

BIOTECNOLOGIA Y AGROECOLOGIA: ¿PARADIGMAS OPUESTOS O COMPLEMENTARIOS?

Amarella Eastmond¹, Manuel L. Robert²

RESUMEN

La agroecología y la biotecnología han sido presentados en ocasiones como paradigmas opuestos y mutuamente excluyentes. Nosotros cuestionamos este punto de vista argumentando que en este debate se han mezclado criterios científicos con opiniones filosóficas y políticas, lo que ha confundido los puntos fundamentales de la discusión. Analizando por separado los diferentes elementos del debate, proponemos que de hecho los dos paradigmas juegan papeles complementarios en el desarrollo de un modelo más sostenible de la agricultura. Esta estrategia múltiple será indispensable para satisfacer la demanda global de alimentos sin perjudicar la calidad del medio ambiente.

Reconociendo la coherencia de los principios del enfoque agroecológico, cuestionamos su capacidad de satisfacer las demandas sociales, económicas y alimenticias que enfrenta el sector rural hoy en día. Por otro lado, presentamos a la biotecnología vegetal como una herramienta cara pero poderosa para potenciar (no sustituir) las técnicas tradicionales de mejoramiento genético y que, además, promete reducir grandemente la dependencia de la agricultura sobre los pesticidas y otros insumos de la agricultura intensiva, en capital. En vez de ignorar esta tecnología, como algunos agroecologistas proponen, concluimos que la biotecnología vegetal es una de las múltiples herramientas que la agricultura moderna tendrá que incorporar para enfrentar con éxito el reto para el siglo veintiuno de una mayor productividad sostenible a largo plazo.

Palabras clave: agroecología, biotecnología vegetal, agricultura alternativa.

ABSTRACT

Agroecology and biotechnology have sometimes been presented as opposing and mutually exclusive paradigms. Here we challenge this view, arguing that the real issues have been blurred in this debate by entangling philosophical and political opinions with scientific criteria. By separating out the different elements in the discussion, we attempt to show that in fact these two paradigms have complementary roles to play in working towards the development of a more sustainable model of agriculture, so urgently required if global food requirements are to be met without jeopardizing the quality of the environment.

¹ Unidad de Ciencias Sociales, CIR, Universidad Autónoma de Yucatán.

² Centro de Investigación Científica de Yucatán.

While recognizing the sound principles on which the agroecological approach is based, we question its capacity to adequately meet the social, economic and food demands facing the rural sector today. Plant biotechnology, on the other hand, is presented here as an expensive but powerful tool for enhancing (not substitute) plant breeding. It is also shown to hold the promise of greatly reducing agriculture's need for pesticides and other high-energy inputs. Rather than ignore this technological package, as some of the agroecologists propose, we conclude that plant biotechnology is one of many tools modern agriculture will have to incorporate if it is to successfully meet the 21st century's dual challenge of higher productivity and long term sustainability.

Key words: agroecology, plant biotechnology, alternative agriculture.

INTRODUCCION

La crisis del agro mexicano es un tema de seria preocupación para mucha gente y ha sido ampliamente discutida en la prensa y la literatura especializada. Los múltiples análisis disponibles sobre el tema concuerdan en que la producción de alimentos en México está y ha estado en niveles críticos desde hace tiempo y que es urgente hacer algo para modificar esta situación. Sin embargo, hasta allí llega la concordancia de los expertos, ya que tanto los diagnósticos de las causas como las propuestas de soluciones son muy variables. Cada uno enfatiza de diferente manera la importancia de los distintos factores como responsables de las deficiencias y proponen un número considerable de alternativas que en ocasiones llegan a ser totalmente opuestas. Algunos proponen la privatización del ejido, mientras que otros consideran que hay que fortalecerlo. Hay quienes sugieren un plan de reconversión ecológico de la agricultura y hay quienes prefieren una mayor tecnificación basada en el modelo de la agricultura convencional de los EEUU. Está claro que se trata de un asunto de gran complejidad en el cual se mezclan variables políticas, técnicas, económicas, sociales y culturales y en donde existe muy poco consenso.

No pretendemos aquí realizar un análisis detallado de este problema sino discutir los puntos de vista de dos grupos relativamente nuevos en el debate: los agroecologistas y los biotecnólogos. Ambos consideran que deben desempeñar un papel preeminente en la renovación del sector agropecuario, pero han sido presentados por algunos autores como tecnologías totalmente opuestas y mutuamente excluyentes (Centro de Ecodesarrollo, 1990). Contrariamente a este punto de vista consideramos que, lejos de existir contradicciones de fondo, ambos enfoques pueden complementarse para un desarrollo más sostenido de la agricultura.

La representación de la agroecología y la biotecnología como dos estrategias dirigidas en direcciones opuestas y totalmente excluyentes nos parece una visión muy limitada de la problemática, basada en una serie de ambigüedades en las cuales se han mezclado aspectos científicos con opiniones políticas y filosóficas. Parece más un

intento por establecer posiciones a favor o en contra, en vez de analizar los méritos científicos de cada una de ellas. Consideramos que es importante clarificar algunos puntos de la discusión, precisar lo que se entiende por agroecología y biotecnología y presentar, de una manera más abierta, las posibilidades de ambas de contribuir al desarrollo de la agricultura en México.

