



Biotecnología agrícola: mitos, riesgos ambientales y alternativas

Miguel A. Altieri*



ANTECEDENTES

Hasta hace unas cuatro décadas, los rendimientos agrícolas en los Estados Unidos se basaban en los recursos internos, el reciclaje de la materia orgánica, mecanismos de control biológico y patrones de lluvias. Los rendimientos agrícolas eran modestos pero estables. La producción estaba salvaguardada porque en el campo se cultivaba más de un producto o variedad en el tiempo y el espacio, como un seguro contra la aparición de plagas o la severidad climática. El nitrógeno del suelo era restablecido por la rotación de los principales cultivos con leguminosas. Las rotaciones destruían insectos, malezas y enfermedades gracias a la ruptura efectiva de los ciclos de vida de estas plagas. Un típico agricultor de maíz sembraba maíz en rotación con diversos cultivos, como soya, y la producción de granos menores era intrínseca para mantener ganado en la finca. La mayor parte del trabajo lo hacía la familia, que era dueña de la finca, con ayuda externa ocasional. No se compraba equipo ni se usaban insumos externos (Altieri 1994; Audirac 1997).

En el mundo en desarrollo, los pequeños agricultores impulsaron sistemas agrícolas aun más complejos y biodiversos, guiados por un conocimiento indígena que ha superado la prueba del tiempo (Thrupp 1998). En este tipo de sistemas, la conexión entre agricultura y ecología era bastante fuerte y rara vez se evidenciaban signos de degradación ambiental.

Pero conforme la modernización agrícola avanzó, la conexión ecología-sistema agrícola fue destruida, ya que los principios ecológicos fueron ignorados u omitidos. El lucro, y no las necesidades de la gente o la preocupación por el ambiente, determinó la producción agrícola. Los intereses de los agronegocios y las políticas prevalecientes favorecieron las grandes fincas, la producción especializada, el monocultivo y la mecanización.

Hoy el monocultivo ha aumentado de manera drástica en todo el mundo, principalmente a través de la expansión geográfica anual de los terrenos dedicados a cultivos individuales. El monocultivo implicó la simplificación de la biodiversidad, dando como resultado final un ecosistema artificial que requiere constante intervención humana bajo la forma de insumos agroquímicos, los cuales, además de mejorar los rendimientos sólo temporalmente, dan como resultado altos costos ambientales y sociales no deseados. Conscientes de tales impactos,

* Universidad de California, Berkeley. © PED-CLADES / FOOD FIRST, Oakland, California. Publicación financiada por: Foundation for Deep Ecology y Fred Gellert Family Foundation (San Francisco, California).

muchos científicos agrícolas han llegado al consenso general de que la agricultura moderna se enfrenta a una severa crisis ecológica (Conway y Pretty 1991).

La pérdida anual en rendimientos debida a plagas en muchos cultivos (que en la mayoría llega hasta el 30 por ciento), a pesar del aumento sustancial en el uso de pesticidas (alrededor de 500 millones de kg de ingrediente activo en todo el mundo), es un síntoma de la crisis ambiental que afecta la agricultura. Las plantas cultivadas que crecen como monocultivos genéticamente homogéneos no poseen los mecanismos ecológicos de defensa necesarios para tolerar el impacto de las poblaciones epidémicas de plagas (Altieri 1994).

Cuando estos modelos agrícolas se exportaron a los países del Tercer Mundo a través de la llamada Revolución Verde, se exacerbó aún más los problemas ambientales y sociales. La mayor parte de agricultores de escasos recursos de América Latina, Asia y África ganaron muy poco en este proceso de desarrollo y transferencia de tecnología de la Revolución Verde, porque las tecnologías propuestas no fueron neutras en cuanto a escala. Los agricultores con tierras más extensas y mejor mantenidas ganaron más, pero los agricultores con menores recursos que viven en ambientes marginales perdieron con mayor frecuencia y la disparidad de los ingresos se vio acentuada (Conway 1997).

El cambio tecnológico ha favorecido principalmente la producción y/o exportación de cultivos comerciales producidos, sobre todo, por el sector de las grandes fincas, con un impacto marginal en la productividad de los cultivos para la seguridad alimentaria, mayormente en manos del sector campesino (Pretty 1995). En las áreas donde se realizó el cambio progresivo de una agricultura de subsistencia a otra de economía monetaria, se pusieron en evidencia gran cantidad de problemas ecológicos y sociales: pérdida de autosuficiencia alimentaria, erosión genética, pérdida de la biodiversidad y del conocimiento tradicional, e incremento de la pobreza rural (Conroy et al 1996).

Para sostener tales sistemas agroexportadores, muchos países en desarrollo se han convertido en importadores netos de insumos químicos y maquinaria agrícola, aumentando así los gastos gubernamentales y exacerbando la dependencia tecnológica. Por ejemplo, entre 1980 y 1984 América Latina importó cerca de 430 millones de US\$ en pesticidas y unas 6,5 millo-

nes de toneladas de fertilizantes (Nicholls y Altieri 1997). Este uso masivo de agroquímicos condujo a una enorme crisis ambiental de proporciones sociales y económicas inmensurables.

Lo irónico es el hecho de que los mismos intereses económicos que promovieron la primera ola de agricultura basada en agroquímicos están ahora celebrando y promoviendo la emergencia de la biotecnología como la más reciente varita mágica. La biotecnología, dicen, revolucionará la agricultura con productos basados en los métodos propios de la naturaleza, logrando una agricultura más amigable para el ambiente y más lucrativa para los agricultores, así como más saludable y nutritiva para los consumidores (Hobbelink 1991).

La lucha global por conquistar el mercado está conduciendo a las grandes corporaciones a producir plantas desarrolladas con ingeniería genética (cultivos transgénicos) en todo el mundo (más de 40 millones de hectáreas en 1999) sin las apropiadas pruebas previas de impacto sobre la salud humana y los ecosistemas, a corto y largo plazo. Esta expansión ha recibido el apoyo de acuerdos de comercialización y distribución realizados por corporaciones y marketeros (por ejemplo Ciba Seeds con Growmark y Mycogen Plant Sciences con Cargill) debido a la falta de reglamentación en muchos países en desarrollo.

En Estados Unidos las políticas del Food and Drug Organization (FDA) y la Environmental Protection Agency (EPA) consideran a los cultivos modificados genéticamente «sustancialmente equivalentes» a los cultivos convencionales. Estas políticas han sido desarrolladas en el contexto de un marco regulador inadecuado y en algunos casos inexistente.

Las corporaciones de agroquímicos, las cuales controlan cada vez más la orientación y las metas de la innovación agrícola, sostienen que la ingeniería genética mejorará la sostenibilidad de la agricultura al resolver los muchos problemas que afectan a la agricultura convencional y librará al Tercer Mundo de la baja productividad, la pobreza y el hambre.

Comparando mito y realidad, el objetivo de este libro es cuestionar las falsas promesas hechas por la industria de la ingeniería genética. Ellos han prometido que los cultivos producidos por ingeniería genética impulsarán la agricultura lejos de la dependencia en insumos químicos, aumentarán la productividad, disminuirán los costos de insumos y ayudarán a reducir los problemas ambientales (Oficina de Evaluación Tecnológica



BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

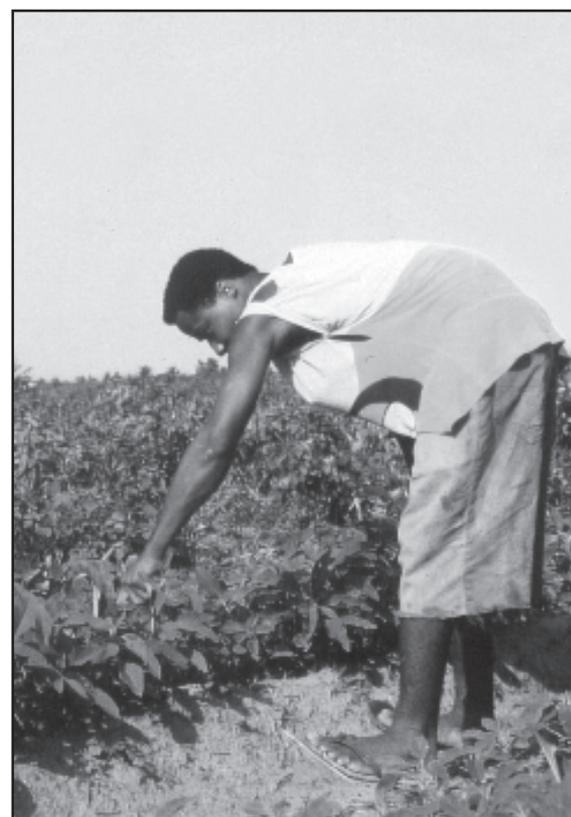
1992). Al cuestionar los mitos de la biotecnología, aquí se muestra a la ingeniería genética como lo que realmente es: otro enredo tecnológico o «varita mágica» destinado a entrapar los problemas ambientales de la agricultura (que son el producto de un enredo tecnológico previo) sin cuestionar las suposiciones defectuosas que ocasionaron los problemas la primera vez (Hindmarsh 1991). La biotecnología promueve soluciones basadas en el uso de genes individuales para los problemas derivados de sistemas de monocultivo ecológicamente inestables diseñados sobre modelos industriales de eficiencia. Tal enfoque unilateral y reduccionista ya ha probado que no es ecológicamente sólido en el caso de los pesticidas, enfoque que también adoptó un enfoque similar, usando el paradigma «un químico-una plaga» comparable al enfoque «un gen-una plaga» promovido por la biotecnología (Pimentel et al. 1992).

La agricultura industrial moderna, hoy convertida en epítome por la biotecnología, se basa en una premisa filosófica que es fundamentalmente errónea y que necesita ser expuesta y criticada para avanzar hacia una agricultura verdaderamente sostenible. Esto es particularmente relevante en el caso de la biotecnología, donde la alianza de la ciencia reduccionista y la industria multinacional monopolizadora llevan a la agricultura por un camino equivocado. La biotecnología percibe los problemas agrícolas como deficiencias genéticas de los organismos y trata a la naturaleza como una mercancía, y en el camino hace a los agricultores más dependientes de un sector de agronegocios que concentra cada vez más su poder sobre el sistema alimentario.

LA BIOTECNOLOGÍA, EL HAMBRE EN EL MUNDO Y EL BIENESTAR DE LOS AGRICULTORES

Poblaciones hambrientas en medio de la abundancia

Las compañías de biotecnología sostienen que los organismos genéticamente modificados (GMO en inglés)—específicamente las semillas genéticamente alteradas— son hallazgos científicos necesarios para alimentar al mundo y reducir la pobreza en los países en desarrollo. La mayoría de las organizaciones interna-



cionales encargadas de la política y la investigación para el mejoramiento de la seguridad alimentaria en el mundo en desarrollo hacen eco de este punto de vista. Este punto se basa en dos suposiciones críticas: que el hambre se debe a una brecha entre la producción de alimentos y la densidad de la población humana o la tasa de crecimiento; y que la ingeniería genética es la única o la mejor forma de incrementar la producción agrícola y por lo tanto cubrir las futuras necesidades de alimento.

Un punto inicial para aclarar estas falsas concepciones es entender que no hay una relación entre la presencia del hambre en un país determinado y su población. Por cada nación hambrienta y densamente poblada como Bangladesh o Haití, hay un país escasamente poblado y hambriento como Brasil o Indonesia. El mundo hoy produce más alimentos por habitante que nunca antes. Hay suficiente alimento disponible para proveer 4,3 libras por persona cada día; 2,5 libras de granos,

frijoles y nueces; alrededor de una libra de carne, leche y huevos y otra de frutas y verduras (Lappe et al. 1998).

En 1999 se produjo suficiente cantidad de granos en el mundo para alimentar una población de ocho mil millones de personas (seis mil millones habitaron el planeta en el 2000), si éstos se distribuyeran equitativamente o no se dieran como alimento a los animales. Siete de cada diez libras de granos se usan para alimentar animales en Estados Unidos. Países como Brasil, Paraguay, Tailandia e Indonesia dedican miles de acres de tierras agrícolas a la producción de soya y yuca para exportar a Europa como alimento del ganado. Canalizando un tercio de los granos producidos en el mundo hacia la población hambrienta y necesitada, el hambre cesaría instantáneamente (Lappe et al. 1998).

El hambre también ha sido creado por la globalización, especialmente cuando los países en desarrollo adoptan las políticas de libre comercio recomendadas por agencias internacionales (reduciendo los aranceles y permitiendo el flujo de los productos de los países industrializados). La experiencia de Haití, uno de los países más pobres del mundo, es ilustrativa. En 1986 Haití importó sólo 7.000 toneladas de arroz, porque la mayor parte se producía en la isla. Cuando abrió su economía al mundo, los inundó un arroz más barato proveniente de los Estados Unidos, donde la industria del arroz es subsidiada. En 1996, Haití importó 196.000 toneladas de arroz foráneo al costo de US\$ 100 millones anuales. La producción de arroz haitiano se volvió insignificante cuando se concretó la dependencia en el arroz extranjero. El hambre se incrementó (Aristide 2000).

Las causas reales del hambre son la pobreza, la desigualdad y la falta de acceso a los alimentos y a la tierra. Demasiada gente es muy pobre (alrededor de dos mil millones sobreviven con menos de un dólar al día) para comprar los alimentos disponibles (a menudo con una pobre distribución) o carecen de tierras y los recursos para sembrarla (Lappe et al. 1998). Porque la verdadera raíz del hambre es la desigualdad, cualquier método diseñado para reforzar la producción de alimentos, pero que agudice esta desigualdad, fracasará en el propósito de reducir el hambre. Por el contrario, sólo las tecnologías que tengan efectos positivos en la distribución de la riqueza, el ingreso y los activos, que estén a favor de los pobres, podrán en realidad

reducir el hambre. Afortunadamente tales tecnologías existen y pueden agruparse bajo la disciplina de la agroecología, cuyo potencial es ampliamente demostrado y analizado más profundamente a lo largo de este libro (Altieri et al. 1998; Uphoff y Altieri 1999).

Atacando la desigualdad por medio de reformas agrarias se mantiene la promesa de un aumento de la productividad que sobrepasa el potencial de la biotecnología agrícola. Mientras que los defensores de la industria hacen una promesa de 15, 20 e incluso 30 por ciento de aumento de los rendimientos por la biotecnología, los pequeños agricultores producen hoy de 200 a 1.000 por ciento más por unidad de área que las grandes fincas a nivel mundial (Rosset 1999). Una estrategia clara para tomar ventaja de la productividad de las pequeñas fincas es impulsar reformas agrarias que reduzcan las grandes propiedades ineficientes e improductivas a un tamaño pequeño óptimo, y así proporcionar las bases para el incremento de la producción en fincas de pequeños agricultores, incrementos ante los cuales empalidecería la publicitada promesa productiva de la biotecnología.

Es importante entender que la mayor parte de innovaciones en la biotecnología agrícola se orientan a las ganancias más que a las necesidades. El verdadero motor de la industria de la ingeniería genética no es hacer la agricultura más productiva, sino generar mayores ingresos (Busch et al. 1990). Esto se ilustra revisando las principales tecnologías del mercado de hoy: (1) cultivos resistentes a los herbicidas, tales como la Soya Ready Roundup de Monsanto, semillas que son tolerantes al herbicida Roundup de Monsanto, y (2) los cultivos Bt (*Bacillus thuringiensis*) que han sido desarrollados por ingeniería genética para producir su propio insecticida. En el primer caso, la meta es ganar más participación de mercado de los herbicidas para un producto exclusivo, y en el segundo, aumentar las ventas de semillas, aun a costa de dañar la utilidad de un producto clave para el manejo de plagas (el insecticida microbiano a base de Bt) en el que confían muchos agricultores, incluyendo a la mayoría de agricultores de cultivos orgánicos, como una poderosa alternativa a los insecticidas.

Estas tecnologías responden a la necesidad de las compañías de biotecnología de intensificar la dependencia de los agricultores en semillas protegidas por la llamada «propiedad intelectual» que entra en conflicto directamente con los antiguos



BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

derechos de los agricultores a reproducir, compartir o almacenar semillas (Fowler y Mooney 1990). Cada vez que pueden, las corporaciones obligan a los agricultores a comprar una marca de insumos de la compañía y les prohíben guardar o vender la semilla. Si los agricultores de los Estados Unidos adoptan soya transgénica, deben firmar un acuerdo con Monsanto. Si siembran soya transgénica al año siguiente, la multa es de unos 3.000 US\$ por acre, dependiendo del área. Esta multa puede costarle al agricultor su finca, su hogar. Controlando el germoplasma desde la producción de semillas hasta su venta y obligando a los agricultores a pagar precios inflados por paquetes de semillas-químicos, las compañías están decididas a extraer el máximo beneficio de su inversión (Krimsky y Wrubel 1996).

¿Qué hay del arroz dorado?

Los científicos que apoyan la biotecnología y están en desacuerdo con la afirmación que la mayor parte de la investigación en biotecnología está basada en el lucro más que en la necesidad, usan como parte de su retórica humanitaria, el recientemente desarrollado, pero todavía no comercializado, arroz dorado. Este arroz experimental es rico en betacaroteno, el precursor de la vitamina A, que es un producto nutritivo importante para millones de niños, especialmente en Asia, quienes sufren de deficiencia de Vitamina A que puede conducir a la ceguera.

Quienes han creado el arroz dorado dicen que este nuevo cultivo fue desarrollado con fondos públicos y que una vez que se demuestre su viabilidad en campos de cultivo, será distribuido gratuitamente entre los pobres. La idea de que un arroz genéticamente alterado es la forma apropiada de tratar la condición de dos millones de niños en riesgo de ceguera—inducida por la deficiencia de vitamina A— revela una tremenda ingenuidad sobre las causas reales de la malnutrición por falta de vitaminas y micronutrientes. Si nos remitimos a los patrones de desarrollo y nutrición humanos, rápidamente nos damos cuenta que la deficiencia de vitamina A no está caracterizada como un problema sino como un síntoma, una señal de alerta. Nos alerta de mayores deficiencias asociadas tanto con la pobreza como con el cambio en la agricultura, desde sistemas de cultivo diversificados hacia monocultivos, promovido por la Revolución Verde.

La gente no presenta deficiencia de vitamina A porque el arroz contiene muy poca vitamina A, o betacaroteno, sino porque su dieta se reduce solamente a arroz y a casi nada más, y sufren de otras enfermedades nutricionales que no se pueden tratar con betacaroteno, pero que podrían ser tratadas, junto con la deficiencia de vitamina A, con una dieta más variada. El arroz dorado debe ser considerado un intento unidimensional de reparar un problema creado por la Revolución Verde: el problema de la disminución de la variedad de cultivos y la diversidad en la dieta.

Una solución de «varita mágica» que coloca betacaroteno en el arroz—con potencial daño ecológico y a la salud—, al tiempo que deja intacta a la pobreza, las dietas pobres y el monocultivo extensivo, no puede efectuar ninguna contribución duradera al bienestar. Usando la frase de Vandana Shiva, «un enfoque de esa naturaleza revela ceguera ante las soluciones sencillas disponibles para combatir la ceguera inducida por la deficiencia de vitamina A, que incluye a muchas plantas, que cuando son introducidas (o reintroducidas) en la dieta proporcionan el betacaroteno y otras vitaminas y micronutrientes.»

Aunque los vegetales silvestres han sido considerados periféricos en los hogares campesinos, su recolección como se practica actualmente en muchas comunidades rurales constituye un aditivo significativo a la nutrición y subsistencia de las familias campesinas. Dentro y fuera de la periferia de las pozas de arroz hay abundantes vegetales de hoja verde, silvestres y cultivados, ricos en vitaminas y nutrientes, muchos de los cuales son eliminados cuando los agricultores adoptan el monocultivo y los herbicidas asociados (Greenland 1997).

Los biotecnólogos en arroz no entienden las profundas tradiciones culturales populares que determinan las preferencias de alimentos entre la población asiática, especialmente el significado social e incluso religioso del arroz blanco. Es altamente improbable que el arroz dorado reemplace al arroz blanco que por milenios ha jugado variados papeles en aspectos nutricionales, culinarios y ceremoniales. No cabe duda que el arroz dorado sacudirá las tradiciones asociadas con el arroz blanco en la misma forma en que lo harían las papas fritas verdes o azules en las preferencias de la gente de los Estados Unidos.

Pero incluso si el arroz dorado ingresa en los platos de los pobres de Asia, no hay una garantía de que ello beneficiará a la





Biotecnología agrícola: mitos, riesgos ambientales y alternativas

gente pobre que no come alimentos ricos en grasas o aceites. El betacaroteno es soluble en grasas y su ingestión por el intestino depende de la grasa o aceite de la dieta. Aún más, las personas que sufren de desnutrición proteica y carecen de dietas ricas en grasas no pueden almacenar bien la vitamina A en el hígado ni pueden transportarla a los diferentes tejidos corporales donde se requiere. Debido a la baja concentración de betacaroteno en el arroz milagroso, las personas tendrían que comer más de un kilogramo de arroz diario para obtener la ración diaria recomendada de vitamina A.

¿Aumenta la biotecnología los rendimientos?

Un importante argumento propuesto por los biotecnólogos es que los cultivos transgénicos aumentarán significativamente el rendimiento de los cultivos. Estas expectativas han sido examinadas por el informe (1999) del Servicio de Investigación Económica (Economic Research Service, ERS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), a partir de datos recolectados en 1997 y 1998 para 112 y 18 combinaciones región/cultivo de Estados Unidos. Los cultivos observados fueron maíz Bt y algodón, y maíz, algodón y soya tolerantes a herbicidas (HT), y su contraparte de cultivos convencionales.

En 1997 los rendimientos no mostraron diferencias significativas entre los cultivos con y sin ingeniería genética en siete de las 12 combinaciones cultivo/región. Cuatro de las 12 regiones mostraron incrementos significativos (13-21 por ciento) en el rendimiento de las plantas con ingeniería (soya tolerante en tres regiones y algodón Bt en una región). El algodón tolerante a herbicidas en una región mostró una reducción significativa en el rendimiento (12 por ciento) comparado con su contraparte convencional.

