en un futuro cercano plantas alelopatógenicas, que crean sus propias sustancias para destruir las malezas. Esas plantas se dan en forma natural; por ejemplo, la yuca produce cianuro que destruye otras malezas. Sin embargo, no es que la tecnología no se pueda desarrollar; de hecho las plantas emiten sus propios herbicidas; el problema es que esos herbicidas son nocivos para los seres humanos. Por lo tanto, esta biotecnología no aprobaría las normas de salud y de seguridad.

Se han utilizado técnicas de fusión de protoplastos para producir papas resistentes a la triazina (un herbicida) que se encuentra en la *Helianthus tuberosus* sp. (conocida también como aguaturma, cotufa o topinambo) (Seenath 1988:62). Este tipo de biotecnología tiene la capacidad de reducir las pérdidas en los cultivos a causa de las malezas y, por lo tanto, permite aumentar la producción de esos cultivos (Cuadro 2).

### *Nuevos productos y especies*

La embriogénesis somática es una técnica utilizada para desarrollar nuevas plantas. Las células que se cultivan *en vitro* no producen embriones diferentes sino uniformes. Esos embriones se pueden colocar en cápsulas de semillas artificiales que podrían contener sus propios fertilizantes y biocidas, lo que facilitaría su siembra y su cultivo. Esas

semillas uniformes implicarían que las plantas madurarán al mismo tiempo para la cosecha. Además, en algunos casos el período de germinación podría reducirse de dos semanas a dos días. Con ello se reducirían las pérdidas y aumentaría la producción (Cuadro 2).

De manera general, los genes que controlan la calidad de la planta usualmente no están tan bien definidos como los genes de una sola característica. Sin embargo, actualmente los científicos de Canadá buscan formas de mejorar la calidad de la colza (variedad híbrida de la colza, familia de las Brásicas). Otras legumbres de esta familia son el brócoli, la col rizada (*Brasica oleracea* L. conocida como *kurley kale*) y la coliflor.

CUADRO 2  
 REPERCUSIONES EN LA OFERTA COMO RESULTADO DE LA INTRODUCCION DE DETERMINADAS  
 BIOTECNOLOGIAS EN LA PRODUCCION PLANTAS DE LOS PAISES DE ALC

Tipo Tecnología	Efectos Distributivos		
	Especificidad Geográfica		
	Aplicable a País Desarrollado	Aplicable a País de ALC	Economías de Escala <i>Región Esp.</i>
<b>Plantas resistentes a tensiones ambientales</b>			
Resistencia a la sequía	✓	✓	Norte México
Resistencia al frío	✓		
Plantas resistentes a herbicidas	✓		
<b>Nuevos prod. y especies</b>			
Semillas uniformes	✓		+
Varietades mejoradas	✓		
<b>Reguladores del crecimiento de plantas</b>			
Control de malezas	✓		
Tallos de plantas	✓		
<b>Control de enfermedades</b>			
Fungicidas	✓	?	Tierra pantanosa ?
<b>Detección viral:</b>			
-Equipo p/protec. enzimas	✓	?	?
-Sondas radioactivas ADN	✓	?	?
<b>Mejoramiento nutrición plantas</b>			
Inoculación	✓	✓	Tropical
<b>Plantas fijadoras de nitrógeno</b>			
(1) Reducción de limitaciones	✓	✓	Tropical
(2) Transferencia de genes	✓	✓	Tropical

Efectos en el Aumento de la Producción					Efectos en la Utilización de Insumos				
Aumento de la producc.	Reducción de Pérd.	Mano de Obra	Administración	Tierra	Crédito	Maquinaria	Fertilizantes	Plaguic. Herbic. Fungic.	Agua
Existente	Nueva								
++	+								?
+	+								
+	+	-							
++	+					+			
++									
+	+								
+	+							-	
+	+	?	?		?	?	?		-
+	+		+		+			-	
++			+	?(+)	?(+)	?(+)	-	+	+
++	+			?(+)			-	-	
++	?			?(+)				+(?)	

Una de las características deseables de esta familia es que tiene una composición genética flexible. Para cambiar el rendimiento de la planta sólo es necesario alterar uno o dos genes. Estas plantas se adaptan muy bien a diversos climas, incluidos los de los países de ALC.

El objetivo principal de muchos investigadores en esta esfera es producir híbridos. Las variedades híbridas tienen mayor uniformidad y rendimientos más elevados que las variedades tradicionales. En el caso de la canola, los científicos de la Universidad de Calgary estiman en 40 a 50%, el aumento en el rendimiento de aceite obtenido de variedades híbridas. Consideran que en cinco años más será posible desarrollar un híbrido comercial.

Las semillas híbridas permiten a sus productores obtener una renta monopólica. El rendimiento de esas semillas es elevado únicamente si se utiliza la semilla inicial. Si bien las semillas se pueden reproducir sexualmente, el rendimiento de la planta hija no será tan elevado como el del híbrido original. Una mayor producción es un incentivo para que los agricultores adopten la tecnología de los híbridos.

No se ha determinado con qué facilidad se podrían adaptar en los países de ALC las semillas uniformes. Es probable que ello implique técnicas de mecanización agrícola y, por lo tanto, tendría repercusiones en la distribución, debido a las economías de escala.

### *Reguladores del crecimiento de las plantas*

Esta biotecnología comprende investigaciones básicas para estudiar el efecto de las hormonas y la regulación genética en las plantas (Agriculture Canada 1987:19). Los científicos estudian los efectos del etileno y los nitratos en la germinación, a fin de sincronizar el proceso de germinación de las malezas; ello daría como resultado una mayor eficacia de los herbicidas. Por otra parte, se podría evitar el brote de las malezas hasta el otoño, estación en la cual serían destruidas por las bajas temperaturas. El efecto principal de esa biotecnología, desde el punto de vista de la oferta, sería una reducción de las pérdidas a causa de las malezas (Cuadro 2).

En Canadá se realizan investigaciones para modificar los reguladores del crecimiento vegetal que permitan acortar los tallos de las plantas del

trigo de invierno. Esto incrementaría la resistencia al frío de esos cultivos, al permitir una mejor cobertura de la nieve (Agriculture Canada 1987:319). Si bien esas tecnologías quizás no sean aplicables de manera directa a climas meridionales más cálidos característicos de los países de ALC, esa tecnología podría ser utilizada para investigar formas de mejorar características comerciales de los cultivos autóctonos.

### *Control de las enfermedades*

Un objetivo interesante en el uso de la biotecnología es aumentar la resistencia de las plantas cultivadas a las enfermedades y plagas (Keen 1985:223). La resistencia a las enfermedades obtenida hereditariamente implica que se reduce el daño con respecto al que experimentan las plantas que sí son susceptibles a ciertas plagas. En este campo se pueden lograr progresos rápidamente con un solo gen dominante que proporcione características deseables e identificables. Keen (1985: 226) señaló que la resistencia a las enfermedades puede lograrse mediante la introducción de genes que permiten que el sistema de una planta sea más eficaz o que crean un medio hostil para los agentes patógenos y las plagas. Además, los agentes patógenos se desarrollan en los espacios intercelulares de la planta huésped; por lo tanto, cualquier mecanismo que reduzca el suministro de nutrientes hacia ese lugar mediante el estímulo de una mayor absorción de las células de las plantas, sería eficaz para el control de las enfermedades.

La ventaja principal de las aplicaciones biotecnológicas es que los genes resistentes de una especie de plantas no pueden transferirse sexualmente a otra, mientras que las enfermedades tienen la capacidad de atacar a una amplia gama de plantas y especies. Mediante la investigación en esta esfera se han desarrollado genes específicos capaces de combatir a los agentes patógenos que atacan a las plantas. En Canadá, las investigaciones se han centrado en el desarrollo de un gen de resistencia a la enfermedad de la mancha negra que ataca a la canola. Con ello se reducirían las pérdidas debido a la dehiscencia de las vainas en el momento de la cosecha, y de ese modo aumentaría la producción. Sin embargo, por el momento no se dispone de genes clonados resistentes en los países desarrollados. El período que se requiere para comercializar esta biotecnología, una vez que se desarrollen con éxito genes clonados, sería por lo menos de cinco a diez años (Keen, N.T., comunicación personal).

Se han desarrollado *kits* de diagnóstico para detectar y separar las semillas de alfalfa infectadas con el virus de mosaico. En Australia y Nueva Zelanda se usan *kits* de detección en base a enzimas que inducen cambio de color; su costo es de aproximadamente 280.000 dólares (Agriculture Canada 1987:3.14). Es probable que se requiera un técnico para su aplicación; por lo tanto, posiblemente el gobierno tenga que suministrar directamente a los agricultores las semillas seleccionadas. De esa manera, aumentaría el rendimiento y se reducirían las pérdidas (Cuadro 2). Sin embargo, los *kits* de diagnóstico podrían resultar costosos y sería necesario cierto nivel de capacidad gerencial para su utilización. El uso de esos métodos podría reducir el uso de plaguicidas, herbicidas y fungicidas convencionales.

### *Mejoramiento de la nutrición de las plantas*

Muchas investigaciones se han concentrado en la capacidad de las plantas de absorber nitrógeno (Dreyfus *et al.* 1987). Los compuestos nitrogenados representan aproximadamente 40 a 50% de la materia seca de protoplasma (la sustancia viva de las células de las plantas). Las plantas generalmente requieren grandes cantidades de nitrógeno para su crecimiento; se trata, por lo tanto, de un elemento clave para la fertilidad del suelo. Las plantas fijadoras de nitrógeno (en especial las leguminosas) pueden fijar el nitrógeno de la atmósfera debido a su relación simbiótica con microorganismos tales como las bacterias; éstas satisfacen el resto de sus necesidades de nitrógeno absorbiéndolo del suelo. Las plantas que no son fijadoras de nitrógeno obtienen todos sus nutrientes del suelo (Dreyfus *et al.* 1987:7).

Los fertilizantes nitrogenados se han desarrollado para mantener y mejorar las condiciones del suelo mediante la aplicación de fuentes industriales de nitrógeno. Algunas de las limitaciones que tienen los países de ALC para usar fertilizantes nitrogenados industriales son: el costo cada vez más elevado de las importaciones, el bajo rendimiento debido a la lixiviación y la desnitrificación, en especial en los climas tropicales, y la contaminación de las aguas subterráneas por los nitratos.

Existe otra posibilidad: aprovechar la fijación de nitrógeno del suelo y el aire mediante la inoculación de las semillas de las plantas. Ello supone buscar una cepa de bacterias conocidas como rizobíaceas, que forman nódulos en las raíces. Mediante la inoculación de las plantas

con esos organismos beneficiosos aumentaría de manera considerable el rendimiento de los cultivos y de los forrajes. La calidad del inoculante depende en gran parte de su portador; los mejores resultados se han obtenido con la turba. Sin embargo, la composición de la turba es variable. Los portadores sintéticos, tales como un gel de poliacrilamida o alginato, a menudo son los portadores más apropiados.

Las principales limitaciones para adoptar este tipo de biotecnología en ALC son los factores ambientales. En los climas tropicales, el pH del suelo es de menos de 5 (ácido) con una alta concentración de ión hidrógeno y microelementos tóxicos de aluminio y manganeso. Esto podría impedir la creación de una relación simbiótica eficaz entre la planta y las rizobíaceas. Además, para que funcione la relación simbiótica se requieren ciertos minerales (por ejemplo, fósforo, calcio y magnesio).

Las leguminosas y las rizobíaceas muestran una gran diversidad en su tolerancia a la acidez. Es necesario realizar más investigaciones para obtener cepas más resistentes aplicables a suelos tropicales y lograr cepas de alto rendimiento que permitan una mayor fijación de nitrógeno. La transferencia de genes que permite a las plantas realizar su propia fijación de nitrógeno es un proceso a largo plazo, ya que la estabilidad de los genes transferidos tras su incorporación y manifestación en la totalidad de la planta aun se desconoce (Dreyfus *et al.* 1987:41). Otro método posible de transferencia de genes es el injerto de plantas al patrón de las plantas fijadoras de nitrógeno mediante métodos tradicionales de reproducción. Por otra parte, quizás sea posible transferir una serie de genes necesarios para la fijación de nitrógeno de bacterias a un hongo micorrizógeno que luego infecte a la planta.

Si esta biotecnología se desarrolla con éxito, tendrá efectos potencialmente importantes que darán lugar a un aumento del rendimiento (Cuadro 2). La tecnología de la inoculación ya se aplica en países desarrollados y se ha aplicado en algunos países de ALC (especialmente en Brasil) donde una cuidadosa gestión ha permitido una adopción satisfactoria de la tecnología. Es probable que la adopción de esta biotecnología suponga un aumento de la capacidad gerencial y del crédito para la adquisición de otros insumos complementarios, como el fósforo. Quizás se requiera más maquinaria para la inoculación. Además, se necesitará un mayor control de plagas, nematodos y enfermedades, lo que dará lugar a un aumento en el uso de plaguicidas.

Pero en términos generales, el uso de fertilizantes inorgánicos se reduciría.

### *Insecticidas microbianos*

El control biológico de los insectos depende de la utilización de los enemigos naturales de éstos (Burges y Pillai 1987:121). Esos enemigos naturales incluyen las enfermedades causadas por virus, bacterias y hongos patógenos. Para utilizar agentes patógenos destinados a ese control, es necesario disponer de una cantidad suficiente de ellos en la población o en el medio ambiente donde se desarrolla la plaga. Además, se requiere un mecanismo apropiado para transmitir los agentes patógenos de los insectos infectados a los sanos. Es necesario lograr un desarrollo rápido de la enfermedad para evitar que las plagas tengan efectos económicamente destructivos.

Un aspecto fundamental de los insecticidas bacterianos es que son esporas resistentes al medio ambiente. No sólo pueden sobrevivir bien en el medio ambiente de los insectos, sino que también pueden sobrevivir por períodos prolongados en almacenamiento cuando son producidos comercialmente. Algunos ejemplos de su utilización incluyen cepas como el *Bacillus thuringiensis* (BT) que ataca principalmente a las especies de lepidópteros. Las bacterias parecen ser el insecticida ideal; son específicas y sumamente eficaces en una amplia variedad de larvas de insectos, pero inocuas para el ser humano y para la fauna silvestre; además, son biodegradables. Por lo general, son venenos que afectan al estómago cuando la larva los consume y no atacan ninguna otra fase de desarrollo del insecto. Las bacterias han sido utilizadas en Africa para luchar contra los mosquitos y la mosca negra.

Los virus, como las bacterias, son inocuos desde el punto de vista ambiental (Burges y Pillai 1987:132); destruyen las plagas agrícolas, pero a menudo eso no se logra antes de que la cosecha haya sido dañada. En el Caribe se han liberado insectos infectados con un bacilovirus que mata al escarabajo rinoceronte; este escarabajo destruye los cocoteros. Antes de que se desarrollara esta biotecnología ningún plaguicida había funcionado.

Las esporas micóticas pueden crecer y penetrar en la cutícula del insecto y, de esa manera, infectar y, con el tiempo, matar al insecto. El



uso de insecticidas micóticos en aplicaciones desde aviones se ve limitado por la humedad y las altas temperaturas; ambas son esenciales para la germinación y la producción de esporas. Esas limitaciones en algunos países, implican que las biotecnologías que utilizan insecticidas micóticos se adaptan perfectamente a los climas de los países de ALC. Un ejemplo de ese método de lucha contra los insectos es el uso de *Verticillium leconii* contra áfidos de invernadero y cóccidos en el Reino Unido. Si bien las esporas micóticas son específicas para cada variedad, protegen los cultivos durante ataques sucesivos de los insectos. Este método se ha utilizado también fuera de invernaderos en países tropicales para luchar contra los cóccidos de la guayaba, así como para controlar los áfidos en el chile y la saltapuntas marrón en el arroz y el café en Brasil.

Otro insecticida micótico, *Metarrhizium anisopliae* (*green muscardine*), se ha utilizado en aplicaciones desde aviones para combatir la baba de culebra (*Aeneolamia (Tomaspis) bicincta*) en Brasil. Esos hongos deben conservarse a temperaturas específicas: *V. leconii* a 4 grados C y el insecticida micótico a 7 grados C. Es posible que se requieran más insumos para su aplicación en la agricultura, tales como refrigeradores y aviones.

Burges y Pillai concluyen que las posibilidades que ofrecen los patógenos de los insectos probablemente sean mayores en los países menos adelantados, porque en varios de ellos el clima es tropical y subtropical y, en consecuencia, las plagas se multiplican rápidamente. La existencia y la variedad de los patógenos de los insectos en esos países son igualmente importantes.

Varios insecticidas microbianos son aplicables e incluso resultan ventajosos en ALC (Cuadro 2); gracias a ellos se reducirán las pérdidas en los cultivos. En el proceso de producción será necesario utilizar más mano de obra, capacidad gerencial y crédito. El uso de insecticidas microbianos podría reducir la necesidad de utilizar insecticidas convencionales.

### *Digestibilidad de los forrajes*

La biotecnología puede mejorar la digestibilidad de las plantas forrajeras. Por medio del ADNr, el cultivo de tejido y la fusión del protoplasto, algunos científicos de Canadá investigan la posibilidad de

desarrollar alfalfa con las características deseables, que serían las de no producir meteorismo en los rumiantes (Agriculture Canada 1987:3.18). La digestibilidad del forraje puede mejorarse también mediante la inoculación con bacterias, lo que produce un mayor nivel de ácidos grasos volátiles en el forraje. Esto mejorará la calidad del ensilaje y reducirá el deterioro, lo cual motiva un aumento del rendimiento global del forraje (Cuadro 2). Es probable que en el futuro próximo sólo esté disponible en los países desarrollados.

### *Aumento de la eficiencia metabólica*

Una de las esferas básicas de las investigaciones que se realizan actualmente es el estudio del funcionamiento de los sistemas de las plantas. Los biotecnólogos estudian el metabolismo (es decir, las reacciones físicas, químicas y sus ciclos) de las plantas vivas. Por ejemplo, se estudian las enzimas y las proteínas utilizadas en el proceso de fotosíntesis para captar y convertir la energía de la luz en energía química. Otras esferas de interés actual comprenden la división de los nutrientes, el crecimiento de las plantas, la síntesis de productos y la reproducción. Los cambios en la eficacia de cualquiera de esos procesos podrían dar lugar a un aumento de los productos comestibles, a una disminución en el costo de los insumos y a una reducción en el agotamiento de los nutrientes del suelo. (Agriculture Canada 1987:3.20). Ello produciría un aumento de los beneficios de los agricultores que, a la larga, adopten la tecnología (Cuadro 2). De acuerdo con las proyecciones realizadas, esos avances, si los hubiere, no se lograrían a corto plazo. De manera que no es posible prever para un futuro cercano los efectos que tendrían esas tecnologías en las prácticas agrícolas.

### **Repercusiones en la Demanda: Biotecnologías Aplicadas a los Animales**

#### *Selección genética orientada hacia las características de rendimiento*

Mediante la selección genética de características deseables, los científicos pueden lograr mejoras en la calidad del producto de un animal. Ello puede contribuir a una menor elasticidad en la curva de la demanda a que se enfrentan los productores (Cuadro 3).

## Hormonas, reguladores y cronobiología

En general, el uso de hormonas en la práctica agrícola aumenta la producción de carne (y de leche) en el ganado vacuno, las ovejas y los cerdos. Además, hormonas como la de crecimiento porcino mejoran la calidad de los productos del animal; en consecuencia, la curva de la demanda a la cual se enfrentan los productores puede llegar a ser menos elástica (Cuadro 3). Sin embargo, el uso de hormonas de crecimiento bovino puede tener un efecto positivo en la curva de la demanda a que se enfrentan los productores de productos lácteos (lo que daría lugar a una demanda más elástica). Armstrong (1983:79) señaló que en ciertos experimentos de campo, el uso de la hormona de crecimiento bovino ocasionaba una baja en el contenido proteínico. Esto quizás estimule a los consumidores a utilizar otros sustitutos con mayor cantidad de proteínas, debido a la reducción en la calidad del producto.