Los agroecologistas definen su campo como un marco conceptual, no como un paquete tecnológico, filosóficamente opuesto a la biotecnología (Centro de Ecodesarrollo, 1990, p.196). Los biotecnólogos, por el otro lado, se refieren a su área como un conjunto de técnicas que pueden ser aplicadas a cualquier sistema de producción independientemente de las tendencias filosóficas (Office of Technology Assessment, 1984).

Analizaremos brevemente la discusión entre los dos grupos en tres partes: 1) aspectos filosóficos, 2) aspectos de economía política y 3) argumentos científicos.

ASPECTOS FILOSOFICOS

Los agroecologistas como Toledo (La Jornada, 1990 y Trujillo, 1990) y algunos antropólogos sociales como Krotz (Krotz, 1990; La Jornada, 1991) argumentan que lo que está en juego en esta discusión "agroecología versus biotecnología" es el modelo básico de la relación cultura-naturaleza. Sustentan que el modelo de la agricultura tradicional -la herencia de los campesinos- es un modelo no-destructivo del medio ambiente que busca, por encima de todo, la estabilidad y la sostenibilidad, es decir, la regeneración natural del campo para el uso de las siguientes generaciones. En contraste, pintan a la biotecnología como la expresión máxima y más peligrosa en este momento, del modelo de la agricultura occidental moderna; un modelo altamente destructivo, contaminante, insaciable en su uso de los recursos naturales y completamente insostenible.

Aunque les gusta a los científicos sociales pensar en términos de tipos ideales weberianos por razones heurísticas, una cosa que seguramente hemos aprendido este siglo es que la realidad, sobre todo cuando se trata de un sistema tan complejo como la relación cultura-naturaleza, no puede ser reducida a dos modelos: uno blanco y uno negro. Ningún tipo de agricultura es completamente sostenible; la agricultura es, por definición, una intervención del hombre que rompe el equilibrio natural con el propósito de aprovechar los recursos disponibles en beneficio propio. Pero hay grados de explotación y formas de permitir una recuperación total o parcial del medio ambiente para poder seguir utilizándolo después sin dañarlo permanentemente. La sobreexplotación del medio ambiente por el hombre tiene una historia muy larga que se remonta probablemente a varios miles de años. Algunos estudiosos opinan que la sobrecaza durante la edad del Pleistoceno contribuyó crucialmente a la extinción masiva de animales en esa época. (Martin and Wright, 1967) y desde las primeras civilizaciones en el medio oriente la agricultura muy probablemente empezó a ser un

factor determinante en la desertificación (Sauer, 1967). Es un poco ingenuo entonces pensar que los sistemas agrícolas tradicionales son, casi por definición, sostenibles y más ecológicos que los nuevos.

Cualquiera que sea el tipo de agricultura llevado a cabo por una sociedad, necesariamente involucra tanto riesgos como beneficios para sus practicantes, y cada sociedad y cada generación tiene que evaluar éstos y seleccionar entre las opciones reales disponibles. Cuando los antropólogos y los agroecologistas hablan de la agricultura moderna sólo hablan de los riesgos y daños que ha provocado, nunca de los beneficios, uno de los cuales es que hoy en día ellos mismos sean parte de una clase media urbana que no tiene que preocuparse por producir su propia comida. Nos preguntamos ¿cuántas personas que viven en las zonas urbanas quisieran regresar a vivir bajo sistemas de agricultura tradicional con todas las inconveniencias y dificultades que esto implica? para empezar, muchos se morirían de hambre ya que no existe suficiente tierra para toda la población. La diferencia entre las tecnologías tradicionales y modernas reside en sus alcances. De igual manera que se ha utilizado la tecnología avanzada para contaminar, talar, y explotar, se puede (y ya se ha hecho aunque en pequeña escala) aplicar para resembrar, limpiar y renovar. Aunque filosóficamente se pudiera regresar a un modelo tradicional de relación cultura naturaleza, en la práctica el uso generalizado de una tecnología de poco alcance resulta imposible. Lo que si sería factible y altamente deseable sería, por un lado, redirigir la capacidad tecnológica de que disponemos para desarrollar una agricultura moderna menos contaminante y destructiva, y, por el otro, asegurar (con incentivos económicos adecuados) la conservación de las pocas áreas silvestres que nos quedan.

ASPECTOS DE ECONOMIA POLITICA

Existen varios estudios que destacan la importancia de la innovación tecnológica agrícola como factor en los cambios estructurales del sector rural, y la biotecnología seguramente no será la excepción (Kloppenburg, 1988). Su desarrollo no sigue un camino predeterminado por la necesidad, sino surge de la interacción en un momento dado entre los factores de la economía política (la estructura institucional, las exigencias de la economía mundial, etc.) y lo científicamente plausible. Cada paso conduce a opciones entre las cuales hay que tomar decisiones que abren puertas en una dirección y las cierran en otras. A nivel internacional parecen existir dos fuerzas motrices principales en este momento que interactúan y frecuentemente chocan en estas decisiones: 1) la creciente incorporación de la agricultura al sistema capitalista mundial asociada con la transformación en comodidades de todos los insumos y productos agrícolas; y 2) la conciencia del valor de sobrevivencia para la especie humana que tienen las grandes zonas de recursos naturales silvestres que todavía existen. La biotecnología puede servir los propósitos de ambas tendencias. Antes de analizar cómo éstas influyen en la discusión mexicana en cuestión, examinaremos rápidamente cada una de ellas.