En 1998 los rendimientos no tuvieron diferencias significativas entre cultivos con y sin ingeniería en 12 de 18 combinaciones cultivo/región. Cinco combinaciones (maíz BT en dos regiones, maíz HT en una región, algodón Bt en dos regiones) mostraron aumentos significativos en el rendimiento (5 a 30 por ciento) de las plantas con ingeniería, pero sólo bajo presión alta del barrenador europeo del maíz, que es esporádico. De hecho muchos entomólogos piensan que la mayoría de los agricultores no se beneficiaran de las tecnologías Bt bajo nive-

les promedios de infestación del gusano barrenador, dado que niveles poblacionales negativos de esta plaga se dan esporádicamente una vez cada 4-8 años. El algodón tolerante a herbicidas (tolerante al glifosato o Roundup) fue el único cultivo con ingeniería que no mostró aumentos significativos en el rendimiento en ninguna de las regiones donde fue probado.

En 1999, investigadores del Instituto de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de Nebraska plantaron cinco diferentes variedades de soya de Monsanto, junto con sus parientes convencionales más cercanos y las variedades tradicionales de más alto rendimiento en cuatro localidades del estado, usando tierras de secano y campos irrigados. En promedio, los investigadores encontraron que las variedades tratadas por ingeniería genética —aunque más costosas— producían seis por ciento menos que sus parientes cercanos sin ingeniería, y 11 por ciento menos que los cultivos convencionales de mayor rendimiento. Informes de Argentina muestran los mismos resultados de ausencia de un mejor rendimiento de la soya HT, la cual universalmente parece mostrar problemas de rendimiento.

Las pérdidas en el rendimiento se amplifican en cultivos como el maíz Bt donde se requiere que los agricultores dejen el 20 por ciento de su tierra como refugios de maíz no transgénico. Se espera que parcelas alternantes de maíz transgénico y no transgénico retarden la evolución de la resistencia a las plagas al





BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

proveer refugios a los insectos susceptibles a fin de que puedan cruzarse con insectos resistentes. Los cultivos en el refugio posiblemente sufran fuerte daño y de este modo los agricultores tendrán pérdidas en el rendimiento. Un refugio totalmente libre de pesticidas debe tener el 20 a 30 por ciento del tamaño de una parcela sometida a ingeniería, pero si se usan insecticidas, entonces el refugio debe tener alrededor del 40 por ciento del tamaño de la parcela biotecnológica porque asperjar con insecticidas incrementa el desarrollo de la resistencia al Bt (Mellon y Rissler 1999).

Si por el contrario se dedicara el 30 por ciento de los terrenos cultivables a plantar soya bajo un diseño de cultivos en franjas con maíz (como muchos agricultores alternativos hacen en el medio oeste), se obtendrían rendimientos de más del 10 por ciento que con los monocultivos comparativos de maíz y soya, al tiempo que se introducirían potenciales para la rotación interna en el campo donde los arreglos contorneados minimizan la erosión en las laderas (Ghaffarzadeh et al. 1999). Más aún, el barrenador europeo del maíz sería minimizado porque las poblaciones de esta plaga tienden a ser menores en los sistemas de cultivos mixtos y rotativos (Andow 1991).

En el caso del algodón no hay una necesidad demostrada de introducir la toxina Bt en el cultivo ya que la mayor parte de Lepidópteros (mariposas y polillas) que atacan este cultivo son plagas secundarias inducidas por los pesticidas. La mejor forma de enfrentarlas no es asperjando insecticidas sino usando el control biológico o técnicas culturales como la rotación o los cultivos alternados con alfalfa. En el sureste, la plaga clave es el gorgojo (*boll weevil*), inmune a la toxina Bt.

¿Cuáles son los costos para los agricultores americanos?

Para evaluar la economía de la finca y el impacto de los cultivos transgénicos en las fincas de los Estados Unidos, es bueno examinar la realidad que enfrentan los agricultores de Iowa, quienes viven en el corazón de las tierras del maíz y la soya transgénicos. Aunque las malezas son una preocupación, el problema real que ellos enfrentan es la caída de los precios de sus productos debido a la superproducción a largo plazo. De 1990 a 1998 el precio promedio de una tonelada métrica de soya

disminuyó en 62 por ciento y los retornos de los costos descendieron de 532 a 182 US\$ por hectárea, una caída del 66 por ciento. Frente a la caída de los retornos por hectárea los agricultores no tienen elección excepto «hacerse más grande o abandonar las tierras». Los agricultores sólo se podrán mantener en el negocio si incrementan el área de cultivo para compensar la caída en las ganancias por unidad de área. Cualquier tecnología que facilite el crecimiento será «adoptada», incluso si las ganancias de corto plazo son consumidas por los precios que continúan cayendo en la medida en que se expande el modelo agrícola industrial.

Para estos agricultores de Iowa la reducción de los retornos por unidad de tierra de cultivo ha reforzado la importancia de los herbicidas dentro del proceso productivo porque reducen el tiempo que dedican al cultivo mecanizado y permiten a un determinado agricultor sembrar más acres. Una encuesta llevada a cabo entre los agricultores de Iowa en 1998 indicó que el uso de glifosato con variedades de soya resistentes al glifosato redujo los costos del control de malezas en cerca del 30 por ciento comparado con el manejo convencional de malezas para las variedades no transgénicas. Sin embargo, los rendimientos de la soya resistente al glifosato fueron menores en cuatro por ciento y los retornos netos por unidad de área de terreno fueron casi idénticos en la soya resistente y en la convencional (Duffy 1999).

Desde el punto de vista de la conveniencia y la reducción de costos, el uso de herbicidas de amplio espectro en combinación con variedades resistentes a los herbicidas atrae a los agricultores. Tales sistemas combinan muy bien con las operaciones en gran escala, la producción sin labranza y los subcontratos para la aplicación de químicos. Sin embargo, desde el punto de vista de precios, cualquier fluctuación en el precio de las variedades transgénicas en el mercado empeorará el impacto de los actuales precios bajos. Tomando en consideración que las exportaciones americanas de soya a la Unión Europea decayeron de 11 millones de toneladas a seis millones en 1999 debido al rechazo de los consumidores europeos a los organismos genéticamente modificados (GMO), es fácil predecir un desastre para los agricultores que dependen de los cultivos transgénicos. Las soluciones duraderas al dilema que enfrentan los agricultores de Iowa no vendrán de los cultivos tolerantes a



Biotecnología agrícola: mitos, riesgos ambientales y alternativas

los herbicidas sino de una reestructuración general de la agricultura del medio oeste (Brummer 1998).

La integración de las industrias de semillas y químicos puede acelerar el incremento de los gastos por hectárea de paquetes «semilla más químicos» trayendo retornos significativamente más bajos a los agricultores. Las compañías que desarrollan cultivos tolerantes a herbicidas están tratando de desviar el mayor costo posible por acre desde los herbicidas hacia la semilla vía mayores costos de semilla. En Illinois, la adopción de cultivos resistentes a herbicidas ha convertido al sistema de semilla-manejo de malezas de la soya en el más caro en la historia moderna —entre 40 US\$ y 69 US\$ por acre, dependiendo de las tasas, la presión de las malezas, etc. Tres años antes, el promedio de costos de la semilla-más-control de malezas era de 26 US\$ por acre y representaba el 23 por ciento de los costos variables. Hoy representa el 35-40 por ciento (Carpenter & Gianessi 1999). Muchos agricultores están deseados de pagar por la simplicidad y efectividad de este nuevo sistema de manejo de malezas, pero tales ventajas pueden tener corta vida tan pronto como se presenten problemas ecológicos.

En el caso de cultivos BT la información demuestra que el uso de insecticidas ha bajado especialmente en algodón. La mayoría de los estudios sugieren que se han bajado el número de aplicaciones por hectárea/año, resultando en una reducción en el suelo nacional en USA de 450.000 kg de ingrediente activo (i.a.), pero esto representa sólo una reducción de 0,18 kg i.a. por hectárea, o 9 por ciento reducción del promedio de 2,01 kg i.a. por hectárea. Para maíz Bt la reducción por hectárea equivale a 0,04-0,08 kg de i.a. por hectárea, un ahorro mínimo comparado con reducciones de 50 por ciento con manejo integrado y de 100 por ciento con agricultura orgánica.

Pero como se enfatizó antes, el costo final que los agricultores pagan es su creciente dependencia de los insumos biotecnológicos protegidos por un sistema severo de derechos de propiedad intelectual que legalmente inhibe el derecho de los agricultores a reproducir, compartir y almacenar semillas (Busch et al. 1990). Los agricultores que ejercen este derecho pero a la vez rompen el contrato firmado con una corporación pueden perder sus fincas ya que el contrato estipula que deben pagar tres mil dólares por acre por infringir el acuerdo. Para un agricultor con mas de 100 acres el costo es desastroso.



¿La biotecnología beneficiará a los agricultores pobres?

Muchas de las innovaciones de la biotecnología disponibles hoy eluden a los agricultores pobres, ya que estos agricultores no pueden pagar por las semillas protegidas por patentes, propiedad de las corporaciones biotecnológicas. La extensión de la tecnología moderna hacia los agricultores de escasos recursos ha estado históricamente limitada por considerables obstáculos ambientales. Se estima que 850 millones de personas viven en tierras amenazadas por la desertización. Otros 500 millones viven en terrenos demasiado abruptos para ser cultivados. Debido a éstas y otras limitaciones, alrededor de dos millones de personas ni siquiera han sido alcanzadas por la ciencia agrícola moderna. La mayor parte de la pobreza rural se desarrolla en la banda latitudinal entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, la región más vulnerable a los efectos del calentamiento global. En tales ambientes, una gran cantidad de tecnologías baratas y accesibles localmente están disponibles para mejorar y no limitar las opciones de los agricultores, una tendencia que es inhibida por la biotecnología controlada por las corporaciones.

Los investigadores en biotecnología piensan solucionar los problemas asociados con la producción de alimentos en esas





BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

áreas marginales desarrollando cultivos GM con características que los pequeños agricultores consideran deseables, tales como mayor competitividad frente a las malezas y tolerancia a la sequía. Sin embargo, estos nuevos atributos no son necesariamente una panacea. Características como la tolerancia a la sequía son poligénicas (determinadas por la interacción de genes múltiples). En consecuencia, el desarrollo de cultivos con tales características es un proceso que tomaría por lo menos diez años. Bajo estas circunstancias, la ingeniería genética no da algo por nada. Cuando se trabaja con genes múltiples para crear un rasgo determinado, es inevitable sacrificar otras características como la productividad. Como resultado, el uso de una planta tolerante a la sequía incrementaría los rendimientos de un cultivo sólo en 30-40 por ciento. Cualquier rendimiento adicional deberá provenir del mejoramiento de las prácticas ambientales (como la cosecha del agua o el mejoramiento de la materia orgánica del suelo para mejorar la retención de la humedad) más que de la manipulación genética de características específicas (Persley y Lantin 2000).

Aun cuando la biotecnología pudiera contribuir a incrementar la cosecha en un cultivo, eso no significa que la pobreza disminuiría. Muchos agricultores pobres en los países en desarrollo no tienen acceso al dinero, al crédito, a la asistencia técnica o al mercado. La llamada Revolución Verde de los cincuenta y sesenta ignoró a esos agricultores porque la siembra de las nuevas medidas de alto rendimiento y su mantenimiento por medio de pesticidas y fertilizantes era demasiado costosa para los campesinos pobres. Los datos, tanto de Asia como de América Latina, demuestran que los agricultores ricos con tierras más extensas y mejor llevadas obtuvieron más de la Revolución Verde, mientras los agricultores con menores recursos en general ganaron muy poco (Lappe et al. 1998). La nueva «Revolución Genética» sólo podría terminar repitiendo los errores de su predecesora.

Las semillas genéticamente modificadas están bajo control corporativo y bajo la protección de patentes y, como consecuencia, son muy caras. Ya que la mayor parte de las naciones en desarrollo todavía carece de infraestructura institucional y crédito con bajos intereses, elementos necesarios para llevar estas semillas a los agricultores pobres, la biotecnología sólo exacerbará la marginalización.

Los agricultores pobres no tienen cabida en el nicho de

mercado de las compañías privadas, cuyo enfoque está dirigido a las innovaciones biotecnológicas para los sectores agrícolas-comerciales de los países industrializados y desarrollados, donde tales corporaciones pueden esperar grandes retornos a su inversión en investigación. El sector privado a menudo ignora cultivos importantes como la yuca, que es un alimento fundamental para 500 millones de personas en el mundo. Los pocos agricultores empobrecidos que tendrán acceso a la biotecnología se volverán peligrosamente dependientes de las compras anuales de semillas genéticamente modificadas. Estos agricultores tendrán que atenerse a los onerosos acuerdos de propiedad intelectual y no sembrar las semillas obtenidas de una cosecha de las plantas producto de la bioingeniería. Tales condiciones constituyen una afrenta para los agricultores tradicionales, quienes por siglos han guardado y compartido semillas como parte de su legado cultural (Kloppenburg 1998). Algunos científicos y formuladores de políticas sugieren que las grandes inversiones a través de asociaciones públicas-privadas pueden ayudar a los países en desarrollo a adquirir la capacidad científica e institucional para delinear la biotecnología de manera que se adapte a las necesidades y circunstancias de los pequeños agricultores. Pero, una vez más, los derechos corporativos de propiedad intelectual sobre los genes y la tecnología de clonación de genes arruinarían tales planes. Por ejemplo, EMBRAPA (el Instituto Nacional de Investigación Agrícola de Brasil) debe negociar licencias con nueve diferentes compañías antes de poder lanzar una papaya resistente a virus, desarrollada con investigadores de la Universidad de Cornell (Persley y Lantin 2000).

LOS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS Y LA SALUD HUMANA

¿Son los cultivos transgénicos similares a los convencionales?

Las agencias gubernamentales que regulan los cultivos obtenidos por la biotecnología consideran a estos «sustancialmente equivalentes» a los cultivos convencionales. Esta conjetura es inexacta y carece de base científica. La evidencia demuestra que la transferencia genética usando técnicas del ADN es sustancialmente diferente de los procesos que gobiernan la trans-

ferencia de genes en el mejoramiento tradicional. En este esfuerzo, los mejoradores de plantas desarrollan nuevas variedades a través del proceso de selección y buscan la expresión de material genético que ya está presente dentro de una especie. El cruzamiento convencional involucra el movimiento de grupos de genes ligados funcionalmente, principalmente entre cromosomas similares, e incluye a los promotores relevantes, secuencias reguladoras y genes asociados involucrados en la expresión coordinada de la característica de interés en la planta.

La ingeniería genética trabaja principalmente por medio de la inserción de material genético, generalmente de fuentes sin precedentes, es decir, material genético que proviene de especies, familias e incluso reinos que anteriormente no podían ser fuentes de material genético para una especie en particular. El proceso involucra el uso de una «pistola inserta genes» (*gene gun*) y un «gen promotor» de un virus y un marcador como parte del paquete o construcción que se inserta en la célula de la planta hospedera. Las actuales tecnologías del ADN consisten en la inserción al azar de genes en ausencia de secuencias normales del promotor y los genes reguladores asociados. Como hay pocos ejemplos de caracteres de plantas en las cuales se han identificado los genes reguladores asociados, actualmente no es posible introducir un gen totalmente «funcional» usando las técnicas de ADN. Estas técnicas también involucran la inserción simultánea de promotores virales y marcadores selectivos que facilitan la introducción de genes de especies no compatibles. Estas transformaciones genéticas no pueden suceder cuando se usan los métodos tradicionales, lo cual explica ampliamente la forma tan abismal en que estos dos procesos difieren (Hansen 1999).

En resumen, el proceso de ingeniería genética difiere claramente del mejoramiento convencional ya que éste se basa sobre todo en la selección a través de procesos naturales de reproducción sexual o asexual entre una especie o dentro de géneros estrechamente relacionados. La ingeniería genética usa un proceso de inserción de material genético, vía un *gene gun* o un transportador bacteriano especial, cosa que no ocurre en la naturaleza. Los biotecnólogos pueden insertar material genético en una especie a partir de cualquier forma viviente, creando así organismos nuevos con los cuales no se tiene experiencia evolutiva.

¿Se pueden ingerir los cultivos transgénicos sin peligro?

El prematuro lanzamiento comercial de los cultivos transgénicos, debido a la presión comercial y a las políticas de la FDA y la EPA que consideran a los cultivos genéticamente modificados «sustancialmente equivalentes» a los cultivos convencionales, ha tenido lugar en el contexto de un marco regulador aparentemente inadecuado, no transparente y, en algunos casos, inexistente. De hecho, la aprobación del lanzamiento comercial de los cultivos transgénicos se basa en la información científica proporcionada voluntariamente por las compañías que los producen.

Se estima que cerca del 50 por ciento de los alimentos preparados a base de maíz y soya en Estados Unidos provienen de maíz y frijol soya genéticamente modificados. La mayor parte de los consumidores desconocen esto y no tienen posibilidad de determinar si un alimento es transgénico, ya que estos no llevan una etiqueta que lo diga. Dado que ningún científico puede aseverar que tales alimentos están completamente libres de riesgos, se puede considerar que la mayoría de la población de los Estados Unidos está siendo sujeta a un experimento de alimentación en gran escala. Los consumidores de la Unión Europea (UE) han rechazado los alimentos genéticamente modificados (Lappe y Bailey 1998).

Debido a los métodos no usuales utilizados para producir cultivos GM, algunos temen que las variantes genéticas producidas puedan introducir sustancias extrañas en la provisión de alimentos con efectos negativos inesperados sobre la salud humana. Una preocupación importante es que alguna proteína codificada por un gen introducido pueda ser un alérgeno y causar reacciones alérgicas en las poblaciones expuestas (Burks y Fuchs 1995).

La biotecnología se emplea para introducir genes en diversas plantas que son fuentes de alimentos o componentes de varios alimentos. Los caracteres que se introducen incluyen resistencia a virus e insectos, tolerancia a los herbicidas y cambios en la composición o el contenido nutricional. Dada la diversidad de caracteres, es fácil predecir el potencial alérgico de las proteínas introducidas en los alimentos que provienen de fuentes sin registros de poseer alérgenos o que tienen secuencias de aminoácidos similares a las de alérgenos conocidos



BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

presentes en proteínas de mani, almendras, leche, huevos, soya, mariscos, pescado y trigo.

Hay una pequeña pero real posibilidad de que la ingeniería genética pueda transferir proteínas nuevas y no identificadas en los alimentos, provocando así reacciones alérgicas en millones de consumidores sensibles a los alérgenos, pero sin que haya posibilidad de identificarlos o de autoprotgerse de tales alimentos dañinos.

Otra preocupación está asociada con el hecho de que casi en todos los cultivos genéticamente modificados se incorporan genes de resistencia a los antibióticos como marcadores, para indicar que una planta ha sido modificada con éxito. Es de esperar que estos genes y sus productos enzimáticos, que causan la inactivación de los antibióticos, estén presentes en los alimentos modificados y sean incorporados por las bacterias presentes en el estómago humano. Esto trae a colación importantes preguntas sobre las consecuencias en la salud humana, particularmente si comprometen la inmunidad (Ticciati y Ticciati 1998).

El tratamiento con ingeniería genética puede eliminar o inactivar sustancias nutritivas valiosas en los alimentos. Investigaciones recientes demuestran que la soya modificada resistente a los herbicidas tiene menores niveles de isoflavonas (12-14 por ciento), fitoestrógenos clave (principalmente genistina) presentes en forma natural en la soya y que constituyen un potencial protector contra algunas formas de cáncer en la mujer (Lappe et al. 1998).

No hay científico que pueda negar la posibilidad de que cambiando la estructura genética fundamental de un alimento se puedan causar nuevas enfermedades o problemas de salud. No hay estudios de largo plazo que prueben la inocuidad de los cultivos genéticamente modificados. Estos productos no han sido experimentados en forma exhaustiva antes de llegar a los estantes de las tiendas. A pesar de esto, los cultivos transgénicos están siendo probados en los consumidores.

BIOTECNOLOGÍA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE

La biotecnología se está usando para reparar los problemas causados por previas tecnologías agroquímicas (resistencia a los

pesticidas, polución, degradación del suelo, etc.) desarrolladas por las mismas compañías que ahora lideran la biorrevolución. Los cultivos transgénicos creados para el control de plagas siguen de cerca los paradigmas de usar un solo mecanismo de control (un pesticida) que ha demostrado repetidas veces su fracaso frente a insectos, patógenos y plagas (Consejo Nacional de Investigación 1996). El promocionado enfoque «una genuina plaga» será fácilmente superado por plagas que continuamente se adaptan a nuevas situaciones y desarrollan mecanismos de detoxificación (Robinson 1996).

La agricultura desarrollada con cultivos transgénicos favorece los monocultivos que se caracterizan por niveles peligrosamente altos de homogeneidad genética, que a su vez conducen a una mayor vulnerabilidad de los sistemas agrícolas ante situaciones de estrés biótico y abiótico (Robinson 1996). Cuando se promueve el monocultivo también se inhiben los métodos agrícolas ecológicos, como las rotaciones y los cultivos múltiples, exacerbando así los problemas de la agricultura convencional (Altieri 2000).

En la medida en que las semillas obtenidas por ingeniería genética reemplacen a las antiguas variedades tradicionales y sus parientes silvestres, la erosión genética se acelerará en el Tercer Mundo (Fowler y Mooney 1990). La búsqueda de uniformidad no sólo destruirá la diversidad de los recursos genéticos sino que alterará la complejidad biológica en la cual se basa la sostenibilidad de los sistemas tradicionales de cultivo (Altieri 1996).

Hay muchas preguntas ecológicas sin respuesta sobre el impacto del lanzamiento de plantas y microorganismos transgénicos en el medio ambiente y la evidencia disponible apoya la posición de que el impacto puede ser sustancial. Entre los principales riesgos ambientales asociados con las plantas producidas por ingeniería genética están la transferencia involuntaria de «transgenes» a las especies silvestres relacionadas, con efectos ecológicos impredecibles.