Por otra parte, el uso de la hormona de crecimiento porcino estimula de manera considerable el crecimiento de los cerdos; aumenta la tasa de crecimiento, la eficiencia de los alimentos y la proporción músculo-grasa del animal. Al parecer, las mejoras se deben a la capacidad de la hormona de impedir el crecimiento de tejido graso. Por lo tanto, los nutrientes se reorientan al crecimiento del músculo (NRC 1987: 41). En general, esto contribuirá a mejorar la calidad del animal (aumentar la proporción entre músculo y grasa), lo cual permitirá, a su vez, a quienes se ocupan de la elaboración de alimentos, obtener cortes de carne magra. Esto puede contribuir a una menor elasticidad de la curva de la demanda que enfrentan los productores de cerdos (Cuadro 3).

### *Nutrición animal*

Los organismos que mantienen el equilibrio microbiano en el intestino reducen el *stress* impuesto por el traslado (diarrea). Ello aumenta la calidad de la res en canal que va al mercado y puede contribuir a una menor elasticidad de la curva de la demanda que enfrentan los productores (Cuadro 3).

CUADRO 3  
REPERCUSIONES EN LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS COMO RESULTADO DE LA INTRODUCCION DE DETERMINADAS BIOTECNOLOGIAS

Tipo de Tecnología	Efectos Iniciales				
	Efectos Distributivos		Efectos Iniciales		
	Aplicable a País Desarrollado	Aplicable a País de ALC	Elasticidad de la Demanda Más (+) Menos (-)	Desplazamiento de la Curva de la Demanda Derecha (+) Izquierda (-)	Creación de Nuevo Mercado
Selección genética orientada a características de rendimiento	✓	?	-		
Hormonas, reguladores y cronobiología	✓	?	+		
HCb	✓	?	-		
HCP					
Nutrición animal	✓	?	-		
Bacterias					
Eficiencia de la reproducción					
Transferencia de embriones	✓	?	-		
Nuevas especies	✓	?			+
Salud/patología animal					
Materiales de diagnóstico					
Control de insectos					

### *Eficiencia de la reproducción*

El proceso de transferir genes deseables a un embrión antes de la transferencia del embrión puede tener dos efectos en la demanda. En primer lugar, la calidad de los animales podría mejorar, lo que contribuiría a una menor elasticidad de la curva de la demanda que enfrentan los productores (Cuadro 3). En segundo lugar, se podrían crear nuevos productos y nuevos mercados para esos productos.

### **Repercusiones en la Demanda: Biotecnologías Aplicadas a las Plantas**

#### *Nuevos productos y especies*

La mayoría de las repercusiones en la oferta como resultado de la introducción de biotecnologías aplicadas a las plantas se experimentan por el desarrollo de nuevos productos y especies. La industria farmacéutica ha descubierto cómo utilizar las plantas *Cuphea* spp., de la familia Lythraceae, que se cultivan en algunos países de ALC (principalmente en México). La *Cuphea* es una planta silvestre que produce un ácido graso en grandes cantidades llamado ácido láurico. El ácido láurico es una materia prima importante para las industrias de jabón y detergentes; se utiliza tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. Esto indica que se podría crear un mercado nuevo importante para esa planta (Cuadro 4). Sin embargo, hubo problemas con la dehiscencia de las vainas antes de cosecharse; por lo tanto, será necesario realizar más investigaciones básicas (Seenath 1988:48).

Una de las esferas cada vez más importantes de la investigación biotecnológica para la industria es la de fármacos derivados de las plantas. Puede ser que existan muchos medicamentos beneficiosos derivados de las plantas para combatir enfermedades y dolencias en los seres humanos; sin embargo, sólo ahora los científicos comienzan a investigar las posibilidades farmacológicas industriales de las plantas medicinales que se han utilizado durante siglos en Oriente y en Occidente.

Por ejemplo, en 1986 Effamol (una compañía británica) anunció actividades de investigación y desarrollo para determinar el valor médico

de la semilla y el aceite de la planta *Oenothera* spp. (Seenath 1988:53). Actualmente los experimentos han mostrado que el aceite podría tener efectos anticancerígenos en tumores de las mamas, los pulmones y la glándula prostática, sin ningún efecto secundario nocivo. Si esto se comprueba, daría lugar a un desplazamiento "hacia afuera" de la curva de la demanda de plantas de la familia Onagraceae (Cuadro 4).

Un producto que tiene un mercado potencialmente importante como medicamento terapéutico es la quinina (Macqueen 1988:52). La quinina protege al hombre de la malaria. Usualmente se extrae de la corteza del árbol llamado *Cinchona ledgeriana*. Por lo general, el árbol debe tener siete años antes de que pueda comenzar la producción, aunque a menudo la producción continúa en árboles de hasta veinte años. Actualmente los fitogenetistas producen quinina mediante la técnica de cultivo *in vitro*. Las células de las plantas liberan quinina fácilmente en el medio de cultivo y el producto químico que se ha producido hasta ahora es bastante bueno. Además, el rendimiento es elevado, lo cual es alentador, si bien aún no se ha alcanzado un nivel que garantice la producción comercial. Los adelantos en ese campo de investigación se lograrán con el mejoramiento de la producción de quinina, de modo que el rendimiento llegue a ser lo suficientemente elevado como para permitir su utilización comercial.

Si se establece como tecnología, es probable que esta biotecnología tenga repercusiones negativas en la demanda de quinina que se obtiene del árbol (Cuadro 4). Por lo tanto, los cultivadores del árbol experimentarán un desplazamiento "hacia adentro" de la curva de la demanda del árbol de quinina.

En general, las investigaciones sobre las propiedades medicinales de algunas especies de plantas pueden crear un nuevo mercado para plantas y cultivos, tanto tradicionales como de reciente conocimiento.

Para que los países de ALC puedan aprovechar esas biotecnologías potenciales, deberán emprender investigaciones que permitan determinar las posibilidades que ofrecen las diversas especies de plantas autóctonas. Además, deberán desarrollar instrumentos complementarios, tales como técnicas de cultivo de tejido, que les permitan fabricar y comercializar los productos terapéuticos.

CUADRO 4. REPERCUSIONES EN LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE LOS PAÍSES DE ALC COMO RESULTADO DE LA INTRODUCCIÓN DE DETERMINADAS BIOTECNOLOGÍAS

Tipo de Tecnología	Efectos Distributivos			Efectos Iniciales		
	Aplicable a País de ALC	Aplicable a País Desarrollado	Región Específica	Elasticidad de la Demanda	Elasticidad de la Demanda	Desplazamiento de la Curva de la Demanda
<b>Creación</b>						
<b>Nuevo Mercado</b>				Más (+) Menos (-)	Más (+) Menos (-)	Derecha (+) Izquierda (-)
Plantas resistentes a tensiones ambientales						
Plantas resistentes a herbicidas						
Nuevos prod. y especies						
Productos farmacéuticos	✓	✓	Países de ALC			++
Terapéuticos	✓					++
1) Aceite de Onograceae	✓				+	
2) Quinina	✓				-	
Varietades mejoradas	✓			-	-	
Semillas uniformes	✓			-	-	
Reguladores del crecimiento de plantas						
Control de enfermedades						
Mejoramiento de nutrición de plantas						
Insecticidas microbianos	✓	✓				+
Digestibilidad del forraje						
	✓				-	
Aumento de la eficiencia metabólica						
Bioprocesamiento						
Energía de la biomasa		✓	Brasil			+

En Estados Unidos, una empresa ha producido tomate con un contenido de sólidos más elevado para ser utilizado en pastas y sopas (Seenath 1988:55); de ese modo, se necesitarán menos tomates para dar el mismo sabor, y, de ese modo, disminuirán los costos destinados al proceso de evaporación. Al mejorar la calidad de los tomates, la curva de la demanda que enfrentan los productores de tomate será menos elástica (Cuadro 4). Además, es probable que disminuyan los gastos de los insumos para su elaboración.

Mediante la creación de semillas uniformes con características deseadas se mejorará la calidad del producto, lo cual contribuirá a que la curva de la demanda que enfrentan los productores sea menos elástica (Cuadro 4).

#### *Insecticidas microbianos*

Los insecticidas microbianos que eliminan a los insectos que atacan a las plantas y que transmiten enfermedades a los seres humanos también tienen efectos iniciales en la demanda. Es probable que den lugar a un desplazamiento "hacia afuera" de la curva de la demanda que enfrentan todos los productores agrícolas, debido a un aumento de la población, como resultado de una disminución de las enfermedades. Es posible que algunas enfermedades como la malaria se puedan controlar mejor mediante la utilización de insecticidas microbianos para combatir a los mosquitos transmisores. En general, cualquier insecticida que pueda reducir la existencia de portadores de enfermedades mortales puede dar lugar a un aumento de la demanda de alimentos, debido a una disminución de la tasa de mortalidad.

#### *Digestibilidad del forraje*

La digestibilidad del forraje aumenta con un mayor nivel de ácidos grasos volátiles (Agriculture Canada 1987:3.18). Ese cambio cualitativo en la naturaleza del forraje contribuirá a una menor elasticidad de la curva de la demanda que enfrentan los productores de forraje.

#### *Bioprocesamiento*

El bioprocesamiento tiene un gran alcance en la utilización de productos agrícolas y silvícolas en la industria. El bioprocesamiento



ofrece oportunidades innovadoras para crear nuevos alimentos y productos, para tratar y utilizar los desechos, y usar los recursos renovables (biomasa) como combustible (NRC 1987:35). Dichos procesos pueden resultar más económicos y menos nocivos ambientalmente, que los utilizados en las actuales prácticas industriales. Por ejemplo, se ha investigado la producción de energía a partir de la biomasa, como el alcohol, partiendo de granos y azúcar. Brasil, en particular, utiliza ampliamente combustibles de alcohol que se han obtenido de la fermentación del jugo de la caña de azúcar (NRC 1987:42). La adopción de la energía de biomasa como sustituto de los recursos energéticos convencionales dará lugar a un desplazamiento "hacia afuera" de la curva de la demanda que enfrentan los productores de azúcar brasileños.

## CONCLUSIONES Y CUESTIONES DE POLITICA

La biotecnología ofrece perspectivas alentadoras para lograr interesantes y nuevos avances en la agricultura de todo el mundo. En la cría de animales, las biotecnologías se desarrollan para mejorar la selección genética, la nutrición, la eficiencia de la reproducción, el control de las enfermedades y plagas y también, para producir hormonas, biorreguladores y equipos de diagnóstico. Las biotecnologías aplicadas a las plantas se desarrollan para mejorar la resistencia al *stress* impuesto por el medio ambiente, desarrollar plantas resistentes a los herbicidas, generar nuevas especies, regular el crecimiento, controlar las enfermedades, mejorar la nutrición, elaborar insecticidas microbianos, mejorar la digestibilidad de los forrajes y aumentar la eficiencia metabólica.

Los efectos probables de las nuevas biotecnologías en la agricultura no son neutros. Algunas biotecnologías afectan a la oferta, ya que se requiere una menor cantidad de insumos, o fertilizantes e insecticidas menos costosos para obtener el mismo nivel de producción. Otras afectan a la demanda, mediante la creación de productos nuevos o de mejor calidad. Además, es probable que algunas biotecnologías se introduzcan en primer término en los países desarrollados. Los efectos en el precio, como resultado de la introducción de biotecnologías en los cultivos y productos pecuarios importantes en países desarrollados, pueden afectar a los ingresos de los productores, los precios de los alimentos y la balanza comercial de los países de ALC.

El desafío que afrontan los encargados de la formulación de políticas en la región es buscar la forma de aumentar los efectos beneficiosos de la introducción de biotecnologías en la agricultura de sus respectivos países y minimizar los efectos negativos de las biotecnologías que se adoptan en los países desarrollados. La clave para enfrentar ese desafío es comprender con claridad las repercusiones que se esperan de la biotecnología. El marco analítico para estudiar esos efectos, tema del presente estudio, proporciona un procedimiento ordenado y lógico para lograr comprenderlos.

El marco analítico que se presenta en este documento permite comparar situaciones económicas anteriores y posteriores a la introducción de una biotecnología: o sea, un método de estática comparativa. Ello no significa que la biotecnología ocasionará siempre cambios importantes y rápidos en la agricultura. En realidad, es probable que los cambios, en su mayoría, sean pequeños y que aunque se apliquen en gran escala las repercusiones en los mercados de insumos y de productos no siempre sean importantes. Sin embargo, el marco elaborado en este estudio proporciona una lista de referencias que pueden usar los analistas en sus investigaciones sobre las posibles consecuencias en los mercados de productos y de insumos.

El análisis de los probables efectos de la biotecnología en esos mercados sugiere los siguientes posibles cambios estructurales en la agricultura de ALC:

1. Sustitución de los cultivos de subsistencia del pequeño agricultor por cultivos agrícolas comerciales.
2. Concentración de la producción en grandes explotaciones agrícolas, debido a las grandes necesidades de capital y capacidad de gestión.
3. Sustitución de las fuentes nacionales de insumos por fuentes extranjeras (basadas en la biotecnología).

La comprensión de ese tipo de repercusiones previstas permitirá a los encargados de las políticas del sector agropecuario adoptar medidas que eviten o mitiguen las consecuencias indeseables para sus países.

Para la introducción exitosa de algunas innovaciones biotecnológicas se requiere la generación de economías de escala en la práctica agrícola. Los responsables de las políticas deberían preocuparse por los cambios que se producirán en la distribución del ingreso como resultado de esas innovaciones. Por lo general, los costos medios de producción de las grandes explotaciones agrícolas comerciales son mucho más bajos que los correspondientes a los de los pequeños agricultores; es decir, existe una escala de producción de eficiencia mínima para poder introducir con éxito una biotecnología. Si un pequeño productor no puede adaptar la nueva biotecnología debido a la dimensión de su explotación agrícola, es posible que con el tiempo se vea excluido del mercado.

Cabe la posibilidad de utilizar la biotecnología agrícola para mejorar la distribución del ingreso y aumentar la eficiencia de la producción en los países de ALC. Los responsables de la formulación de políticas en esos países podrían promover una mejor distribución del ingreso mediante la adopción de las siguientes medidas:

1. Centrar las investigaciones en los cultivos de subsistencia de los pequeños productores con utilización de semillas mejoradas y otros medios que no requieran demasiados insumos complementarios.
2. Estudiar posibilidades para el uso de *kits* de diagnóstico entre los pequeños productores, y quizás desarrollar esos *kits* con cierto control estatal, a fin de garantizar que su costo sea razonable.
3. Desarrollar, por medio de la biotecnología, métodos de elaboración en los cuales se utilicen cultivos de subsistencia de los pequeños agricultores y ampliar, de ese modo, los mercados para esos cultivos.
4. Formular políticas que permitan a los productores comerciales recuperar el costo de las mejoras obtenidas gracias a la biotecnología, en vez de permitir que el Estado subvencione a los mayores productores.

La mayoría de las innovaciones biotecnológicas tienden a un aumento del rendimiento de los cultivos y animales existentes. A su vez, el incremento de la producción de cualquier artículo requiere una mejor infraestructura. Por lo tanto, es posible que se experimente un crecimiento

to en la demanda de servicios de transporte: ferrocarriles, camiones, carreteras, aviones, barcos de carga, puertos y aeropuertos. Quizás, para la elaboración industrial, al final de la cadena agrícola, se tengan que destinar más recursos para tratar mayores cantidades y diferentes calidades de producto. Esas necesidades de la industria podrían ser atendidas por el sector privado o con incentivos complementarios del gobierno, o por medio de la intervención directa del Estado. El aumento de la calidad o la cantidad del producto exigirá una mayor capacidad de comercialización, tanto en el mercado nacional como en el orden internacional. Para un mayor control de calidad puede suceder que se requieran más servicios veterinarios o de inspección, que el gobierno deberá proporcionar.

Una cuestión importante que los responsables de políticas de los países de ALC deben considerar es que muchas de las innovaciones biotecnológicas que podrían adoptarse en la región quizás no se adopten por falta de fondos de inversión, carencia de personal calificado, dificultades en el acceso a los procesos patentados, o debido a las bajas tasas de rentabilidad. Para la introducción de la biotecnología agrícola es necesario estudiar con mayor detenimiento los siguientes aspectos:

1. La forma de mantener el control, de modo que las ganancias puedan ser capturadas en los países de la región.
2. La forma de asegurar que los beneficios se extiendan a todos los países de ALC y no empeore la ya deficiente distribución del ingreso.
3. La forma de utilizar biotecnologías que estimulen un proceso amplio de modernización agrícola, incluida una mejor integración de los sectores de insumos, primario y de elaboración. Los efectos beneficiosos de la biotecnología no se limitan al sector primario de la producción; incluyen efectos multiplicadores, la transformación de la gestión y el autosostenimiento del desarrollo.

Prácticamente en todos los casos, cabe prever que los países de la región tendrán más dificultades que los desarrollados para introducir la biotecnología en sus sectores agrícolas. La organización de la producción con una gran proporción de campesinos, el bajo nivel de su

capacidad gerencial, las restricciones del crédito, la escasez de otros recursos y la falta de infraestructura, hacen que la introducción de cambios importantes en la producción agrícola resulte muy difícil. En general, la difusión de una nueva tecnología es lenta, pero debe considerarse que en los países de ALC los retrasos pueden ser considerables.

La mayoría de las innovaciones biotecnológicas se han realizado, y se seguirán realizando, en los países desarrollados. Algunas de ellas podrán adaptarse para ser utilizadas en ALC; sin embargo, los principales problemas que aborden los investigadores en biotecnología serán los que atañen al mundo desarrollado, no los correspondientes a los problemas de la región.

Los países de ALC pueden realizar algunas de sus propias investigaciones biotecnológicas en el ámbito de la agricultura, y deberían hacerlas. Por ejemplo, la biotecnología puede acelerar el proceso de investigación para el desarrollo de nuevos cultivos. Sin embargo, las condiciones mismas para proceder a la investigación y la adopción biotecnológica —científicos especializados, inversión de mucho capital en servicios de investigación, personal de gestión especializado, mano de obra especializada, inversión de mucho capital en la producción— hacen que resulte muy difícil realizar en ALC grandes actividades en ese campo. El apoyo del gobierno es esencial para emprender actividades de investigación y desarrollo, y para crear un entorno económico apropiado para el establecimiento de empresas de biotecnología.

Los países de la región tienen, en cuanto al uso de la biotecnología en la agricultura, algunas ventajas que no se encuentran en los países desarrollados. La mayoría de los países del área no disponen de los fuertes grupos de presión de consumidores con que cuentan muchos países desarrollados, y que impiden la introducción de productos como las hormonas para el crecimiento del ganado. Sin embargo, para poder aprovechar esas oportunidades se requieren grandes esfuerzos con el fin de superar las limitaciones de recursos, que tanto dificultan la adopción de nuevas técnicas en esos países. Es indispensable la formulación de políticas que contribuyan a plantear, desarrollar y fortalecer ese proceso.

**BIBLIOGRAFIA**

**AGRICULTURE CANADA, AGRICULTURAL DEVELOPMENT BRANCH. 1987. Potential Impact of Biotechnology on Agriculture in Alberta: Final Report, Edmonton, Canadá.**

**ARMSTRONG, D.C. 1983. Applications for the Improvement of Yield in Farm Livestock In New Biotechnologies for Animal Health and Production. In Ross, D.; Sellers, K. (eds.) Association of Veterinarians, Londres, Royal College of Physicians.**

**BURGES, H.D.; PILLAI, T.S. 1987. Microbial Bioinsecticides. In Microbial Technology in the Developing World. Skva, E.J. (Ed.). N.Y., Oxford University Press.**

**DREYFUS, B.L.; DIEM, H.G.; FREIRE, J.; KEYA, S.O.; DOMMERGUES, Y.R. 1987. Nitrogen Fixation in Tropical Agriculture and Forestry. In Microbial Technology in the Developing World.**

**KEEN, N.T. 1985. Novel Approaches to Improving Disease Resistance in Plants. In Biotechnology for Solving Agricultural Problems. Beltsville Symposium X, Artículo presentado en el Beltsville Agricultural Research Centre, Martinus Nijhoff Publishers.**

**KOUTSOYANNIS, A. 1979. Modern Microeconomics. 2 ed. Londres, Macmillan Education Ltd.**

**KUPPER, H. A. 1983. Development of a Foot and Mouth Vaccine: A Review. In New Biotechnologies for Animal Health and Production. Ross, D.; Sellers, K. (Eds.) Association of Veterinarians In Industry, Londres, Royal College of Physicians.**

**LYONS, T.P. (Ed.) 1987. Biotechnology in the Feed Industry, Kentucky, Alltech Technical Publications.**

**MACQUEEN, H. 1988. Biotechnology Puts the Squeeze on Plants. New Scientist, 14 de abril.**

MOSES, P. B. 1987. Gene Transfer Methods Applicable to Agricultural Organisms (Apéndice). In *Agricultural Biotechnology: Strategies for National Competitiveness*, NRC, Washington D.C., National Academy Press.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1987. *Agricultural Biotechnology: Strategies for National Competitiveness*, Washington, D.C., National Academy Press.

OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos). 1989. *Biotechnology: Economic and Wider impacts*. París, OECD Publications.

ROOS, D.; SELLERS, K. (Eds.). 1983. *New Biotechnology for Animal Health and Production*. Association of Veterinarians in Industry, Londres, Royal College of Physicians.

SEENATH, L. H. 1988. *Industrial Biotechnology International: Technical Advances and Corporate Developments*. Hurlow, Longman.

SILVA, E.J. (ed.). 1987. *Microbial Technology in the Developing World*. Nueva York, Oxford University Press.

VOCKE, G. 1988. *New Technology Shifts Third World Grain and Soybean Trade World Agriculture: Situation and Outlook Report*. WAS-53, Economic Research Service, USDA. Diciembre de 1988.





**EFFECTOS ECONOMICOS DE LA BIOTECNOLOGIA.**

**ESTUDIO DE CASO: LA INDUSTRIA MEXICANA DE LA PAPA**

**L.A. Marks**

**K.K. Klein**

**W.A. Kerr**



## INTRODUCCION

En un documento titulado "Repercusiones de la Biotecnología en el Sector Agropecuario de los Países de América Latina y el Caribe. Una Evaluación Preliminar" (Klein *et al.* 1990),<sup>4</sup> se realizó un estudio sobre los posibles efectos económicos de las biotecnologías agrícolas en los países de esa región. En ese trabajo se cumplieron los siguientes objetivos:

1. Se examinaron los instrumentos específicos que han sido desarrollados en la esfera de la biotecnología agrícola.
2. Se elaboró un enfoque metodológico para evaluar las repercusiones de las biotecnologías de inminente introducción en las prácticas agrícolas comerciales, ya sea de países en desarrollo o desarrollados.
3. Se expusieron, a grandes rasgos, las posibles políticas que los países de ALC deben adoptar a fin de mitigar los efectos indeseables de la introducción de biotecnologías en la agricultura.

El propósito era examinar los tipos de problemas que los encargados de la formulación de políticas de los países de ALC posiblemente tengan que tomar en cuenta al elaborar una estrategia nacional sobre biotecnología.

El objetivo del presente documento es probar el enfoque metodológico elaborado en aquella oportunidad. Dicho enfoque será aplicado a las actuales investigaciones en el campo de la biotecnología que probablemente estén afectando a la industria mexicana de la papa. Se espera destacar cualquier aspecto de política que no se haya tomado en cuenta en el documento citado. Esas cuestiones de política deberán incluirse en el marco analítico que se ha elaborado hasta ahora. Asimismo, se pretende prestar especial atención tanto a la flexibilidad como a la amplitud del enfoque.

En México y en todo el mundo se llevan a cabo investigaciones sobre la papa. Este documento se ocupa de las actividades de investigación realizadas en México y fuera de ese país que puedan permitir a

---

<sup>4</sup> Incluido en este volumen.

mejoras en el rendimiento de los agricultores mexicanos de papa. El aumento del rendimiento ocasionará un desplazamiento hacia la derecha de la curva de la oferta de papas. Por lo tanto, se ha realizado un análisis cuantitativo de las variaciones en los precios y en la producción como resultado de dicho desplazamiento de la oferta. Además, se examinan los efectos cualitativos en los mercados de insumos, en los mercados externos y en las exigencias sobre la infraestructura para poder transportar la mayor cantidad de productos al mercado.

En la siguiente sección se presenta una breve reseña sobre el sector agrícola mexicano: la producción de papa, la distribución de la tierra y la política alimentaria. En la sección tercera se examinan las investigaciones que sobre la papa se realizan a nivel mundial; luego se analizan en especial las investigaciones realizadas en México. En la sección cuarta se aplica la metodología desarrollada en el documento anterior, en tanto que en la sección quinta se definen los efectos que se prevé tendrá la biotecnología en la industria mexicana de la papa. En la sección final se presentan sugerencias en materia de política que pueden contribuir a mitigar algunos de los efectos potencialmente negativos de la tecnología.

## INFORMACION GENERAL SOBRE LA AGRICULTURA MEXICANA

### Distribución de la Tierra

De las 43 hortalizas que se cultivan en México, la papa ocupa el primer lugar en importancia en relación con la superficie que se destina a su cosecha. En el decenio de 1980, el volumen total producido sobrepasó el millón de toneladas. Ese volumen sólo ha sido superado por la cosecha de tomate. El abastecimiento nacional se origina principalmente en 15 unidades geográficas importantes que en conjunto aportan 95% de la producción total (Cuadros 1a y 1b).

Es importante reconocer que existen dos grupos diferentes de agricultores en el sistema agrícola mexicano. En primer lugar, los pequeños agricultores de secano, que por lo general se encuentran en un régimen comunal de tierras y se ubican en las sierras altas, donde el clima es húmedo y moderadamente frío. Las tierras de esos agricultores tienden a verse afectadas por la sequía. En segundo término, los grandes agricultores de tierras de riego, los cuales generalmente poseen tierras privadas y se ubican en los valles donde el clima es caliente y seco. Dichos agricultores tienen menos probabilidades de verse afectados durante los períodos de sequía, ya que tienen acceso a

sistemas de riego. Esta es sólo una de las tantas dicotomías que existen en el sistema agrícola mexicano; existen otras, entre los agricultores del norte y los del sur, quienes están en régimen de tierras comunales y los de propiedad privada, entre los pequeños y los grandes agricultores y entre aquellos que poseen tierras destinadas a la ganadería y quienes poseen tierras destinadas a la siembra (The EIU 1989:14).

La reforma agraria durante el período de Cárdenas (1934-1940) puso fin al sistema de la hacienda y estableció el sistema del ejido<sup>5</sup> como base de la agricultura en la zona central y meridional de México. Ello permitió a los campesinos ser propietarios de la tierra. Sin embargo, después de esa redistribución inicial, los gobiernos posteriores emprendieron ambiciosos sistemas de riego que favorecieron a los grandes propietarios de tierra. Como resultado, muchos autores han llegado a la conclusión de que, en general, la asistencia del gobierno al desarrollo agrícola ha favorecido a los grandes agricultores y no al sistema ejidal. En el norte, las explotaciones agrícolas privadas han podido aprovechar las oportunidades comerciales que ofrece el creciente mercado de exportación destinado a EE.UU.<sup>6</sup> Debido a ello, el abastecimiento de alimentos básicos ha quedado en manos del sector agrícola ejidal, constituido por pequeños agricultores de secano que tienden a verse afectados por la sequía. Esos agricultores no han podido aprovechar la mecanización, ya que a menudo sus tierras están situadas en las sierras altas. Eso ha tenido como resultado un sector agrícola ejidal relativamente subcapitalizado. Otra distinción que debe señalarse entre los dos sectores es que los agricultores-empresarios medianos pudieron beneficiarse directamente de la Revolución Verde,<sup>7</sup> mientras que los pequeños agricultores no. Todo ello originó la denominada crisis agrícola del decenio de los 70 y el fuerte aumento en las importaciones de alimentos durante todo el decenio de 1980.

---

<sup>5</sup> Tierra comunal que se asigna a cada miembro del grupo a fin de que la cultive en forma individual.

<sup>6</sup> En 1982 las hortalizas representaron más de 25% del total de las exportaciones de productos agrícolas de México; antes del auge del petróleo su contribución era aún más importante (Mares 1987).

<sup>7</sup> La nueva tecnología requería créditos y conocimientos técnicos de los que la agricultura ejidal no disponía (The EUI 1989).

## CUADRO 1-A

DISTRIBUCION DEL TERRENO ENTRE AGRICULTORES DE TIERRAS  
DE RIEGO Y AGRICULTORES DE SECANO POR PRINCIPALES ESTADOS  
(SUPERFICIE CULTIVADA) 1980/1981  
CICLOS DE OTOÑO/INVIERNO Y PRIMAVERA/VERANO

(en hectáreas)

Estado	De riego	De secano	Total	Superficie % total
Aguascalientes	134	0	134	0.2
Baja California N.	1 529	0	1 529	2.3
Chihuahua	848	5 734	6 582	9.8
Durango	104	450	554	0.8
Guanajuato	1 235	0	1 235	1.8
Hidalgo	789	0	789	1.2
Jalisco	56	250	306	0.5
México	748	10 354	11 102	16.6
Michoacán	1 972	92	2 064	3.1
Nuevo León	1 157	0	1 157	1.7
Puebla	1 230	21 526	22 756	34.0
Sinaloa	3 533	0	3 533	5.3
Sonora	1 478	0	1 478	2.2
Tlaxcala	923	1 214	2 137	3.2
Veracruz	35	9 830	9 865	14.7
Otros (a)	889	889	1 779	2.7
Nacional	16 660	50 339	67 000	100

Nota: Las cifras por estado se tomaron de: Econotecnia Agrícola, Volumen VII, N°3, marzo de 1983, DGEA/SARH, págs. 18-49.

(a) Incluye otras zonas de producción: Nayarit, Zacatecas, Chiapas, Coahuila, Querétaro, Baja California Sur, Oaxaca, Distrito Federal, Morelos, San Luis Potosí y Yucatán.

No fue posible disponer de información para la categoría "otros" estados por distribución del terreno; por lo tanto, las cifras se estimaron tomando el total de la superficie cultivada a nivel nacional en 1981. Se restó a esa cifra el total de la superficie de los principales estados productores para obtener la superficie correspondiente a los "otros" estados. Luego se dividió esta superficie por igual entre las tierras de riego y de secano.

CUADRO 1-B

DISTRIBUCION DEL TERRENO ENTRE AGRICULTORES DE TIERRAS DE RIEGO Y DE SECANO POR PRINCIPALES ESTADOS (VOLUMEN). 1980/1981  
CICLOS DE OTOÑO/INVIERNO Y PRIMAVERA/VERANO

(en toneladas métricas)

Estado	De riego	De secano	Total	% Volumen total	Rendim. (tm/ha)
Aguascalientes	3 575	0	3 575	0.4	26.7
Baja California N.	31 678	0	31 678	3.7	20.7
Chihuahua	29 272	41 308	70 580	8.2	10.7
Durango	1 129	2 487	3 616	0.4	6.5
Guanajuato	26 516	0	26 516	3.1	21.5
Hidalgo	14 202	0	14 202	1.6	18.0
Jalisco	1 368	5 000	6 368	0.7	20.8
México	8 228	136 290	144 518	16.8	13.0
Michoacán	33 506	1 552	35 058	4.1	17.0
Nuevo León	34 937	0	34 937	4.1	30.2
Puebla	13 571	139 341	152 912	17.8	6.7
Sinaloa	74 793	0	74 793	8.7	21.2
Sonora	34 511	0	34 511	4.1	23.3
Tlaxcala	18 430	18 127	36 557	4.2	17.1
Veracruz	525	111 322	111 847	13.0	11.3
Otros (a)	39 805	39 805	79 610	9.2	44.7
Nacional	366 046	495 232	861 278	100	12.9

**Nota:** Las cifras por estado se tomaron de: Econotecnia Agrícola, Volumen VII, N°3, marzo de 1983, DGEA/SARH, págs. 18-49.

(a) Incluye otras zonas de producción: Nayarit, Zacatecas, Chiapas, Coahuila, Queretaro, Baja California Sur, Oaxaca, Distrito Federal, Morelos, San Luis Potosí y Yucatán.

No fue posible disponer de información para la categoría "otros" estados por distribución del terreno; por lo tanto, las cifras se estimaron tomando el volumen total producido a nivel nacional en 1981. Se restó a esa cifra el volumen total correspondiente a los principales estados productores a fin de obtener la volumen de los "otros" estados. Luego se dividió este el volumen por igual entre las tierras de riego y de secano.

En el Cuadro 1a se muestra la distribución de la tierra por los principales estados y por superficie cultivada; en el Cuadro 1b se presenta el volumen de la producción total correspondiente a cada estado en 1981. Se concluye así que Veracruz, el Estado de México y Puebla fueron, durante 1981, los principales estados productores del país.

Puebla produjo el mayor volumen de papas (17.8% de la producción total en ese año) y destinó la mayor parte de sus tierras a dicha producción (34% de la superficie cultivada) (Cuadro 1a). El estado de México, si bien no era la principal región productora, registró la mayor productividad de los tres estados, con un rendimiento de 13 toneladas métricas por hectárea. En los estados en que las tierras eran en su mayoría de regadío, se alcanzaron las tasas de productividad más elevadas. Por ejemplo, las tierras que eran totalmente de riego (Aguascalientes, Baja California Norte, Guanajuato, Nuevo León, Sinaloa, Sonora) mantenían tasas de productividad superiores a las 20 tm/ha; en algunos casos, dos o tres veces el promedio nacional de 12.9 tm/ha. En 1981, la productividad de las tierras de regadío fue de 22 tm/ha, mientras que la productividad de las tierras que no eran de regadío fue de 9.8 tm/ha. El riego es sólo uno de los factores que intervienen en las elevadas tasas de productividad de los estados norteros. Sinaloa, Sonora y Baja California Norte están situados en las zonas de tierra baja donde los agricultores pueden aprovecharse de la mecanización y los grandes agricultores tienen acceso a semillas de papa certificada. La producción en tierras de riego representa aproximadamente 25% del total de la superficie y 38% del volumen producido en 1981.

### **Producción de Papa**

Los datos de la producción nacional total revelan que el nivel fluctuó durante el período de 1975 a 1985. Es más probable que los aumentos registrados durante el período de 1975 a 1980 se debieran al cultivo de una mayor superficie que a mejoras en la productividad. Durante el período posterior (1981-83) la producción total disminuyó, ya que la extensión de terreno cultivado fue menor. Durante el período 1984-85 la productividad aumentó en comparación con los primeros años del decenio de 1980 y, por lo tanto, la producción total aumentó, pese a una



reducción en la superficie dedicada a la producción de papa (Cuadro 1c). En general, durante el período 1975-1985 se ha registrado un pequeño aumento en la productividad, que pasó de 12.1 tm/ha en 1975 a 14.2 tm/ha en 1985. Teniendo en cuenta esos ligeros aumentos, los avances en biotecnología resultan aún más indispensables, a fin de garantizar futuros incrementos en la productividad.

Se dispone de escasa información relacionada con los costos de producción de los agricultores de papa en México. Dicha información es incompleta y, por lo tanto, no se pueden establecer comparaciones confiables de los costos entre los agricultores de tierras de riego y los de secano. A pesar de esas limitaciones, el Cuadro 2 permite llegar a la conclusión de que el componente principal de los costos totales (56%), para agricultores de tierras de riego y para los de secano, es el costo de la semilla de papa. Como se había previsto, los costos por tonelada fueron inferiores para los primeros debido, en gran parte, a la brecha de productividad existente entre los dos grupos de agricultores.

## Precios

Existe una gran diferencia entre los precios de la papa en las ciudades (o principales zonas pobladas) y en las zonas rurales (Cuadro 3). Estos varían también según la estación; tienden a ser más bajos a principios de año y aumentan de julio a setiembre. Además, tienden a permanecer elevados durante la segunda mitad del año (México 1983:88-91). Los agricultores que siembran durante el ciclo de primavera/verano<sup>8</sup> probablemente se benefician de precios más elevados a finales de año, ya que cosechan durante los meses en que los precios son más altos.

---

<sup>8</sup> En México existen dos ciclos agrícolas por año: el de primavera/verano y el de otoño/invierno. Los ciclos de producción difieren entre un estado y otro, según el clima. Por ejemplo, en el estado de Puebla, para el ciclo de primavera/verano, el cultivo se siembra de marzo a junio y se cosecha de setiembre a diciembre. Para el ciclo de otoño/invierno se siembra de diciembre a marzo y se cosecha de junio a diciembre (México 1983). El régimen de siembra y cosecha dependerá en especial de la precipitación y de la temperatura media nocturna de cada estado. Como Puebla es principalmente de secano, ello determina el momento óptimo del año para sembrar. Los agricultores de tierras de riego dependen menos de las limitaciones en cuanto a la precipitación; sin embargo, sí se ven afectados por las altas temperaturas nocturnas, que determinan cuándo se debe sembrar.

CUADRO 1-C

PRODUCCION MEXICANA DE PAPAS POR SUPERFICIE COSECHADA,  
VOLUMEN Y RENDIMIENTO, CORRESPONDIENTE AL PERIODO 1975 - 1985

Año	Superficie cosechada (ha)	Producción (tm)	Rendimiento (tm/ha)
1975	57 108	692 726	12.13
1976	55 806	687 093	12.31
1977	54 063	631 178	11.67
1978	69 481	923 230	13.29
1979	87 075	1.053 386	12.10
1980	78 552	1.064 905	13.56
1981	67 000	861 278	12.85
1982	68 000	941 843	13.85
1983	74 000	835 215	11.29
1984	70 000	1.016 905	14.52
1985	70 000	989 402	14.13
Promedio Período	68 280	881 560	12.91

**Notas:** Superficie cosechada. Las cifras para los años 1975-1980 inclusive se tomaron de Econotecnia Agrícola, Volumen VII, N°3, marzo 1983, DGEA/SARH, pág. 13. Para los años 1981-1985 se tomaron de los Anuarios FAO-de Producción: 1982, Volumen N° 36, N° 67; 1983, volumen N° 37, N° 68, y 1985, volumen N° 39, N° 70, respectivamente.

**Rendimiento.** Las cifras para los años 1975-1979 inclusive, se tomaron de Econotecnia Agrícola, Volumen VII, N° 3, marzo de 1983, DGEA/SARH, página 13. Para los años 1980 a 1985 se han calculado tomando la cifra de producción total para cada año y dividiéndola entre la superficie para ese año.

**Producción.** Las cifras se tomaron del Cuadro 2.1.21, "Consumo Nacional Aparente de las Principales Hortalizas y Tubérculos, 1960-85", que figura en Estadísticas Básicas 1960-86, para la planeación del Desarrollo Rural Integral México D.F. DEGEIS/SARH, 1986.

**CUADRO 2**  
**COSTO DE LA PRODUCCION DE PAPA PARA AGRICULTORES**  
**DE TIERRAS DE REGADIO Y DE SECANO**

(US\$)\*

	Tierras de riego-Sinaloa Otoño/Invierno 1981-82	Tierras de secano-Veracruz Primavera/Verano 1982
Preparación del terreno (a)	184	124
Siembra (b)	3 628	2 252
Uso de fertilizantes (c)	126	349
Mano de obra (d)	163	180
Lucha contra enfermedades virus (e)	82	183
Cosecha (f)	679	233
Gastos diversos (g)	1 635	649
Costo total por ha	6 498	3 969
Rendimiento medio (tm/ha)	25	12
Costo por tonelada	260	331

**Notas:**

- (a) Incluye barbecho, rastreo, nivelación, surcado, etc. en Sinaloa el riego es anterior a la siembra.  
 (b) Incluye costo de semilla y operaciones de siembra.  
 (c) Incluye el costo de fertilizantes y su aplicación.  
 (d) Deshierbes, riegos, aporques.  
 (e) Incluye el costo de fungicidas, insecticidas y su aplicación.  
 (f) Incluye gastos de operaciones y el costo de materiales.  
 (g) Intereses, seguro agrícola, cuota de agua, gastos de administración, etc.  
 (\*) Para la conversión de las cifras de Pesos a Dólares EE.UU., se utilizó el tipo de cambio vigente en 1981 (FMI, pág. 77).