Por un lado están los intereses claramente definidos de las grandes corporaciones agroquímicas quienes intentan controlar y expandir cada vez más los mercados de los insumos agrícolas. Así, los logros científicos han sido convertidos, con el apoyo de las leyes de la propiedad intelectual, en logros comerciales, como es el caso de las semillas híbridas (que se tienen que comprar de nuevo cada año para que se garanticen sus características excepcionales). Irónicamente, el único insumo al cual no se ha asignado un valor económico es el germoplasma original que forma la base para todos los programas de mejoramiento genético. La razón es que más de 90% de los recursos genéticos que actualmente constituyen la base para la producción mundial de alimentos provienen del Tercer Mundo. Así, mientras que las compañías privadas de los países industriales intentan patentar sus nuevas variedades generadas con germoplasma del Tercer Mundo, niegan el valor comercial del germoplasma original que insisten en definir como "patrimonio universal" (Myers, 1983, Wilkes, 1983).

Por el otro lado, y frecuentemente en conflicto con los intereses arriba mencionados, existe la tendencia del enverdecimiento de la economía mundial (Pearce, 1989 y 1990) que incluye a todos los movimientos ecologistas que luchan por conservar el medio ambiente en todo el mundo. Tales movimientos ya no son formados sólo por grupos aislados de excéntricos, sino también por agencias internacionales y gubernamentales de los países ricos que perciben la conservación, particularmente en los países del Tercer Mundo que son los más ricos en recursos naturales renovables, como una necesidad para su propia sobrevivencia.

En la discusión mexicana agroecología versus biotecnología, podemos detectar la influencia de los factores de economía política a varios niveles. Con relación al nivel internacional, los agroecologistas predominantemente adoptan la posición que la biotecnología es sólo un instrumento para promover los intereses del capital multinacional y, por lo tanto, es negativa para México y en particular para los campesinos.

A nivel nacional, la visión que muchos de los agroecologistas manejan de la biotecnología está limitada a la ingeniería genética, que es costosa, requiere de infraestructura y técnicas sumamente sofisticadas (aunque cabría preguntarse si sigue siendo válido llamar sofisticado a algo que se emplea todos los días en miles de laboratorios en todo el mundo incluyendo a México) y de recursos humanos altamente entrenados. Esta imagen ha dado lugar a una representación elitista de la biotecnología contrapuesta a la agroecología, manejada como "**la solución campesina:**" barata, accesible para todos, sostenible, y sana para el hombre y el medio ambiente. La dualidad que se maneja entonces es: "biotecnología para los ricos y agroecología para los pobres". Si el gobierno apoya económicamente el desarrollo de la investigación biotecnológica, los agroecologistas lo presentan como recursos que se quitan a los campesinos.

Sin embargo, la ingeniería genética, aunque es la tecnología con mayor potencial para mejorar los cultivos, es sólo una de las múltiples biotecnologías de que disponemos. Hay muchas otras como son las técnicas de cultivo *in vitro* para la propagación clonal, la limpieza, certificación y almacenamiento de germoplasma o el cultivo de células haploides y el rescate de embriones como apoyo al fitomejoramiento tradicional que son mucho más baratas y menos sofisticadas pero perfectamente adecuadas para resolver gran cantidad de problemas agrícolas. Empero, en la lucha por los escasos recursos para investigación en el país, políticamente conviene la sobresimplificación en dos bandos, uno a favor de los campesinos, y el otro en contra de ellos.

En cuanto a la proposición de que la agroecología es más apropiada para los campesinos, se debe de considerar que el manejo adecuado agroecológico de la producción de alimentos en una escala mayor que el traspatio no es ni sencillo ni necesariamente muy barato, sobre todo en zonas tropicales donde la amenaza de las plagas es mucho mayor que en las zonas templadas. Thomas y colaboradores (1988) destacaron en un estudio en los EEUU que el uso de sistemas integrados de control de plagas y métodos de conservación de suelo es más común entre los operadores de granjas grandes que entre granjeros con terrenos más pequeños y con menos educación. En México, el término "agroecología" se ha utilizado muchas veces sólo para indicar la **ausencia** del uso de insumos químicos (lo cual de ninguna manera garantiza la sostenibilidad) y la continuación de métodos tradicionales sean o no adecuados para las condiciones específicas en las cuales se practican en la actualidad. Un manejo agroecológico verdaderamente eficiente requiere de conocimientos científicos. Los conocimientos tradicionales de los campesinos y su experiencia son importantes y obviamente sirven de base para llevar a cabo sus actividades agrícolas, pero el crecimiento desmedido de la población, los grandes cambios ambientales y las políticas agrícolas desfavorables para el pequeño productor, los ponen en una situación económica tan desventajosa que hace insostenible su forma tradicional de producción.

Con respecto a los costos de producción, el control biológico puede resultar más costoso que el control químico, por ser más intensivo en mano de obra, un factor que ha sido determinante para convencer a muchos productores pequeños en México de cambiar del primero al segundo. Los costos económicos más altos de alimentos "orgánicos" ha sido reconocido en los países industrializados en donde se pagan precios mayores por ellos. Paradójicamente estos productos son considerados "de lujo" y son adquiridos principalmente por las clases adineradas.

ARGUMENTOS CIENTIFICOS

En una comparación estrictamente científica entre las técnicas agroecológicas y las biotecnológicas es muy difícil llegar a la conclusión de que son mutuamente excluyentes, como mantienen los agroecologistas, y una vez más se puede detectar una sobresimplificación dirigida a confrontar a los dos campos.