El impacto de los cultivos resistentes a herbicidas

Resistencia a los herbicidas

Al crear cultivos resistentes a sus herbicidas, las compañías biotecnológicas pueden expandir mercados para sus productos

químicos patentados. (En 1997, 50.000 agricultores plantaron 3,6 millones de hectáreas de soya resistente a los herbicidas, equivalente al 13 por ciento de los 71 millones de acres de soya a nivel nacional en Estados Unidos, Duke 1996). Los observadores dieron un valor de 75 millones de US\$ a los cultivos resistentes a los herbicidas en 1995, el primer año de comercialización, lo que indica que para el año 2000 el mercado sería de unos 805 millones de dólares, que representan un crecimiento del 61 por ciento (Carpenter y Gianessi 1999).

El uso continuo de herbicidas como bromoxynil y glifosato (también conocido como Roundup de Monsanto), tolerados por cultivos resistentes a estos herbicidas, puede acarrear problemas (Goldberg 1992). Se sabe muy bien que cuando un solo herbicida se usa continuamente en un cultivo, se incrementa enormemente el riesgo de desarrollo de resistencia al herbicida en las poblaciones de malezas (Holt et al. 1993). Se conocen unos 216 casos de resistencia a una o más familias de herbicidas (Holt y Le Baron 1990). Los herbicidas del grupo Trizzinas registran la mayor cantidad de especies de malezas resistentes (alrededor de 60).

Dada la presión de la industria para incrementar las ventas de herbicidas, el área tratada con herbicidas de amplio espectro se expandirá, intensificando así el problema de la resistencia. Por ejemplo, se ha proyectado que el área tratada con glifosato se incrementará en unos 150 millones de acres. Aunque el glifosato se considera menos propicio para crear resistencia en malezas, el aumento en el uso del herbicida dará como resultado resistencia de las malezas, aun cuando sea más lenta. Esto ya ha sido registrado en poblaciones australianas de pastos como *ryegrass*, *quackgrass*, *Eleusine indica* y *Cirsium arvense* (Gill 1995).

Los herbicidas destruyen más que las malezas

Las compañías biotecnológicas sostienen que el bromoxynil y el glifosato se degradan rápidamente en el suelo cuando se aplican con propiedad, no se acumulan en el agua subterránea, no tienen efectos sobre otros organismos y no dejan residuos en los alimentos. Sin embargo, hay evidencia de que el bromoxynil causa defectos congénitos en animales, es tóxico para los peces y puede causar cáncer en los seres humanos (Goldberg 1992).

Debido a que el bromoxynil se absorbe a través de la piel, y porque causa defectos congénitos en roedores, es probable que sea peligrosos para los agricultores y trabajadores del campo. Asimismo, se ha informado que el glifosato es tóxico para algunas especies que habitan en el suelo, incluyendo predadores, como arañas, escarabajos carábidos y coccinélidos, y para otros que se alimentan de detritos como los gusanos de tierra, así como para organismos acuáticos, incluyendo peces (Paoletti y Pimentel 1996). Se sabe que este herbicida se acumula en frutas y tubérculos porque sufre relativamente poca degradación metabólica en las plantas, por lo que surgen preguntas sobre su inocuidad, especialmente ahora que se usan anualmente más de 37 millones de libras de este herbicida sólo en Estados Unidos. Más aún, las investigaciones demuestran que el glyphosate tiende a actuar en una forma similar a la de los antibióticos, alterando en una forma todavía desconocida la biología del suelo y causando efectos tales como:

- Reducir la habilidad de la soya y del trébol para fijar nitrógeno
- Hacer más vulnerables a las enfermedades a las plantas de frijol
- Reducir el crecimiento de las micorrizas que moran en el suelo, hongos clave para ayudar a las plantas a extraer el fósforo del suelo.

Creación de «supermalezas»

Aunque hay cierta preocupación porque los cultivos transgénicos por sí mismos puedan convertirse en malezas, el principal riesgo ecológico es que el lanzamiento en gran escala de los cultivos transgénicos promueva la transferencia de transgenes de los cultivos a otras plantas, las cuales podrían transformarse en malezas (Darmency 1994). Los transgenes que confieren ventajas biológicas significativas pueden transformar plantas silvestres en nuevas o peores malezas (Rissler y Mello 1996). El proceso biológico que nos preocupa es la introgresión-hibridación entre especies de plantas diferentes pero emparentadas. La evidencia señala que tales intercambios genéticos ya se realizan entre plantas silvestres, malezas y especies cultivadas. La incidencia de *Sorghum bicolor*, una maleza emparentada con el sorgo

y el flujo genético entre el maíz y el teosinte demuestran el potencial de que los parientes de los cultivos puedan convertirse en malezas peligrosas. Esto es preocupante dada la cantidad de cultivos que crecen en las proximidades de sus parientes silvestres sexualmente compatibles en Estados Unidos (Lutman 1999). Debe tenerse extremo cuidado en los sistemas agrícolas que se caracterizan por polinización cruzada, como avena, cebada, girasoles y sus parientes silvestres, y entre el raps y otras crucíferas relacionadas (Snow y Moran 1997).

En Europa hay una gran preocupación sobre la posible transferencia de polen de genes tolerantes a los herbicidas de las semillas oleosas de Brassica a las especies *Brassica nigra* y *Sinapsis arvensis* (Casper y Landsmann 1992). Algunos cultivos crecen cerca de plantas silvestres que no son sus parientes cercanos pero que pueden tener cierto grado de compatibilidad cruzada como los cruces de *Raphanus raphanistrum* x *R. sativus* (rábanos) y el sorgo alepo x maíz-sorgo (Radosevich et al. 1996). Repercusiones en cascada de estas transferencias pueden en última instancia significar cambios en la estructura de las comunidades vegetales. Los intercambios genéticos constituyen una amenaza grande en los centros de diversidad, porque en los sistemas agrícolas biodiversos la probabilidad que los cultivos transgénicos encuentren parientes silvestres sexualmente compatibles es muy alta.

La transferencia de genes de los cultivos transgénicos a cultivos orgánicos representa un problema específico para los agricultores orgánicos; la certificación orgánica se basa en que los productores puedan garantizar que sus cultivos no tengan transgenes insertados. Algunos cultivos que pueden cruzarse con otras especies, como el maíz o el raps se verán afectados en mayor grado, pero todos los que desarrollan agricultura orgánica corren el riesgo de contaminación genética. No hay reglamentos que obliguen a un mínimo de separación entre los campos transgénicos y orgánicos (Royal Society 1998).

En conclusión, el hecho de que la hibridación y la introgresión interespecíficas sea algo común en especies como girasol, maíz, sorgo, raps, arroz, trigo y papa, provee una base para anticipar flujos genéticos entre los cultivos transgénicos y sus parientes silvestres, que pueden dar lugar a nuevas malezas resistentes a los herbicidas (Lutman 1999). Hay consenso entre los científicos de que los cultivos transgénicos en algún

momento permitirán el escape de los transgenes hacia las poblaciones de sus parientes silvestres. El desacuerdo está en cuán serio será el impacto de tales transferencias (Snow y Moran 1997).

Riesgos ambientales de los cultivos resistentes a insectos (Cultivos Bt)

Resistencia

Según la industria biotecnológica, la promesa de los cultivos transgénicos insertados con genes Bt son el reemplazo de los insecticidas sintéticos que ahora se usan para controlar insectos plaga. Pero esto no es muy claro ya que la mayor parte de los cultivos son atacados por diversas plagas y las plagas que no pertenecen al orden Lepidoptera de todos modos tendrán que ser combatidas con insecticidas porque no son susceptibles a la toxina Bt expresada en el cultivo (Gould 1994). En un reciente informe (USDA 1999) que analiza el uso de pesticidas en la temporada agrícola 1997 en Estados Unidos en 12 combinaciones de regiones y cultivos, se demostró que en siete localidades no hubo diferencia estadística en el uso de pesticidas entre cultivos con Bt y cultivos convencionales sin Bt. En el Delta del Mississippi se usó una cantidad significativamente mayor de pesticidas en algodón Bt versus algodón sin Bt.

Por otro lado, se sabe que varias especies de lepidópteros han desarrollado resistencia a la toxina Bt tanto en pruebas de campo como en laboratorio, lo que sugiere la posibilidad de aparición de importantes problemas de resistencia en los cultivos Bt a través de los cuales la continua expresión de la toxina crea una fuerte presión de selección (Tabashnik 1994). Ningún entomólogo serio puede cuestionar si la resistencia se desarrollará o no. La pregunta es ¿qué tan rápido sucederá? Los científicos ya han detectado el desarrollo de «resistencia de comportamiento» en algunos insectos que aprovechan la expresión irregular de la potencia de la toxina en el follaje del cultivo, atacando sólo las partes con bajas concentraciones de toxina. Es más, ya que las toxinas insertadas por medios genéticos con frecuencia disminuyen en los tejidos hojas y tallo conforme el cultivo madura, la baja dosis sólo puede matar o debilitar completamente las larvas susceptibles (homocigotes); en consecuencia, puede presentarse una adaptación mucho más rápida a la

toxina Bt si la concentración permanece siempre alta. La observación de las plantas de maíz transgénico a finales de octubre indicaron que la mayoría de los barrenadores europeos del maíz que sobrevivieron, habían entrado en dormancia preparándose para emerger como adultos en la siguiente primavera (Onstad y Gould 1998).

Para retrasar el inevitable desarrollo de resistencia de los insectos a los cultivos Bt, los bioingenieros están preparando planes de manejo de resistencia que consisten en mosaicos de parcelas transgénicas y no transgénicas (llamadas refugios) para demorar la evolución de la resistencia proporcionando poblaciones de insectos susceptibles que puedan cruzarse con los insectos resistentes. Aunque estos refugios deben tener un tamaño de por lo menos 30 por ciento del área cultivada, el nuevo plan de Monsanto recomienda refugios de sólo 20 por ciento, incluso cuando se usen insecticidas. Adicionalmente, el plan no ofrece detalles en cuanto a si los refugios se plantarán junto con los cultivos transgénicos, o a cierta distancia, donde según los estudios son menos efectivos (Mallet y Porter 1992). Además, debido a que los refugios requieren el difícil objetivo de la coordinación regional con los agricultores, no es realista esperar que los agricultores medianos y pequeños dediquen 30-40 por ciento de su área de cultivo a refugios, especialmente si los cultivos en estas áreas van a soportar fuertes daños por plagas.

Los agricultores que enfrentan los mayores riesgos del desarrollo de resistencia de los insectos al Bt son los agricultores orgánicos de los alrededores, quienes siembran maíz y soya sin agroquímicos. Una vez que la resistencia aparece en una población de insectos, los agricultores orgánicos no podrán usar *Bacillus thuringiensis* en la forma de insecticida microbiano para el control de plagas de lepidópteros que se trasladen de los campos transgénicos vecinos. Además, la contaminación genética de los cultivos orgánicos, resultado del flujo de genes (polen) de los cultivos transgénicos puede comprometer la certificación de los cultivos orgánicos y los agricultores pueden perder sus mercados. ¿Quién compensará a los agricultores orgánicos por tales pérdidas?

Sabemos por la historia de la agricultura, que las enfermedades de las plantas, las plagas de insectos y las malezas se vuelven más severas con el desarrollo de monocultivos, y que los

cultivos genéticamente manipulados de manejo intensivo pronto pierden diversidad genética (Altieri 1994; Robinson 1996). Basados en estos hechos, no hay razón para creer que la resistencia a los cultivos transgénicos no evolucionará entre los insectos, plagas y patógenos como ha sucedido con los pesticidas. No importa qué estrategia de manejo de la resistencia se use, las plagas se adaptarán y superarán las limitaciones agronómicas (Green 1990). Los estudios de resistencia a los pesticidas demuestran que puede aparecer una selección no intencional y resultar en problemas de plagas mayores que los que existían antes del desarrollo de nuevos insecticidas. Las enfermedades y plagas siempre han sido amplificadas por los cambios hacia una agricultura genéticamente homogénea, precisamente el tipo de sistema que la biotecnología promueve (Robinson 1996).

Efectos sobre especies benéficas

Manteniendo las poblaciones de plagas a niveles muy bajos, los cultivos Bt podrían potencialmente dejar morir de hambre a los enemigos naturales, porque los predadores y avispas parásitas que se alimentan de las plagas necesitan una pequeña cantidad de presas para sobrevivir en el agroecosistema. Entre los enemigos naturales que viven exclusivamente de los insectos a los cuales los cultivos transgénicos están diseñados para destruir (lepidoptera), parasitoides de huevos y de larvas serían los más afectados porque son totalmente dependientes de hospederos vivos para su desarrollo y supervivencia. Algunos predadores podrían teóricamente prosperar en organismos muertos (Schuler et al. 1999).

Los enemigos naturales podrían verse afectados directamente por efecto de los niveles intertróficos de la toxina. La posibilidad de que las toxinas Bt se muevan a través de la cadena alimentaria de los insectos presenta serias implicaciones para el biocontrol natural en campos de agricultores. Evidencias recientes muestran que la toxina Bt puede afectar a insectos benéficos predadores que se alimentan de las plagas de insectos presentes en los cultivos Bt (Hilbeck 1998). Estudios en Suiza muestran que la media de la mortalidad total de las larvas del *Crisopas* predadoras (*Chrysopidae*) criado en presas alimentadas con Bt fue de 62 por ciento, comparada con 37 por ciento

cuando se alimentaron con presas libres de Bt. Estas especies de Chrysopidae alimentadas con Bt también mostraron un tiempo más prolongado de desarrollo a lo largo de su estado de vida inmadura (Hilbeck 1998).

Estos hallazgos son preocupantes, especialmente para los pequeños agricultores que confían en el rico complejo de predadores y parásitos, asociados con sus sistemas de cultivo mixto, para el control de las plagas de insectos (Altieri 1994). Los efectos a nivel intertrófico de la toxina Bt traen a colación serias posibilidades de causar rupturas del control natural de plagas. Los predadores polífagos que se mueven dentro y entre cultivos mixtos encontrarán presas que contienen Bt, durante toda la temporada (Hilbeck 1999). La ruptura de los mecanismos de biocontrol puede dar como resultado un incremento de las pérdidas del cultivo debido a plagas o conllevar a un uso más intensivo de pesticidas, con consecuencias para la salud y riesgos para el medio ambiente.

También se sabe que el polen transportado por el viento desde los cultivos Bt que se deposita en la vegetación natural que rodea los campos transgénicos puede matar otras especies de insectos. Un estudio de la Universidad de Cornell (Losey et al. 1999) demostró que el polen de maíz que contiene toxina Bt puede ser transportado varios metros por el viento y depositarse en el follaje de la planta *Asclepias* con efectos potencialmente dañinos sobre las poblaciones de la mariposa monarca. Estos hallazgos abren toda una nueva dimensión de los impactos inesperados de los cultivos transgénicos sobre otros organismos que juegan papeles clave pero muchas veces desconocidos en el ecosistema.

Pero los efectos ambientales no se limitan a cultivos e insectos. Las toxinas Bt pueden ser incorporadas en el suelo junto con los residuos de hojas cuando los agricultores aran la tierra con los restos de los cultivos transgénicos luego de la cosecha. Las toxinas pueden persistir por dos o tres meses, porque resisten la degradación cuando se unen a la arcilla y a los ácidos húmicos en el suelo en tanto que mantienen su actividad tóxica (Palm et al. 1996). Tales toxinas Bt activas que se acumulan en el suelo y el agua, junto con los residuos de hojas transgénicas, pueden tener impactos negativos sobre el suelo y los invertebrados acuáticos, así como sobre el reciclaje de nutrientes (Donnegan y Seidler 1999).

El hecho que el Bt retenga sus propiedades insecticidas y que se vea protegido de la degradación microbiana al unirse a las partículas del suelo, persistiendo en varios suelos por lo menos 234 días, es una seria preocupación para los agricultores pobres quienes no pueden comprar los costosos fertilizantes químicos. Por el contrario, estos agricultores usan los residuos locales, materia orgánica y microorganismos del suelo para mejorar la fertilidad (especies clave, invertebrados, hongos o bacterias) que pueden verse afectados negativamente por la toxina ligada al suelo (Saxena et al. 1999).

Hacia la adopción del principio de la precaución

Los efectos ecológicos de los cultivos obtenidos vía ingeniería genética no se limitan a la resistencia de plagas o a la creación de nuevas malezas o razas de virus. Como discutimos aquí, los cultivos transgénicos pueden producir toxinas ambientales que se movilizan a través de la cadena alimentaria y que pueden llegar hasta el suelo y el agua afectando así a los invertebrados y probablemente alteren los procesos ecológicos como el ciclo de los nutrientes. Aún más, la homogeneización en gran escala de los terrenos con cultivos transgénicos exacerbará la vulnerabilidad ecológica asociada con la agricultura en base a monocultivos (Altieri 2000). No es aconsejable la expansión de esta tecnología a los países en desarrollo. Hay fortaleza en la diversidad agrícola de muchos de estos países que no debiera ser inhibida o reducida por el monocultivo extensivo, especialmente si el hacerlo ocasiona serios problemas sociales y ambientales (Thrupp 1998).

A pesar de estas consideraciones, los cultivos transgénicos han ingresado rápidamente en los mercados internacionales y se han ubicado en forma masiva en los terrenos agrícolas de Estados Unidos, Canadá, Argentina, China y otros países alcanzando más de 40 millones de hectáreas. Es una pena que recién hoy, después de cuatro años de comercialización masiva de los cultivos transgénicos, el ex Secretario de Agricultura de Estados Unidos, Dan Glickman, haya solicitado estudios para evaluar los efectos de largo plazo de estos cultivos, tanto ecológicos como sobre la salud. Esta iniciativa es tardía, ya que la liberación ecológica de genes no es recuperable y sus efectos son irreversibles.

El rápido lanzamiento de los cultivos transgénicos y el consecuente desarreglo financiero (los precios de las acciones de las compañías de biotecnología están declinando) es una reminiscencia perturbadora de los previos incidentes con la energía nuclear y los pesticidas clorados como el DDT. Una combinación de oposición pública y obligaciones financieras forzó la paralización de estas tecnologías luego que sus efectos sobre el medio ambiente y la salud humana demostraron que eran mucho más complejos, difusos y persistentes que las promesas que acompañaron su rápida comercialización.

En el contexto de las negociaciones al interior de la Convención de Diversidad Biológica (CBD, en inglés) el año pasado, 130 países han demostrado sabiduría al adoptar el «principio de precaución» firmando un acuerdo global que controla el comercio de los organismos genéticamente modificados (OGM). Este principio que es la base para un acuerdo internacional sobre bioseguridad (International Biosafety Protocol) sostiene que cuando se sospecha que una tecnología nueva puede causar daño, la incertidumbre científica sobre el alcance y la severidad de la tecnología no debe obstaculizar la toma de precauciones. Esto da el derecho a países a oponerse a la importación de productos transgénicos sobre los cuales hay sospechas mínimas de que representan un peligro para la salud o el medio ambiente. Desgraciadamente un bloque de países exportadores de granos encabezado por EUA se opone a este acuerdo internacional argumentando que los productos agrícolas deben eximirse de tales regulaciones por atentar contra el mercado libre. El principio de la precaución establece que en lugar de que los críticos sean los que prueben los daños potenciales de la tecnología, los productores de dicha tecnología deberán presentar evidencia de que ésta es inocua. Hay una clara necesidad de pruebas independientes y monitoreo para asegurar que los datos autogenerados presentados a las agencias reguladoras gubernamentales no están parcializados o inclinados hacia los intereses de la industria. Además, se debiera propiciar una moratoria mundial en contra de los OGM hasta que los interrogantes lanzados tanto por científicos de renombre —quienes están haciendo investigaciones serias sobre el impacto ecológico y en la salud de los cultivos transgénicos— como por el público en general sean aclaradas por grupos de científicos independientes.

Muchos grupos ambientalistas y de consumidores que abogan por una agricultura más sostenible demandan el apoyo continuo a la investigación agrícola con base ecológica ya que existen soluciones agroecológicas a todos los problemas biológicos que la biotecnología quiere resolver. El problema es que la investigación en las instituciones públicas refleja cada vez más los intereses de grupos privados, dejando de lado los bienes de investigación pública como el control biológico, los sistemas orgánicos y las técnicas agroecológicas en general (Busch 1990). La sociedad civil debe exigir más investigación sobre alternativas a la biotecnología, desarrollada por universidades y otras organizaciones públicas. Hay también una urgente necesidad de rechazar el sistema de patentes y los derechos de propiedad intelectual intrínsecos de la Organización Mundial de Comercio (OMC) que no sólo provee a las corporaciones multinacionales el derecho de apropiarse y patentar recursos genéticos, sino que también acentúa la velocidad a la cual las fuerzas del mercado estimulan el monocultivo con variedades transgénicas genéticamente uniformes.

ALTERNATIVAS MÁS SOSTENIBLES QUE LA BIOTECNOLOGÍA

¿Qué es agroecología?

Los defensores de la Revolución Verde sostienen que los países en desarrollo deberían optar por un modelo industrial basado en variedades mejoradas y en el creciente uso de fertilizantes y pesticidas a fin de proporcionar una provisión adicional de alimentos a sus crecientes poblaciones y economías. Pero como hemos analizado anteriormente la información disponible demuestra que la biotecnología no reduce el uso de agroquímicos ni aumenta los rendimientos. Tampoco beneficia a los consumidores ni a los agricultores pobres. Dado este escenario, un creciente número de agricultores, ONG y defensores de la agricultura sostenible propone que en lugar de este enfoque intensivo en capital e insumos, los países en desarrollo deberían propiciar un modelo agroecológico que da énfasis a la biodiversidad, el reciclaje de los nutrientes, la sinergia entre cultivos, animales, suelos y otros componentes biológicos, así como a la regeneración y conservación de los recursos (Altieri 1996).



BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

Una estrategia de desarrollo agrícola sostenible que mejora el medio ambiente debe estar basada en principios agroecológicos y en un método de mayor participación para el desarrollo y difusión de tecnología. La agroecología es la ciencia que se basa en los principios ecológicos para el diseño y manejo de sistemas agrícolas sostenibles y de conservación de recursos, y que ofrece muchas ventajas para el desarrollo de tecnologías más favorables para el agricultor. La agroecología se erige sobre el conocimiento indígena y tecnologías modernas selectas de bajos insumos para diversificar la producción. El sistema incorpora principios biológicos y los recursos locales para el manejo de los sistemas agrícolas, proporcionando a los pequeños agricultores una forma ambientalmente sólida y rentable de intensificar la producción en áreas marginales (Altieri et al. 1998).