Resulta difícil determinar si el precio de la papa ha aumentado en comparación con otros productos básicos. En 1981, el índice general de la canasta básica de alimentos aumentó a 551 (1973 = año base),<sup>9</sup> mientras que el mismo índice para las papas amarilla y blanca fue de 724 y 876, respectivamente. Hasta el año 1981, los aumentos en el precio de la papa se mantuvieron por debajo o eran iguales a los de la canasta básica de alimentos. El decenio de 1980 se ha caracterizado por una espiral inflacionaria en México, lo cual permite explicar los rápidos aumentos de precios registrados en 1981. El aumento en el precio de la papa con respecto al índice general puede explicarse por el hecho de que el índice se compone de productos básicos tales como la carne, el maíz y los cereales. Durante 1981, esos productos fueron subvencionados dentro del marco de la política alimentaria mexicana (SAM, Sistema Alimentario Mexicano). Por otra parte, los precios de la papa no han sido subvencionados, ya que no se le considera un producto que forme parte de la canasta básica. Las frutas tampoco se consideran productos de la canasta básica, lo cual se refleja en el hecho de que el índice de precios para las frutas también aumentó de 482 en 1980 a 653 en 1981.

### Comercio Internacional

Durante el decenio de 1980, México ha experimentado un déficit comercial con respecto a la papa, tanto en términos monetarios como en términos de volumen (Cuadros 4 y 5). En términos monetarios, el déficit fue de 2.6 millones y 2 millones de dólares EE.UU. durante 1984 y 1985, respectivamente. En términos de volumen, fue de 15 000 toneladas métricas durante 1985. Como en ese año la producción total de México fue de 989 402 tm, ese déficit puede considerarse más bien insignificante (1.5% de la producción total). Las papas pueden considerarse prácticamente un producto que no es objeto de intercambio en la economía mexicana. Aunque México experimente problemas en su cosecha, es poco probable que ello afecte al mercado mundial de la papa. La producción en 1985 constituyó apenas 5.5% del total de la producción estadounidense y menos de 1% del total de la producción mundial (Cuadro 6).

---

<sup>9</sup> Este índice fue elaborado con precios de Ciudad de México y del área metropolitana (México 1983).

CUADRO 3  
MARGENES ENTRE LOS PRECIOS DE LA PAPA EN LOS MERCADOS RURALES  
Y DE MAYOREO PARA LOS DOS TIPOS PRINCIPALES DE PAPA  
(Kilogramos)

Año	Amarilla					Blanca				
	Precio medio rural Pesos/kg	Precio mayorero Pesos/kg	Tipo de cambio (a)	Precio medio rural US\$/kg.	Precio corriente mayorero	Margen absoluto relativo (a)	Precio mayorero Pesos/kg	Precio mayorero US\$/kg.	Margen absoluto relativo	Margen absoluto relativo
1971	1.00	1.79	12.50	0.08	0.14	0.06	1.26	0.10	0.02	26
1972	0.87	1.09	12.50	0.07	0.09	0.02	0.91	0.07	0.00	5
1973	1.13	2.20	12.50	0.09	0.18	0.09	1.63	0.13	0.04	44
1974	1.46	2.64	12.50	0.12	0.21	0.09	1.96	0.16	0.04	34
1975	1.44	2.28	12.50	0.12	0.18	0.07	2.20	0.18	0.06	53
1976	1.94	2.90	15.43	0.13	0.19	0.06	2.44	0.16	0.03	26
1977	2.71	4.48	22.57	0.12	0.20	0.08	4.37	0.19	0.07	61
1978	4.10	5.88	22.77	0.18	0.26	0.08	5.60	0.25	0.07	37
1979	3.50	5.45	22.81	0.15	0.24	0.09	4.67	0.20	0.05	33
1980	3.80	6.31	22.95	0.17	0.27	0.11	5.86	0.26	0.09	54
1981	5.46	14.72	24.51	0.22	0.60	0.38	15.84	0.65	0.42	190

Fuente: Datos tomados del Cuadro 32, "Márgenes de Comercialización de los Tipos Principales", de Econotecnia Agrícola, Volumen VII, N°3, marzo 1983, DGEA, SARH, pág. 99.

Notas : (a) Datos tomados del Fondo Monetario Internacional (FMI), International Financial Statistics, Supplement on Exchange Rates, Supplement Series, N° 9, 1985, pág. 77. Tipo de cambio anual medio de Pesos por US\$.  
(b) El margen relativo de precios es igual a la diferencia porcentual entre el precio de mayorero (US\$/kg.) y el precio medio rural.

## Rendimiento

Como ya se indicó, el rendimiento de la papa en México difiere entre los agricultores (de tierras de riego y de secano) y entre las regiones (norte y sur). El rendimiento de papa en México puede compararse de manera favorable con el de otros países. Algunos países de América Latina, como Brasil y Argentina, tienen una superficie comparable a la de México (en términos de superficie cosechada y de producción total) y registran rendimientos comparables por hectárea. Si se compara con el de otros productores, como EE.UU. y Europa, el rendimiento medio de México es menos favorable. Por ejemplo, EE.UU. es uno de los mayores productores (18 millones de tm en 1985), con rendimientos medios de casi tres veces el de México (véase Cuadro 7). Los principales productores europeos son Reino Unido y Países Bajos; cada uno produjo en 1985 aproximadamente 7 millones de tm. Los rendimientos por hectárea de los países europeos son de los más elevados del mundo (40 tm/ha). El mayor productor mundial es la China, que produjo 46 millones de tm; sin embargo, los rendimientos fueron de solo 11 tm en 1985.

## Investigación y Política Alimentaria

### *Política alimentaria*

Cualquier adelanto reciente en materia de biotecnología debe examinarse teniendo en cuenta las iniciativas gubernamentales actuales y pasadas para asegurar el abastecimiento de alimentos a nivel nacional. México cuenta con una población que crece rápidamente<sup>10</sup> y que se concentra cada vez más en las zonas urbanas.<sup>11</sup> Uno de los principales objetivos de México para el decenio de 1990 es llegar a ser autosuficiente en la producción de alimentos. Desde principios del decenio de 1970 México se ha convertido en un importador neto de productos básicos. En 1989 importó 9.5 millones de toneladas de alimentos básicos; para 1990 se prevé una cifra parecida (Hossie 1990:B4).

---

<sup>10</sup> La tasa de crecimiento de la población de México correspondiente a 1986-88, fue de 2.5% y para el año 1988 se estimó en 83.3 millones de habitantes (The EIU 1989).

<sup>11</sup> En 1987, 71% de la población vivía en zonas urbanas.

**CUADRO 4**  
**BALANZA COMERCIAL DE MEXICO CON RESPECTO A LA PAPA**  
**EN TERMINOS DE VALOR**

(En miles de US\$)

Año (a)	Importaciones	Exportaciones	Importaciones 1980 precios (b)	Exportaciones 1980 precios (c)	Balanza comercial (b)
1980	660.0	262.0	660.0	262.0	-398.0
1981	147.0	50.0	136.7	46.5	-90.2
1982	1 130.0	10.0	983.1	8.7	-974.4
1983	225.0	23.0	189.0	19.3	-169.7
1984	3 340.0	147.0	2 805.6	119.1	-2 686.5
1985	2 656.0	90.0	2 098.2	71.1	-2 027.1
1986	900.0	92.0	n/a	n/a	n/a

**Notas**

- a) Cifras de 1980, tomadas del Anuario FAO de Comercio 1982, V. 36, N° 74.  
 Cifras de 1981, tomadas del Anuario FAO de Comercio 1983, V. 37, N° 75.  
 Cifras de 1982/83, tomadas del Anuario FAO de Comercio 1984, V. 38, N° 76.  
 Cifras de 1984/86, tomadas del Anuario FAO de Comercio 1986, V. 40, N° 78.  
 Las cifras correspondientes a 1986 son estimaciones de la FAO.
- b) Se utilizó el deflactor implícito de precios PIB/Producto Material Neto. Tomado del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Internacionales de la Secretaría de las Naciones Unidas, National Accounts Statistics: Main Aggregates and Details Tables, 1986, Nueva York: UN Publications, 1989, pág. 315.

**CUADRO 5**  
**BALANCE COMERCIAL DE MEXICO CON RESPECTO A LA PAPA**  
**EN TERMINOS DE VOLUMEN**  
 (Miles de toneladas métricas)

Año	Importaciones	Exportaciones	Balanza comercial
1975	899	6 609	5 710
1976	2 325	32 688	30 363
1977	6 387	13 206	6 819
1978	4 510	1 967	-2 543
1979	16 672	1 438	-15 234
1980	30 142	1 622	-28 520
1981	24 911	381	-24 530
1982	8 733	81	-8 652
1983	817	216	-601
1984	21 377	1 223	-20 154
1985	15 762	1 075	-14 687

Cifras tomadas del Cuadro 2.1.21, "Consumo Nacional Aparente de las Principales hortalizas y Tubérculos, 1960-85", de Estadísticas Básicas 1960-1986. Para la planeación del Desarrollo Rural Integral. México D.F. DEGEIS/SARH, 1986.

**CUADRO 6**  
**PRODUCCION DE PAPA - MUNDIAL Y EN ESTADOS UNIDOS**  
 (En millones de toneladas métricas)

Año	Estados Unidos	Mundial
1980	13.74	230.26
1981	15.36	258.03
1982	15.84	254.86
1983	15.15	287.57
1984	16.45	311.29
1985	18.33	299.13



**CUADRO 7**  
**RENDIMIENTO MEDIO DE PAPA EN DETERMINADOS PAISES, 1980 - 1985**  
 (toneladas métricas por hectárea)

País	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Canadá	23.4	24.3	24.5	22.6	23.8	24.3
Estados Unidos	29.4	30.7	31.2	30.1	31.2	33.4
Argentina	13.9	19.3	17.8	18.6	18.6	17.5
Brasil	10.7	11.2	11.8	10.8	12.6	12.6
Cuba	17.2	19.1	17.0	16.3	15.6	15.3
México	13.6	12.9	13.9	11.3	14.5	14.1
Bélgica-Lux.	36.9	41.2	42.9	28.1	36.7	37.6
Países Bajos	36.4	39.1	37.5	33.2	41.7	44.6
Suiza	34.6	42.6	39.5	30.0	39.8	37.2
Reino Unido	34.5	32.4	35.8	29.9	37.4	35.7
Europa Occ.	22.3	23.3	23.3	20.7	24.7	5.7
Norteamérica	28.3	29.5	30.0	28.7	29.9	31.7
Latinoamérica	9.7	11.2	10.9	10.7	11.7	10.8

**Notas:**

Cifras de 1980, tomadas del Anuario FAO de Comercio 1982, V. 36, N° 74  
 Cifras de 1981, tomadas del Anuario FAO de Comercio 1983, V. 37, N° 75  
 Cifras de 1982/83, tomadas del Anuario FAO de Comercio 1984, V. 38, N° 76  
 Cifras de 1984/85, tomadas del Anuario FAO de Comercio 1986, V. 40, N° 78.

En vista de los crecientes déficits alimentarios registrados en el decenio de 1970, el Presidente López Portillo inició, en 1980, el Sistema Alimentario Mexicano (SAM). El SAM orientó recursos hacia el sector agrícola, con el propósito de aumentar la productividad de los pequeños agricultores de secano. Se postuló que un crecimiento autosostenido elevado de la agricultura contribuiría a dar un mayor dinamismo a la economía, porque la agricultura constituía 30% del PIB y empleaba a 47% de la población.<sup>12</sup> El gobierno de López Portillo consideraba que la autosuficiencia podía lograrse solo mediante un aumento de la productividad del sector agrícola de secano y del sector de la pesca y, por consiguiente, tenía el propósito de garantizar los precios de los alimentos y proporcionar a los pequeños agricultores los insumos necesarios para aumentar la productividad: crédito, fertilizantes, nuevas variedades mejoradas de maíz, etc. La tendencia agrícola del decenio de 1970 se vio invertida por esta estrategia durante el período de 1980-82, al registrarse tasas de crecimiento positivas en la mayoría de los indicadores.<sup>13</sup> Sin embargo, este crecimiento se logró a un costo considerable para la economía mexicana, en gran parte porque tanto los precios de los insumos como los precios de los productos finales estaban subvencionados. En 1982, cuando el Presidente De la Madrid asumió el poder, resultó evidente que esa política de transferencias era insostenible si se tenían en cuenta la espiral inflacionaria, las escasas reservas en divisas<sup>14</sup> y la deuda a largo plazo, equivalente a 28% de las exportaciones de bienes y servicios. Como resultado de ello, durante el decenio de 1980 el sector agrícola se ha visto afectado por las restricciones presupuestarias, la falta de crédito y, más recientemente, por la inadecuada garantía de precios. La productividad ha disminuido, el

---

<sup>12</sup> Esto fue a principios del decenio de 1980. Durante los años 80 se ha producido una importante migración de la mano de obra agrícola hacia otros sectores de la economía; ello significa que el sector agrícola, que empleaba casi 50% de la población en 1980, ha pasado a emplear en 1987 a menos de 30%. Los datos exactos difieren según las fuentes.

<sup>13</sup> Durante el período 1980-82, el crecimiento medio anual de la producción agrícola (PIB) fue 5.2%, frente a 2.8% correspondiente a 1977-79, y menos de 1% durante 1971-76 (Austin y Esteva 1987).

<sup>14</sup> Las subvenciones se financiaban, con préstamos del extranjero, con emisión de moneda o con la aplicación de impuestos. Cuando México comenzó a experimentar una carga de la deuda externa cada vez más onerosa y bajas reservas en divisas, al gobierno le resultó más difícil aplicar su política fiscal y, en consecuencia, se eliminaron los programas de subvenciones.

nivel de vida en las zonas rurales ha bajado<sup>15</sup> y hay una mayor necesidad de importar alimentos.

A pesar de los ajustes económicos que se han producido en la economía, la política alimentaria mexicana actual incluye aún muchos de los principios del SAM. El Programa Nacional de Alimentos (PRONOL) tiene como fin atender a las necesidades básicas del pueblo. Los encargados de la formulación de políticas consideran indispensable reactivar la agricultura nacional. En 1989, el gobierno de Salinas inició un proceso de fomento de la agricultura mediante la reducción del costo del crédito y la eliminación de las deficiencias y la corrupción en algunas de las instituciones agrícolas (The EIU 1989:15; Hossie 1990:B4).

Las aplicaciones actuales de la biotecnología deben examinarse a la luz de esos intentos de desarrollar el sector agrícola. Actualmente los encargados de la formulación de las políticas mexicanas tratan de reducir la dependencia de su país de la importación de cultivos básicos, a la vez que intentan ampliar la producción de cultivos de exportación, tales como las hortalizas de invierno. Se trata de combatir los problemas de los pequeños agricultores de secano ubicados en las sierras altas. La biotecnología puede considerarse un instrumento para lograr dos objetivos: proporcionar una tecnología apropiada a los pequeños agricultores de secano y aumentar la productividad del sector de exportación.

### *Política de Investigación*

La biotecnología en la investigación agrícola es aún nueva para los países desarrollados. Los países menos adelantados (PMA), como México, han reconocido las posibilidades de este tipo de investigación; sin embargo, este potencial aun no ha sido explotado. En México, existen muy pocas aplicaciones comerciales de la biotecnología. En general, el Estado se ha convertido en el mayor inversionista en materia de investigación biotecnológica y el sector privado no tiene o tiene muy poca participación en ella. Debido a ello, el desarrollo de la investigación biotecnológica no ha sido equilibrado o, como señala Eastmond, "(...) fueron los investigadores los que desempeñaron el papel esencial en el

---

<sup>15</sup> En vista de que la población rural es uno de los sectores más pobres de la comunidad mexicana, es probable que sea la más duramente afectada por las políticas de ajuste económico.

establecimiento de la investigación, utilizando criterios meramente académicos, sin vincularla al sector comercial y a las necesidades de los usuarios." (Eastmond *et al.*:3)

Estos problemas se han visto agravados por la excesiva burocracia por parte de los encargados de formular políticas y que los empresarios consideran incompatible con sus necesidades (Eastmond *et al.*:3).

Actualmente, la investigación en México se concentra sólo en desarrollar aplicaciones para la biotecnología vegetal. Las técnicas de cultivo de tejido vegetal se introdujeron a principios de los años 70 y han sido adoptadas rápidamente por los fitogenetistas como instrumento para la investigación básica. Se ha venido manifestando cada vez más interés en este campo, a lo largo del decenio de 1980 y hasta la actualidad, como lo demuestran los fitogenetistas que han establecido la Asociación Mexicana de Cultivo de Tejido Vegetal (AMCTV).<sup>16</sup> Este campo está dominado por metodologías de micropropagación; sin embargo, durante los últimos años se ha ampliado a fin de "(...) incluir la producción e indización de reservas de semillas libres de virus,<sup>17</sup> metodologías de preservación de germoplasma, investigación básica destinada a la biosíntesis mediante células cultivadas *in vitro* y selección genética, y mejoramiento utilizando la variación somaclonal y la ingeniería genética en plantas" (Eastmond *et al.*:5).

Este estudio de caso se ocupa únicamente de un aspecto de la investigación actual, la producción y la indización de reservas de papa de siembra, libre de virus. En la sección siguiente se examinan los factores que limitan la producción de papa en los países de América Latina y el Caribe (ALC), el papel que desempeñan los Institutos Internacionales de investigación, como el Centro Internacional de la Papa (CIP), para reducir al mínimo esas limitaciones, y la investigación sobre la papa que se realiza en México.

---

<sup>16</sup> La AMCTV es, a su vez, miembro de la *International Association of Plant Tissue Culture*.

<sup>17</sup> Especialmente papas y fruta; el presente estudio se concentra en las papas.

## INVESTIGACIONES ACTUALES SOBRE LA PAPA

### Factores que Limitan la Producción de Papa en los PMA

El propósito de los investigadores agrícolas es buscar formas para que los agricultores puedan reducir al mínimo los posibles obstáculos a la producción. Los países de ALC que producen papa se enfrentan a muchas limitaciones (Sasson 1989:40-41). En primer lugar, las elevadas temperaturas nocturnas pueden limitar seriamente la capacidad de la papa para formar tubérculos; la temperatura media nocturna debe bajar a menos de 20 grados centígrados a fin de que la formación de tubérculos sea adecuada. Por lo tanto, la papa no es un cultivo económico en las regiones en que la temperatura media nocturna es elevada. En segundo lugar, los escasos suministros con que cuentan los agricultores y el elevado costo de la semilla de papa limitan su posibilidad de acceso a buenas reservas de semilla. La gran cantidad de semilla de papa que se debe producir, cosechar, almacenar, acarrear y a la que a menudo debe eliminársele la yema antes de la siembra, hace que la producción de papa resulte costosa en comparación con otros cultivos. El uso de técnicas de propagación vegetativa también limita el lugar y el momento para la siembra de la papa, ya que la maduración y la condición de la semilla de papa influye en el proceso de brote, el vigor y el rendimiento de la cosecha subsiguiente. La papa de siembra debe controlarse continuamente, a fin de evitar plagas y enfermedades que reduzcan el rendimiento y la calidad del tubérculo. En tercer lugar, la amenaza de condiciones climáticas desfavorables, como resultado de sequía, heladas, granizo, plagas y enfermedades, aumentan el riesgo de inversión para los agricultores. En cuarto lugar, existen muchos problemas relacionados con la poscosecha de la papa. Las papas tienen un contenido de humedad de 80% y son, por lo tanto, más voluminosas y más perecederas que los granos, que tienen un contenido de humedad de 15%. Ello hace que el almacenamiento, el transporte, la comercialización y el procesamiento de la papa resulte difícil en zonas tropicales húmedas y calientes, donde las plagas y las enfermedades son abundantes. Esos problemas originan a menudo fluctuaciones en la oferta y dan lugar a fuertes cambios en el precio.