El principal argumento científico de los agroecologistas en contra de la biotecnología es que representa una continuación de las tendencias establecidas por la revolución verde que ya fracasó por su falta de sostenibilidad ecológica y su escasa adopción por los campesinos (Trujillo, 1990). Antes de analizar con más detalle el concepto de la sostenibilidad en relación con la biotecnología, revisaremos rápidamente las críticas de la agricultura convencional y las respuestas que han provocado tanto en los países industriales como en México.

Deficiencias en la agricultura moderna convencional

La gente preocupada por la agricultura mexicana difícilmente objetaría la crítica que hacen los agroecologistas respecto de la agricultura intensiva en capital con altos insumos energéticos que se practica en los países desarrollados y que ha sido transferida en mayor o menor grado a los países en vías de desarrollo. Los costos de su éxito han sido muy altos (Toledo, 1990) ya que se trata de un sistema que necesariamente tiene que destruir la vegetación natural para hacerse lugar; que se basa en el uso intensivo de recursos no renovables y depende de sustancias tóxicas para controlar las enfermedades y plagas. Si bien los fertilizantes artificiales, los pesticidas y las prácticas como el monocultivo contribuyeron enormemente a elevar los rendimientos de los cultivos en los países industrializados entre los años 1930 y los 1980, también han contribuido significativamente a incrementar los problemas, cada vez más comunes hoy en día en todo el mundo, de la erosión y la salinización de los suelos, la pérdida de germoplasma, la contaminación y el agotamiento de las reservas de agua, la creciente resistencia de las plagas y parásitos a los pesticidas, la persistencia de residuos de pesticidas en los alimentos que consumimos y el envenenamiento de la fauna silvestre. Un ejemplo es que la cantidad de pesticidas químicos aplicados en los EEUU ha crecido 33 veces desde los años 1940, y su toxicidad se ha incrementado unas 10 veces. Sin embargo, la proporción de cosechas perdidas por malas hierbas, insectos y hongos ha aumentado en el mismo período de 31% a 37% (Pimentel, 1991). El público, particularmente en los países industrializados, exige ahora más atención de parte de sus gobernantes a estos problemas ambientales, y a la protección de su propia salud; demanda leyes de vigilancia de niveles más estrictos y está dispuesto a pagar más por alimentos producidos "orgánicamente", es decir, sin pesticidas ni fertilizantes.

Agricultura alternativa

En los años 1980 en los EEUU como consecuencia de costos cada vez más altos y los precios en declive, más de 200,000 granjas se declararon en bancarrota (National Research Council, 1989). Esta situación económica desfavorable ha incentivado a muchos agricultores a buscar mecanismos para reducir sus costos de producción, especialmente aquellos ocasionados por los insumos químicos que han llegado a representar hasta 55% de los costos variables de producción de, por ejemplo, maíz. Un número significativo de productores en los EEUU ha redirigido entonces su atención a los métodos alternativos de producción de alimentos que aprovechan de manera

deliberada las interacciones benéficas que ocurren naturalmente como el control biológico de plagas y la fijación de nitrógeno. Su objetivo es sostener y enriquecer el sistema natural, en vez de reducirlo y simplificarlo (National Research Council, 1989 p.4.) y por lo tanto, limitan al máximo el uso de insumos tóxicos. Este tipo de agricultura, que en los EEUU y Europa se denomina "agricultura orgánica", "alternativa" o "sostenible" ha sido criticada por los agricultores convencionales como improductiva e incosteable. Sin embargo, el creciente número de publicaciones, entre las que destacan el informe del National Research Council: **Alternative Agriculture** (1989) y un artículo en *Scientific American: Sustainable Agriculture* (Reganold *et al*, 1990) son una clara indicación de que la agricultura alternativa empieza a ser tomada en serio.

Agricultura mexicana tradicional

Según Victor Toledo (1990), cuando se lee el artículo de *Scientific American* mencionado arriba, sobre agricultura sostenible, uno no sabe si están proponiendo un diseño avanzado y revolucionario de la agricultura alternativa o simplemente describiendo una parcela campesina como las que se han cultivado en México desde hace cientos de años (La Jornada, 1990). Esto puede ser cierto a primera vista, pero la comparación deja fuera un aspecto fundamental que es el económico. Tanto el análisis de Toledo como los de otros agroecologistas tienden a dar poco peso a las estructuras económicas e institucionales como factores determinantes para el éxito de un tipo u otro de agricultura. Cuando los estadounidenses hablan de "sostenible" esto significa que la unidad de producción tiene que ser sostenible ecológica y **económicamente** dentro del sistema macro económico vigente. En los EEUU las granjas que aplican métodos de agricultura alternativa tienen rendimientos ligeramente menores (8%) a las convencionales, pero sus utilidades son iguales o inclusive mayores que las de las granjas convencionales gracias a sus costos de producción más bajos (Science Research Council, 1989); sin embargo, no se puede afirmar lo mismo de la mayoría de las unidades de producción agrícola tradicionales mexicanas que apenas sobreviven.