Se estima que aproximadamente 1,9 a 2,2 mil millones de personas aún no han sido tocadas directa o indirectamente por la tecnología agrícola moderna. En América Latina la proyección es que la población rural permanecería estable en 125 millones hasta el año 2000, pero el 61 por ciento de esta población es pobre y la expectativa es que aumente. Las proyecciones para África son aún más dramáticas. La mayor parte de la pobreza rural (cerca de 370 millones) se centra en áreas de escasos recursos, muy heterogéneas y predispuestas a riesgos. Sus sistemas agrícolas son de pequeña escala, complejos y diversos. La mayor pobreza se encuentra con más frecuencia en las zonas áridas o semiáridas, y en las montañas y laderas que son vulnerables desde el punto de vista ecológico. Tales fincas y sus complejos sistemas agrícolas constituyen grandes retos para los investigadores.

Para que beneficie a los campesinos pobres, la investigación y el desarrollo agrícolas deberían operar sobre la base de un enfoque «de abajo hacia arriba», usando y construyendo sobre los recursos disponibles —la población local, sus conocimientos y sus recursos naturales nativos—. Debe tomarse muy en serio las necesidades, aspiraciones y circunstancias particulares de los pequeños agricultores, por medio de métodos participativos. Esto significa que desde la perspectiva de los agricultores pobres, las innovaciones tecnológicas deben:

- Ahorrar insumos y reducir costos.
- Reducir riesgos.

- Expandirse hacia las tierras marginales frágiles.
- Ser congruentes con los sistemas agrícolas campesinos.
- Mejorar la nutrición, la salud y el medio ambiente.

Precisamente es debido a estos requerimientos que la agroecología ofrece más ventajas que la Revolución Verde y los métodos biotecnológicos. Las características de las técnicas agroecológicas:

- Se basan en el conocimiento indígena y la racionalidad campesina.
- Son económicamente viables, accesibles y basadas en los recursos locales.
- Son sanas para el medio ambiente, sensibles desde el punto de vista social y cultural.
- Evitan el riesgo y se adaptan a las condiciones del agricultor.
- Mejoran la estabilidad y la productividad total de la finca y no sólo de cultivos particulares.

Hay miles de casos de productores rurales que, en asociación con ONG y otras organizaciones, promueven sistemas agrícolas y conservan los recursos, manteniendo altos rendimientos, y que cumplen con los criterios antes mencionados. Aumentos de 50 a 100 por ciento en la producción son bastante comunes con la mayoría de métodos de producción. En ocasiones, los rendimientos de los cultivos que constituyen el sustento de los pobres— arroz, frijoles, maíz, yuca, papa, cebada— se han multiplicado gracias al trabajo y al conocimiento local más que a la compra de insumos costosos, y capitalizando sobre los procesos de intensificación y sinergia. Más importante tal vez que los mismos rendimientos, es que es posible aumentar la producción total, en forma significativa, diversificando los sistemas agrícolas y usando al máximo los recursos disponibles (Uphoff y Altieri 1999).

Muchos ejemplos sustentan la efectividad de la aplicación de la agroecología en el mundo en desarrollo. Se estima que alrededor de 1,45 millones de familias rurales pobres que viven en 3,25 millones de hectáreas han adoptado tecnologías regeneradoras de los recursos. Citamos algunos ejemplos (Pretty 1995):

- Brasil: 200.000 agricultores que usan abonos verdes y cultivos de cobertura duplicaron el rendimiento del maíz y el trigo.
- Guatemala-Honduras: 45.000 agricultores usaron la leguminosa *Mucuna* como cobertura para conservación del suelo triplicando los rendimientos del maíz en las laderas.
- México: 100.000 pequeños productores de café orgánico aumentaron su producción en 50 por ciento.
- Sureste de Asia: 100.000 pequeños productores de arroz que participaron en las escuelas para agricultores de MIP aumentaron sustancialmente sus rendimientos sin usar pesticidas.
- Kenia: 200.000 agricultores duplicaron sus rendimientos de maíz usando agroforestería basada en leguminosas e insumos orgánicos.



Estos agricultores han disminuido el uso de fertilizantes químicos de 1900 a 400 kg por hectárea, y han incrementado los rendimientos de 700 a 2.000 kg por hectárea. Sus costos de producción son 22 por ciento menores que los de agricultores que usan fertilizantes químicos y monocultivo.

Recreando la Agricultura Inca: En 1984 varias ONG y agencias estatales ayudaron a los agricultores locales en Puno-Perú, a reconstruir sus antiguos sistemas (waru-warus) que consisten en campos elevados rodeados de canales llenos de agua. Estos campos producen abundantes cultivos a pesar de las heladas destructoras comunes a altitudes de 4.000 metros. La combinación de camas elevadas y canales modera la temperatura del suelo, alarga la temporada de cultivo y conduce a una mayor productividad en los waru-warus que en los suelos normales de las pampas con fertilización química. En el distrito de Huatta, los waru-warus produjeron rendimientos anuales de papa de 14 toneladas por hectárea, un contraste favorable con el promedio regional de rendimiento de papa que es de 1-4 toneladas por hectárea.

Varias ONG y agencias gubernamentales en el Valle del Colca al sur del Perú han apoyado la reconstrucción de los andenes, ofreciendo a los campesinos préstamos con bajos intereses o semillas y otros insumos para restaurar los andenes abandonados. El primer año, los rendimientos de papa, maíz y cebada mostraron 43-65 por ciento de incremento comparado con los rendimientos de los campos en declive. Una leguminosa nativa (tarwi) se usó en rotación o como cultivo asociado en los andenes, para fijar el nitrógeno, minimizar la necesidad de

Historias exitosas en América Latina

Estabilización de las laderas en América Central: Quizás el principal reto de la agricultura en América Latina ha sido diseñar sistemas de cultivo para las áreas de laderas, que sean productivos y reduzcan la erosión. Vecinos Mundiales asumió este reto en Honduras a mediados de la década de los ochenta. El programa introdujo prácticas de conservación del suelo como el drenaje y el diseño de canales, barreras vegetales y paredes de roca, así como métodos de fertilización, como el uso de abono de excremento de pollos y cultivos intercalados con leguminosas. Los rendimientos de granos se triplicaron y en algunos casos se cuadruplicaron, de 400 kg por hectárea a 1200-1600 kg. El aumento del rendimiento aseguró una amplia provisión de granos a las 1.200 familias participantes en el programa.

Varias ONG de América Central han promovido el uso de leguminosas como abono verde, una fuente gratuita de fertilizante orgánico. Los agricultores del norte de Honduras están usando el frijol veloso con excelentes resultados. Los rendimientos de maíz son ahora más del doble del promedio nacional, la erosión y las malezas están controladas y los costos de preparación del terreno son menores. Aprovechando la bien establecida red agricultor-a agricultor en Nicaragua, más de mil campesinos recuperaron tierras degradadas en la cuenca de San Juan en sólo un año de aplicación de esta sencilla tecnología.



BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

fertilizantes e incrementar la producción. Estudios en Bolivia, donde las leguminosas nativas se han usado en rotación de cultivos, muestran que aunque los rendimientos son mayores en campos de papas fertilizados químicamente y operados con maquinarias, los costos de energía son mayores y los beneficios económicos netos son menores que con el sistema agroecológico que enfatiza el tarwi (*Lupinus mutabilis*).

Fincas integradas: Numerosas ONG han promovido fincas diversificadas en las cuales cada componente del sistema refuerza biológicamente a los otros componentes —por ejemplo, los residuos de un componente se convierten en insumos de otro—. Desde 1989 la ONG CET ha ayudado a los campesinos del sur-centro de Chile a producir alimento autosuficiente para todo el año reconstruyendo la capacidad productiva de la tierra. Se establecieron sistemas de finca modelo pequeñas, que consisten en policultivos y secuencias de rotación de forraje y cultivos alimenticios, bosques y árboles frutales, y animales. Los componentes se escogen de acuerdo a su contribución nutricional en subsiguientes rotaciones, a su adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas locales, a los patrones de consumo de los campesinos locales y a las oportunidades de mercado.

La fertilidad del suelo de estas fincas ha mejorado y no han aparecido problemas serios de plagas o enfermedades. Los árboles frutales y los forrajes obtienen rendimientos mayores que el promedio, y la producción de leche y huevos supera con creces a la de las fincas convencionales de altos insumos. Un análisis nutricional del sistema demuestra que una familia típica produce 250 por ciento de proteína adicional, 80 y 550 por ciento de exceso de vitamina A y C, respectivamente, y 330 por ciento de calcio adicional. Si todos los productos de la finca se vendieran a precio de mayorista, la familia podría generar un ingreso neto mensual 1,5 veces mayor que el salario mínimo legal mensual en Chile, dedicando sólo unas pocas horas por semana a la finca. El tiempo libre lo usan los agricultores para otras actividades, dentro y fuera de la finca, que les generan ingresos.

Hace poco una ONG cubana ayudó a establecer numerosos sistemas agrícolas integrados en cooperativas de la provincia de La Habana. Se probaron diferentes policultivos en las cooperativas, como yuca-frijol-maíz, tomate-yuca-maíz y camote-maíz. La productividad de estos policultivos fue 1,45 a

2,82 veces más elevada que la productividad de los monocultivos. El uso de abonos verdes aseguró una producción de zapallo equivalente a la que se obtiene aplicando 175 kg de úrea por hectárea. Además, las leguminosas mejoraron las características físicas y químicas del suelo y rompieron eficazmente el ciclo de infestación de insectos plaga claves.

Los casos resumidos (ver Altieri 2000) son sólo un pequeño ejemplo de las miles de experiencias exitosas de agricultura sostenible implementada a nivel local. Los datos muestran que los sistemas agroecológicos, a través del tiempo, exhiben niveles más estables de producción total por unidad de área que los sistemas de altos insumos; producen tasas de retorno económicamente favorables; proveen retornos a la mano de obra y otros insumos suficientes para una vida aceptable para los pequeños agricultores y sus familias; y aseguran la protección y conservación del suelo, al tiempo que mejoran la biodiversidad. Lo que es más importante, estas experiencias que ponen énfasis en la investigación agricultor-a agricultor y adoptan métodos de extensión popular, representan incontables demostraciones de talento, creatividad y capacidad científica en las comunidades rurales. Ello demuestra el hecho de que el recurso humano es la piedra angular de cualquier estrategia dirigida a incrementar las opciones para la población rural y especialmente para los agricultores de escasos recursos.

Sistemas orgánicos

Los enfoques agroecológicos también pueden beneficiar a los agricultores medianos y grandes involucrados en la agricultura comercial, tanto en el mundo en desarrollo como en Estados Unidos y Europa (Lampkin 1990). Gran parte del área manejada con agricultura orgánica se basa en la agroecología y se ha extendido en el mundo hasta alcanzar unos siete millones de hectáreas, de las cuales la mitad está en Europa y cerca de 1,1 millones en Estados Unidos. Sólo en Alemania hay alrededor de ocho mil fincas orgánicas que ocupan el 2 por ciento del total del área cultivada. En Italia las fincas orgánicas llegan a 18.000 y en Austria unas 20.000 fincas orgánicas constituyen el 10 por ciento del total de la producción agrícola.

En 1980 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos estimó que había por lo menos 11.000 fincas orgánicas en

Estados Unidos y por lo menos 24.000 que usaban alguna técnica orgánica. En California, los alimentos orgánicos constituyen uno de los segmentos de mayor crecimiento en la economía agrícola, con ventas al por menor creciendo de 20 a 25 por ciento al año. Cuba es el único país que está llevando a cabo una conversión masiva hacia los sistemas orgánicos, promovida por la caída de las importaciones de fertilizantes, pesticidas y petróleo luego del colapso de las relaciones con el bloque soviético en 1990. Los niveles de productividad de la isla se han recuperado gracias a la promoción masiva de las técnicas agroecológicas tanto en áreas urbanas como rurales.

Las investigaciones han demostrado que las fincas orgánicas pueden ser tan productivas como las convencionales, pero sin usar agroquímicos, consumiendo menos energía y conservando el suelo y el agua. En resumen, hay fuerte evidencia de que los métodos orgánicos pueden producir suficiente alimento para todos, y hacerlo de una generación a la siguiente sin disminuir los recursos naturales ni dañar el medio ambiente. En 1989 el Consejo Nacional de Investigación describió estudios de caso de ocho fincas orgánicas abarcando un rango de fincas mixtas de granos/ganado de 400 acres en Ohio; hasta una de 1.400 acres de uvas en California y Arizona. Los rendimientos en las fincas orgánicas fueron iguales o mejores que los promedios de rendimiento de las fincas convencionales intensivas de los alrededores. Una vez más estas fincas pudieron sostener su producción año tras año sin usar insumos sintéticos costosos (NRC 1984).

Estudios de largo plazo han sido realizados por el Farming Systems Trial (Experimentos de Sistemas Agrícolas) del Instituto Rodale, un centro de investigación sin fines de lucro cerca de Kutztown, Pennsylvania. Se probaron tres tipos de parcelas experimentales por casi dos décadas. Una sometida a una alta intensidad de rotación estándar de maíz y frijol soya, usando fertilizantes y pesticidas comerciales. Otra es un sistema orgánico al cual se ha añadido una rotación de pasto/leguminosas de forraje para alimentar al ganado vacuno, y cuyo estiércol se ha devuelto al terreno. La tercera es una rotación orgánica donde se ha mantenido la fertilidad del suelo únicamente con leguminosas como cultivos de cobertura que se incorporan al suelo durante la labranza. Los tres tipos de parcelas han dado ganancias iguales en términos de mercado. El rendimiento del maíz

mostró una diferencia de menos del 1 por ciento. La rotación con estiércol ha sobrepasado a las otras dos en la acumulación de materia orgánica del suelo y nitrógeno y ha perdido pocos nutrientes que contaminan el agua del subsuelo. Durante la sequía récord de 1999, las parcelas dependientes de químicos rindieron sólo 16 bushels de frijol soya por acre; los campos orgánicos con leguminosas produjeron 30 bushels por acre y los que aplicaron estiércol obtuvieron 24.

En lo que debe ser el experimento orgánico más extenso en el mundo —150 años— en la Estación Experimental de Rothamsted, Inglaterra, se reporta que sus parcelas orgánicas con estiércol han logrado rendimientos de trigo de 1,58 toneladas por acre, comparados con 1,55 toneladas por acre en las parcelas con fertilización sintética. No parece haber mucha diferencia, pero las parcelas con estiércol contienen seis veces más materia orgánica que las parcelas tratadas con químicos.

La evidencia demuestra en muchas formas que la agricultura orgánica conserva los recursos naturales y protege el medio ambiente más que los sistemas convencionales. La investigación también muestra que las tasas de erosión del suelo son menores en las fincas orgánicas y que los niveles de biodiversidad son mayores. El razonamiento de ambos sistemas es totalmente diferente: los sistemas orgánicos se basan en la suposición que en cualquier momento el área se siembra con abono verde de leguminosas o cultivos de forraje que servirá para alimentar a las vacas, cuyo estiércol a la vez se incorporará al suelo. Las fincas químicas se basan en una suposición totalmente diferente: que su supervivencia depende de una fábrica de fertilizantes remota que a la vez está consumiendo vastas cantidades de combustibles fósiles y emitiendo gases.

¿Qué se necesita?

No hay duda que los pequeños agricultores que viven en los ambientes marginales en el mundo en desarrollo pueden producir mucho del alimento que requieren. La evidencia es concluyente: nuevos enfoques y tecnologías lideradas por agricultores, gobiernos locales y ONG en todo el mundo ya están haciendo suficientes contribuciones a la seguridad alimentaria a nivel familiar, nacional y regional. Una gran variedad de métodos agroecológicos y participativos en muchos países muestran resul-

tados incluso ante condiciones adversas. El potencial incluye: aumento de los rendimientos de los cereales de 50 a 200 por ciento, aumento de la estabilidad de la producción por medio de la diversificación y la conservación del agua y del suelo, mejora de las dietas y de los ingresos con apoyo apropiado y difusión de estos métodos, y contribución a la seguridad alimentaria nacional y a las exportaciones (Uphoff y Altieri 1999).

La difusión de estas miles de innovaciones ecológicas dependerá de las inversiones, políticas y cambios de actitud de parte de investigadores y quienes toman decisiones. Los mayores cambios deben darse en políticas e instituciones de investigación y desarrollo para asegurar la difusión y adopción de las alternativas agroecológicas de manera equitativa, cosa que éstas sean multiplicadas y escalonadas a fin de que su beneficio total para la seguridad alimentaria sostenible pueda hacerse realidad. Deben desaparecer los subsidios y las políticas de incentivos que promueven los métodos químicos convencionales. Debe objetarse el control corporativo sobre el sistema alimentario. Los gobiernos y las organizaciones públicas internacionales deben alentar y apoyar las asociaciones positivas entre las ONG, universidades locales y organizaciones campesinas para ayudar a los agricultores lograr la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y la conservación de los recursos naturales.

Se deben desarrollar oportunidades de mercado equitativas con énfasis en el comercio justo y otros mecanismos que enlacen más directamente a agricultores y consumidores. El reto final es incrementar la inversión y la investigación en agroecología y poner en práctica proyectos que hayan probado tener éxito para miles de agricultores. Esto generará un impacto significativo en el ingreso, la seguridad alimentaria y el bienestar medioambiental de la población mundial, especialmente de los millones de agricultores pobres a quienes todavía no ha llegado la tecnología agrícola moderna, y a los cuales la biotecnología no tiene nada que ofrecerles.

GLOSARIO

A

Acido desoxirribonucleico (ver ADN): la base molecular de la herencia.

Adaptación: proceso por el cual un organismo sufre modificaciones de modo que sus funciones se tornan más apropiadas a los cambios del medio ambiente.

ADN: material genético celular compuesto por bases púricas y pirimídicas en arreglos ascendentes y descendentes de doble hélice.

Agrobacterium tumefaciens: bacteria que causa tumores en una serie de plantas dicotiledóneas, especialmente en miembros costeros del género *Pinus*. La bacteria penetra en células vegetales muertas o dañadas de un organismo y les transfiere una porción de ADN, en forma de plásmido, que induce la formación de tumores. El plásmido se integra luego en el material genético de la planta, lo que constituye una forma natural de ingeniería genética. Las cepas de *A. tumefaciens* pueden ser sometidas a ingeniería genética artificial para introducir genes seleccionados en células vegetales. Se pueden regenerar plantas completas a partir de células infectadas desarrolladas en cultivo de tejidos, cada una de las cuales porta el gen foráneo.

Alelo dominante: un alelo que sólo se expresa en condición heterocigota.

Alelo: de alelomorfo, uno de una posible serie de formas alternativas de un gen determinado que difiere en la secuencia de ADN, pero que da origen a un producto similar; por ejemplo un grupo sanguíneo o una proteína vegetal.

Alergeno: sustancia que causa una reacción de hipersensibilidad en el cuerpo humano.

Aminoácido: ácido orgánico que posee un grupo amino (-NH₂). Existen 20 aminoácidos diferentes que se acomodan en un orden definido para construir moléculas lineales de proteínas, cada una de las cuales contiene cientos de aminoácidos.

Aminoácidos esenciales: uno de los ocho aminoácidos que no son sintetizados en el cuerpo humano; fenilalanina, metionina, lisina, triptofano, colina, leucina, isoleucina y treonina.

Amplificación genética: proceso por el cual los genes o secuencias de ADN del genoma aumentan el número de copias.

Antibiótico: sustancia que destruye o inhibe el crecimiento de un microorganismo (bacteria u hongo).

Anticuerpo: nombre común de una molécula de proteína o inmunoglobulina que reacciona con un antígeno específico.

Antígeno: sustancia foránea capaz de inducir una respuesta

inmunológica, generalmente de tipo humoral, en un vertebrado y que involucra la producción de un anticuerpo específico para las propiedades estructurales del antígeno.

ARN (ácido ribonucleico): semejante al ADN excepto por el azúcar del nucleótido que es ribosa en vez de desoxirribosa, y la base que es uracilo en vez de timina. El ARN es el material genético de los virus ARN.

ARN de transferencia: moléculas de ARN que transfieren aminoácidos específicos al ARN mensajero para sintetizar los polipéptidos que codifica.

ARN mensajero: el ARN intermediario en la síntesis proteica que contiene una transcripción de la secuencia genética que especifica la secuencia de aminoácidos del polipéptido que codifica.

ARN ribosómico: moléculas de ARN que conforman el ribosoma.

B

Bacilo: un género de bacteria de forma alargada. *Bacillus thuringiensis* es un bacilo originario del suelo que forma esporas, crece en los suelos de muchas regiones y es la fuente del toxoide usado en ingeniería genética (ver toxoide Bt).

Bacteria: un microorganismo unicelular perteneciente al reino Procariota.

Baculovirus: virus que afecta insectos.

Banco de genes: en plantas, normalmente una construcción a temperatura y humedad controladas que se usa para almacenar semillas (u otro material de reproducción) para su futuro uso en programas de investigación y mejoramiento. También son llamados bancos de semillas.

Banco de semillas: una colección de semillas y germoplasma de una gran sección de vegetales o cultivos alimenticios que se guardan en nitrógeno líquido por períodos prolongados.

Bioingeniería: construcción genéticamente controlada de plantas o animales que consiste en la transferencia de genes para crear una nueva función o producto, a partir de un organismo que de otra manera sería genéticamente incompatible.

Biotecnología: combinación de bioquímica, genética, microbiología e ingeniería para desarrollar productos y organismos con valor comercial.

Brassica: género de plantas entre las que se encuentra el brócoli y la col.

Bromocynil: herbicida que contiene bromina, producto de la compañía Rhone Poulenc bajo el nombre de Buctril.

C

Carcinógeno: agente generalmente químico que causa cáncer.

Célula: la unidad más pequeña de todos los seres vivos capaz de autorreplicarse.

Clon: copia idéntica de un gen o un individuo, o el total de copias idénticas de un gen o individuo. En genética, el clon es idéntico al original en estructura genética.