### El Centro Internacional de la Papa (CIP)

La papa es el quinto cultivo que se produce y se consume más ampliamente en el mundo, después del arroz, el trigo, el maíz y la

cebada. La papa es una fuente de proteínas, calorías, vitaminas y sales minerales más importante, por unidad de superficie y de tiempo,<sup>18</sup> que los principales cereales y otros tubérculos y raíces comestibles. En términos monetarios, es el cuarto cultivo de importancia en los PMA, después del arroz, el trigo y el maíz (Sasson 1989:39).

Históricamente, las poblaciones del sur del Perú comenzaron a cultivar la papa hace tres mil a cuatro mil años. Las especies sudamericanas se introdujeron en España en 1570, y de ahí pasaron a Irlanda en el Siglo XVI. Más tarde se introdujeron en Norteamérica y luego se difundieron al resto del mundo en forma de variedades mejoradas seleccionadas bajo las condiciones templadas del hemisferio norte.

La planta de papa se adapta perfectamente a las condiciones más templadas y frías del norte y mucho menos al clima húmedo de las zonas tropicales. El almacenamiento de los tubérculos en zonas tropicales, que dura de un mes a dos meses como máximo, está expuesto a la infestación por numerosos patógenos y plagas (Sasson 1989:39-40). Esto resulta irónico cuando se tiene en cuenta que la especie *Solanum tuberosum*<sup>19</sup> es autóctona de la región andina. Sin embargo, a pesar de esas desventajas, a partir de los años cincuenta, el crecimiento de la producción de papa ha superado al de otros cultivos en el Tercer Mundo. Los rendimientos se han duplicado en la mayoría de los PMA y la producción se ha triplicado, hasta alcanzar en total una tercera parte de la producción mundial. Actualmente la producción se duplica cada 10 a 15 años (CIP 1984:1). El crecimiento ha sido más rápido en América Latina, Asia y el Caribe. América Latina responde por 12% de la producción del Tercer Mundo (Sasson 1989:40).

En 1971 se creó el Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (GCIAl) y se incluyó a la papa como fuente de alimento para ser investigada por los centro internacionales de investigación

---

<sup>18</sup> Esto implica que las papas constituyen, por unidad de superficie y de tiempo, una mayor fuente de proteína, calorías, vitaminas y minerales que el arroz o el trigo. Esto no significa que por unidad de alimento (gramos por día) se puede obtener una mayor cantidad de estos metabolitos, sino que se requiere menos terreno o tiempo para producir la misma cantidad de cada uno.

<sup>19</sup> *Solanum* es el género de la familia de la papa. *Solanum tuberosum* es una especie de papa, la especie más común. Las subespecies de *Solanum tuberosum* comprenden la *S. tuberosum andigena* y la *S. tuberosum tuberosum*.

agrícola, debido a:

- (1) su valor potencial como cultivo alimentario en las regiones tropicales y subtropicales, y
- (2) las posibilidades de lograr rápidos aumentos en su producción para responder tanto a las necesidades de consumidores como de productores.

En 1972 se crea el CIP, con el objeto de explotar esas posibilidades. Anteriormente, las variedades europeas y norteamericanas de papa habían sido seleccionadas para los climas más templados, en donde se concentraban las actividades de investigación, de modo que los cultivares no se adaptaban a las regiones tropicales. En los últimos 15 a 20 años, el CIP ha procurado atender ese problema permitiendo a los países tropicales emprender sus propias actividades de investigación sobre las variedades que mejor se adaptan a sus condiciones climáticas y de cultivo.

El CIP funciona como una estación central de investigación donde se realizan las investigaciones básicas sobre nuevas variedades de papa, dentro del marco de sus programas de cruzamiento genético. Luego, el material se transfiere a los centros regionales de distribución (CRD) donde las poblaciones y clones seleccionados son sometidos a prueba con ensayos en el campo y observación de su comportamiento. En los CRD se seleccionan las variedades más prometedoras, se multiplican por medio de técnicas de clonación y posteriormente se distribuyen a los programas de los distintos países. Luego cada país realiza ensayos preliminares con controles locales, para asegurarse de que las variedades se adapten a sus condiciones de cultivo particulares. Por último, después de múltiples ensayos, se pone a disposición del público la nueva variedad. Sólo después de este largo proceso<sup>20</sup> llega la nueva variedad al campo del agricultor.

Existen ciertas ventajas y desventajas en esa centralización de la investigación. Entre las principales ventajas, cabe mencionar que el CIP está en condiciones de mantener un banco completo de recursos genéticos, así como investigadores científicos debidamente preparados

---

<sup>20</sup> El período de tiempo necesario para poner a disposición del público una nueva variedad puede ser de 8 a 10 años.

especialistas en el género *Solanum*. Los investigadores pueden, por lo tanto, concentrar y consolidar en determinado momento la investigación en las esferas más prometedoras. Siempre que exista un buen enlace entre la estación central de investigaciones y los centros nacionales de investigación, este enfoque puede ser muy ventajoso, como lo ha demostrado el CIP. Sin embargo, ofrece desventajas que se ven agravadas por problemas relacionados con la investigación de la papa. Una de ellas es que las muestras de tubérculos son voluminosas y perecederas. Ello significa que, por lo general, el flete por avión tiene un costo considerable y no existe seguridad alguna de que lleguen en buen estado a su destino. Esto también limita la cantidad de variabilidad genética que se puede poner a disposición de los programas nacionales.

<sup>21</sup> La segunda desventaja es que la mayoría de los países establecen restricciones de cuarentena, que son especialmente rigurosas con respecto a los cultivos propagados vegetativamente. A menudo, el material de investigación se retiene, lo cual limita la cantidad que realmente se prueba y demora así su transferencia a los programas de los países. Ello ocurre a pesar de que el producto del CIP se cultiva bajo estrictas condiciones de cuarentena. La tercera desventaja se refiere al grado de desarrollo de los programas mismos de los países, que podría limitar la forma de adaptar adecuadamente el material genético a las condiciones locales de cultivo. En el último caso, si existen programas bien elaborados, con genetistas profesionales que puedan realizar todas las etapas de la reproducción evaluar y mantener el material de cruzamiento, obtener sus propias poblaciones híbridas, seleccionadas y evaluarlas de manera sistemática y, por último, poner las variedades a disposición del público —ello no sería un problema (Mendoza 1980:207-208). En este respecto, se considera que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras (INIFAP) de Méxco, en su centro de Toluca, dispone de un programa nacional de investigación bien elaborado. En comparación con las investigaciones que se realizan a nivel mundial, las del INIFAP resultan ser de alto nivel.

### *Investigaciones internacionales para reducir al mínimo los obstáculos a la producción*

Los primeros programas de cruzamiento genético de la papa se diseñaron con el fin de buscar especies resistentes a la *Phytophthora*

---

<sup>21</sup> Con las investigaciones que se realizan actualmente sobre minitubérculos (que se examinan más adelante) podrá solucionarse, en gran parte, ese problema.



*infestans* (tizón tardío, mancha negra o mancha tardía de la papa) que devastó el cultivo, en Irlanda, en 1846. Para finales del Siglo XIX, los investigadores europeos y norteamericanos ampliaron sus programas de mejoramiento genético, a fin de obtener plantas que produjeran tubérculos de alta calidad (forma, tamaño, color, profundidad de los ojos) y de alto rendimiento. Más tarde, otras características como la maduración temprana, la resistencia de los tubérculos (durante el transporte), la capacidad de almacenamiento y las cualidades de cocción, llegaron a adquirir importancia. Hoy la elaboración industrial exige ciertas cualidades especiales, tales como un peso en seco elevado (por lo menos 20%) y un bajo contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa), que son los que permiten que la papa se dore al freírla (Sasson 1989:44).

### *Desarrollo de instrumentos de cruzamiento genético*

A medida que aumentan las demandas con respecto a las investigaciones, se han perfeccionado los instrumentos desarrollados para hacerles frente. Actualmente la genética vegetal combina el uso de métodos tradicionales de cruzamiento genético con métodos avanzados de biotecnología.

### **Hibridación**

La hibridación consiste en la utilización de cruzamientos sexuales, en este caso para producir semillas de papa. Estas pueden sembrarse y las plantas que muestren características deseables pueden seleccionarse para realizar investigaciones posteriores. La reproducción por medio de este método requiere un período de tiempo considerable y supone la manipulación de un gran número de plantas. Como las plantas de papa son tetraploides, cada planta es fuertemente heterocigótica (cada semilla es diferente) y por lo tanto hay una expresión compleja de la característica deseable. Una planta tetraploide puede producir dos mil millones de gametos, cada uno con diferentes grupos de cromosomas. Por lo tanto, dos cruzamientos entre progenitores tetraploides darán por resultado la producción de seis mil millones de plantas individuales. Por esa razón, los métodos convencionales de reproducción toman tanto tiempo para poner en manos del productor una nueva variedad de papa. Con la siembra de 200000 semillas híbridas por año, después de diez años una estación de investigación puede seleccionar una o dos variedades con características deseables. Se necesitarán luego otros diez años para propagar vegetativamente la variedad seleccionada antes de evaluar sus cualidades y producirlas en cantidades suficientemente

elevadas para poder distribuir las con fines comerciales. México tiene una ventaja con respecto a este tipo de reproducción convencional, ya que existen dos ciclos de cultivo por año. Teóricamente, México podría poner a disposición del productor una nueva variedad con mayor rapidez que otros países de zonas más templadas. Sin embargo, debido a la ubicación del centro de investigación del INIFAP, por el momento ello no es posible. Por lo tanto, los investigadores mexicanos no aprovechan este doble ciclo (Lozoya-Saldana, comunicación personal). Otros factores limitativos incluyen la posible esterilidad masculina de las variedades cultivadas y, en algunos casos, la ausencia de floración que asegura la iniciación del crecimiento del tubérculo.

### Propagación vegetativa

La propagación vegetativa es la forma más común de reproducción. Los investigadores pueden propagar material vegetal mediante el uso de tubérculos que han producido plantas clonadas, idénticas a la planta madre. Es una forma sencilla y eficaz de mantener la pureza genética de la planta. Sin embargo, para emplear este método se requieren tubérculos que no estén infectados. Un tubérculo contaminado puede dar lugar a una planta enferma y después de algunas generaciones puede originar una degeneración de los clones.

### Micropropagación por medio de técnicas de cultivo de tejido

El uso de métodos avanzados de biotecnología, como la micropropagación, han acelerado de manera considerable las actividades de fitomejoramiento. La micropropagación se inició en 1973; con el tiempo se ha convertido en un procedimiento normal de las investigaciones sobre la papa. La técnica consiste en cortar los brotes de las yemas (situados en el ojo de la papa), que luego se esterilizan y se cortan en fragmentos que comprenda cada uno un nudo y una yema. Luego, éstos se colocan en un medio de cultivo a fin de producir una plántula o una planta *in vitro*. Las plántulas se transfieren luego a pequeños cubos de tierra, que se almacenan en invernaderos con redes contra los áfidos (portadores de enfermedades virales). Las plantas que muestren características deseables pueden ser seleccionadas para realizar ensayos en el campo y para su posible distribución (Sasson 1989:46).

Una ventaja de esta técnica es la posibilidad de obtener aproximadamente dos millones de microcortes de un solo nudo en ocho meses. Los tubérculos obtenidos de las plántulas pueden utilizarse para sembrar

más de 40 hectáreas. Con técnicas convencionales de reproducción se tardará de siete a ocho años para obtener los mismos resultados (Sasson 1989:47). La micropropagación también permite a los investigadores producir reservas de semilla sana. Aunque el tubérculo inicial esté contaminado con virus, la micropropagación permite tratar a las plántulas con termoterapia (véase más adelante la descripción de esta técnica).

### Minitubérculos

Otro avance más reciente de la micropropagación *in vitro* es la producción de tubérculos a partir de nudos cultivados en un medio líquido. Los tubérculos producidos con este método son similares a los que se producen en el campo, pero difieren de éstos en tamaño y en peso; tienen un diámetro de menos de diez milímetros y pesan menos de un gramo. Se pueden sembrar mecánica o manualmente. Los primeros ensayos sobre el terreno, realizados en 1985 y 1986 en Bélgica, han demostrado que los minitubérculos pueden producir plantas y tubérculos normales y sanos. Los minitubérculos son mucho menos frágiles que las plántulas y, por lo tanto, pueden transportarse más fácilmente. Pueden almacenarse hasta por un año en una cámara refrigerada (Sasson 1989:47).

Las mejoras que se han logrado con respecto a las variedades de la papa cultivada son un buen ejemplo de la combinación de sistemas convencionales de reproducción con técnicas de cultivo de tejido *in vitro*. La micropropagación ha acelerado drásticamente el proceso de investigación, mientras que las técnicas de cultivo de tejido *in vitro* han permitido a los científicos producir reservas de plantas libres de enfermedades y de patógenos y ampliar el banco genético disponible para el mejoramiento genético. Además, las investigaciones sobre la variación somaclonal han desempeñado un papel importante en la creación y el mejoramiento de variedades de papa. Los avances que se han logrado actualmente en México reflejan en gran parte esas mejoras en los métodos y técnicas.

### Investigaciones sobre la Papa Realizadas en México

Como ya se indicó, las investigaciones que se realizan en México se concentran principalmente en el centro del INIFAP de Toluca. También se realizan actividades de investigación en la Universidad Autónoma de Chapingo (UNAC), desde donde el material mejorado se envía a Toluca para su propagación y luego se disemina a los productores de semilla

de papa certificada. Actualmente, la UNAC y el INIFAP procuran establecer un proceso completo de saneamiento para las diferentes variedades de papa mexicana, de tal modo que la UNAC suministre al INIFAP cultivares sanos y luego el INIFAP entregue esos cultivares a los productores de semilla de papa certificada.

La Investigación mexicana es indispensable para el mejoramiento de la productividad de los productores de papa por dos razones principales. En primer lugar, la mayoría de las variedades de papa mexicana, europea y norteamericana que se cultivan actualmente en México están infectadas por virus. Las tasas de infección son más elevadas en el caso de los agricultores que no pueden comprar semillas sanas. Como la semilla certificada es relativamente cara en comparación con otros costos de Insumos (Cuadro 2), muchos agricultores dependen de las variedades autóctonas (criollas). La producción existente en realidad atiende sólo a un 25% de la demanda potencial de semilla de papa certificada, las otras tres cuartas partes de los agricultores no tienen acceso a suministros de semilla libre de enfermedades. La mayoría de los grandes agricultores tienen los medios para adquirir semilla certificada, ya que disponen de recursos suficientes para comprarla con anticipación. Como los virus son más frecuentes en los valles (porque las altas temperaturas permiten que sobrevivan los portadores de la enfermedad como los áfidos), los grandes agricultores se beneficiarán de cualquier tecnología que pueda reducir la incidencia de estos virus. Por ejemplo, el estado de Puebla es el estado que más papa produce en México. Si bien las tierras utilizadas para la producción de papa en su mayoría están ubicadas en las sierras altas, la papa se cultiva también en los valles (Cuadros 1a y 1b). Las investigaciones realizadas con muestras obtenidas en Puebla demuestran que los virus de la papa PVX, PVY y PVS<sup>22</sup> fueron detectados en una proporción total de 55.6%, 20.6% y 4.0% respectivamente,<sup>23</sup> en el caso de muestras sin síntomas foliares (mosaico). En las muestras enfermas (con síntomas foliares), la proporción fue mucho más elevada: 71.2%, 38.1% y 5.6%, respectivamente.<sup>24</sup> Si bien la

---

<sup>22</sup> Respectivamente, virus de la papa X, virus de la papa Y, y virus de la papa S.

<sup>23</sup> Mediante la utilización de pruebas ELISA.

<sup>24</sup> Estas muestras se tomaron en las zonas de producción de Puerto Nacional, Oyameles, Libres y El Seco, del estado de Puebla. Las variedades examinadas fueron Alpha (holandesa) y López y Rojita (mexicanas).

tasa correspondiente a los agricultores del valle<sup>25</sup> fue más elevada, se registró también una alta incidencia de PVX en las sierras, aunque la incidencia del PVY y el PVS fue insignificante (González et al. 1989:3).

En segundo término, los virus pueden reducir el rendimiento en cantidades considerables; en el caso de México el rendimiento medio puede disminuir de 10% a 30% (Lozoya-Saldana, comunicación personal). Los virus tienden a reducir el tamaño de los tubérculos (y por lo tanto el rendimiento) más que su calidad. Por esa razón, los bajos niveles de enfermedad pueden ser tolerables para un agricultor que produce para el consumo doméstico o con fines industriales. Es evidente que los agricultores que compran semilla de papa sana relativamente cara luego se ven compensados con el aumento en el rendimiento que resulta de esa semilla. Si una planta está infectada y hay una reducción en el tamaño del tubérculo, puede suceder que las plantas contiguas compensen esa pérdida en el rendimiento relacionada con la planta enferma. Ello reducirá claramente el riesgo de pérdidas elevadas en el rendimiento debido a enfermedad (Reestman 1972:152). Sin embargo, si la incidencia de la enfermedad es elevada en todas las plantas, aumentará el riesgo concomitante de experimentar mayores pérdidas. Esta investigación es vital,<sup>26</sup> ya que la incidencia de enfermedades virales es elevada para los agricultores mexicanos de papa, sobre todo en el caso de quienes no pueden adquirir semilla de papa sana.

Otro aspecto importante en esta investigación es que el saneamiento de los clones se ha llevado a cabo en variedades específicamente cruzadas para resistir al tizón tardío de la papa. La mancha o tizón es probablemente la enfermedad de la papa de mayor importancia en todo el mundo. Se desarrolla en condiciones húmedas y hay menos probabilidades de que se desarrolle en zonas calientes y secas, donde la tierra necesita riego. Por esa razón, los agricultores de los valles tienen menos probabilidades de verse afectados por el tizón de la papa. Sin embargo,

---

<sup>25</sup> Por ejemplo, en el caso de la Municipalidad de Libres, 100% de las muestras enfermas estaban infectadas de PVX, mientras que el porcentaje correspondiente a la sierra de Oyameles fue de 40%.

<sup>26</sup> El grupo que no tiene medios para adquirir semilla de papa certificada está constituido por los pequeños agricultores de secano. Como este grupo está ubicado principalmente en las sierras altas, los problemas de infección viral son menos significativos. Es más probable que el tizón tardío de la papa o la sequía reduzcan la productividad y contribuyan a aumentar el riesgo de cultivar.

las tierras de riego del valle constituyen sólo 25% del total de la superficie cultivada con papa. El resto de la tierra cultivada está situada en las sierras altas, donde las temperaturas son más frescas y el clima es más húmedo. Por ello, los pequeños agricultores de secano (que son los principales productores de papa en las sierras) tienden a verse más afectados por la mancha de la papa.

El tizón tardío puede reducir el rendimiento de los agricultores hasta en 100% (Lozoya-Saldana, comunicación personal). En los cultivares susceptibles, el exterior de los tubérculos infectados muestra leves depresiones irregulares, de pequeñas a grandes, cuya corteza es de coloración entre purpúrea y pardusca. La descomposición se extiende en forma de gránulos secos de color tostado dentro del tubérculo, a aproximadamente 15 cm de profundidad, aunque varía según el tiempo transcurrido desde el comienzo de la infección, el cultivar y la temperatura. El límite entre el tejido enfermo y el tejido sano no puede definirse claramente, porque la descomposición se extiende en ramificaciones en forma de espiga a profundidades variables. Las lesiones de los tubérculos se desarrollan lentamente en condiciones de almacenamiento frío y seco. Sin embargo, en un medio húmedo y caliente esas lesiones se desarrollan rápidamente y, por lo tanto, reducen de manera considerable la calidad de la papa infectada (Hooker 1981:40).