Toledo sostiene que los dos sistemas de mayor productividad en maíz en México son campesinos: el "marceño" de Tabasco y la "chinampa" de México, pero es preciso aclarar que estos sistemas eran ecológicamente excepcionales, no la regla de la agricultura tradicional, pequeños en extensión y que ahora están en vías de extinción por la intervención del hombre. Por lo general, los rendimientos de los sistemas estrictamente tradicionales en México son muy inferiores a aquellos obtenidos con la agricultura moderna. Tan es así, que cuando disponen de recursos económicos, aun los pequeños productores utilizan insumos químicos con la esperanza de aumentar sus cosechas.

A pesar de que efectivamente los seis principios básicos de la agricultura sostenible: 1) el cultivo simultáneo de varias especies, 2) el control sin agroquímicos de los insectos, malezas y enfermedades; 3) la fertilización con materiales orgánicos, 4) la rotación de los cultivos; 5) la integración de la agricultura con la ganadería y 6) la

producción forestal y el uso de recursos locales están todos presentes tanto en la agricultura alternativa de los países industriales como la agricultura campesina mexicana, los dos difieren en cuanto a sus condiciones ecológicas básicas y su entorno político, socio-económico. Estas diferencias sobrepasan por mucho cualquier semejanza que hubiera podido existir debido al uso de los mismos principios, con el resultado final que un sistema sea económicamente viable, pero no el otro.

A pesar del balance económico desfavorable de la agricultura tradicional, su base en principios ecológicos sanos es innegable, y es pertinente la llamada de atención al público y a las autoridades por parte de los agroecologistas. Resulta irónico el hecho de que cuando los países industrializados empiezan a cambiar sus prácticas agrícolas hacia formas de cultivo más "amigables" para el medio ambiente y exigen cada vez menor cantidad de residuos de pesticidas en los alimentos, México persista en una estrategia de destrucción y contaminación de sus recursos naturales. No obstante, no creemos que las soluciones a los problemas agropecuarios de México se encontrarán simplemente regresando al uso de tecnologías sencillas, cuando las circunstancias socio-económicas han cambiado tan drásticamente.

Biología y sostenibilidad

La sostenibilidad de la producción obedece a una interacción entre el germoplasma y el medio ambiente. Los programas de fitomejoramiento, principalmente los de la revolución verde, se centraron en la producción de variedades de alta productividad bajo condiciones óptimas de agua y nutrientes y protegidas en contra de las plagas y las enfermedades por medios químicos, lo cual, además de generar problemas de extrema gravedad de contaminación y resistencia, las limita a ciertas áreas de cultivo y, por lo tanto, a productores con acceso a tierras con estas características.

Contrario a esto, la agricultura alternativa propone métodos de cultivo y de control biológico para reducir la incidencia de las plagas y enfermedades, aunque no puede eliminarlos por completo, ni puede hacer mucho contra una sequía prolongada.

La biotecnología, por su parte, ofrece opciones para cultivos en zonas marginales y bajo condiciones de estrés ambiental así como resistencia genética a plagas y enfermedades, con lo que se reducen las aplicaciones de insumos químicos.

La productividad que han alcanzado los principales cultivos a través del fitomejoramiento y las enormes pérdidas producidas por factores ambientales adversos, enfermedades y plagas, se ponen de manifiesto en el Cuadro 1 que muestra los rendimientos record alcanzados por cada cultivo en algún año excepcionalmente bueno y los rendimientos promedio muy inferiores obtenidos en otros años. Estas cifras muestran dos cosas. La primera es que aun con el empleo de fertilizantes y plaguicidas no es posible controlar al medio ambiente por completo y, segunda, que un sistema tan complejo como el agrícola requiere de estrategias múltiples para ser verdaderamente eficiente y lo más sostenible posible.

CUADRO 1. Productividad de cultivos y pérdidas por ambientes desfavorables.

CULTIVOS	ESTADOS UNIDOS					MUNDO	MEXICO	
	Rendimiento record (ton/ha)	Rendimiento promedio (ton/ha)	Pérdidas por enfermedades (ton/ha)	Pérdidas por insectos (ton/ha)	% del rendimiento perdido por ambientes desfavorables	Rendimiento promedio (ton/ha) 1983-1985	Rendimiento promedio (ton/ha) 1983-1985	rendimiento % de temporal con respecto a riego
Maíz	19.3	4.3	0.75	0.7	69	3.1	1.88	30.6
Trigo	14.5	1.88	0.34	0.13	83.8	1.9	3.99	24.6
Sorgo	20.1	2.83	0.31	0.31	82.8	1.3	3.58	41.5
Cebada	11.4	2.0	0.38	0.11	77.8	2.1	1.9	-
Arroz	-	5.3	-	-	-	2.6	3.73	33.0
Caña de Azúcar	10.6	1.72	0.46	0.10	78.4	56.3	66.6	43.2
Frijol de Soya	7.4	1.61	0.27	0.067	73.6	1.1	1.95	39.0
Papa	94.1	28.3	8.0	5.9	55.2	15.3	12.0	-
Remolacha	121.0	42.6	6.7	6.7	53.7	-	-	-
Frijol	-	1.6	-	-	-	0.6	0.59	28.6
Jitomate	-	48.0	-	-	-	20.1	24.9	34.9
Café	-	1.0	-	-	-	0.5	0.4	43.6
Cártamo	-	-	-	-	-	0.7	0.75	30.6
Cacao	-	-	-	-	-	0.4	0.5	-

Fuente: Robert, M., M. Arce y A. Eastmond, en prensa.