Clonación de genes: técnica para hacer muchas copias de un gen, aislarlo e identificarlo.

Código genético: código que establece la correspondencia entre la secuencia de bases de los ácidos nucleicos (ADN y ARN complementario) y la secuencia de aminoácidos y proteínas.

Cromosoma: estructura entrelazada de ADN y proteínas que porta información genética en una secuencia lineal.

Cruzamiento: acción de fertilizar una planta con el polen de otra. Esta polinización puede ser llevada a cabo por los seres humanos, los insectos, el viento y puede ser intencional o no. Sin embargo, cuando el cruzamiento lo hacen los seres humanos, se supone que hay una cierta intención.

Cultivar: una variedad de planta producida por mejoramiento selectivo y mantenida en cultivo.

D

Diploide: material genético con doble carga genética obtenido a partir de dos gametos haploides.

Diversidad genética: de un grupo —población o especie— es la posesión de una amplia variedad de caracteres y alelos que con frecuencia originan diferentes expresiones en diferentes individuos.

Dominante: forma de expresión de un gen en la cual el fenotipo de la forma dominante se expresa por encima de la forma recesiva.

E

Ecosistema: combinación de todos los organismos de un lugar determinado en interacción con el medio ambiente.

Efecto cuello de botella: fluctuaciones en las frecuencias genéticas que surgen por la contracción abrupta de una población gran-

de hacia otra más pequeña que luego vuelve a expandirse con una carga genética alterada.

Elemento genético móvil: una secuencia de ADN que se puede transponer (mover) de un lugar a otro en el genoma de una célula. Se llama también transposón.

Endogamia o cruzamiento monohíbrido: cruzamiento de individuos estrechamente relacionados.

Epigenético: cualquier proceso que no involucre cambios en la secuencia de bases del ADN en el genoma.

Epístasis: interacción entre genes.

Especie: un grupo de organismos de cruzamiento libre genéticamente aislado de fuentes estrechamente relacionadas que de otra manera podrían intercambiar genes; en taxonomía, individuos dentro de un orden que se reproduce libremente entre sí.

Especie biológica: grupo de individuos que comparten libremente una secuencia común de genes y que se reproducen aisladamente pero que normalmente no pueden cruzarse.

Estrogénico: que tiene las propiedades del estrógeno para estimular el crecimiento o la proliferación celular en tejidos sexuales específicos.

Eucariota: el superreino de organismos cuyas células contienen un núcleo con membrana verdadera.

Evolución darwiniana: reproducción preferente de organismos genéticamente variados con adaptaciones específicas que les permiten una supervivencia diferencial.

Exogamia: cruzamientos entre miembros lejanamente relacionados de la misma especie.

Expresión genética: en genética molecular significa la aparición eventual de un polipéptido codificado por un gen.

F

Fenotipo: característica expresada, o rasgo de un organismo que se expresa según su genotipo.

Fijación de nitrógeno: proceso por el cual el nitrógeno atómico se vuelve accesible a las plantas cuando se metabolizan sustancias químicas como el amoníaco.

Flavona: molécula aromática (contiene un anillo bencénico como núcleo) significativa en la comunicación de las leguminosas con *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*.

Flavonoides: moléculas de algunas plantas que pueden tener pro-

piedades biológicas impredecibles, generalmente antioxidantes u hormonales.

Frijol soya: *Glycine max* (L) Marr. Una leguminosa tropical de amplia aplicación en agronomía; produce nódulos radiculares en simbiosis con *Bradyrhizobium japonicum* y *Rhizobium fredii*.

G

Gen: unidad hereditaria conformada por una secuencia de bases del ADN con información «inicio» y «final», a lo largo de la secuencia de bases, para dar lugar a una proteína específica.

Gen dominante: gen cuyos productos se expresan sólo cuando una forma del gen está presente como un único alelo.

Genoma: todos los genes que posee un organismo determinado.

Germoplasma: el material de las células germinales supuestamente responsable del mantenimiento de las características hereditarias que se trasmite a las siguientes generaciones.

Glifosato: el ingrediente activo del herbicida Round-Up TM.

H

Haploide: que contiene sólo la mitad del complemento normal de cromosomas; el contenido genético de los gametos.

Herbicida: un pesticida que sólo afecta plantas; producto químico con efecto destructivo o inhibidor del crecimiento en las plantas.

Heterozigosis: condición bajo la cual dos alelos diferentes están presentes en un individuo.

Heterozigote: individuo que tiene un gen con dos alelos diferentes.

Hibridación por introgresión: incorporación de genes de una especie en la carga genética de otra; con frecuencia da origen a una población de individuos representativa de la línea progenitora pero que al mismo tiempo posee algunas características del linaje del progenitor donante.

Híbrido: organismo derivado de dos líneas diferentes de progenitores homocigotes.

Homogeneidad: que tiene la misma forma o contenido.

Homólogo: similar, derivado de un ancestro común.

Homozigosis: que tiene los mismos alelos en ambos cromosomas paternos; el estado de ser homocigote.

Homocigote: un individuo que tiene genes con dos alelos idénticos.

Huellas digitales genéticas (fingerprinting): un método iniciado probablemente por Alec Jeffreys que posibilita el establecimiento de las interrelaciones genéticas entre parientes cercanos por medio de la tecnología del ADN.

I

Información genética: los datos que contiene una secuencia de bases en la molécula del ADN.

Ingeniería genética: tecnologías experimentales o industriales usadas para alterar el genoma de una célula viviente y producir diferentes moléculas o más moléculas que las programadas; también, la manipulación de genes para evadir la reproducción normal o asexual.

Inserción de genes: creación de combinaciones genéticas por introducción de una secuencia genética nueva en un genoma preexistente, comúnmente en bacterias.

Introgresión: introducción de genes de un miembro de una especie a otra en la cual el donante es geográfica y morfológicamente distante del receptor. Ver hibridación por introgresión.

Isoflavona: sustancia aromática indicadora que participa en la formación de nódulos en las leguminosas.

Isogénico: que tiene la misma estructura genética.

L

Leguminosas: familia de plantas que se caracteriza por una morfología floral similar a la de la arveja. Muchas pero no todas las legumbres presentan nódulos radiculares por la simbiosis con bacterias del suelo fijadoras de nitrógeno como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azorhizobium*.

Lepidoptera: género de insectos que agrupa a las polillas y mariposas; larva de las mismas.

Linaje de un cultivo: los descendientes de un progenitor único de un cultivo alimenticio determinado.

Línea endogámica: una línea producida por endogamia. En fitomejoramiento, una línea casi homocigota originada por continua autofertilización acompañada de selección. (Ver línea pura).

Línea pura: una población genéticamente uniforme (homocigota).

Locus de rasgo cualitativo (QTL): término dado a una región del genoma que controla un fenotipo por interacción con otros genes (ejemplo, el contenido de aceite del frijol soya).

M

Marcador genético: cualquier segmento de ADN que puede ser identificado y cuya ubicación cromosómica es conocida, de modo que pueda ser usado como punto de referencia para elaborar mapas genéticos o localizar otros genes; cualquier gen que tiene un fenotipo identificable que puede ser usado para el seguimiento de la presencia o ausencia de otros genes del mismo fragmento de ADN transferido a una célula.

Mejoramiento: propagación controlada de plantas y animales

Molécula: arreglo de átomos en una estructura, unidos por enlaces interatómicos (por ejemplo enlaces de hidrógeno o carbono-carbono).

Monocultivo: un cultivo o colonia que contiene organismos de una sola línea genética pura; línea de plantas genéticamente uniformes u organismos derivados de cultivo de tejidos.

Mutación: una súbita variación heredable en un gen o en la estructura del cromosoma.

Mutación de adaptación o mutación dirigida: fenómeno por el cual las levaduras y células bacterianas en fase estacionaria (sin crecimiento) tienen alguna forma de producir (o retener en forma selectiva) sólo las mutaciones más adecuadas que le permiten usar nuevos substratos para el crecimiento.

N

Nódulo: sobrecrecimiento de las raíces (o tallos en algunos casos) de las leguminosas, inducido por bacterias o agentes exógenos, como los factores bacterianos derivados de la formación de nódulos o los inhibidores del transporte de las auxinas.

O

OGM: abreviatura de organismo genéticamente modificado; planta o animal que contiene material genético alterado en forma permanente.

Organismo transgénico: organismo creado por ingeniería genética, en cuyo genoma se han incorporado uno o más genes foráneos.

P

Patógeno: cualquier agente que causa enfermedad.

Plásmido: molécula circular de ADN con enlaces covalentes, co-

mún en las bacterias. Se emplea con frecuencia como vector de clonación en ingeniería genética.

Pleiotropía: que tiene muchos efectos diferentes a partir de un gen único.

Poligenes: grupo (hipotético) de genes que controlan una característica, cada uno con un efecto pequeño y aditivo.

Polinización: proceso por el cual las células sexuales masculinas de la antera de una planta fertilizan el estigma.

Procariota: el superreino que agrupa formas de vida sin pared celular; microorganismos que carecen de membrana en el núcleo que contiene los cromosomas.

Promotor: región reguladora de un gen involucrada en el control de la unión de la polimerasa del ARN con el gen marcado.

Propagación: reproducción asexual y desarrollo de plantas a partir de cultivo de tejidos, esquejes o fragmentos de una planta progenitora.

R

Recombinación: formación de nuevas combinaciones de alelos o nuevos genes que se presenta cuando dos fragmentos de ADN se unen o intercambian fracciones.

Recursos genéticos: en este libro se ha usado esencialmente como sinónimo de germoplasma, excepto que lleva en sí la fuerte implicación de que el material es considerado con un valor económico o utilitario.

Reduccionismo: doctrina por la cual un sistema complejo puede ser completamente entendido en términos de sus partes más simples; por ejemplo, un organismo debe ser totalmente entendido en términos de sus genes, o una sociedad en términos de sus individuos.

Regulador del crecimiento vegetal: amplio grupo de sustancias químicas que controlan el crecimiento de las plantas. Muchas son también compuestos naturales que se encuentran dentro de las plantas donde funcionan como hormonas.

Rhizobium: bacteria capaz de inducir la formación de nódulos en leguminosas como arveja, alfalfa y trébol.

Ribonucleasa: enzima que degrada el ARN.

Ribosoma: una organela celular necesaria para la síntesis de las proteínas.

Round-Up Ready™: la marca de las plantas de frijol soya pro-

ducida por ingeniería genética, resistentes a los efectos herbicidas del glyphosate (Round-Up™).

S

Secuencia del ADN: arreglo lineal de las bases en un gen (ATGC) que conforma el código genético.

Selección artificial: elección de un genotipo que pasará a formar parte de los tipos genéticos que darán origen a subsecuentes generaciones de un organismo dado.

Silenciamiento genético: proceso (o procesos) por el cual ciertos genes del genoma son impedidos de expresarse por modificaciones químicas u otros medios.

T

Teratogénico: capaz de producir defectos congénitos u otros daños reproductivos que se manifiestan en una afección visible en forma o tamaño.

Toxoides Bt: proteína cristalina derivada de algunas cepas de *Bacillus thuringiensis* que se activa y se convierte en veneno en el ambiente alcalino del tracto intestinal de las larvas de insectos.

Transcripción: proceso por el cual se fabrica una secuencia complementaria a la secuencia de un gen en el genoma, que se puede usar directamente —como en el caso de del ARN ribosómico y de transferencia— o que continúa su proceso hacia ARN mensajero y se traduce en una proteína. El proceso es catalizado por la enzima polimerasa del ARN dependiente del ADN.

Transcripción inversa: lo contrario al proceso de transcripción de una copia del ADN complementario (ADNc) a partir de una secuencia de ARN, es catalizada por la enzima transcriptasa inversa.

Transducción: en genética, la transferencia de genes de un organismo a otro por medio de virus.

Transferencia horizontal de genes: transferencia de genes de un individuo a otro de la misma o diferente especie, generalmente por medios distintos al cruzamiento.

Transformación: en genética, cuando un organismo adquiere el ADN de otro organismo de la misma o de diferente especie.

Transgene: un gen que se ha trasladado entre diferentes líneas de especies dentro de las células germinales de un hospedante.

Transgénesis: la ciencia del movimiento interespecífico de genes individuales.

Transgénico: adjetivo que describe a un organismo que contiene genes extraños a su estructura genética nativa.

V

Variedad local: población de plantas genéticamente heterogéneas generalmente desarrolladas por muchos años —incluso siglos— en la agricultura tradicional por selección directa del agricultor, la cual está adaptada específicamente a las condiciones locales.

Variedades: subtipos morfológicamente diferentes de una especie o género determinado; ejemplo, una nueva variedad de maíz.

Vector: portador de una enfermedad o un gen; por ejemplo, el mosquito es el vector de la malaria. Los virus, plásmidos y transposones son vectores de genes. Los áfidos son vectores que transfieren enfermedades de una planta a otra.

Vector transportador (shuttle): vector construido artificialmente que puede transferir genes entre dos especies genéticamente distantes.

Virus: elemento genético parasitario incluido en una cubierta proteica que puede replicarse dentro de las células y formar partículas infecciosas o permanecer en dormancia dentro de ellas. Su material genético puede integrarse al genoma celular para formar provirus.

BIBLIOGRAFÍA

ALTIERI, M.A., *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*, New York, Haworth Press, 1994.

— *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*, Boulder, Westview Press, 1996.

— «The ecological impacts of transgenic crops on agroecosystem health», *Ecosystem Health*, 6, pp. 13-23, 2000.

— «Developing sustainable agricultural systems for small farmers in Latin America», *Natural Resources Forum* 24, pp. 97-105, 2000.

—, P. ROSSET, y L.A. THRUPP, *The Potential of Agroecology to Combat Hunger in the Developing World* (IFPRI 2020 Brief No. 55), Washington, DC, International Food Policy Research Institute, 1998.

ANDOW, D.A., «Vegetation diversity and arthropod population response», *Annual Review of Entomology* 36, pp. 561-586, 1991.

ARISTIDE, J.B., «Eyes of the Heart: Seeking a Path for the Poor in the Age of Globalization», Monroe, ME, *Common Courage Press*, 2000.

AUDIRAC, Y., *Rural sustainable development in America*, John Wiley and Sons, New York, 1997.

BOUCHER, D.H. (ed.), *The Paradox of Plenty: Hunger in a Bountiful World*, Oakland, CA, Food First Books, 1999.

BRUMMER, E.C., «Diversity, stability and sustainable American agriculture», *Agronomy Journal* 90, pp. 1-2, 1998.

BURKS, A.W. y R.L. FUCHS, «Assessment of the endogenous allergens in glyphosate-tolerant and commercial soybean varieties», *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 96, pp. 6-13, 1995.

BUSCH, L., LACY, W.B., BURKHARDT, J. y L. LACY, *Power and Profit*, Oxford, UK, Basil Blackwell, 1990.

CARPENTER, J.E. y L.P. GIANESSI, «Herbicide tolerant soybeans: why growers are adopting roundup ready varieties», *Agbioforum* 2, pp. 2-9, 1999.

CASPER, R. y J. LANDSMANN, «The biosafety results of field tests of genetically modified plants and microorganisms». P.K. Lauenders (ed.). *Proceeding of the Second International Symposium Goslar*, pp. 89-97. Braunschweig, Germany: Biologische Bundensantalt, 1992.

CONROY, M.T., D.L. MURRAY y P. ROSSET, *A Cautionary Fable: Failed US Development Policy in Central America*, Boulder, CO, Lynne Rienner Publishers, 1996.

CONWAY, G.R., *The Doubly Green Revolution: Food for All in the 21st Century*, London, UK, Penguin Books, 1997.

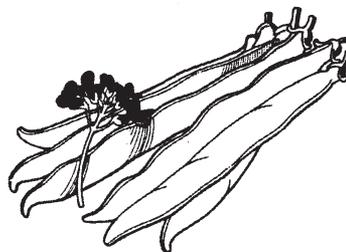
DARMENCY, H., «The impact of hybrids between genetically modified crop plants and their related species: introgression and weediness», *Molecular Ecology* 3, pp. 37-40, 1994.

DONNEGAN, K.K., C.J. PALM, V.J. FIELAND, L.A. PORTEUS, L.M. GANIS, D.L. SCHELLER, y R.J. SEIDLER, «Changes in levels, species, and DNA fingerprints of soil micro organisms associated with cotton expressing the Bacillus thuringiensis var. Kurstaki endotoxin», *Applied Soil Ecology* 2, pp. 111-124, 1995.

DONNEGAN, K.K. y R. SEIDLER, «Effects of transgenic plants on soil and plant microorganisms», *Recent Research Developments in Microbiology* 3, pp. 415-424, 1999.

- DUFFY, M., «Does planting GMO seed boost farmers' profits?» *Leopold Center for Sustainable Agriculture Letter* 11(3), pp. 1-5, 1999.
- DUKE, S.O., *Herbicide Resistant Crops: Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory, and Technical Aspects*, p. 420. Boca Raton, LA: Lewis Publishers, 1996.
- FOWLER, C. y MOONEY, P., *Shattering: Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity*, Tucson, University of Arizona Press, 1990.
- GHAFFARZADEH, M.F., G. PRECHAC y R.M. CRUSE, «Grain yield response of corn, soybean and oat grain in a strip intercropping system», *American Journal of Alternative Agriculture* 4, pp. 171-175, 1999.
- GILL, D.S., «Development of herbicide resistance in annual ryegrass populations in the cropping belt of western Australia», *Australian Journal of Experimental Agriculture* 3, pp. 67-72, 1995.
- GOLDBERG, R.J., «Environmental concerns with the development of herbicide-tolerant plants», *Weed Technology* 6, pp. 647-652, 1992.
- GOULD, F., «Potential and problems with high-dose strategies for pesticidal engineered crops», *Biocontrol Science and Technology* 4, pp. 451-461, 1994.
- GREEN, M.B.; A.M. LEBARON, y W.K. MOBERG (eds.), *Managing Resistance to Agrochemicals*, Washington, DC, American Chemical Society.
- GREENLAND, D.J., *The Sustainability of Rice Farming*, Wallingford, England: CAB International, 1997.
- HANSEN, M.K., *Genetic Engineering is Not an Extension of Conventional Plant Breeding*, New York, Consumer Policy Institute, 1999.
- HILBECK, A., AM BAUMGARTNET, P.M. FRIED, y F. BIGLER, «Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn fed prey on mortality and development time of immature *Crysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)», *Environmental Entomology* 27, pp. 460-487, 1998.
- HILBECK, A., W.J. MOAR, M. PUTZAI-CAREY, A. FILIPPINI, y F. BIGLER, «Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin on the predator *Crysoperla carnea*», *Entomology Experimental and Applied* 91, pp. 305-316, 1999.
- HINDMARSH, R., «The flawed sustainable promise of genetic engineering», *The Ecologist* 21, pp. 196-205, 1991.
- HOBELINK, H., *Biotechnology and the Future of World Agriculture*, London, Zed Books, p. 159, 1991.
- HOLT, J.S., S. POWLES, y J.A.M. HOLTUM, «Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance», *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology* 44, pp. 203-229, 1993.
- y H.M. LE BARON, «Significance and distribution of herbicide resistance», *Weed Technology* 4, pp. 141-149, 1990.
- KENDALL, H.W., R. BEACHY, T. EISMER, F. GOULD, R. HERDT, P.H. RAVON, J. SCHELL, y M.S. SWAMINATHAN, *Biotechnology of crops. Report of the World Bank Panel on Transgenic Crops*, pp. 1-30. Washington DC, World Bank, 1997.
- KLOPPENBURG, J., *First the Seed: The Political Economy of Plant Technology*, pp. 1492-2000. Cambridge, Cambridge University Press, 1998.
- KRIMSKY, S. y R. P. WRUBEL, *Agricultural Biotechnology and the Environment: Science, Policy and Social Issues*, Urbana, IL, University of Illinois Press, 1996.
- LAMPKIN, N., *Organic Farming*, Ipswich, NY, Farming Press, 1990.
- LAPPE, F.M. y B. BAILEY, *Against the Grain: Biotechnology and the Corporate Takeover of Food*, Monroe, ME, Common Courage Press, 1998.
- LAPPE, F.M., J. COLLINS, P. ROSSET, y L. ESPARZA, *World Hunger: Twelve Myths* (second edition), p. 270. New York, Grove Press, 1998.
- LAPPE, M.A., E.B. BAILEY, C.H. CHILDERS, y K.D.R. SETCHELL, «Alterations in clinically important phytoestrogens in genetically modified, herbicide tolerant soybeans», *Journal of Medicinal Food* 1, pp. 241-245, 1999.
- LOSEY, J.J.E., L.S. RAYOR, y M.E. CARTER, «Transgenic pollen harms monarch larvae», *Nature* 399, p. 214, 1999.
- LUTMAN, P.J.W. (ed.), «Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops», *British Crop Protection Council Symposium Proceedings* No. 72, pp. 43-64. Staffordshire, England: British Crop Protection Council, 1999.
- MALLET, J. y P. PORTER, «Preventing insect adaptations to insect resistant crops: are seed mixtures or refuge the best strategy?» *Proceeding of the Royal Society of London Series B Biology Science* 250, pp. 165-169, 1992.
- MELLON, M. y J. RISSLER, *Now or Never: Serious New Plans to Save a Natural Pest Control*, Washington, DC, Union of Concerned Scientists, 1999.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Ecologically Based Pest Management*, Washington, DC., National Academy of Sciences, 1996.
- *Alternative Agriculture*, Washington, DC, National Academy Press, 1984.
- NICHOLLS, C.I. y M.A. ALTIERI, «Conventional agricultural development models and the persistence of the pesticide treadmill in Latin America». *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 4, pp. 93-111, 1997.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT, *A New Technological Era for American Agriculture*, Washington DC, US Government Printing Office, 1992.
- ONSTAD, D.W. y F. GOULD, Do dynamics of crop maturation and herbivorous insect life cycle influence the risk of adaptation to toxins in transgenic host plants? *Environmental Entomology* 27, pp. 517-522, 1998.
- PALM, C.J., D.L. SCHALLER, K.K. DONEGAN, y R.J. SEIDLER, «Persistence in soil of transgenic plant produced *Bacillus thuringiensis* var. *Kustaki* endotoxin», *Canadian Journal of Microbiology* 42, pp. 1258-1262, 1996.
- PAOLETTI, M.G. y D. PIMENTEL, «Genetic engineering in agriculture and the environment: assessing risks and benefits», *BioScience* 46, pp. 665-671, 1996.
- PERSLEY, G.J. y M.M. LANTIN, *Agricultural Biotechnology and the Poor*, Washington DC, Consultative Group on International Agricultural Research, 2000.
- PIMENTEL, D. y H. LEHMAN, *The pesticide question*. Chapman and Hall, New York, 1993.
- PRETTY, J., *Regenerating Agriculture: Policies and Practices for Sustainability and Self-reliance*, London, UK, Earthscan, 1995.
- RADOSEVICH, S.R., J.S. HOLT, y C.M. GHERSA, *Weed Ecology: Implications for Weed Management* (second edition). New York, John Wiley and Sons, 1996.
- RISSLER, J. y M. MELLON, *The Ecological Risks of Engineered Crops*, Cambridge, MA, MIT Press, 1996.
- ROBINSON, R.A., *Return to Resistance: Breeding Crops to Reduce Pesticide Resistance*, Davis, California, AgAccess, 1996.
- ROSSET, P., «The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations», *Food First Policy Brief* No. 4. Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy, 1999.
- ROYAL SOCIETY, «Genetically modified plants for food use». *Statement 2/98*. London, UK: Royal Society, 1998.
- SAXENA, D., S. FLORES y G. STOTZKY, «Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn», *Nature* 40, p. 480, 1999.
- SCHULER, T.H., R.P.J. POTTING, I DUNHOLM, y G.M. POPPY, «Parasitic behavior and Bt plants», *Nature* 400, p. 825, 1999.
- SNOW, A.A. y P. MORAN, «Commercialization of transgenic plants: potential ecological risks», *BioScience* 47, pp. 86-96, 1997.
- STEINBRECHER, R.A., «From green to gene revolution: the environmental risks of genetically engineered crops», *The Ecologist* 26, pp. 273-282, 1996.
- TABASHNIK, B.E., «Genetics of resistance to *Bacillus thuringiensis*», *Annual Review of Entomology* 39, pp. 47-49, 1994^a.
- «Delaying insect adaptation to transgenic plants: seed mixtures and refugia reconsidered», *Proceedings of the Royal Society*, London 255, pp. 7-12, 1994^b.
- TICCIATI, L. y R. TICCIATI, *Genetically Engineered Foods: Are They Safe?*, New Canaan, CT, Keats Publishing, 1998.
- THRUPP, L.A., *Cultivating Biodiversity: Agrobiodiversity for Food Security*. Washington DC, World Resources Institute, 1998.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, *Genetically Engineered Crops for Pest Management*, Washington DC, USDA Economic Research Service, 1999.
- UPHOFF, N. y M.A. ALTIERI, *Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century* (Report of a Bellagio Conference), Ithaca, NY: Cornell International Institute for Food, Agriculture, and Development, 1999.