Se han descubierto dos tipos de resistencia a la mancha o tizón de la papa: la resistencia específica y la resistencia general. Aunque durante varios decenios se han cruzado plantas a fin de desarrollar una resistencia específica, el tizón tardío es sumamente variable y, por lo tanto, es capaz de superar con rapidez ese tipo de resistencia. Así, el uso de la resistencia específica para controlar la mancha ha tenido pocos efectos significativos. La resistencia general es más prometedora. En México el INIFAP ha puesto a disposición de los productores 18 variedades de papa resistentes al tizón. Sin embargo, sólo 20% de las regiones productoras de papa en México las utilizan realmente. El resto de las tierras se siembra con variedades autóctonas, holandesas y norteamericanas no resistentes al tizón (Lozoya-Saldana y Merlin-Lara 1984:736). Esto se explica por dos razones. En primer término, los clones resistentes al tizón están infectados con virus y, por lo tanto, hace falta una reserva permanente libre de virus. En algunos casos, toda la población de ciertos clones resulta infectada con uno o más virus (Lozoya-Saldana y Merlin-Lara 1984:736). En segundo término, como los pequeños agricultores de secano no pueden obtener semilla de papa

certificada, es improbable que tengan acceso a esos cultivares.<sup>27</sup> Como esos agricultores representan la gran mayoría de productores de papa en México, el bajo nivel de adopción refleja ese factor.

El CIP y el Instituto de Investigaciones Fitopatológicas (IPO) de los Países Bajos proporcionan a los investigadores mexicanos materiales resistentes no contaminados. Sin embargo, para 1984 no se había informado acerca de la existencia de cultivares mexicanos específicos libres de patógenos. En las investigaciones realizadas por la UNAC se ha intentado establecer un programa continuo de saneamiento por medio de termoterapia y de técnicas de cultivo de tejido *in vitro*, a fin de obtener plantas libres de virus de los clones de papa más prometedoras en cuanto a resistencia al tizón. En particular, se ha intentado sanear cultivares resistentes al PVX, el virus más común de México.

La termoterapia consiste en exponer a las plantas o tubérculos infectados a temperaturas elevadas constantes (37.5 grados), que eliminan el virus. La punta de los tallos de las plantas saneadas se aíslan y luego se ponen a crecer en medios de cultivo a fin de obtener plantas libres de virus. En la mayoría de los casos, ese proceso da lugar a una disminución en el número de plantas obtenidas. Además, algunos cultivares de papa producidos en México pueden resistir mejor que otros este tipo de tratamiento térmico. Como en las distintas regiones se cultivan variedades diferentes, esta tecnología puede contribuir a que ciertas regiones se vean más favorecidas que otras si las variedades que resisten el tratamiento se distribuyen al productor más rápidamente que las otras. Por ejemplo, en experimentos realizados para sanear a los cultivares (Toluca, Murca, Juanita, Montsama, Rosita y Atzimba) del PVX, PVS y PVY, el Toluca fue el más tolerante al calor y mostró posteriormente el mejor crecimiento. No se obtuvieron individuos libres de virus en los de Montsama y Atzimba, ambos producidos en las principales regiones paperas de Veracruz y Puebla. Como resultado de las investigaciones realizadas en la UNAC, los cultivares se han transferido al INIFAP para su inclusión en los programas de cruzamiento genético, a fin de ponerlos a disposición de las asociaciones de productores de papa. Es probable que los investigadores busquen formas de sanear las variedades que actualmente no pueden tolerar las altas temperaturas; sin embargo, es posible que haya un período de retraso importante entre las

---

<sup>27</sup> Pueden tener acceso a estos cultivares de manera indirecta; por ejemplo, el INIFAP recurre a agricultores de secano para probar los nuevos cultivares a nivel de parcela.

variedades que pueden ser distribuidas actualmente y las que necesitan más investigación.

Por último, otra esfera importante de la investigación que se realiza es la referida al uso de minitubérculos a fin de mantener la reserva mexicana de semillas y aprovechar la diversidad genética de las especies mexicanas del género *Solanum*. La papa silvestre mexicana constituye un grupo único dentro de la familia de las solanáceas.<sup>26</sup> El INIFAP cuenta con 1000 valiosas especies silvestres, clones evolucionados y cultivares de papa con fines comerciales. En el pasado, este programa se ha mantenido por medio de siembras anuales en el campo y, por lo tanto, las plantas estaban expuestas a peligros físicos y biológicos. Más recientemente, se ha procedido a conservar *in vitro*, a temperaturas bajas, cortes de retoños libres de patógenos de los materiales vegetativos más importantes. Sin embargo, en 1987 algunos científicos mexicanos comenzaron a utilizar minitubérculos como una forma de satisfacer las demandas de propagación de material de semilla *in vivo* e *in vitro*. En vista de que los minitubérculos son de bajo costo y reducen el riesgo de infección, su uso se ha convertido en una práctica corriente para mantener el material genético más importante.

Una compañía, llamada Invernarnex, está tratando de utilizar las técnicas *in vitro* de cultivo de tejido y micropropagación de minitubérculos, a fin de suministrar material genético a los productores de semilla de papa certificada. Invernarnex está situada en el Estado de México y durante los últimos dos años ha tratado de introducirse en el mercado local (Lozoya-Saldana, comunicación personal). Un factor que limita su entrada en el mercado es que la compañía actualmente no tiene fama de suministrar material de buena calidad. Es necesario crearse esa reputación para que las asociaciones y productores de semilla de papa puedan aceptar un producto. Sin embargo, mediante la colaboración con la UNAC, Invernarnex utiliza los minitubérculos como una forma de mejorar la calidad de los cultivares que ha puesto a disposición de los productores. Esta compañía quizás pueda producir minitubérculos por la mitad del costo que supone su importación desde EE.UU. (Lozoya-Saldana, comunicación personal). Este es un avance significativo, ya que no existe o es muy limitada la investigación privada en relación con las aplicaciones de la biotecnología en México. Si Invernarnex logra irrumpir

---

<sup>26</sup> Las especies mexicanas est[an] aisladas geográficamente de otras especies que se encuentran en otros países de América Latina.



en el mercado, quizás pueda aumentar el suministro de material para los productores de semilla certificada, con utilización de las técnicas de cultivo de tejido. A la larga, esto puede contribuir a reducir los precios de las semillas de papa certificadas a medida que aumenta el abastecimiento de plantas baratas para los productores de papa. En vista de que el costo de la semilla certificada es tan elevado con respecto a los otros costos de producción (Cuadro 2) es probable que ello beneficie tanto a los agricultores de tierras de riego como a los de secano. Los agricultores de tierras de riego se beneficiarán con una reducción en el costo de un insumo y los agricultores de secano estarán en condiciones de dejar de utilizar sus propias fuentes de abastecimiento y usar semilla sana certificada. En las dos secciones siguientes se examinan las consecuencias de esos avances de la biotecnología en México.

## METODOLOGIA

Es probable que los avances logrados en la investigación mexicana contribuyan a aumentar la oferta de papa para el consumo y para fines industriales, mediante la reducción de pérdidas de cosecha debidas a enfermedades virales y causadas por los hongos. Investigaciones a largo plazo, que involucran Ingeniería genética, pueden lograr resitencia adicional. El aumento de la oferta, resultante de la aplicación de técnicas de termoperapia y micropropagación, afectará tanto al mercado de productos como al de insumos.

En los mercados de productos, el efecto inmediato consiste en un desplazamiento hacia la derecha de la curva de la oferta. Ello dará por resultado una disminución de los precios nacionales y un aumento de la cantidad demandada. La magnitud del cambio, en el precio y en la cantidad, dependerá en especial de la naturaleza del desplazamiento de la curva de la oferta y de la elasticidad de la demanda. La medida en que se puede predecir cómo cambia la curva de la oferta depende de las tasas de adopción de la nueva tecnología por parte de los agricultores mexicanos. Estos se presentan en la sección siguiente. Luego se examina la metodología utilizada para calcular los cambios en el precio y en la cantidad como resultado de los supuestos hechos. Dado que este estudio es un estudio *ex ante*,<sup>29</sup> debieron hacerse una serie de supuestos. Ellos se describen en las secciones siguientes.

---

<sup>29</sup> Estimaciones detalladas de la tasa de adopción por parte de los agricultores, o de los niveles de pérdida exactos, no han sido realizados hasta la fecha.

### **Tasas de Adopción de la Nueva Tecnología**

Es probable que la nueva biotecnología sea adoptada por los grandes agricultores de tierras de riego, porque son quienes más tienden a verse afectados por virus y porque tienen acceso a semillas de papa certificadas. Es improbable que los agricultores de secano estén en condiciones de aprovechar la biotecnología, a menos que puedan contar con acceso a semillas de papa certificadas.

Se analizan, por lo tanto, dos escenarios:

- 1) los agricultores de tierras de riego sólo adoptan las nuevas variedades de semilla de papa libre de virus;
- 2) ambos grupos de agricultores tienen igual acceso a semilla de papa y, por lo tanto, ambos están en condiciones de adoptar la tecnología.

En los Cuadros 8a y 8b se analizan los aumentos en la oferta para cada una de estas situaciones hipotéticas. En el caso en que los agricultores de tierras de riego sólo adoptan la tecnología, se supone que hay un margen de aumento en el rendimiento de 10%, 20% y 30%. Como se mencionó las estimaciones de reducción de rendimiento por infecciones virales van de 10 a 30%, según el tipo de virus (Lozoya-Saldana, comunicación personal). En consecuencia, se tomó un rango de valores, que se presenta en el Cuadro 8a. También se supone una tasa de adopción de 100% entre agricultores de riego y que estos experimentan los mismos incrementos de rendimientos o la misma reducción absoluta de costos (Cuadro 8a). El Cuadro 8b muestra el caso en que los pequeños agricultores están en condiciones de aprovechar la tecnología. Se supone que el rendimiento de esos agricultores de secano aumentará en 20%, 40% o 60%. Es poco probable que haya un incremento de 100% en la producción total, a pesar de que individualmente estos productores pueden tener pérdidas de ese nivel. La razón fundamental para este supuesto es que, como los pequeños productores utilizan variedades nativas, es poco probable que exista tal homogeneidad genética que se pierda la totalidad de la cosecha anual. Se supone que los efectos sobre los rendimientos duplican los de los agricultores grandes, dado que los productores de secano se benefician de papa libre de virus. Sus rendimientos también deberían ser mayores, debido a que no requieren usar papa como semilla de la producción actual.

## CUADRO 8 A

CUADRO EN LA PRODUCCION NACIONAL DE PAPA  
 COMO RESULTADO DE LOS AUMENTOS EN EL RENDIMIENTO.  
 AFECTADOS UNICAMENTE LOS AGRICULTORES DE TIERRAS DE RIEGO

(toneladas métricas)

Tipo de terreno	Producción total sin biotecnología	Con biotecnología		
		10% aumento en el rendimiento	20% aumento en el rendimiento	30% aumento en el rendimiento
De riego	366 046	402 651	439 255	475 860
De secoano	495 232	495 232	495 232	495 232
Nacional	861 278	897 883	934 487	971 092

## CUADRO 8 B

CAMBIO EN LA PRODUCCION NACIONAL DE PAPA  
 COMO RESULTADO DE LOS AUMENTOS EN EL RENDIMIENTO.  
 AFECTADOS LOS AGRICULTORES DE TIERRAS DE RIEGO Y DE SECAANO

(toneladas métricas)

Tipo de terreno	Producción total sin biotecnología	Con biotecnología		
		10% aumento (R) 20% aumento (S) en rendimiento	20% aumento (R) 40% aumento (S) en rendimiento	30% aumento (R) 60% aumento (S) en rendimiento
De riego	366 046	402 651	439 255	475 860
De secoano	495 232	594 278	693 325	792 371
Nacional	861 278	996 929	1 132 580	1 268 231

Estas estimaciones no están basadas en estudios de pérdidas debido a virus. En consecuencia, algunos agricultores pueden tener pérdidas más altas que las estimadas y algunos menos. Por esa razón, se han estimado incrementos menores de 100%. Sin embargo, se supone que la tasa de adopción entre agricultores de secano es de 100% y que todos los productores en este grupo tienen la misma reducción absoluta de los costos.

### Metodología Utilizada para Calcular los Cambios en la Cantidad y el Precio

#### *Derivación de la curva de la demanda*

Se supone una función de demanda lineal. Fue derivada a partir de los datos de precio y cantidades correspondientes a 1981, con una elasticidad-precio asumida de 0.08792, que fue el valor promedio. Este valor se tomó de Caballero (1986:57). El precio de la papa fue determinado para 1981, calculando un promedio entre el precio de las variedades Blanca y Amarilla.<sup>30</sup> Se supuso que ese precio medio era el precio de equilibrio para 1981, es decir,  $P_e$  en la Fig. 1. Se supuso que la producción nacional para 1981 era la cantidad de equilibrio suministrada a ese precio, equivalente a 861.278 Tm. (Ver Cuadro 1c). Esto es igual a  $Q_e$  en la Fig. 1.

La fórmula para la elasticidad-precio de la demanda es la siguiente:

$$\begin{aligned} \mu_d &= \% \Delta Q / \% \Delta P & (1) \\ &= (\Delta Q / \Delta P) (P_e / Q_e) \end{aligned}$$

Para poder encontrar  $\Delta P$  para un cambio del 2% en  $Q_e$ , se cambia el orden:

---

<sup>30</sup> Esto significa que se ha calculado un promedio del precio de cada variedad, sin considerar la estacionalidad. Las cifras se tomaron de México 1983, Cuadro 31, páginas 97-98. El precio medio en 1981 fue de 16.41 pesos por kg, que corresponde a un precio de US\$ 669,52/tm. El tipo de cambio utilizado fue de US\$ 1 = Pesos 24.51 (FMI 1985).

$$\Delta P = (\Delta Q / \mu d) / (P_e / Q_e) \quad (2)$$

Donde:  $\mu d$  = Elasticidad de la demanda  
 $\Delta Q$  = Cambio en la oferta nacional  
 $Q_e$  = Oferta nacional original  
 $\Delta P$  = Cambio en el precio medio  
 $P_e$  = Precio original

La función de la demanda fue construida con esta fórmula de la elasticidad-demanda, suponiendo que es constante para un cambio de 2 % en  $Q_e$ . Se realizaron también pruebas con respecto a la sensibilidad de la demanda, en las cuales la elasticidad de la demanda aumentaba y disminuía en 10% y 20%, respectivamente. La elasticidad de la demanda utilizada en el análisis variaba de -0.07034 a -0.1055, lo cual significa que un cambio de 1% en  $P$  da lugar a un cambio de 0.070% a 0.1055% en  $Q$ .

#### *Supuestos con respecto a los desplazamientos de la curva de la oferta*

Se supone una curva de oferta lineal. Se hizo un desplazamiento paralelo de la curva de oferta, con base en los supuestos previos sobre la tasa de adopción entre los agricultores. Dado que no hay datos ex ante sobre tasas de adopción entre agricultores dentro de sus respectivos grupos, o información ex ante sobre el éxito de los agricultores en adoptar la tecnología dentro de sus respectivos grupos (irrigación o secano), se supuso que la tasa de adopción sería de 100% en cada grupo.<sup>31</sup> La curva de oferta inicial (antes de la introducción de la tecnología) se asumió con una elasticidad de oferta de 0.8, 1 ó 1.2. Estos tres posibles desplazamientos se incluyen para determinar si los cambios en

---

<sup>31</sup> Todos los agricultores experimentarán en sus respectivos grupos la reducción de los costos absolutos resultantes de un desplazamiento paralelo de la curva de oferta de la industria. En la medida en que la adopción no es completa entre los agricultores dentro de sus respectivos grupos, o la habilidad de ellos de usar la tecnología varía, el desplazamiento de la curva de la oferta se reduce. Adicionalmente, la curva puede no desplazarse paralelamente a sí misma si, por ejemplo, los productores de costos bajos experimentan incrementos de rendimientos diferentes de aquellos de los productores de altos costos. El desplazamiento puede ser "convergente" si los productores de bajos costos tienen un incremento en rendimientos que es mayor que el de los productores de altos costos, y "divergente" en el caso de que agricultores de altos costos experimenten un incremento en rendimientos mayor que el de los de bajos costos (Lindner y Jarrett 1978:55-57).

precios y cantidades demandadas (ofertadas) son sensibles a desplazamientos en la oferta.<sup>32</sup>

La fórmula para la elasticidad-precio propia fue utilizada para determinar las funciones de ofertas, basadas en varias elasticidades de oferta iniciales:

$$\begin{aligned}\mu_s &= \% \Delta Q / \% \Delta P \\ &= (\Delta Q / \Delta P) (P_e / Q_e)\end{aligned}\quad (3)$$

Para encontrar  $\Delta P$ , correspondiente a un cambio de 2 % en  $Q_e$ , despeje (3):

$$\Delta P = (\Delta Q / \mu_s) (P_e / Q_e) \quad (4)$$

Donde:

- $\mu_s$  = Elasticidad de oferta
- $\Delta Q$  = Cambio en oferta nacional
- $Q_e$  = Oferta nacional original
- $\Delta P$  = Cambio en precio promedio
- $P_e$  = Precio original

#### REPERCUSIONES DE LA BIOTECNOLOGIA EN LA INDUSTRIA MEXICANA DE LA PAPA

En la presente sección se examinan los efectos cuantitativos que puede producir un aumento del rendimiento sobre el precio, la cantidad demandada y la cantidad ofrecida en los mercados del producto. También se estudian los efectos cualitativos sobre los excedentes del consumidor y del productor, los mercados de insumos, los mercados externos y las nuevas exigencias sobre la infraestructura para poder transportar mayores cantidades de producto al mercado.

---

<sup>32</sup> Errores en la estimación resultantes de la extrapolación de las curvas de oferta y demanda hasta el eje, afectan materialmente con poca probabilidad las magnitudes discutidas; el término del intercepto no se incluye en los resultados de los cálculos reportados en los también, los cambios en precios y cantidades muy probablemente, Cuadros 9a a 9e se ubiquen en la cercanía de las elasticidades de demanda y oferta originales.