El fitomejoramiento es y seguirá siendo la mejor herramienta a nuestro alcance para mantener una elevada productividad y reducir la dependencia sobre insumos químicos, pero requiere de un nuevo potencial para generar las variedades resistentes a los factores bióticos y abióticos causantes de las pérdidas, y es aquí en donde la biotecnología ofrece sus mejores opciones. A diferencia de las variedades generadas por la revolución verde, la biotecnología nos proporciona métodos para generar, con mayor rapidez, nuevas variedades resistentes a las enfermedades producidas por bacterias, hongos y virus, resistentes a insectos y, en un futuro no muy lejano, también variedades resistentes a sequía y elevada salinidad. Esto implica que la agricultura se vuelva más rentable en zonas actualmente consideradas marginadas y ocupadas por productores de escasos recursos. Contrario a la revolución verde, el control de los factores externos que modulan la productividad no es químico sino genético.

Los agroecologistas insisten en que la biotecnología no es adecuada para México porque se basa en la producción de monocultivos derivados de un germoplasma muy limitado (Trujillo, 1989), lo que sólo puede provocar desastres ecológicos mayores a los producidos por la revolución verde. En primer lugar, como ya se mencionó, la biotecnología es un conjunto de técnicas, y como tales, pueden ser aplicadas a **cualquier sistema de producción** y no sólo a sistemas de monocultivo. Por otro lado, una extrapolación tan general de los supuestos efectos de la revolución verde no es científicamente válida; existe una amplia literatura al respecto (Lipton y Longhurst, 1989) y basta una revisión muy breve para darse cuenta del enorme volumen de conclusiones acerca de los efectos socio-económicos aun en regiones vecinas. Inclusive en México hay ejemplos donde los pequeños productores han aprovechado las tecnologías de la revolución verde en beneficio de toda la comunidad (Humphries, S. 1989, Eastmond, en prensa).

Como ya se mencionó, un error que cometen algunos críticos de la biotecnología es el de reducirla a las técnicas de la ingeniería genética. Hay gran número de biotécnicas al alcance de todos (Cuadro 2) como son: 1) la rápida propagación clonal de individuos notables que permite mejorar grandemente los rendimientos y, 2) la detección y eliminación de organismos patógenos en cultivos que se propagan vegetativamente para generar materiales sanos y de alta calidad. Estos son beneficios que la biotecnología brinda a cualquier tipo de cultivo; la fresa, los cítricos, el jitomate y la papa entre los cultivos alimentarios, el agave y el cempasuchil entre los industriales son algunos ejemplos de los más beneficiados y están al alcance del pequeño productor (Eastmond y Robert, en prensa). Estas técnicas tienen un efecto más amplio, ya que permiten controlar la diseminación de las enfermedades. La propagación y siembra de un material infectado llevará inevitablemente a una baja producción o a la pérdida de todo el cultivo. Muchos productores han perdido una gran parte de su capital debido a este problema, y algunos han tenido que abandonar la agricultura. En general, el empleo de semilla certificada genera una mayor rentabilidad, aun para los pequeños productores. Sin embargo, no garantiza que esté libre de virus y se piensa que algunas enfermedades virales han entrado al país en materiales de alta calidad importados (Lozoya Saldaña, 1991).

CUADRO 2 . Aplicaciones de la biotecnología vegetal.

OBJETIVOS	ESTRATEGIAS	METODOLOGIAS	APLICACIONES
Incremento en el rendimiento de los cultivos	Multiplicación masiva de las líneas clonales	Cultivos de meristemos	Propagación de nuevas variedades
		Organogénesis: inducción de brotes adventicios	Propagación de cultivares élite
		Embriogénesis somática	Propagación de especies en peligro de extinción
	Producción de plantas libres de patógenos	Termoterapia	Producción de material parental libres de enfermedades para la horticultura y agricultura especialmente ornamentales, verduras, hortalizas y frutales
		Quimioterapia	
		Cultivo de meristemos	
	Generación de nueva variabilidad genética	Cultivo de haploides	Producción de dobles haploides para programas de fitomejoramiento
		Selección de variantes inducidas <u>in vitro</u> de callos, células en suspensión y protoplastos	Resistencia a hongos, virus, sequía, salinidad, etc. Variantes morfológicas
		Producción de híbridos somáticos por fusión de protoplastos	Cruzamientos interespecíficos
		Incorporación de características específicas por medio de transformación genética	Producción de cultivares resistentes a: virus, insectos, insecticidas, temperaturas extremas
Rescate de embriones			
Cultivo <u>in vitro</u> de embriones zigóticos		Facilita entrecruzamientos distantes	
Conservación de germoplasma		Cultivo de meristemos, brotes y embriones bajo condición limitante	Preservación en bancos de germoplasma

Fuente: Robert, M. M. Arce y A. Eastmond, en prensa.

Se ha dicho que las semillas híbridas de alto rendimiento de la revolución verde han provocado la erosión genética y que la biotecnología va a acelerar este proceso ya que emplea una cantidad limitada de recursos genéticos. La pérdida de los recursos genéticos es un problema grave que enfrenta el mundo entero en este momento, pero su causa fundamental es la destrucción de nuestro medio ambiente y no la biotecnología. Alrededor de 11 millones de hectáreas fueron destruidas en 1987 (Sasson, 1988 p. 73) y según los cálculos del programa del medio ambiente de las Naciones Unidas, 27 millones de hectáreas son convertidas anualmente en terreno no productivo por el proceso de la desertificación. Indirectamente, y en una escala menor, el sistema de monocultivo en grandes áreas contribuye a la pérdida de germoplasma y a los problemas de susceptibilidad de las plantas a enfermedades y plagas. Como ya dijimos, la biotecnología no es sinónimo de monocultivo. Muchos científicos de los países industrializados recomiendan ahora regresar a sistemas de rotación de cultivos para disminuir estos problemas y ahorrar dinero (Pimentel, 1991) pero falta que los gobiernos cambien sus políticas de apoyo a los granjeros para que esto sea rentable.