Hacia una conservación basada en la gente: La Sierra de Manantlán.

El análisis ecosociológico como herramienta para lograr una protección participativa de la naturaleza

M. Parera, H. Bustos, P.R.W. Gerritsen*

DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y DE LOS CAMPESINOS

Actualmente muchas de las especies, tanto plantas como animales, se ven amenazadas por la acción del hombre en la naturaleza, que la ha considerado como un bien para explotar y

* M. Parera es Licenciada en Ciencias Ambientales en la Universidad Autónoma de Barcelona. Correo electrónico: mireiaparera@yahoo.com. H. Bustos es Estudiante de Ingeniería de Recursos Naturales y Agropecuarios en la Universidad de Guadalajara, México. Correo electrónico: abraxas15_@latinmail.com. P.R.W. Gerritsen es Profesor-Investigador Titular del Departamento de Ecología y Recursos Naturales-IMECBIO del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara. Apartado Postal 64. Autlán, Jalisco, México. Correo electrónico: petergerritsen@cucsur.udg.mx.

¹ Este trabajo se realizó como requerimiento parcial para la materia de Sociología Rural, la cual imparte el segundo autor en la carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Agropecuarios del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara en México.

satisfacer sus necesidades. Ante esto, una de las estrategias para proteger esta diversidad natural ha sido la conservación *in situ*, es decir conservando su hábitat natural mediante la creación de áreas naturales protegidas. Un modelo de área natural protegida es la reserva de la biosfera, cuya gestión está orientada a la integración de los objetivos de conservación ecológica con el desarrollo social, basándose en una planificación territorial a través de la zonificación del uso de la tierra (Batisse, 1985). Dicho enfoque ha sido adoptado también en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), situada al Occidente de México, por tratarse de un área muy poblada y con importantes valores naturales, pero también con agudos problemas sociales y de gestión de los recursos naturales (Jardel, 1992; IMECBIO, 2000).

Un aspecto asociado a la conservación es su relación estrecha con la gente, por lo tanto es esencial para su protección que los recursos naturales tengan un valor para los campesinos que hacen una gestión de éstos. Además, en la mayor parte de los casos es la interacción hombre-naturaleza que ha causado la biodiversidad (Posey, 1983). Éste es también el caso de la milpilla, la cual es el tema central de este artículo. La milpilla (*Zea diploperennis*) es una especie endémica de la Reserva, y, siendo su pariente silvestre, tiene la propiedad que al cruzarse con el maíz, da una planta híbrida que es menos susceptible a ciertas plagas y enfermedades y permite aumentar la productividad. Por eso, ha sido usada tradicionalmente por los agricultores, tanto para darle este uso, como para forraje para el ganado (Benz *et al.*, 1993).

En este artículo presentamos un análisis general de la milpilla, tomando en cuenta factores ecológicos y sociológicos, así como las interacciones entre estos factores.¹ El estudio se centra en la gestión de la milpilla en San Miguel de Ayotitlán, una de las comunidades más pobres de la Reserva. Opinamos que un análisis de este tipo es indispensable para poder asegu-

rar la supervivencia de especies que requieren una perturbación antropogénica, como es el caso de la milpilla, además que puede contribuir con elementos nuevos que permiten una protección más participativa de la naturaleza.

LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN Y SAN MIGUEL DE AYOTITLÁN

La Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán está ubicada al Occidente de México, en los estados de Jalisco y Colima y fue establecida en 1987 (Figura 1). El descubrimiento de la milpilla, en 1977, fue el impulsador del proyecto de creación de la Reserva, que intenta proteger unas 140.000 ha de terrenos montañosos, cubiertos de bosques con una elevada diversidad de plantas y animales (Jardel, 1992).

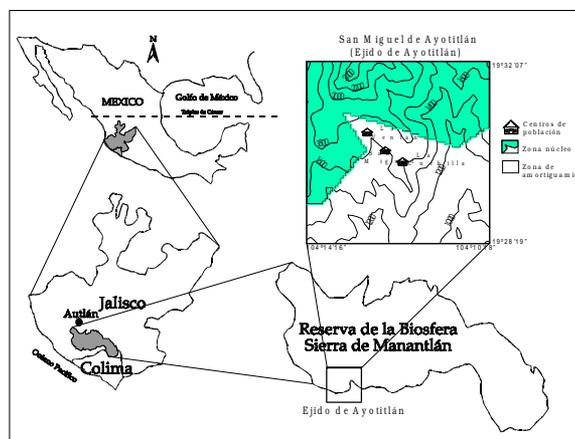


Figura 1. Ubicación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán y San Miguel de Ayotitlán.

Los objetivos de la Reserva hacen referencia a la conservación, el desarrollo social y a la investigación científica y la educación, sin embargo la falta de recursos institucionales ha influido en el trabajo de los gestores del área natural protegida (Graf *et al.*, 1995; Gerritsen, 1998), la cual es una situación común para la mayoría de las áreas naturales protegidas (Pimbert y Pretty, 1995). Además, la zonificación de la Reserva ha supuesto limitaciones en el uso y aprovechamiento de los recursos naturales para la población local, por lo que varios pobla-

dores se muestran reacios a la participación en la gestión de la conservación del área (Gerritsen y Forster, 1999).

San Miguel de Ayotitlán es una comunidad indígena de origen Náhua que cuenta con una población de unas 117 personas (INEGI, 1996). La comunidad se encuentra en el sur de la Reserva y alberga la mayor población de milpilla (Figura 1). El cultivo del maíz para autoconsumo es la actividad básica de la economía local y está relacionada directamente con la milpilla por la gestión que le dan los campesinos, como veremos más adelante. También existen otras actividades económicas que son principalmente de autoconsumo, como son ganadería extensiva a pequeña escala, siembra de hortalizas, cafecultura, recolección de frutos, venta de semillas de la milpilla y caza de animales. La migración temporal es importante, de tal modo que se piensa que el mayor ingreso monetario depende de las personas que trabajan fuera de la comunidad principalmente en ciudades cercanas (Gerritsen, *et al.* 1999).

Atendiendo a las características físicas de la comunidad y como un sistema de producción tradicional que vienen haciéndose desde hace muchos años, en San Miguel de Ayotitlán, usan el sistema de roza-tumba-quema para la siembra de maíz, conocido en México como «coamil». El coamil se practica en laderas, donde no se puede trabajar con tractor ni arado. Las diferentes actividades que se realizan consisten en la limpieza y quema de la vegetación y posterior siembra de las semillas. Después de la cosecha de maíz se deja descansar el terreno para que la fertilidad del suelo se recupere. En San Miguel, los campesinos hacen rotación en la mayor parte del terreno, y el tiempo de descanso depende de la cantidad de terreno que tengan, de las características físicas del mismo y del criterio particular de cada campesino. El trabajo en el campo lo realizan a escala familiar, sin embargo para trabajos específicos, existe contratación de otras personas de la comunidad.

Los campesinos de San Miguel utilizan principalmente semillas de variedades locales para la producción de maíz. No se usan fertilizantes ni abonos orgánicos. Desde hace unos 20 años, se empezó a usar herbicidas, para reducir la competencia y disponer de más tiempo para poder trabajar fuera de la comunidad, ya que la mayor parte de los campesinos no producen la cantidad de maíz suficiente para autoabastecerse durante todo el año. Sin embargo, los pobladores locales comentan que



BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

algunos de los herbicidas afectan negativamente el crecimiento de la milpilla. Después de la cosecha aprovechan la milpilla y los rastrojos de maíz como forraje para el ganado, pero debido a que la comunidad de San Miguel no posee muchas cabezas, alquilan las parcelas a comunidades aledañas a un precio muy bajo teniendo en cuenta la calidad del forraje.

ECOLOGÍA DE LA MILPILLA

La milpilla es una especie que se desarrolla en lugares entre los 1350 y 2440 metros sobre el nivel del mar, en donde se siembra previamente maíz. Es una especie heliófila y en los sitios abandonados domina las primeras etapas de sucesión, por lo que la invasión de árboles es una amenaza por la sombra. Como ya se mencionó, depende de alteraciones antropogénicas ligadas al coamil (Benz *et al.*, 1993).

La milpilla tiene el mismo número de cromosomas que el maíz (*Zea mays*) y puede cruzarse libremente en el campo y producir progenie fértil, eso quiere decir que si tiene alguna propiedad adaptativa o de tolerancia, tiene potencial para transmitirlo al maíz. Según Benz *et al.* (1993) el proceso de cruce del maíz con la milpilla aumenta la producción del maíz y hace que éste sea menos susceptible a ciertas enfermedades fungales. También da como resultado un grano más duro que resiste el daño causado por ciertos insectos y, por consiguiente, se conserva por más tiempo. Sin embargo ésta no es tolerante a la plaga de un insecto llamado localmente pingo (o frailecillo:

Macrodactylus murinus), la cual actualmente es una de las amenazas más importantes para la supervivencia de la especie.

Los principales depredadores de la semilla de la milpilla son roedores (Galván, 1992 citado en Lorente y Sánchez, 1996). El ganado también puede actuar de depredador si la semilla aún no está madura, lo cual normalmente no ocurre debido a que el ciclo del maíz coincide con el de la milpilla y el momento en que los animales pastan en las parcelas es cuando se ha cosechado y la semilla está madura. Ésta se dispersa principalmente por el ganado vacuno. Sin embargo, un gran número de animales puede afectar negativamente a la especie, debido a la acción de sobrepastoreo y pisoteo.

USO Y MANEJO CAMPESINO DE LA MILPILLA

Los campesinos de San Miguel usan la milpilla principalmente como forraje para el ganado (y otros animales) y, en segundo término, para obtener variedades de maíz más resistentes a ciertas enfermedades, proceso que se realiza por hibridación espontánea, y dura tres años consecutivos (Benz *et al.*, 1993). Otro uso asociado es la venta de semillas, aunque según los datos que se disponen, es una actividad económica minoritaria. En otras palabras, es muy poca la gente que ha vendido semillas y escasos los beneficios que han obtenido.² Además de los usos actuales de la milpilla, Sánchez (1997) presenta una serie de usos indirectos, relacionados con las características ecológicas de dicha planta. Éstos son protección contra la erosión, ya que la cubierta vegetal que forma retiene mayor cantidad de agua que otros tipos de vegetación de clima templado y restauración de ciertas áreas de coamiles abandonadas.

Tradicionalmente, los campesinos de San Miguel han llevado a cabo una gestión activa de la milpilla, mediante la limpieza selectiva de la maleza, o sea dejando estratégicamente individuos de esta especie en pie, para que tenga lugar una hibridación espontánea con el maíz y al cabo de tres años se obtenga una planta híbrida que permite aumentar la productividad del cultivo debido a los motivos expresados anteriormente. Y, posteriormente, una vez se ha cosechado, los animales domésticos aprovechen la milpilla para su alimentación. Sin embargo, esta práctica tradicional actualmente ha disminuido y a partir de

² Cabe resaltar aquí, que las semillas de milpilla fueron donadas por investigadores por primera vez al Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) en 1981. En 1987 ya se habían realizado 29 envíos a 13 países de diferentes continentes (Taba, 1993). La distribución de semillas de milpilla no ha permitido un control sobre su germoplasma para beneficio (mediante patentes, o regalías) del país, del estado o de las comunidades, como San Miguel de Ayotitlán, donde se ha descubierto. La biotecnología existente para la transferencia de genes, probablemente ha permitido que el germoplasma de la milpilla ya forme parte de variedades de maíz actualmente en venta, pero esta información es manejada de manera confidencial por las compañías transnacionales de producción de semillas. Esto resalta la importancia de proteger los derechos nacionales y locales sobre los recursos genéticos con valor comercial (Enkerlin *et al.*, 1997).

este estudio se deduce que esto está ligado con todos los factores que afectan el desarrollo de esta planta y principalmente es debido a la pérdida generacional de ciertos conocimientos y usos tradicionales de la milpilla asociado con el cambio de percepción y actitud, apuntando que hoy en día la mayoría de campesinos comentan que es perjudicial para el maíz ya que compite con éste por el espacio porque crece antes.

En San Miguel existe una historia o leyenda acerca de la aparición de la milpilla en la comunidad que es una muestra del acervo cultural alrededor de esta planta y un indicador de la evolución en el tiempo de los conocimientos y tradiciones ancestrales, sin embargo actualmente sólo dos personas de la comunidad conocen esta leyenda. A partir de esta historia se observa que el vocablo que usaban antiguamente para designar a la milpilla es *chapullí*, que significa, en náhuatl, saltamontes y es usado comúnmente para designar a estos animales, ahora un 60% conocen esta acepción de la palabra, principalmente las personas mayores. Actualmente, la mayor parte de los pobladores nombra al *Zea diploperennis*, milpilla o bien maíz perenne, y aparentemente este último término se empieza a usar a raíz de la aparición en la comunidad de investigadores y de la creación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán.

ANÁLISIS ECOSOCIOLÓGICO DE LA MILPILLA

Son tanto factores ecológicos como socioeconómicos los que influyen en el desarrollo y la supervivencia de la milpilla en San Miguel de Ayotitlán, por lo tanto, para poder diseñar intervenciones apropiadas, como son por ejemplo los planes de manejo de los recursos naturales, se tiene que vincular los diferentes factores que están en juego, lo cual llamaremos aquí un análisis ecosociológico.

Un análisis ecosociológico es un estudio que analiza un tema desde una perspectiva integradora, tomando en cuenta tanto los aspectos ecológicos como los socioeconómicos. Para el caso de la milpilla, se ha utilizado este tipo de estudio con el fin de conocer de una forma global los factores limitantes y positivos asociados a su gestión y desarrollo. En este sentido, a continuación se presenta un esquema que resume los factores, presentados anteriormente, que influyen en el desarrollo de esta

planta, en San Miguel de Ayotitlán, identificados a partir del conocimiento científico y de los pobladores de la comunidad (Figura 2).

Los diferentes factores guardan algún tipo de relación entre ellos que se define como antagónica, cuando afectan de forma contraria a la planta o de complementariedad, cuando sumando sus efectos se tiene un efecto más positivo o más negativo. Cabe mencionar que ninguno de ellos es independiente, por lo que todos están relacionados entre sí.

De éstos, tal vez los más interesantes sean las relaciones antagónicas, que tratan de contrarrestar los efectos de los diferentes factores. Tal es el caso, de la *plaga del pingo*, ya que a raíz de la identificación de este problema, la Dirección de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, ha llevado a cabo desde 1998 un *proyecto para tratar de erradicar la plaga* o disminuir sus efectos. Otro ejemplo relacionado con lo anterior es el trabajo que se ha realizado para *concienciar a la población local* de la importancia de esta especie, para intentar paliar la *pérdida de conocimientos y usos* que tiene lugar en San Miguel. Sin embargo, la existencia de la misma Reserva y su *zonificación* también ha supuesto una limitación a los campesinos, ya que en la zona núcleo no se permite el aprovechamiento agropecuario o sea el sistema de *coamil*, por lo que la milpilla difícilmente encontrará las condiciones necesarias para poder colonizar esos terrenos.

Otro caso es las propiedades de la milpilla como especie heliófila y sucesional, que permite considerarla como una posible restauradora de ciertas áreas de coamil abandonadas, sin embargo, hay que tener en cuenta que la sucesión es un factor que puede afectarla negativamente si en etapas más tardías de la sucesión hay un cambio en la composición vegetal, disminuyendo las especies heliófilas.

Del mismo modo se ve que no se puede tomar en cuenta un factor por sí sólo, ya que por ejemplo, aunque el *ganado*, que se *alimenta de los rastrojos del maíz y de la milpilla*, es el principal *dispersor de las semillas*, según el tipo y el número de cabezas éste puede afectar negativamente su población por la *acción de pisoteo y sobrepastoreo*.

Por último lugar, mencionar como casos especiales los factores indirectos, cuya afectación de forma negativa o positiva dependerá a su vez de otros factores, algunos de los cuales ya

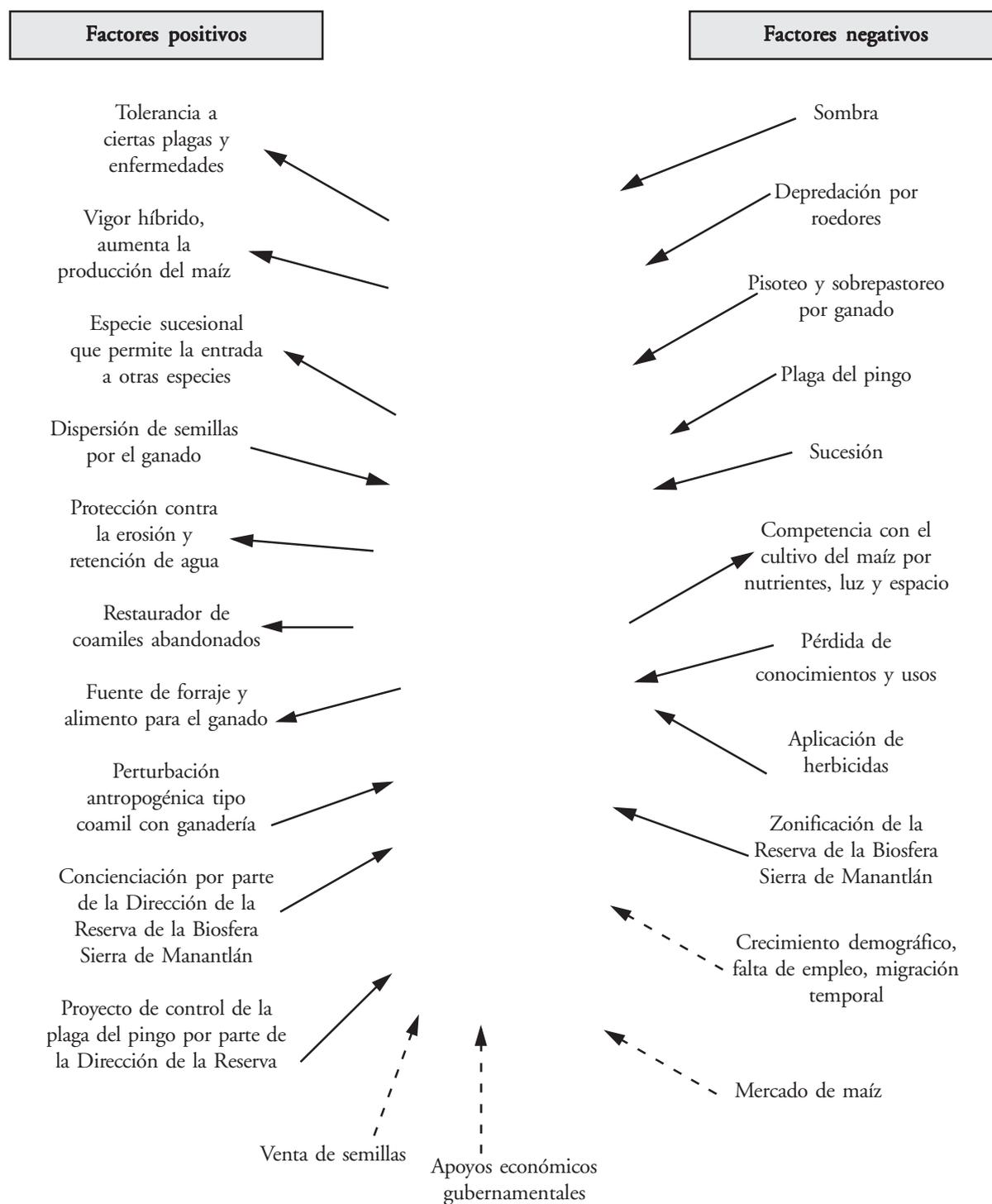


Figura 2. Análisis ecosociológico preliminar de la milpilla.

han estado identificados en la figura 2. Algunos de estos serían la venta de semillas de milpilla, la migración temporal de los campesinos de San Miguel, los apoyos gubernamentales y el mercado del maíz.

IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

De lo anterior queda claro que la conservación es un proceso dinámico e íntimamente ligado a los procesos socioeconómicos. Tal es el caso de la milpilla, que es una especie que depende de perturbaciones antropogénicas, ya que su desarrollo depende directamente de la gestión campesina, es necesario tener en cuenta tanto los factores ecológicos y sociales y las relaciones que existen entre ellos para establecer una estrategia adecuada para su protección. Del mismo modo, es necesaria la promoción de la participación activa de los pobladores locales en la gestión del área natural protegida, para que se apropien de sus objetivos y adopten un sistema de aprovechamiento y uso racional y sostenible de los recursos naturales.

Para lograr la supervivencia de la milpilla, siendo una especie importante para la conservación, se requiere «conservar» o «mejorar» los sistemas tradicionales de agricultura (roza-tumba-quema con ganadería), factor que está indisolublemente ligado al desarrollo económico y a los programas agropecuarios que se impulsan regionalmente, así como a la conservación de los conocimientos empíricos de la cultura local (Enkerlin *et al.*, 1997). Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que este tipo de manejo puede afectar negativamente a otras especies o comunidades vegetales de la Reserva, por lo que es necesario una gestión con una visión integral de todo el ecosistema, que permita compatibilizar la protección de la milpilla con otras actividades de conservación que se realizan dentro de la Reserva.

Haciendo un análisis ecosociológico puede ser un primer paso para obtener una imagen de la complejidad local del uso y manejo de los recursos naturales. A mediano y largo plazo, puede contribuir también en el desarrollo de una ciencia de conservación, la cual está más fundamentada en los conocimientos y las acciones de la gente que viven cerca de los recursos naturales, es decir los campesinos, reforzado con el conocimiento científico.

BIBLIOGRAFÍA

- BATISSE, M., «Developing and focusing the biosphere reserve.» *Nature and Resources* Vol. 22 (3), July-September 1986, pp. 1-10, 1986.
- BENZ, B., L. SÁNCHEZ V., y F. SANTANA M., «Ecología y etnobotánica de *Zea diploperennis*. Investigaciones preliminares», pp. 139-164 en BENZ, B. (compilador) (1993) *Biología, ecología y conservación del género Zea*, Guadalajara, Universidad de Guadalajara, 1993.
- ENKERLIN E., G. CANO, R. GARZA, y E. VEGEL, *Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible*, International Thomson Editores, 1997.
- GERRITSEN, P. R. W., «Community development, natural resource management and biodiversity conservation in the Sierra de Manantlán biosphere reserve, Mexico.» *Community Development Journal*, Vol. 33, No.4, October 1998, 314-324, 1998.
- y N. R. FORSTER, *Conflicts over land and conservation*, Paper presented at the workshop «Land in Latin America, New Context, New Claims, New Concepts», organised by CERES, WAU and CEDLA on May 26-27, 1999 in Amsterdam, the Netherlands, 1999.
- , J. C. GARCÍA M., C. ORTIZ A., F. CASTILLO N. y N. GÓMEZ S., *Diagnóstico Rural Participativo de San Miguel de Ayotitlán*, Autlán: Universidad de Guadalajara/Centro Universitario de la Costa Sur/Departamento de Ecología y Recursos Naturales/Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad. Informe Técnico, 1999.
- GRAF, S. H., E. SANTANA, E. JARDEL y B.F. BENZ «La Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán: un balance de ocho años de gestión.» *Revista Universidad de Guadalajara*. Marzo-Abril de 1995, 55-60, 1995.
- IMECBIO (Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad) (2000b) *Programa de manejo de la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán, México*, México, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática, *Conteo de población y vivienda. Resultados definitivos 1996 Jalisco*, Mexico City, Mexico, INEGI, 1996.
- JARDEL P., E.J. (coord.), *Estrategia para la conservación de la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán*, El Grullo, Mexico, Laboratorio Natural Las Joyas, Universidad de Guadalajara, 1992.

LORENTE A., R. y L. SÁNCHEZ V., «Dinámica estacional del banco de frutos del Teocintle *Zea diploperennis* (Graminae)», *Biotropica*, 28 (2): 267-272, 1996.

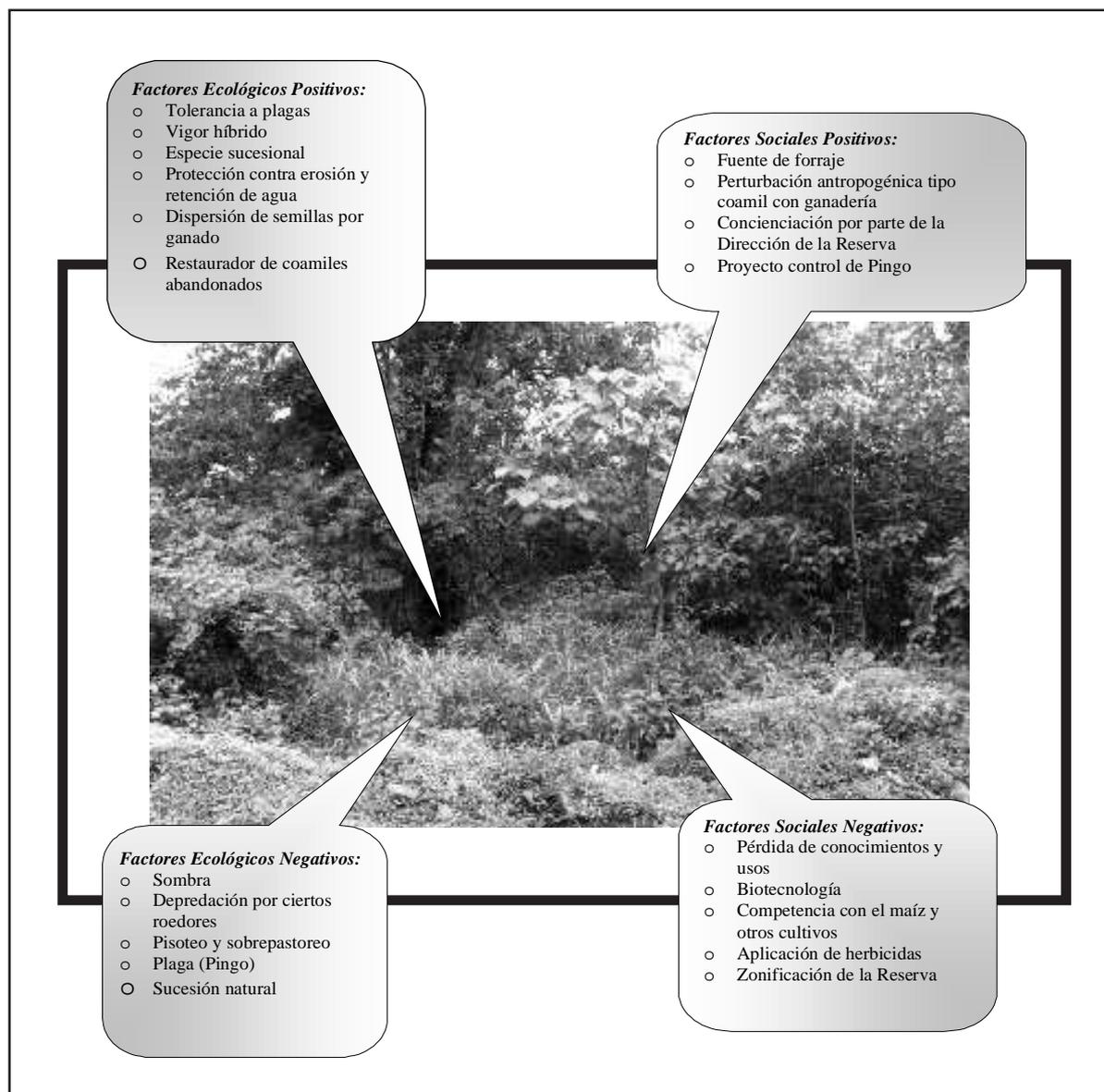
PIMBERT, M.P. y J.N. PRETTY, *Parks, people and professionals. Putting «participation» into protected area management*, Geneva, Switzerland: United Nations Research Institute for Social Development, UNRISD Discussion Paper 57, 1995,

POSEY, D.A., «Indigenous knowledge and development: an

ideological bridge to the future.» *Science y Culture* 35: 877-894, 1983.

SÁNCHEZ V., L., «Un pariente silvestre del maíz», *El Informador*, *Martes 17 de junio de 1997*: 6-7, 1997.

TABA, S., «Conservación y uso de los recursos genéticos del maíz en CIMMYT», pp. 233-242 en Benz, B. (Compilador) (1993), *Biología, ecología y conservación del género Zea*, Guadalajara, Universidad de Guadalajara, 1993.





Icaria Más Madera

Dirigida a un amplio público, la colección Más Madera ofrece textos con lenguaje preciso pero carente de tecnicismos, que intentan contar las causas de los mayores problemas de nuestro tiempo.

1. **CORRUPCIÓN**
¿Qué sistema la produce?
José María Tortosa
2. **CÓMO NOS VENDEN LA MOTO**
Información, poder y concentración de medios / 12ª edición
Noam Chomsky / Ignacio Ramonet
3. **¡HAGAN JUEGO!**
Políticas económicas de ajuste en el Tercer Mundo
James Petras / Steve Vieux
4. **LA COMPASIÓN NO BASTA**
Genocidios a fin de siglo
Vicenç Fisas
5. **SECRETOS QUE MATAN**
Exportación de armas y derechos humanos / 2ª edición
Vicenç Fisas
6. **EL MURO INVISIBLE**
El Mediterráneo como espacio común
Bichara Khader
7. **EN EL NOMBRE DE DIOS**
Colonialismo versus integrismo en la tragedia argelina
Sami Naïr
8. **AVISO PARA NAVEGANTES**
¿Autopistas de la información o monocarril de las corporaciones?
Herbert I. Schiller
9. **EL PATIO DE MI CASA**
El nacionalismo en los límites de la mera razón
José María Tortosa
10. **GOLPE DE ESTADO AL BIENESTAR**
Crisis en medio de la abundancia
Pedro Montes
11. **CÓMO SE REPARTE LA TARTA**
Políticas USA al final del milenio
Noam Chomsky / 2ª edición
12. **CAFÉ AMARGO / 2ª edición**
Por un comercio Norte-Sur más justo
Setem
13. **CHINA**
¿Superpotencia del siglo XXI?
Xulio Ríos
14. **QUIEN PARTE Y REPARTE...**
El debate sobre la reducción del Tiempo de Trabajo / 2ª edición
Jorge Reichmann / Albert Recio
15. **COMERCIO JUSTO, COMERCIO INJUSTO**
Hacia una nueva cooperación internacional
Michael Barrat Brown
16. **LA CAUSA SAHARAUI Y LAS MUJERES**
Siempre fuimos tan libres / 2ª edición
Dolores Juliano
17. **REBELDES, DIOSES Y EXCLUIDOS**
Para entender el fin del milenio
Mariano Aguirre / Ignacio Ramonet
18. **EL LOBBY FERROZ / 2ª edición**
Las ONG ante el comercio de armas y el desarme
Vicenç Fisas
19. **FUNDAMENTALISMO USA**
Teología y Política Internacional
Johan Galtung
20. **QUIÉN DEBE A QUIÉN**
Deuda ecológica y Deuda externa
Joan Martínez Alier / Arcadi Oliveres (en preparación)
21. **ADIÓS A LAS ARMAS LIGERAS**
Las armas y la cultura de la violencia
Vicenç Fisas
22. **COME Y CALLA... O NO**
Incidir en el sistema a través del consumo
Centre de Recerca i Informació en Consum (CRIC)
23. **TRES PREGUNTAS SOBRE RUSIA**
Estado de mercado, Eurasia y fin del mundo Bipolar
Rafael Poch
24. **PENSANDO EN ÁFRICA**
Una excursión a los tópicos del continente
Lucía Alonso
25. **ECOLOGÍA Y DEMOCRACIA**
De la injusticia ecológica a la democracia ambiental
Ezio Manzini / Jordi Bigues
26. **MUJERES EN RELACIÓN**
Feminismo 1970-2000
María-Milagros Rivera
27. **EL EJIDO**
Racismo y explotación laboral
S.O.S. Racismo
28. **ATTAC**
Contra la dictadura de los mercados. Alternativas a la mundiliación neoliberal / 2ª edición
VV.AA.
29. **CAPITAL SIN FRONTERAS**
Polarización, crisis y Estado-Nación en el capitalismo global
Jaime Estay / Orlando Caputo / José María Vidal Villa

En memoria de Darrell Posey:

Defendiendo la dignidad indígena desde la ciencia y el compromiso cívico

Josep-Antoni Garí*

El fallecimiento de Darrell Posey el pasado 6 de marzo de 2001 supone una importante pérdida tanto para la ciencia ecológica como para el movimiento en defensa de los derechos de los pueblos indígenas. Darrell ha sido uno de los forjadores de la ciencia etnoecológica, ha denunciado sin reparos el genocidio indígena en la Amazonía, ha insertado la problemática de los pueblos indígenas y sus derechos en el ámbito internacional y ha cuestionado asuntos espinosos como la expansión unilateral de la propiedad intelectual sobre los recursos genéticos y el conocimiento tradicional. Además, el legado de Darrell incluye su alegato por el diálogo intercultural y la transdisciplinariedad para afrontar los grandes retos de nuestro tiempo, siendo asimismo un ejemplo de armonía entre la vocación científica y el compromiso cívico. Más allá de sus investigaciones e ideas, Darrell ha significado una fuente inagotable de inspiración ante la cuestión indígena y los grandes problemas ecológicos de la humanidad. Incluso a lo largo de la enfermedad que le arrebató la vida, Darrell continuó entusiasmado con nuevas investigaciones, contagiando a quienes le rodeaban su compromiso por los derechos ecológicos, culturales y espirituales de los pueblos indígenas.

* Josep-Antoni Garí compartió con Darrell Posey la vida universitaria de Oxford durante los años 1996-2000. Actualmente es consultor de la FAO.
E-mail: jgari@nimbus.geog.ox.ac.uk



Darrell A. Posey (izquierda) en el jardín de su casa en Oxford, en septiembre del 2000, junto con el autor (Josep A. Garí) y el etnobiólogo Pablo B. Eyzaguirre (derecha).

Darrell Posey nació en una familia de larga tradición agrícola en Kentucky, Estados Unidos, en 1947. Estudió biología y agricultura en la universidad, obteniendo una maestría en geografía y antropología. En 1977 inició trabajo de campo para su tesis doctoral en el territorio de los Kayapó, en la Amazonía de Brasil. Allí descubrió el vasto *corpus* de conocimiento ecológico de las comunidades indígenas, así como su riqueza cultural y espiritual tan estrechamente vinculada al entorno ecológico. Allí también fue testigo de cómo los proyectos económicos de la modernidad amenazaban la supervivencia del mundo ecológico, la integridad social y la cultura de los pueblos indígenas. Estas experiencias científicas y humanas alimentaron sus pioneras contribuciones etnoecológicas y su infatigable compromiso cívico por las comunidades indígenas y rurales del Sur.

Sus investigaciones en Amazonía contribuyeron al nacimiento y consolidación de la ciencia etnoecológica, demostrando cómo el conocimiento tradicional y los sistemas de manejo ecológico de las comunidades indígenas constituyen una herramienta excepcional para la conservación y uso sostenible de muchos ecosistemas complejos, tales como las selvas y sabanas

de la Amazonía. Sus trabajos científicos no sólo revelaron la amplitud del conocimiento tradicional, sino que dignificaron su importancia. Aunque despreciada durante mucho tiempo, su reivindicación del conocimiento ecológico indígena acabó calando a nivel internacional, así como fortaleciendo las movilizaciones indígenas de finales del siglo XX. Actualmente, las cuestiones que Darrell afanosamente investigó y reivindicó impregnan tratados internacionales, proyectos de desarrollo local, discursos indígenas y arduos debates públicos.

Además, el trabajo científico de Darrell ha fundamentado la metodología interdisciplinar y el diálogo intercultural como praxis imprescindible para los retos de la conservación de biodiversidad y el desarrollo social entre los pueblos indígenas del planeta. La ciencia de la etnoecología responde de una manera integral a las crecientes tensiones naturaleza-sociedad, aportando nuevas perspectivas para afrontar la vorágine del desarrollismo de la modernidad y la simultánea erosión del cosmos indígena. Bebiendo de las fuentes culturales indígenas y explorando alternativas interculturales, la ciencia de la etnoecología construye puentes para mejor comprender y actuar ante las cuestiones ecológicas y socioculturales actuales.

En la Amazonía, Darrell no se comportó únicamente como un científico que deseaba saciar sus inquietudes intelectuales, sino que fue sensible y combativo ante la grave problemática ecológica, social y cultural del mundo indígena. La Amazonía es particularmente víctima del modelo de desarrollo económico dominante, que ignora y arrasa el patrimonio ecológico y cultural. Revelar la riqueza del conocimiento tradicional implicaba, en la coherencia personal de Darrell, involucrarse en su defensa. Darrell no sólo lamentaba el desprecio y la violencia que se ciernen sobre las comunidades indígenas, sino que mostraba un inagotable activismo, siempre original e imaginativo, ante tales injusticias. Su lucha por la Amazonía ha sido una lucha por la dignidad del modo indígena de conocerla, cuidarla y comunicarse con ella. En 1987, Darrell viajó con dos jefes Kayapó a la sede del Banco Mundial, en Washington, para denunciar y frenar un nuevo proyecto hidroeléctrico de nefastas consecuencias ecológicas y sociales para las comunidades indígenas. La acción repercutió en los medios de comunicación internacionales, forzando al Banco Mundial a suspender

el proyecto. Al regreso a Brasil, Darrell fue detenido y acusado de traición al país. Pero ya había logrado apoyos internacionales, lo que incluso le permitió organizar el primer congreso de etnoecología en Brasil al año siguiente.

Arrancando de las problemáticas ecológicas e indígenas de Amazonía, Darrell abordó muy diversas cuestiones relacionadas, provocando el debate internacional con gran rigor y vehemencia. Por ejemplo, a través de la Sociedad Internacional de Etnobiología, se apresuró a enraizar una mayor responsabilidad ética entre los profesionales involucrados en el ámbito indígena, como antropólogos y biólogos. En la Cumbre de la Tierra de 1992, Darrell presidió el Parlamento de la Tierra, dando voz y fuerza a líderes indígenas ante las discusiones intergubernamentales sobre ecología y desarrollo. Más recientemente, abordó la cuestión de la propiedad intelectual sobre recursos genéticos, defendiendo los derechos indígenas sobre la biodiversidad y el conocimiento tradicional frente a la imposición de regímenes cerrados de propiedad intelectual y a los intereses lucrativos de las empresas biomédicas. Finalmente, cabe destacar que Darrell ejerció de polo de atracción plural de expertos, investigadores, representantes indígenas y activistas para la discusión de temas clave que afectan la ecología y el desarrollo, como muestra su edición de la obra *Cultural and Spiritual Values of Biodiversity* (UNEP, 1999), con 300 autores de muy diversa procedencia y condición.

Durante la década de 1990, Darrell se estableció en la Universidad de Oxford, sin cesar de viajar por el planeta comunicando sus ideas, estimulando la arena pública y creando nuevos espacios para la etnoecología y los derechos indígenas. La vida de Darrell en Oxford era modesta, aunque perceptible. Sus conferencias destacaban no sólo por la calidad o la provocación intelectual, sino especialmente porque abrían nuevos horizontes y animaban el auténtico espíritu universitario. Ante sus detractores, Darrell no se obstinaba en defender los propios planteamientos, sino que sabía sutilmente dismantelar los argumentos ajenos. Era una persona atenta y, pese a sus múltiples compromisos, disponía de tiempo para compartir unas cervezas con estudiantes y disfrutar de la genuina vida universitaria. Sabía que la preocupación por las generaciones futuras, un concepto tan bogante en la arena ambientalista, debía arrancar de la dedicación a los jóvenes.



BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

Durante la IV Conferencia de Naciones Unidas sobre la *Convención de Biodiversidad*, donde se discutía un artículo clave para el reconocimiento de los derechos indígenas, me mantuve en contacto con él, pues no pudo atender la reunión. Le fui comentando el progreso de las negociaciones y la posición que los observadores de ONG y las organizaciones académicas íbamos adoptando. En un momento determinado le pedí consejo sobre una cuestión que se iba a debatir. Darrell no quiso darme una respuesta concreta, pese a que seguramente la poseía, sino que me dijo que confiaba en lo que los más jóvenes creyéramos. Para Darrell, la juventud significaba

el relevo, la oportunidad para el optimismo ante las tragedias indígenas y ecológicas del planeta.

Pese a su reconocimiento internacional, Darrell no daba especial importancia a su persona, pero era consciente de la gran trascendencia de los temas a los que se dedicaba. Luchó con tesón, aunque siempre mantuvo un talante abierto, dialogante, imaginativo y, a la vez, con un acento irónico. Más que tratar de convencer con sus ideas o crear escuela, Darrell inspiraba. Inspiraba reflexión, sensibilidad y compromiso. Por ello, Darrell no sólo ha librado una lucha por la dignidad indígena, sino que la ha arrojado sobre nuestras espaldas.