CUADRO 9 A  
 VARIACIONES EN LOS PRECIOS Y VALORES DE EQUILIBRIO COMO RESULTADO DE  
 CAMBIOS TECNOLÓGICOS A LARGO PLAZO EN LA INDUSTRIA MEXICANA DE LA PAPA

Cantidad (tm). Precio (Dólares EE.UU./tm)  
 Elasticidad de la demanda = 0.08792

Curva de la oferta	Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 0.8)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 1)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES=1.2)		
	Pe'	Qe'	q	Pe'	Qe'	q	Pe'	Qe'	q
S1	637.5	864 883	3 605	643.4	864 200	2 922	647.4	863 776	2 498
S2	605.3	868 450	7 172	617.3	867 136	5 858	625.3	866 232	4 954
S3	573.3	872 012	10 734	590.8	870 044	8 766	601.4	868 888	7 610
S4	550.4	874 528	13 250	572.4	872 091	10 813	587.6	870 422	9 144
S5	431.6	887 738	26 460	474.9	881 906	20 628	505.6	879 523	18 245
S6	312.6	900 948	39 670	377.8	892 882	31 604	423.5	888 626	27 348

CUADRO 9 B  
 VARIACIONES EN LOS PRECIOS Y VALORES DE EQUILIBRIO COMO RESULTADO DE  
 CAMBIOS TECNOLÓGICOS A LARGO PLAZO EN LA INDUSTRIA MEXICANA DE LA PAPA

Cantidad (tm). Precio (Dólares EE.UU./tm)

Elasticidad de la demanda = 0.09671

Curva de la oferta	Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 0.8)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 1)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES=1.2)					
	Pe'	Qe'	P	Q	Pe'	Qe'	P	Q	Pe'	Qe'	P	Q
S1	637.7	865 198	-31.8	3 920	643.4	864 489	-26.1	3 211	647.6	863 999	-22.0	2 721
S2	606.0	869 086	-63.6	7 808	617.7	867 667	-51.8	6 389	625.6	866 686	-43.9	5 408
S3	574.2	872 975	-95.4	11 697	591.7	870 845	-77.9	9 567	601.8	869 593	-67.7	8 315
S4	551.7	875 719	-117.8	14 441	573.2	873 082	-96.3	11 804	588.1	871 270	-81.4	9 992
S5	433.9	890 128	-235.6	28 850	477.0	884 860	-192.6	23 582	506.7	881 228	-162.8	19 950
S6	316.1	904 537	-353.4	43 259	380.7	896 638	-288.9	35 360	425.3	891 187	-244.3	29 909



CUADRO 9 C  
 VARIACIONES EN LOS PRECIOS Y VALORES DE EQUILIBRIO COMO RESULTADO DE  
 CAMBIOS TECNOLÓGICOS A LARGO PLAZO EN LA INDUSTRIA MEXICANA DE LA PAPA  
 Cantidad (tm). Precio (Dólares EE.UU./tm)

Elasticidad de la demanda = 0.1055

Curva de la oferta	Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 0.8)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 1)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES=1.2)					
	Pe'	Qe'	P	q	Pe'	Qe'	P	q	Pe'	Qe'	P	q
S1	638.0	865 428	-31.5	4 150	643.8	864 664	-25.7	3 386	647.7	864 136	-21.9	2 858
S2	606.5	869 633	-63.0	8 355	618.1	868 108	-51.4	6 830	625.8	867 051	-43.7	5 773
S3	575.0	873 839	-94.5	12 561	592.0	871 551	-77.5	10 273	602.2	870 205	-67.3	8 927
S4	552.8	876 807	-116.7	15 529	573.6	873 976	-95.9	12 698	588.3	872 024	-81.2	10 746
S5	436.1	892 390	-233.4	31 112	478.6	886 737	-190.9	25 459	507.8	882 830	-161.8	21 552
S6	319.5	907 976	-350.1	46 698	383.1	889 499	-286.4	38 221	426.9	893 630	-242.7	32 352

CUADRO 9 D  
 VARIACIONES EN LOS PRECIOS Y VALORES DE EQUILIBRIO COMO RESULTADO DE  
 CAMBIOS TECNOLÓGICOS A LARGO PLAZO EN LA INDUSTRIA MEXICANA DE LA PAPA  
 Cantidad (tm). Precio (Dólares EE.UU./tm)

Elasticidad de la demanda = 0.07913

Curva de la oferta	Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 0.8)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 1)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES=1.2)					
	Pe'	Qe'	P	q	Pe'	Qe'	P	q	Pe'	Qe'	P	q
S1	637.2	864 592	-32.4	3 314	643.0	863 991	-26.5	2 713	647.3	863 579	-22.2	2 301
S2	604.7	867 834	-64.8	6 556	616.1	866 632	-53.5	5 354	624.6	865 806	-44.9	4 528
S3	572.3	871 076	-97.2	9 798	589.6	869 272	-80.0	7 994	600.9	868 216	-68.6	6 938
S4	549.5	873 364	-120.1	12 086	571.6	871 130	-97.9	9 852	587.0	869 605	-82.5	8 327
S5	429.3	885 378	-240.2	24 100	474.1	880 916	-195.4	19 638	504.5	877 858	-161.0	16 580
S6	309.2	897 392	-360.4	36 114	376.2	890 701	-293.4	29 423	422.0	886 122	-247.5	24 844

CUADRO 9 E  
 VARIACIONES EN LOS PRECIOS Y VALORES DE EQUILIBRIO COMO RESULTADO DE  
 CAMBIOS TECNOLÓGICOS A LARGO PLAZO EN LA INDUSTRIA MEXICANA DE LA PAPA  
 Cantidad (tm). Precio (Dólares EE.UU./tm)

Elasticidad de la demanda = 0.070346

Curva de la oferta	Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 0.8)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES = 1)			Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta (ES=1.2)		
	Pe'	Qe'	Q	Pe'	Qe'	Q	Pe'	Qe'	Q
S1	636.8	864 157	2 879	643.0	863 612	2 334	647.1	863 238	1 960
S2	604.0	867 070	5 792	616.1	865 980	4 702	624.7	865 233	3 955
S3	571.3	869 983	8 705	589.6	868 348	7 070	600.4	867 391	6 113
S4	548.2	872 039	10 761	570.8	870 015	8 737	586.4	868 636	7 358
S5	426.8	882 833	21 555	472.5	878 490	17 212	503.3	876 028	14 750
S6	305.7	893 834	32 556	373.7	887 566	26 288	420.2	883 420	22 142

## Mercados del Producto

### *Efectos sobre el rendimiento y precios*

En los Cuadros 9a a 9e se presentan estimaciones de los cambios en los precios y cantidades demandadas como resultado de la adopción de la biotecnología por parte de los productores mexicanos de papa, para los diferentes grupos de situaciones planteadas.

Las curvas de la oferta S1 a S3 se aplican al caso en que sólo los agricultores de tierras de riego adoptan la biotecnología; las curvas S4 a S6 se aplican al caso en que tanto agricultores de tierras de riego como de secano adoptan la biotecnología. En los Cuadros 9a a 9e se resumen los efectos sobre el precio y la cantidad demandada como resultado de un desplazamiento paralelo de la curva de la oferta, suponiendo diferentes elasticidades de oferta y demanda.  $P_e'$  y  $Q_e'$  son el nuevo precio y cantidad de equilibrio en el mercado nacional de papas; fueron determinados a partir de las funciones de la oferta y la demanda indicadas anteriormente.  $\Delta P$  y  $\Delta Q$  muestran el cambio en el precio y la cantidad ofrecida (demandada) debido a la introducción de la biotecnología. En las diversas elasticidades de la demanda supuestas, la magnitud de cambio en el precio y la cantidad es la menor cuando  $\mu_s$  es igual a 1.2 y  $\mu_d$  es igual a -0.1055; es decir, ambos en el valor superior de su rango. La magnitud del cambio en precio es la mayor cuando  $\mu_s$  es igual a 0.8 y cuando  $\mu_d$  es igual a -0.07034, es decir, cuando ambos están en el límite inferior de su rango. La magnitud del cambio en la cantidad demandada (ofrecida) es la mayor cuando  $\mu_s$  es igual a 0.8 y  $\mu_d$  es igual a -0.1055.

En el Cuadro 9a se resumen los resultados de los diversos desplazamientos de la curva de la oferta para el caso en que la elasticidad de la demanda es igual a -0.08792. El precio disminuye en 22.1 \$/tm (3.3 %) cuando  $\mu_s = 1.2$  y se supone la curva de la oferta S1, y en 356.89 \$/tm (53.3 %) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone la curva de oferta S6. La cantidades ofrecidas (demandadas) nacionalmente se incrementan en 2.498 tm (0.3 %) cuando  $\mu_s = 1.2$  y la curva de oferta es S1, y en 39.670 tm (4.6 %) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone una curva de oferta S6.

En el Cuadro 9b se resumen los resultados de los diversos desplazamientos de la curva de la oferta para el caso en que la elasticidad de la demanda es igual a -0.09671 (el valor absoluto de  $\mu_d$  ha aumentado en 10%). El precio disminuye en 22 \$/tm (3.3%) cuando  $\mu_s = 1.2$  y la

curva de oferta es S1, y en 353.4 \$/tm (52.8%) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone la curva de la oferta S6. La cantidad equilibrio en el mercado aumenta en 2721 tm (0.3%) cuando  $\mu_s = 1.2$  y se supone la curva de oferta S1, y en 43259 tm (5.0%) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone la curva de oferta S6. El efecto-cantidad es mayor y el efecto-precio es menor para el caso en que  $\mu_d = -0.09671$  que cuando  $\mu_d = -0.08792$  porque  $\mu_d$  es más elástico.

En el Cuadro 9c se resumen los resultados de los diversos desplazamientos de la curva de oferta para el caso en que la elasticidad de demanda sea igual a  $-0.1055$  (el valor absoluto de  $\mu_d$  ha aumentado en 20%). El precio disminuye en 21.9 \$/tm (3.3%) cuando  $\mu_s = 1.2$  y se supone una curva de oferta S1 y en 350.1 \$/tm (52.3%) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone una curva de oferta S6. La cantidad equilibrio en el mercado aumenta en 2.858 tm (0.33%) cuando  $\mu_s = 1.2$  y se supone una curva de oferta S1 y en 46.698 tm (5.4%) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone una curva de oferta S6. Una vez más, el efecto-cantidad es mayor y el efecto-precio es menor para el caso en que  $\mu_d = -0.1055$ , cuando  $\mu_d = -0.08792$  porque  $\mu_d$  es más elástico.

En el Cuadro 9d se resumen los resultados de los diversos desplazamientos de la curva de la oferta para el caso en que la elasticidad de la demanda sea igual a  $-0.07913$  (el valor absoluto de  $\mu_d$  ha disminuido en 10%). El precio disminuye en 22.2 \$/tm (3.3%) cuando  $\mu_s = 1.2$  y se supone la curva de oferta S1, y en 360.4 \$/tm (53.8%) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone la curva de oferta S6. La cantidad equilibrio en el mercado aumenta en 2.301 tm (0.27%) cuando  $\mu_s = 1.2$  y se supone la curva de oferta S1, y en 36.114 tm (4.2%) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone la curva de oferta S6. El efecto-cantidad es menor y el efecto-precio es mayor para el caso en que  $\mu_d = -0.07913$  que cuando  $\mu_d = -0.08792$  porque  $\mu_d$  ha pasado a ser menos elástico.

En el Cuadro 9e se resumen los resultados de los diversos desplazamientos de la curva de la oferta para el caso en que la elasticidad de la demanda sea igual a  $-0.07034$  (el valor absoluto de  $\mu_d$  ha disminuido 20%). El precio disminuye en 22.4 \$/tm (3.3%) cuando  $\mu_s = 1.2$  y se supone la curva de oferta S1, y en 363.8 \$/tm (54.3%) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone la curva de oferta S6. La cantidad equilibrio en el mercado aumenta en 1.960 tm (0.23%) cuando  $\mu_s = 1.2$  y se supone la curva de oferta S1, y en 32.556 tm (3.8%) cuando  $\mu_s = 0.8$  y se supone la curva de oferta S6. El efecto-cantidad es menor y el efecto-precio es mayor para el caso en que  $\mu_d = -0.07034$  que cuando  $\mu = 0.08792$ , porque  $\mu$

ha pasado a ser menos elástica.

La conclusión más importante que puede sacarse en relación con la estimación de los efectos presentados en esos cuadros es que el precio disminuye en mayor proporción que el aumento de la cantidad. Ello se debe a que la curva de la demanda que enfrenta la Industria papera es muy inelástica (un promedio de 0.08792).<sup>33</sup> Además, existe una diferencia significativa entre los cambios respecto de la cantidad y los precios, de acuerdo con los supuestos sobre la elasticidad de la oferta. Según el Cuadro 9a, la disminución en el precio para S6 es mayor en 46%, aproximadamente, en el caso de un desplazamiento paralelo de la curva de la oferta, cuando  $\mu_s = 0.8$  que cuando  $\mu_s = 1.2$ . La disminución de precios es preocupante, ya que puede implicar la salida de agricultores de la industria, en el largo plazo.

Es posible que la disminución en el precio se sobrestime y el aumento en la cantidad ofrecida se subestime, por dos razones. En primer lugar, como la población de México crece actualmente a un ritmo de 2.5% anual, la curva de la demanda para todos los productos alimentarios debería con el tiempo desplazarse hacia la derecha. En segundo lugar, la elasticidad-ingreso de la demanda de papas en México, correspondiente a 1987, se calculó en 0,82 (Caballero 1986:58). Esta cifra es bastante elevada, comparada con la de otros cultivos y productos de origen animal; podría indicar que, a medida que aumentan los ingresos, es probable que las personas desembolsen proporcionalmente más en papas que en otros productos básicos. Todo tiende a indicar que ése es el caso. Actualmente, las papas son caras comparadas con otros productos de la canasta básica y, por lo tanto, son menos accesibles a los pobres de las zonas rurales. Debido a ello, los PMA como México registran un consumo de papas por habitante menor que el de las economías desarrolladas. Los europeos consumen como promedio 80 kilogramos por habitante cada año, mientras que la cifra comparable en México, en 1982, fue de 12.7 kilogramos por habitante. El consumo ha aumentado lentamente de 11.7 kg/habitante, en 1968, a 12.3 kg/habitante en 1976, y a 12.7 kg/habitante en 1982.

Aunque la magnitud del cambio en el precio y la cantidad debería interpretarse con cautela, el hecho de que el efecto-precio sea mayor que el efecto-cantidad implica que, con el tiempo, algunos agricultores

---

<sup>33</sup> Información tomada de Caballero 1986:57.

abandonarán la industria (Fig. 1). Resulta imposible determinar qué agricultores saldrán perdiendo y cuales saldrán ganando con la introducción de esta tecnología. Sin embargo, se puede afirmar que los primeros en adoptarla posiblemente resulten beneficiados a corto plazo, y que los agricultores menos eficientes, o quienes no adopten la tecnología, a la larga se verán obligados a abandonar la industria.

Los pequeños agricultores de secano se verán especialmente afectados por la disminución en el precio si no adoptan la tecnología (Fig. 2). Los pequeños agricultores registrarán pérdidas a corto plazo con la baja de precios y a la larga se verán obligados a abandonar la industria. Los consumidores se beneficiarán porque habrá un aumento en la cantidad de papas suministradas a bajo precio. En general toda la economía se beneficia con un aumento en la cantidad de papas producidas a precios más bajos.

Si los agricultores de secano no adoptan la tecnología, la brecha en la productividad que ya existe entre ellos y los agricultores de tierras de riego aumentará aún más (Cuadro 1b). Los encargados de formular políticas deberían preocuparse por el hecho de que, con el tiempo, los agricultores de secano posiblemente tengan que abandonar la industria. Para evitarlo deberían estimular activamente la adopción de la nueva tecnología, permitiendo que los agricultores de secano tengan acceso a semilla de papa certificada. Una forma de lograrlo sería la concreción de una política de subvenciones a los insumos, una mayor oferta de créditos o ambas.

### *Sesgo de la tecnología*

Como ya se indicó, es posible que con esta tecnología ciertas regiones se vean más favorecidas que otras si las variedades resistentes a la termoterapia están a disposición del productor más rápidamente que las no resistentes. Sin embargo, como no existen economías de escala asociadas a esta tecnología, es improbable que haya un sesgo en favor de los grandes agricultores frente a los pequeños.

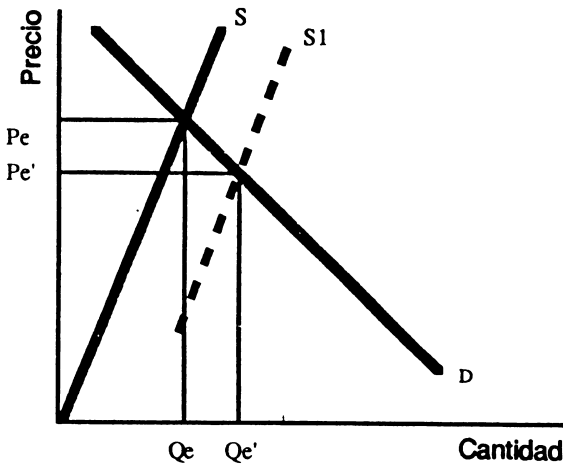


Figura 1 Desplazamiento paralelo de la curva de la oferta

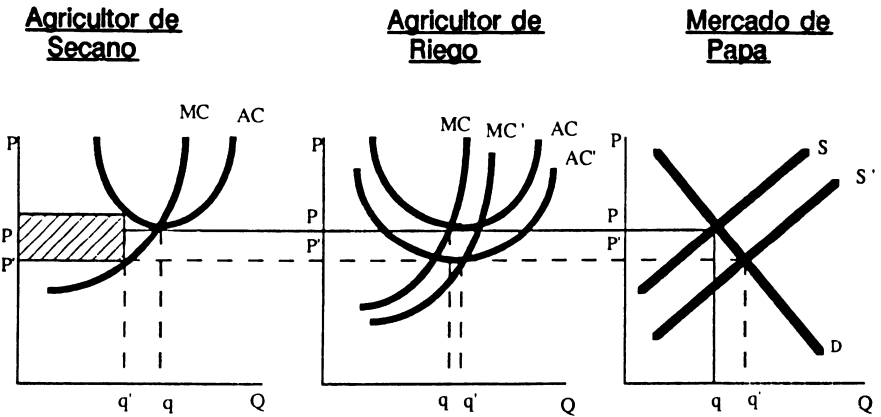


Figura 2 Efecto del cambio tecnológico sobre los agricultores que no lo adoptan



## Mercados de Insumos

### *Semilla de papa*

Es probable que la demanda de semilla de papa aumente, suponiendo que los agricultores de secano logren acceso a la tecnología. En vista de que compañías como Invernámex quizás aumenten la oferta de plantas a los productores de semilla de papa certificada, también es probable que la oferta de semilla de papa aumente con el tiempo. Por lo tanto, el efecto sobre el precio es indeterminado.

### *Crédito*

Tradicionalmente, el sistema financiero de México ha suministrado de preferencia crédito al sector industrial de la economía. Se ha destinado poco crédito a la agricultura, ya que la producción agrícola requiere plazos de préstamo más largos y hay menos seguridad en cuanto a su recuperación en comparación con la industria. En general, los bancos tienden a prestar más apoyo a la industria y el comercio que a los sectores primarios de la economía. En el pasado, ello contribuyó a que gran parte del crédito agrícola estuviera en manos de prestamistas (Pessah 1987:92).

El gobierno del estado de México intervino, en el decenio de 1930, a fin de crear un complejo sistema bancario formado por cuatro categorías principales de bancos:

**Bancos nacionales.** El Banco Nacional de Crédito Agrícola (BNCA) se formó en 1926 para canalizar créditos principalmente a los pequeños agricultores. El Banco Nacional de Crédito Ejidal (BNCE) se creó en 1935 para conceder préstamos en su mayor parte a los ejidatarios<sup>34</sup> o comuneros.<sup>35</sup> El Banco Nacional Agropecuario (Banagro) se estableció en 1965 para otorgar crédito a los agricultores de mediana y gran escala,

---

<sup>34</sup> Agricultores en asociación (ejido), que reciben en el marco de la actual reforma agraria una concesión colectiva de tierras del estado que pueden cultivar individual o colectivamente.

<sup>35</sup> Miembros de una comunidad o grupo de agricultores que tienen *de jure* la posesión y la explotación colectiva de la tierra, como se le concedió a la población indígena durante la época colonial.

que no reunían las condiciones para solicitarlo en el BNCA ni en el BNCE. El propósito de crear este banco fue también descentralizar el sistema de créditos. Fue, hasta hace poco, la principal institución que otorgaba créditos agrícolas en México.

**Bancos regionales.** En un principio, México disponía de tres redes principales de bancos regionales; cada una de ellas estaba dentro del marco de uno de los bancos nacionales.

**Fondo de Garantía y Fomento para la Agricultura, Ganadería y Agricultura (FONDO).** Este fondo se estableció a fin de garantizar la recuperación de préstamos otorgados con fines agrícolas por instituciones privadas de crédito.

**Bancos privados.** Los bancos privados, estimulados por la creación del FONDO, son numerosos y desempeñan un importante papel en el sistema de crédito del país.

A diferencia de otros PMA, México cuenta con un sistema de crédito rural, diseñado específicamente para pequeños y grandes agricultores. A pesar de esos avances, durante los dos últimos decenios solamente 30% de los productores rurales ha tenido acceso a crédito institucional (Pessah 1987:93). Muchos autores concluyen que no se ha canalizado suficiente crédito al campo y que lo poco que se ha proporcionado se destinó a los agricultores de tierras de riego antes que a los de secano.

En 1975 surge BANRURAL, de una fusión entre BNCA, BNCE y Banagro, con el propósito de hacer frente a algunos de los problemas del mercado rural de crédito. En el decenio de 1980, en el marco del SAM, se hizo otro intento de canalizar más crédito al campo y, en particular, a los pequeños agricultores. Como resultado de ello, BANRURAL se amplió y llegó a comprender 12 bancos regionales, 646 sucursales y casi 27000 empleados. Lamentablemente, sólo 24% de esos empleados era personal que trabajaba sobre el terreno en contacto directo con los agricultores; el resto era personal de oficina. Por lo tanto, el aumento de personal ha sido acompañado de una estructura burocrática cada vez mayor y de considerables problemas de corrupción dentro del sistema bancario rural. Recientemente la Administración Salinas de Gortari ha prometido eliminar esos problemas de corrupción en el sistema bancario rural (Hossie 1990:B4).