La biotecnología requiere de una base genética muy amplia de donde tomar los genes que confieren las características excepcionales que transmitirá de una especie a otra (Cuadro 3) y lejos de reducir la base genética para el fitomejoramiento, la enriquece y ayuda a su conservación. Las tecnologías del ADN recombinante ponen ahora a disposición de un cultivo no sólo los genes de variedades evolutivamente cercanas, sino de especies distantes con las que normalmente no pueden entrecruzarse, al grado de que en el futuro genes para el fitomejoramiento vegetal provendrán también de los animales.

CUADRO 3. Principales características agronomicas a las que contribuirá la biotecnología vegetal

Tolerancia al estrés ambiental	Resistencia a enfermedades	Resistencia a plagas	Resistencia a herbicidas	Incremento de productividad
Salinidad	Hongos	Insectos	Glifosato	Mayor eficiencia fotosintética
Sequía	Bacterias		2,4-D	
Temperaturas extremas	Virus		Fosfinotricina	Fijación de nitrógeno
Metales pesados	Viroides			
pH	Micoplasmas			
	Nemátodos			

Fuente: Robert, M.L.; M. Arce y A. Eastmond (en prensa)

Si se comete el error de permitir que continúe la erosión de la reserva genética de los principales cultivos, esto no será por causa de la biotecnología, sino de la falta de previsión de las naciones y de las organizaciones responsables de mantenerla. De hecho, la biotecnología está contribuyendo de manera importante a la conservación de recursos genéticos para los cuales anteriormente no había métodos adecuados de preservación, como el plátano, la yuca y otros, por medio de técnicas novedosas de conservación de células y tejidos cultivados en el tubo de ensaye y mantenidos a bajas temperaturas.

CONCLUSIONES

Los postulados de la agricultura alternativa son inobjetables y su preocupación por el bienestar de los campesinos loable y legítima. Sin embargo, al enfrentar el futuro tenemos que considerar cuáles son las opciones reales que se nos presentan en vez de soñar con pasados perdidos. Lo que es objetable en el planteamiento de algunos agroecologistas es su rechazo a tecnologías de enorme potencial aplicativo tan sólo por el hecho de que sean asociados con grandes corporaciones, sin poner en la balanza el potencial que ofrecen para incrementar nuestra propia capacidad de producción. Esta no es la posición de los proponentes de la agricultura alternativa en otros países donde saben que la biotecnología tiene mucho que ofrecerles en la generación de plantas más compatibles con el ambiente (National Research Council, 1989,p.17 y 1990). La diferencia es que ellos conocen su capacidad para orientar y controlar el desarrollo del campo para que sus beneficios superen a los costos y el potencial técnico sea empleado para satisfacer las necesidades y prioridades de sus países. Podríamos aprovechar mejor nuestros esfuerzos tratando de definir de la manera más racional y positiva para el país las políticas, los reglamentos, los incentivos y los controles que deben de regir el desarrollo de la biotecnología en México.

La biotecnología no hará milagros, requerirá de una base genética muy amplia y sólo actuará como un **complemento** a las técnicas de fitomejoramiento tradicionales, pero las ventajas que ofrece, en términos de una agricultura menos contaminante y más flexible, a los retos del medio ambiente son tan grandes que uno se pregunta si podemos darnos el lujo de ignorarla aun cuando cuesten más al principio. En estos tiempos de globalización económica y cambios ambientales drásticos se requiere de todas las nuevas estrategias de que podamos disponer para lograr una agricultura más sostenible y ecológica, pero al mismo tiempo, capaz de satisfacer los crecientes requerimientos de producción que nos permitan enfrentar con esperanza el siglo veintiuno.