La revista *Ecología Política* en América Latina

Números actuales y atrasados disponibles en

ARGENTINA

Jorge Waldhuter Ediciones

Salguero, 723, 3.º B

Fax 85661 49 - 1177 C.F. Buenos Aries

COLOMBIA

Siglo del Hombre

Avda. 32, N° 25-46/50

Tels. 337 94 60 - 344 00 42 - Fax 337 76 65

Santa Fé de Bogotá

ECUADOR

Libri Mundi

Juan León Mera, 851 - P.O. Box 17-01

Tel. 52 16 06

3029 Quito

e-mail: librimu@librimundi.com.ec

MÉXICO

Editorial Juventud SA de CV

Herodoto, N° 42 - Tel. 203 97 49

Colonia Anzures

11590 México, D. F.

e-mail: juventud.mex@ghmmexico.com

PUERTO RICO

Merino y Sánchez

Avda. Las Palmas 1.108, Pda 18 - Tel. 723 78 27

03938-0024 San Juan

e-mail: merinoysanchez@excite.com

CHILE

Inst. de Ecología Política - ECOCENTRO

Seminario 774 - Nuñoa - Tel. 56.274 61 92

Santiago

e-mail: econoticias@terra.cl.

VENEZUELA

Euroamericana de ediciones

Avda. Francisco Solano

Edif. Lourdes, piso 4, ofic. 11

Sabana Grande

Tels. 761 22 89 - 763 02 63

Fax 762 63 58 - Aptdo. de Correos 76296

1070 Caracas - Venezuela

e-mail: warpediciones@cantere.net.



JOSÉ BOVÉ Y FRANÇOIS DUFOUR

**El mundo no es una mercancía
Los agricultores contra la comida basura**

El mundo no es una mercancía propone una alianza de consumidores, ecologistas y campesinos frente a la globalización. Sobre todo exploran las nuevas vías de futuro: producir mejor y de otra manera; crear nuevos empleos agrícolas; preservar el medio ambiente y los recursos naturales.

280 pp - PVP 2.500

SUSAN GEORGE

Informe Lugano (Sexta edición)

Algo más que política ficción. Un informe abrumador, documentado, apasionado y apasionante, que consigue como ningún otro desarmar los mecanismos fundamentalmente perversos del capitalismo ultraliberal: un horror ecológico, económico y social.



256 pp - PVP 2.500



BERNARD CASSEN, FRANÇOIS CHESNAIS, LUIS EDO, CARLOS FRADE, SUSAN GEORGE, ELLEN GOULD, PIERRE-ANDRÉ IMBERT, BRUNO JETIN, JEAN DE MAILLARD, JOSÉ MANUEL NAREDO, DOMINIQUE PLIHON, LUIS DE SEBASTIÁN, ÉRIC TOUSSAINT y JOSÉ VIDAL-BENEYTO

**ATTAC. Contra la dictadura
de los mercados: Alternativas a la mundialización neoliberal**
(Segunda edición)

Una visión crítica sobre los mecanismos de la especulación y los países fiscales, las consecuencias de la deuda y los fondos de pensiones; que aporta herramientas de reflexión y acción demostrando que «otro mundo es posible».

160 pp - PVP 1.400

Icaria ✿ editorial

Ausias Marc 16, 3.º, 2.ª / 08010 Barcelona

Tel. (93) 301 17 23 - 301 17 26 - Fax (93) 317 82 42 - www.icariaeditorial.com



La tormenta de «el nuña»

Grupos andinos protestan por la patente del frijol nuña

Silvia Ribeiro

TESTIMONIOS DESDE EL TRIBUNAL

«El frijol nuña es parte de la herencia andina. Es nuestro tesoro. Que una empresa patente una cruz de nuña, reclamando el mérito de haber inventado esta variedad de frijol como novedad mundial, es inmoral y viola los derechos de todos los grupos indígenas», dijo Elías Carreño, coordinador de la campaña «Parar la biopiratería en los Andes», campaña que impulsa la Asociación Kechua-Aymara para la Conservación de la Naturaleza y el Desarrollo Sostenible, ANDES.

Ancianos indígenas de seis comunidades andinas que cultivan frijol nuña se reunieron en febrero de este año para celebrar un tribunal tradicional quechua, con el fin de deliberar acerca de la patente número 6, 040, 503 del gobierno de los Estados Unidos sobre la semilla de este frijol «palomero» concedida a una empresa procesadora de alimentos, la Appropriate Engineering and Manufacturing. La característica genética que ocasiona el inflamamiento del frijol al cocerlo, se encuentra únicamente en el frijol nuña de los Andes, el mismo que los «inventores» reclaman en su patente. Después de escuchar el testimonio de testigos expertos, el tribunal indígena presentó su veredicto, que fue tajante en su crítica sobre los monopolios de la propiedad intelectual, considerados como depredadores del conocimiento, los derechos y los recursos de los pueblos indígenas.

«Ayahuasca, quinua, y ahora nuña», expresó Carreño, al referirse a las controvertidas solicitudes de patentes sobre plantas medicinales, alimentos y cultivos utilizados de manera tradicional en la cultura andina. (Las patentes de ayahuasca y quinua fueron revertidas o abandonadas posteriormente debido a las protestas de los pueblos indígenas). «Esas plantas representan la herencia colectiva y el conocimiento de nuestro pueblo, y no permitiremos pasivamente que nuestro frijol nuña sea expropiado por un patente monopólica».

El tribunal hizo una enérgica declaración pública en la que promete luchar contra la patente sobre este frijol, y demandó que el Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT) con sede en Cali, Colombia, cumpla con el compromiso que contrajo en el marco del «Acuerdo de Fideicomiso» de Naciones Unidas para mantener las variedades de frijol domesticadas por los agricultores en el dominio público y fuera de los alcances del sistema de patentes y propiedad intelectual.

«El CIAT cuestionó la patente del frijol amarillo «Enola» en México durante el año pasado, y ahora le pedimos que defienda nuestros derechos y ejecute acciones similares en el caso de la patente del nuña,» informó Moisés Quispe Quispe, miembro de la Federación de Agricultores del Nuña en Cusco, Perú.

EL NADA NUEVO FRIJOL NUÑA

El objeto de la patente que ha escandalizado a los mejoradores del frijol, a los pueblos indígenas y a otros grupos de la sociedad civil, es una variedad de frijol andino que salta cuando se fríe y brinca cuando explota. El nuña es muy nutritivo y sabe ligeramente a cacahuate. Es muy importante para las comunidades campesinas en los áridos Andes ya que para cocinarlo se requiere muy poca leña y no usa agua, porque la semilla se tuesta, no se hierve. Con sólo unos minutos en el fuego, los



La tormenta de «el nuña»

frijoles explotan literalmente, dejando la cascarilla a un lado, listos para comerse como bocadillo.

Alejandro Argumedo, un indígena quechua de los Andes peruanos, coordinador de la Red de Biodiversidad de los Pueblos Indígenas (IPBN por sus siglas en inglés) quedó perplejo cuando supo que una compañía de los Estados Unidos había patentado el frijol que él disfrutaba desde niño. «Este frijol tiene todo, excepto «novedad», dice Argumedo. «Mi madre acostumbraba tostarlos para nosotros, eran nuestra comida favorita. ¡No puedo creer que alguien pretendiera ser el inventor del nuña!» Si bien es prácticamente desconocido para el mercado estadounidense adicto a los bocadillos snacks, el frijol nuña es muy importante en la cultura andina y ampliamente cultivado como alimento básico en muchas regiones.

PATENTEMENTE RIDÍCULO

La patente fue otorgada en los Estados Unidos hace un año, el 21 de marzo del 2000, a la empresa Appropriate Engineering and Manufacturing, a través de los «inventores» Mark Sterner y Jeffrey Ehlers de California. Los mismos obtuvieron también la patente número WO99/11115, de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, según los lineamientos del Tratado de Cooperación de Patentes, y han informado que presentarán su solicitud de patente en otros 121 países. La patente permite a Ehlers y Sterner el monopolio exclusivo de la propiedad sobre las cruza del frijol nuña que por sus características puedan cultivarse con éxito fuera de los Andes. La patente incluye cruza de por lo menos 33 variedades andinas del nuña, que han sido tradicionalmente cosechadas y desarrolladas por siglos en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. «La continuación del desarrollo del frijol nuña en los Andes y en cualquier otro sitio está amenazado por esta patente», señaló Lucía Gallardo, de Acción Ecológica en Quito, Ecuador, «¡Es absurdo darle el control sobre un recurso tradicionalmente andino a una empresa estadounidense!»

Preocupados por el futuro: La patente no sólo significa un abuso hacia los indígenas andinos y las comunidades campesinas. Los mejoradores de frijol también están consternados. Carl Jones, agrónomo y genetista de la Universidad del Estado

de Oregon, que ha investigado mucho sobre cultivos andinos, considera que la patente significa una seria amenaza al mejoramiento de los frijoles en general. «La solicitud es en realidad un intento de patentar la característica del nuña que ha sido desarrollada y preservada por los pueblos andinos a través de los siglos. Esto limita severamente las posibilidades de continuar el mejoramiento de esta semilla, que podría beneficiar, en primer lugar, a los pueblos andinos que son quienes desarrollaron estas variedades de frijol.»

Jim Myers, un mejorador de frijoles también de la Universidad del Estado de Oregon, ha estado trabajando en el mejoramiento del nuña durante muchos años. Técnicamente, la patente limita (en los países donde ha sido aceptada) cualquier tipo de investigación sobre el nuña sin permiso de los «inventores». «Si saco al mercado cualquiera de las variedades en las que he estado trabajando, y alguien más desarrolla algún uso comercial, nos tendríamos que preocupar de si estamos infringiendo la patente», expresa Myers. Es poco probable, sin embargo, que los inventores detengan activamente la investigación científica, ya que cualquier desarrollo de nuevos usos para la leguminosa podría ser de gran beneficio económico para ellos. Myers ha expresado a RAFI que espera llegar a un acuerdo con los «inventores», de modo que sea posible sacar al mercado sus variedades sin violar la patente, sin embargo afirma que ésta «ciertamente tendrá un efecto negativo en cualquier investigación relacionada con el frijol.»

Si la patente frena la investigación sobre el nuña, las consecuencias negativas serían particularmente severas para los países del Sur. Tostar nuñas requiere menos leña que hervir otro tipo de frijoles, lo cual es muy importante para la economía y las condiciones ambientales en áreas del mundo donde el agua y el combustible maderable es escaso. Los agricultores del frijol en el CIAT, que es uno de los 16 centros de investigación internacional bajo el auspicio del Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agrícola (CGIAR, por sus siglas en inglés), piensan que el nuña podría contribuir al desarrollo económico de la región. El año pasado, funcionarios del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) enviaron a RAFI una copia de una carta de un eminente científico del CIAT expresando su preocupación acerca de la patente en cuestión. «Esperábamos que este tipo de frijoles cultivados en los Andes pudieran ser un buen sustituto para los cultivos ilegales, ade-



BIOTECNOLOGÍA, BIOPIRATERÍA

más de que este argumento es parte de la base por la cual el USDA brindó apoyo [para la investigación sobre el nuña.]» «Cuando haya enormes extensiones de tierra plantadas en los Estados Unidos con esta variedad ¿cómo podrán producir nuña para exportación los campesinos peruanos?» El científico citado también está alarmado por la eventualidad de que la patente pudiera limitar el mejoramiento y cultivo de frijoles en los países del Sur. «El mejoramiento de leguminosas, considerando a los Estados Unidos en primer lugar, está amenazado, según mi punto de vista, si otros agricultores no pueden mejorar variedades de frijol «palomero» utilizando las razas peruanas, bolivianas o estadounidenses que ya están adaptadas a las latitudes del norte. Planteará serias limitaciones al mejoramiento de frijoles y los beneficios de éste para la sociedad en general, por ejemplo, para los agricultores y campesinos de África.»

¿Un reclamo obvio? Algunos mejoradores de frijol también argumentan que la patente debe ser rechazada porque el método usado por los agrónomos fue «obvio», lo cual debió haberlo excluido del patentamiento. El mejoramiento de una variedad implica la cruce de semillas parentales para obtener semillas con las características que antes estaban separadas, y después seleccionar la progenie que combine las características deseadas. En el caso del frijol nuña, las cruces fueron obvias para cualquiera que sepa un poco sobre el arte de mejorar leguminosas. Si bien los «inventores» pudieron haber hecho un trabajo meticuloso en la selección, los resultados no son necesariamente novedosos. Los mejoradores de frijol han escrito desde hace tiempo sobre el nuña, sugiriendo cómo adaptar la variedad. «La patente hace exactamente lo que se recomienda en algunas de nuestras publicaciones», escribió el Dr. Dan Debouk, director de la Unidad de Recursos Genéticos en el CIAT. Los expertos reconocen que Ehlers y Sterner realizaron un trabajo serio con esta aluvia, sin embargo, mucha gente cuestiona si realmente la variedad lograda por ellos reúne los criterios de una invención patentable.

PÉRDIDA DE CONFIANZA

La patente es particularmente ofensiva para los campesinos de los Andes y de los pueblos indígenas, porque abarca cruces que

incluyen no menos de 33 variedades de nuña tradicionalmente cultivadas y desarrolladas a través de los siglos en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. La patente 6, 040, 503 de los Estados Unidos menciona las 33 variedades de nuña que se encuentran en la colección nacional de germoplasma del USDA. Todas las variedades de nuña listadas en la patente fueron proporcionadas voluntariamente por comunidades campesinas peruanas para ponerlas en el dominio público con el fin de asegurar el mantenimiento continuo de la biodiversidad de semillas del planeta. En 1994 la creciente preocupación sobre la privatización de las colecciones públicas llevó a que la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación de Naciones Unidas) declarara que el germoplasma designado presente en los bancos del CGIAR se colocara bajo la protección de un Acuerdo de Fideicomiso que lo sitúa fuera de las restricciones del monopolio ejercido por las patentes. De las 33 variedades de nuña listadas en la patente en cuestión, nueve también se encuentran resguardadas bajo esta figura jurídica en la colección internacional de leguminosas del CIAT. Todas son variedades del dominio público, y todas son variedades de los campesinos, recolectadas en Perú.

Aunque el CGIAR no ha manifestado su posición acerca de la patente sobre el frijol nuña, las autoridades del CGIAR expresaron su preocupación acerca de la misma en el Foro Global sobre Investigación Agrícola en Dresden, en mayo del 2000.

OFENSA REINCIDENTE

Uno de los dos «inventores» del nuña ya es conocido para RAFI. En 1996 Jeffery Ehlers obtuvo un certificado de derechos de obtentor de la variedad «Kunde Zulu», un tipo de arveja que Ehlers aseguró había desarrollado a partir de una investigación en que participó siendo empleado del Instituto Internacional para la Agricultura Tropical en Nigeria (IITA- institución hermana del CIAT en Nigeria), utilizando germoplasma africano de esta leguminosa. Aunque este otorgamiento de «derechos» ocasionó conflicto por el acuerdo que el Instituto tiene con la FAO, de acuerdo con información de RAFI, el IITA no ha planteado una apelación legal. Y que no lo haya hecho constituye una violación del Acuerdo de Fideicomiso mencionado.

«Esta vez, Ehlers obtuvo una patente de amplio espectro de utilidad, y ha hecho equipo con Mark Sterner, dueño de una compañía que puede lanzar al mercado este frijol», según informó Julie Delahanty de RAFI, quien ha estado siguiendo el caso. «Inland Empire Foods, la compañía de Sterner, es una empresa procesadora de alimentos que se especializa en legumbres deshidratadas para el mercado de comida naturista en los Estados Unidos. Es claro que ellos esperan convertir la patente del frijol palomero en un producto comercial con un sabor novedoso y una historia interesante.»

El cuadro siguiente proporciona mayor información acerca de las nueve accesiones listadas en la patente que se encuentran incluidas en el Centro Internacional de Agricultura Tropical como parte de su colección de alubias. Todas están protegidas, es decir, quedan fuera del sistema de patentes y propiedad intelectual según el Acuerdo de Fideicomiso con la FAO, y todas son variedades de los campesinos recolectadas en Perú. Fuente: base de datos del CGIAR Systemwide Information System for Genetic Resources (SINGER, <http://singer.cgiar.org>) y correspondencia personal con el personal del CIAT.

DANDO LA PELEA

Pero eso no ocurrirá si Alejandro Argumedo de la IPBN, Lucía Gallardo de Acción Ecológica y las otras organizaciones andinas que se han propuesto cuestionar la patente logran invalidarla. Otros grupos en América Latina también se proponen cuestionar a la OMPI por su participación en este caso. «La OMPI está permitiendo que esta patente sea aceptada en otros países, aunque asegura que busca promover la conservación y el desarrollo del conocimiento indígena. Es tiempo de denunciar el verdadero papel de la OMPI» afirma Gallardo.

Ehler y Sterner opinan que han hecho todo legalmente, según las reglas de la Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos (USPTO) y de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual y que no han violado ningún acuerdo internacional. «Aun si así fuera, esta patente sería moralmente inaceptable», afirma Pat Mooney, Director Ejecutivo de RAFI. «Usurpa la genialidad de los campesinos andinos a favor del lucro comercial de una compañía estadounidense. Utilizar esta sabiduría de las comunidades sin compensarlas ya es suficientemente negativo, pero además, la patente también hace difícil o imposible para estas comunidades desarrollar un cultivo que pueden exportar en el mercado mundial y que les reportaría ganancias, un cultivo que además pertenece a los pueblos andinos». Los grupos indígenas de la región están de acuerdo. «Es una lucha que ganaremos los pueblos de los Andes» concluye Argumedo.

Nombre Registro del USDA* Registro del CGIAR** Origen Fideicomiso FAO

1. Nuña 2 PI 298 820 G18 897 Perú Sí
2. Nuña Paloma PI 577 677 G12 575 Perú Sí
3. Nuña Aroma PI 577 678 G12 578 Perú Sí
4. Nuña Mani Roja PI 577 679 G12 582 Perú Sí
5. Nuña Frontina Negra PI 577 680 G12 585 Perú Sí
6. Nuña Condorcita PI 577 682 G19645 Perú Sí
7. Nuña Pava W6 4296 G19646 Perú Sí
8. Nuña Limona W6 4297 G19673 Perú Sí
9. Nuña Blanca Pequeña W6 4298 G19716 Perú Sí

*Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
** Grupo Consultivo en Investigación Internacional sobre Agricultura.

Por más información, contactar a:

Alejandro Argumedo, IPBN, Perú, ibpn@web.net, +51-84 246020;

Lucía Gallardo, Acción Ecológica, Ecuador, diverso@hoy.net, +593-2-230-676;

Julie Delahanty, RAFI, Canada, julie@rafi.org, 1-819- 827- 9949.



Declaración Andina contra el patentamiento del nuña

Las organizaciones firmantes, reunidas en el «Encuentro Andino sobre el ALCA y sus impactos económicos y ecológicos» en Quito en marzo del 2001, declaramos nuestro enérgico rechazo al patentamiento del frijol «nuña».

Consideramos esto un robo por parte de los que se declaran «inventores» —los señores Mark Sterner y Jeffrey Ehlers de California— quien también antes han intentado patentar otros cultivos tradicionales.

Estas variedades de frijol están, además, presentes en las colecciones del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y están cubierta por el Acuerdo de Fideicomiso de la FAO de Naciones Unidas. Por lo tanto, esta patente en una violación de este Acuerdo.

Exhortamos a la FAO y al CIAT a que honren este Acuerdo en letra y espíritu y cumplan con sus obligaciones de defender este germoplasma, tomando acciones contra las patentes mencionadas. Por nuestra parte, las organizaciones firmantes, nos sumamos a los reclamos ya realizados por otras organizaciones contra estas patentes seguiremos luchando a todos los niveles para cancelarla.

Julián Rea, COICC, Ecuador

Vicente Changoluiza, COICC, Ecuador

José Sopa, TUEP, Ecuador

Juan José Iza, COICC, Ecuador

Cristopher Watson, Student Action with farmers, U.S.A

Consuelo Escobar, GOCE/SERPAJ, Ecuador

Juan Carlos Obando, GOCE/SERPAJ, Ecuador

Romelio Gaulán, CONFEUNACCS, Ecuador

Alfredo Pérez, ECUARRUNARI, Ecuador

Manuel García, COPOCAR, Ecuador

Gloria Chicaiza, Acción Ecológica, Ecuador

Jorge Guachaguina, OEDVCI, Ecuador

Agustín Patiño, TUEP, Ecuador

Carmen Lozano, ECUARRUNARI, Ecuador

Gerard Coffey, CIAG, Ecuador

Fabian Aguirre, DECOIN, Ecuador

Alejandro Villamar, RMALC, México

Ernesto Játiva, FOES, Ecuador

Elizabeth Meza, ANUL-UR, Colombia

José Coronado, CCP, Perú

Miguel Gualoto, CEOSL, Ecuador

Jorge Escobar, CEDOCUT, Ecuador

Guillermo Saltos, CMS, Ecuador

Blanca Chancoso, CONAIE, Ecuador

Segundo Pantoja, INEC, Ecuador

Cecilia Chérrez, Instituto de Estudios Ecológicos del Tercer Mundo, Ecuador

Miguel Castro, REAVE, Venezuela

Silvia Ribeiro, RAFI, México

Juan Bosco, Organización Shuar, Ecuador

Sandy García, Asociación Moncar, Venezuela

Antonio Luzana, Nayumbi Alto, Ecuador

Manuel Macas, Nayumbi Alto, Ecuador

Gilberto Tapie, Organización de estudiantes Indígenas de Nariño, Colombia

Esperanza Martínez, OILWATCH, Ecuador
Iván Yandún, Organización de estudiante

Indígenas de Nariño, Colombia

Rodrigo Collaguazo, CONFEUNASSC, Ecuador

Víctor Hugo Jijón, C.D.D.H, Ecuador

Alfonso Román, Acción Ecológica, Ecuador

Angel Cun, Fundación Horizonte Ecológico, Ecuador

Juan Odes, FOGNER, Ecuador

Judith Flores, Convergencia Democrática por una Nueva Sociedad, Ecuador

Fabian Sevilla, Convergencia Democrática por una Nueva Sociedad, Ecuador

Víctor Torres Lozada, Confederación Campesina del Perú, Perú

Washington Mendoza, Confederación Campesina del Perú, Perú

Wilder Sánchez, Confederación campesina del Perú, Perú

Raúl Moscoso, Asociación Panamericana de Fuentes, Ecuador

Lucía Gallardo, Acción Ecológica, Quito