Los agricultores de la papa no recurren mucho al crédito. Los

pequeños agricultores de tierras de secano utilizan semillas criollas (autóctonas), que guardan de la cosecha anterior; por lo tanto, no necesitan crédito para adquirir semilla antes de la temporada de cultivo. Los fungicidas no constituyen un costo lo suficientemente elevado como para considerar la solicitud de crédito. Es posible que algunos pequeños agricultores utilicen el crédito para adquirir fertilizantes, pero eso sucede con una parte muy reducida de ellos. En cambio, los grandes agricultores de tierras de riego ahorran dinero del año anterior para adquirir semilla, y es probable que cuenten con una buena base de capital que les permita pasar de una temporada a la siguiente. Con los avances logrados en el mejoramiento genético de la papa, es indispensable que todos los agricultores tengan acceso al crédito en igualdad de condiciones. Los pequeños agricultores no cuentan con los medios para adquirir semilla certificada, ya que su precio es prohibitivo para ellos. Al no poder obtener crédito, se les niega automáticamente el acceso a la tecnología. Además, como la semilla certificada debe encargarse un año antes de la siembra, habrá cierto retraso entre la compra de la semilla y la cosecha del cultivo. Por tales razones, el crédito debe estar a la disposición de todos los agricultores, aunque probablemente resulte menos indispensable respecto de las tasas de adopción de los agricultores de riego.

La propiedad de la tierra está compartida entre los agricultores de riego, los pequeños agricultores privados y los ejidatarios. Los pequeños agricultores privados y los ejidatarios quizás no puedan tener acceso a créditos, a menos que formen parte de una asociación de productores de papa como la Asociación de Productores de Papa de las Altas Sierras de Puebla. Cada asociación debe estar integrada por diez agricultores. Esta es un barrera institucional a las posibilidades de acceso al crédito, que debe ser examinada por los encargados de la formulación políticas. Implica que los grandes agricultores de tierras de riego tienen acceso más fácil al crédito, con la consiguiente desigualdad que surge de ese hecho.

### *Mano de obra*

Es probable que la nueva tecnología contribuya a aumentar la demanda de mano de obra durante el período de cosecha. La demanda de mano de obra durante la época de siembra no debería verse afectada, ya que los agricultores utilizan la misma cantidad, aunque mejor calidad, de semilla certificada. Es improbable que aumente la demanda de mano de obra agrícola para los agricultores de secano, ya que posiblemente

utilicen mano de obra familiar. Es muy posible que los agricultores de tierras de riego que contratan mano de obra aumenten su demanda. En general, es probable que la demanda de mano de obra adquiera un carácter más cíclico y que ésta alcance su máximo nivel durante la época de cosecha.

### *Capacidad de gestión*

Es improbable que esta tecnología requiera capacidad gerencial adicional por parte de los agricultores mexicanos. Dene tenerse en cuenta que los agricultores ya venden su producción en el mercado. Los pequeños agricultores que compran sus fertilizantes a Fertimex, el abastecedor nacional de fertilizantes, tienen que tratar con varias instituciones gubernamentales para adquirir el fertilizante. Como la nueva tecnología está en la semilla misma, no se requieren conocimientos técnicos adicionales para su aplicación por parte de los agricultores. Es posible que los agricultores de secano requieran asesoramiento técnico respecto de los diferentes niveles de fertilizantes necesarios para los diversos cultivos, suponiendo que abandonen las variedades criollas y pasen a utilizar las nuevas variedades que estarán a disposición del agricultor. Es posible, también, que requieran algún tipo de asistencia para la administración del crédito y en este respecto las sociedades de crédito pueden ser de utilidad.

### *Tierra*

La producción papera constituye un porcentaje tan reducido del total de la superficie cultivada (en 1981 era de sólo 0.05%<sup>36</sup>) que cualquier aumento en la demanda de tierra probablemente no aumente su precio. Si los actuales agricultores consideran que la producción papera resulta más provechosa que otras, es posible que dejen de producir otros cultivos y se dediquen a la producción de papa. Por ejemplo, los agricultores de secano utilizan un sistema de cultivos múltiples y, por lo tanto, están en condiciones de pasar fácilmente a producir más papas.

---

<sup>36</sup> Este valor se obtuvo dividiendo el total de la superficie disponible para explotaciones agrícolas y pecuarias en 1981 por la superficie sembrada con papas en 1981 (Cuadro 1c). El total de la superficie cultivable se tomó de México 1985:22; no incluye las tierras dedicadas a la silvicultura.

### **Maquinaria**

Los agricultores de secano de las sierras altas no pueden utilizar maquinaria en su tierra, puesto que el terreno es demasiado escarpado. Por lo tanto, no se producirá ningún efecto sobre la demanda de maquinaria por parte de este grupo de agricultores. Sería conveniente que los investigadores buscaran formas de proporcionar a los pequeños agricultores maquinarias apropiadas para cosechar. Por otra parte, los agricultores de tierras de riego de los valles aumentarán la demanda de cosechadoras para poder hacer frente al aumento de los rendimientos. Esto podría ejercer presión sobre la balanza comercial si las cosechadoras no pudieran ser fabricadas localmente.

### **Fertilizantes, plaguicidas y fungicidas**

Esta tecnología no requiere fertilizantes adicionales. Por lo tanto, la demanda de fertilizantes no aumentará con su introducción. Los agricultores todavía tendrán que asperjar sus cultivos con fungicidas y plaguicidas para controlar los virus y el tizón. Por lo tanto, es poco probable que disminuya la demanda de esos productos.

### **Agua**

La tecnología no requiere cantidades adicionales de agua, aunque teóricamente sería conveniente que los agricultores de las altas sierras tuvieran acceso a riego, en lugar de depender de las variaciones del tiempo. Sin embargo, quizás una forma menos costosa y más apropiada de ayudar a los pequeños agricultores sea desarrollar variedades de papa más resistentes a la sequía o a las heladas, o a ambas cosas. Estos problemas climáticos aumentan el riesgo de pérdida de cosechas mucho más que la amenaza de plagas y enfermedades.

### **Mercados Externos**

México actualmente es un importador neto de papas, en términos de valor y en cuanto al total de la producción (véanse los Cuadros 4 y 5). Sin embargo, las importaciones representaron en 1981 únicamente 3% del total de la producción. Como en 1981 las importaciones de papa alcanzaron aproximadamente 25 000 toneladas, según las cifras de los Cuadros 9a a 9e, podría afirmarse que México puede llegar a ser autosuficiente en la producción papera si todos los agricultores adoptan

la tecnología. Una vez más la magnitud de ese aumento debe interpretarse cautelosamente. Parecería evidente que las importaciones mexicanas de papa se reducirán con la adopción de la nueva tecnología.

En el plano regional quizás se sigan registrando importaciones, pero probablemente disminuyan. Como la tecnología también se aplica en otros países, tanto desarrollados como en desarrollo, México deberá utilizar esa tecnología si no desea convertirse en mayor importador de papas.

Los agricultores mexicanos que tienen acceso a riego tienen tasas de productividad comparables a las de los productores europeos. Por ejemplo, Nuevo León, Aguascalientes y Sonora registran rendimientos de 30.2, 26.7 y 23.3 tm/ha, respectivamente. En 1985, el rendimiento medio por hectárea en Europa Occidental fue de 25.7 tm/ha<sup>37</sup> y en Norteamérica fue de 31.7 tm/ha. La adopción de la tecnología y la reducción de la importación de productos básicos como la papa son medidas que coinciden con la actual política alimentaria de México y deberían buscarse activamente.

### Comercialización e Infraestructura

El sistema alimentario mexicano se distingue por su extraordinaria concentración. Prácticamente una cuarta parte de la población vive en los 550 kilómetros cuadrados del Valle de México y entre 40% y 50% de la demanda efectiva de frutas, hortalizas, carne de res y huevos se concentra en esta zona urbana (Alcántara 1987:172-173). Como resultado de ello, los productos del campo deben recorrer una gran distancia para llegar al mercado. Por lo tanto, es indispensable contar con buenos servicios de almacenamiento y transporte a fin de garantizar que el producto llegue fresco al mercado. Como los consumidores urbanos más prósperos y de ingresos más elevados son quienes compran papa, los productores de papa también tienen que enfrentar el problema de recorrer grandes distancias para llevar su producto al mercado.

---

<sup>37</sup> El rendimiento por hectárea es más elevado en los Países Bajos, Suiza y el Reino Unido, con un promedio de 44.5, 37.2 y 35.6 tm/ha respectivamente. Los aumentos en la productividad debido a la biotecnología contribuirían a disminuir esa brecha o, por lo menos, a evitar que ésta aumente.

Las posibilidades de acceso a servicios de transporte y almacenamiento están controladas generalmente por intermediarios y mayoristas. Los agricultores pueden vender su producto directamente a los compradores industriales, que luego elaboran la papa, o vendérselo a los Intermediarios (mayoristas), quienes compran papa en las zonas rurales y luego la venden a los mercados de minoristas y puntos de distribución en todo el país.

Las compañías de elaboración que compran directamente a los agricultores establecen previamente contratos con los agricultores, a fin de asegurar el abastecimiento. Los agricultores, a su vez, reciben asistencia técnica para cultivar la papa, mejores condiciones de venta y, ante todo, un mercado garantizado para su producto (México 1983:86). Como la elaboración industrial exige ciertas normas de calidad (como ya se señaló), es probable que los grandes agricultores de tierras de riego estén mejor preparados para abastecer a este mercado.<sup>36</sup> Además, los grandes agricultores tienen su propio camión y pueden transportar su producto hacia los principales centros de distribución, como Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara, sin tener que recurrir a intermediarios.

Los pequeños agricultores de secano abastecen directamente a los intermediarios, quienes recogen la cosecha en el campo. Estos pueden pagar un precio bajo a los agricultores de secano y luego cobrar un precio mucho más elevado por las mismas papas en las ciudades grandes y medianas (Cuadro 3). Como controlan el abastecimiento de papas que va al mercado, no hay ningún incentivo para que los intermediarios controlen la calidad y aseguren que las papas lleguen frescas y sin daños al mercado. Si los pequeños agricultores pretenden beneficiarse de las mejoras en su productividad y recibir el mismo precio que reciben los grandes agricultores, es evidente que tendrán que adquirir cierto poder en el mercado frente a esos compradores oligopsónicos. Una forma de contrarrestar esas disparidades de poder en el mercado es lograr que los pequeños agricultores formen grupos de negociación colectiva (Lang 1980). Ello podría obligar a los intermediarios a pagar el precio de mercado y contribuir a un mayor incentivo para lograr más eficiencia en el transporte.

---

<sup>36</sup> Los grandes agricultores tienen acceso a riego y, por lo tanto, sus cosechas no suelen malograrse, de modo que son una fuente de abastecimiento más confiable que los pequeños agricultores de secano.

## CONCLUSIONES

Las investigaciones internacionales sobre la papa prometen muchos adelantos notables durante el próximo decenio. Estos probablemente resulten de las mejoras que ya se han logrado en las técnicas de investigación durante los últimos 15 a 20 años. Actualmente, los programas de fitomejoramiento consisten en una combinación de técnicas convencionales de reproducción y de técnicas avanzadas en biotecnología. El desarrollo de instrumentos tales como el cultivo de tejido *in vitro* y los minitubérculos, ha contribuido a agilizar los programas de fitomejoramiento y a mejorar la calidad de los cultivares que producen. Los investigadores mexicanos, mediante sus vínculos con el CIP y otros institutos internacionales de investigación, cuentan con las condiciones para aprovechar esos adelantos. Además, el uso de técnicas de micropropagación por parte de compañías privadas tales como Invernamex es en sí muy alentador. Las actuales y futuras oportunidades de investigación ofrecen a México la posibilidad de lograr su objetivo de la política alimentaria: alcanzar la autosuficiencia en la producción de alimentos básicos. Si bien la papa no es aún un producto principal de la canasta básica mexicana, tiene un elevado valor nutricional y calórico comparado con otros alimentos básicos y, por lo tanto, se le podría considerar en el futuro un medio viable para atender las necesidades nutricionales básicas del pueblo mexicano. Sin embargo, es probable que la autosuficiencia en la producción de papa pueda lograrse sólo si aumenta la productividad de los agricultores de secano y de los de tierras de riego. Como los grandes agricultores de tierras de riego tienen acceso directo a las investigaciones actuales y los pequeños agricultores de secano no, convendría que los encargados de la formulación de políticas abordaran el problema de la disparidad existente entre los dos grupos, a fin de asegurar que los agricultores de secano tengan acceso a papa de semilla certificada en igualdad de condiciones. Si a los pequeños agricultores se les niega el acceso a esa tecnología, se ampliará la brecha en cuanto a productividad entre los pequeños y los grandes agricultores. Las semillas de papa certificada y de riego estarán teóricamente a disposición de los pequeños agricultores; sin embargo, puede ser que esto resulte costoso y en algunos casos físicamente imposible. Otra forma de asegurar que se atiendan las necesidades de los pequeños agricultores sería orientar la investigación hacia el tema de la tolerancia a la sequía.

Los responsables de las políticas deberían también percatarse de que la introducción de esa tecnología puede originar efectos ambientales



nocivos. Como los agricultores de secano utilizan actualmente variedades criollas (autóctonas) en sus ciclos de producción, la diversidad genética de las especies de papa se asegura automáticamente. Si esos agricultores pasan a utilizar semilla de papa certificada que ha sido cruzada para cumplir con ciertos requisitos, -uno de ellos la homogeneidad- esa diversidad genética puede perderse. Sin embargo, los bancos de genes del CIP y el INIFAP están en condiciones de asegurar que no se pierda la diversidad genética del género *Solanum*. Por lo tanto, dichos efectos negativos pueden ser mitigados por esos institutos de investigación.

El desafío que enfrentan los encargados de las políticas mexicanas es buscar la forma de incrementar los efectos beneficiosos de esta tecnología, tales como los precios más bajos, el aumento de la oferta de papa nacional, el logro de la autosuficiencia alimentaria, y la reducción al mínimo de efectos nocivos como la pérdida de la diversidad genética. La clave para hacer frente a ese desafío consiste en entender claramente las probables repercusiones de esta tecnología. Este estudio de caso muestra que el marco analítico elaborado por nuestro equipo proporciona un procedimiento ordenado y lógico que permite ese entendimiento.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALCANTARA Hewitt de, C. 1987. Feeding Mexico City, In: Food Policy in Mexico. The Search for Self-Sufficiency. Austin, J.E. y Esteva, G. (eds). Ithaca, Cornell University Press.
- AUSTIN, J. E.; ESTEVA, G. (eds.). 1987. Food Policy in Mexico. The Search for Self-Sufficiency. Ithaca, Cornell University Press.
- CABALLERO, E.I. 1986. Estimación de la Demanda de la Papa en México. Tesis, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Economía Agrícola. Chapingo, México.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1984. Potatoes for the Developing World, Lima, Perú. Publicaciones del CIP.
- EASTMOND, A.; GONZALEZ, R. L.; LOZOYA-SALDANA, H.; ROBERT, M. L. Towards the Application and Commercialization of Plant Biotechnology in Mexico, Monografía para el Centro de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de Naciones Unidas (en prensa).

FAO (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION). 1983a. Anuario FAO de Comercio 1983, Vol.36, Colección FAO, Estadística No 67. Roma, Italia.

\_\_\_\_\_. 1983b. Anuario FAO de Producción 1983, Vol.37, Colección FAO, Estadística No.68. Roma, Italia.

\_\_\_\_\_. 1983c. Anuario FAO de Comercio 1982, Vol 36, Colección FAO, Estadística No.74. Roma, Italia.

\_\_\_\_\_. 1984. Anuario FAO de Comercio 1983, Vol 37, Colección FAO, Estadística No.75. Roma, Italia.

\_\_\_\_\_. 1985. Anuario FAO de Comercio 1984, Vol.38, Colección FAO, Estadística No.76. Roma, Italia.

\_\_\_\_\_. 1986. Anuario FAO de Producción 1985, Vol.39, Colección FAO, Estadística No.70. Roma, Italia.

\_\_\_\_\_. 1987. Anuario FAO de Comercio 1986, Vol.40, Colección FAO, Estadística No.78. Roma, Italia.

FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (FMI). 1985. International Financial Statistics, Supplement on Exchange Rates, Supplement Series, No.9.

GONZALEZ, J.A.R.; LOZOYA-SALDANA, H.; VILLARREAL-GONZALEZ, J. 1989. Enfermedades Virales Tipo Mosaico del Cultivo de la Papa en el Estado de Puebla, Rev. Mexicana de Fitopatología 7: 1-6.

HOOKE, W.J. (ed.). 1981. Compendium of Potato Diseases, American Phytopathological Society, U.S.A.

HOSSIE, L. 1990. Agricultural Self-Sufficiency a Major Challenge, In: Report on Business, The Globe and Mail, Martes 6 de febrero de 1990, pág. B.4.

KLEIN, K.K.; MARKS, L.A.; KERR, W.A. 1990. Repercusiones de la Biotecnología en el Sector Agropecuario de los países de América Latina y el Caribe. Una evaluación preliminar. En:

KOUTSOYANNIS, A. 1979. *Modern Microeconomics*, 2 ed. Hongkong, Macmillan Education Limited.

LANG, M.G. 1980. Marketing Alternatives and Resource Allocation: Case Studies of Collective Bargaining. *American Journal of Agricultural Economics* 62(4).

LINDNER R.K.; JARRETT F.G. 1978. Supply Shifts and the Size of Research Benefits *American Journal of Agricultural Economics* 60:48-58.

LIPSEY, R. G.; PURVIS, D.D.; STEINER, P.O. 1988. *Economics*, 6 ed. Nueva York, Harper y Row.

LOZOYA-SALDANA, H., Depto de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Estado de México (Comunicaciones personales).

LOZOYA-SALDANA, H.; MERLIN-LARA, O. 1984. Thermoherapy and Tissue Culture For Elimination of Potato Virus X (PVX) in Mexican Potato Cultivars Resistant to Late Blight. *American Potato Journal* 61:735-739.

MARES, D. R. 1987. The U.S.- Mexico Winter-Vegetable Trade: Climate, Economics and Politics, In: *U.S.-Mexico Relations. Agricultural and Rural Development*, Johnson. B.F., Cassio, L., Cartas Contreras, C. y Norton, R.D. (Eds.) California, Stanford University Press.

MENDOZA, H.A. 1980. Principles and Methods of Transfer of Genetic Materials from CIP to National Potato Programs, In: *Report of the Planning Conference 1980: Utilization of the Genetic Resources of the Potato III*. CIP, Perú, Publicaciones del CIP, págs.204-212.

MEXICO. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA (DGEA), SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH). 1983. *La Papa, Solanum tuberosum L.*, Producción y Comercialización, Econotecnia Agrícola Vol. VII, No. 3, Marzo.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO (SPP), INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA INFORMITICA (INEGI). 1985. *Mexico: a Synoptic View*, México D.F.

DEPARTAMENTO DE DISEÑO E INTEGRACION (DEGIES), SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH). 1986. Estadísticas Básicas 1960-86 Para la Planeación del Desarrollo Rural Integral. México D.F.

PESSAH, R. 1987. Channeling Credit to the Mexican Country-side. In: Food Policy in Mexico. The Search for Self-Sufficiency, *ibid.*

REESTMAN, A.J. 1972. Incidence of Infection in Commercial Crops and Consequent Losses, In: Viruses of Potatoes and Seed-Potato Production, Bokx, J.E. (Ed.) Wageningen, Centre for Agricultural Publishing and Documentation.

SASSON, A. 1989. Biotechnologies and Developing Countries: Present and Future. In Symposium held in Luxembourg, 26-30 June 1989, Plant Biotechnology for Developing Countries. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA). Publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

SECRETARIA DE LAS NACIONES UNIDAS. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Internacionales. 1989. National Accounts Statistics: Main Aggregates and Details Tables 1986. Nueva York, Publicaciones de las Naciones Unidas.

THE ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT (EIU). 1989. Mexico Country Profile-1989-1990. London.







**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA**

Apdo. 55-2200 Coronado, Costa Rica/Tel.: 29-02-22 / Cable: IICASANJOSE / Télex: 2144 IICA CR  
Correo Electrónico EIES: 1332 IICA SC / FAX (506) 29-47-41, 29-26-59 IICA COSTA RICA