BIBLIOGRAFIA

- CENTRO DE ECODesarrollo. 1990. ¿Biotecnología para el progreso de México?. Centro de Ecodesarrollo, Mexico D.F.
- EASTMOND, A. (en prensa). Modernización agrícola y movilidad social hacia arriba en el sur de Yucatán. *Nueva Antropología*.
- EASTMOND, A. y M. ROBERT. (en prensa). La biotecnología vegetal: ¿una esperanza o una amenaza para el campo mexicano? En: UAM (Ed.) *Prospectiva Social y Revolución Científico-tecnológica*.
- HUMPHRIES, S. 1989. *Modernizing Maya Agriculture: A case study of Peasant Entrepreneurship in Northern Yucatan*. Ph.D. thesis, York University, Canada.
- KLOPPENBURG, J. R. Jr. 1988. *First the Seed. The Political Economy of Plant Biotechnology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KROTZ, E. 1990. Tecnología mexicana: Entre la quimera y la oportunidad perdida?. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. Abril/mayo/junio. 173: 35-42.
- La Jornada. 18 de Noviembre de 1990. Modernización y reconversión ecológica. México, D.F. p.29-34.
- La Jornada. 25 de marzo de 1991. Tecnología agrícola y estudios antropológicos. 1a. Parte. México, D.F.
- La Jornada. 27 de marzo de 1991. Tecnología agrícola y estudios antropológicos. 2a. Parte. México, D.F.
- LIPTON, M. and R. LONGHURST. 1989. *New Seeds and Poor People*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- LOZOYA-SALDAÑA, H. 1991. Comunicación personal.
- MARTIN, P.S. and H.E WRIGHT. 1967. Pleistocene Extinctions. *Proc. 7 Cong. Int. Assoc. for Quaternary Res.* Vol.6. Yale University Press, New Haven.
- MYERS, N. 1983. *Wealth of Wild Species*. Boulder CO: Westview Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. *Alternative Agriculture*. National Academy Press. Washington, D.C.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1990. Plant Biotechnology Research for Developing Countries. National Academy Press. Washington D.C.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. 1984. Commercial Biotechnology. An International Analysis. Washington D.C. USGPO.
- PEARCE, D., A. MARKANDYA and E. B. BARBIER. 1989. Blueprint for a Green Economy. Inland Book.
- PEARCE, D., A. MARKANDYA and E. B. BARBIER. 1990. Sustainable Development: Economics and Environment in the Third World. Gower Publisher Company.
- PIMENTEL, D. 1991. Handbook on Pest Management in Agriculture. CRC Press, (new edition).
- REGANOLD, J.P., R. I. PAPENDICK, and J.F. PARR. 1990. Sustainable Agriculture. Scientific American. June. pp.72-78.
- ROBERT, M. L., M. ARCE M. y A. EASTMOND. (en prensa). Aplicaciones de la biotecnología vegetal en la producción de alimentos. En: Quintero, R., A. Lopez y M. García. (Eds.) Biotecnología Alimentaria.
- SASSON, A. 1988. Biotechnologies and Development. Unesco/Technical Centre for Agriculture and Rural Cooperation Paris.
- SAUER, C. 1967. Land and Life. A selection from the writings of Carl Ortwin Sauer. J. Leighly (Ed).Berkeley, University of California Press.
- THOMAS, T., M. A. MARTIN and C. R. EDWARDS. 1988. The adoption of integrated pest management. J. Prod. Agric. 1: 257-261.
- TRUJILLO, J. 1990. Biotecnología o agroecología: selección de paradigma tecnológico para el desarrollo campesino en México. En: Centro de Ecodesarrollo. ¿Biotecnología para el progreso de México? Centro de Ecodesarrollo. México D.F.
- TRUJILLO A., J. 1990. El paradigma agroecológico. Comercio Exterior. 40(10): 953-958.
- VEGA, F. y J. TRUJILLO A. 1989. Posibles consecuencias ecológicas y limitantes de la biotecnología agrícola. Textual, nueva época. 2(25): 12-16.
- WILKES, G. 1983. Current status of crop germplasm. Critical Reviews in Plant Sciences. 1(2): 133-181.

Agrociencia

Serie

FITOCIENCIA



VOL.3	NUM. 1	1992
--------------	---------------	-------------

MONTECILLO, MEXICO

CONTENIDO

Biotecnología y agroecología: ¿Paradigmas opuestos o complementarios?. Amarella Eastmond y Manuel L. Robert.

Heterosis en caracteres morfológicos y fisiológicos de maíz en dos condiciones de humedad. Alfredo Josué Gámez Vázquez, José Luis Rodríguez Ontiveros, Fernando Castillo González y José Luis Arellano Vázquez.

Caracterización de genotipos de maíz y su utilidad en el mantenimiento varietal. Juan Virgen Vargas, Aquiles Carballo Carballo y Fernando Castillo González.

Aspectos de calidad en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la región semiárida de México. Javier Zaragoza Castellanos Ramos y Jorge Alberto Acosta Gallegos.

Respuesta morfogénica de tejidos de *Nicotiana tabacum* L. infectados con una cepa de *Agrobacterium tumefaciens* portadora de un plasmido Ti silvestre o desarmado. José Oscar Mascorro Gallardo y Guillermo Carrillo Castañeda.

Efecto del frío y de las aplicaciones de cianamida de hidrógeno en la brotación de yemas de vid (*Vitis vinifera* L.). Marcos Angulo Martínez, A. Enrique Becerril Román y Daniel H. Díaz Montenegro.

Rescate y cultivo *in vitro* de embriones inmaduros de durazno (*Prunus persica* (L) Batsch) 'Flordaprince'. Alejandro Manzo González, Jorge Rodríguez Alcázar, Edilberto Avitia García y Humberto Vaquera Huerta.

Producción forzada de tres cultivares de durazno bajo un sistema intensivo de producción. II. Crecimiento vegetativo y floración. Eloisa Vidal Lezama, A. Enrique Becerril Román, Jorge Rodríguez Alcázar, Ma. Teresa Colinas León y Jorge Ortega Alcalá.

Aptitud combinatoria y efectos recíprocos en líneas de maíz (*Zea mays* L.) con diferente nivel de endogamia. Gustavo A. Velázquez Cardelas, Fernando Castillo González, José D. Molina Galán y José Luis Arellano Vázquez.

El Día Solar Medio de veinte horas en la ciudadela de Teotihuacan. Salvador Miranda Collín.

El Día Solar Medio de veinticuatro horas en la ciudadela de Teotihuacan. Salvador Miranda Collín.