

# RECURSOS GENÉTICOS, BIOTECNOLOGÍA Y PROPIEDAD INTELECTUAL

**D. Granados Sánchez; G. F. López Ríos;  
M. Á. Hernández-García**

División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo,  
km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México.  
C. P. 56230. MÉXICO.

## RESUMEN

Una de las tecnologías más polémicas es la ingeniería genética o biotecnología. Los partidarios de la manipulación genética creen que la mayoría de los graves problemas que afectan a nuestra sociedad, desde el cáncer y el sida a las malformaciones genéticas, y desde el hambre del Tercer Mundo a los problemas de contaminación, pueden ser superados con dicha tecnología: la posibilidad absoluta de diseñar cualquier ser vivo de acuerdo con las necesidades de la industria y el consumismo. Dentro de unos años, prácticamente todos los cultivos podrán ser manipulados genéticamente y los especialistas y empresas serán los dueños del recurso genético. La opinión contraria considera que las plantas serán diseñadas por un ordenador de acuerdo con los intereses de las empresas más poderosas. El impacto real sobre los ecosistemas es impredecible. La biotecnología parece olvidar que las especies vegetales son fruto de una lenta y larga interacción entre sí y con un cúmulo de factores ambientales. En la naturaleza, cualquier cambio individual sucede en relación con el conjunto del ecosistema, mientras que la biotecnología implica una intromisión brusca y peligrosa en supuesto «beneficio» de una sola especie. Una muestra la constituyen las diferentes clases de trigo que existen en Etiopía, país del que es originario este cereal. En la naturaleza, la introducción de especies manipuladas genéticamente podría ocasionar la aniquilación de muchas variedades cultivadas (erosión genética).

**PALABRAS CLAVE:** biodiversidad, cultivo, patentar, genes.

## GENETIC RESOURCES, BIOTECHNOLOGY AND INTELLECTUAL PROPERTY

### SUMMARY

One of the most controversial technologies is the genetic engineering or biotechnology. Those in favour of the genetic manipulation think that most of the serious problems affecting our society, from the cancer and AIDS to the genetic malformations, and from the hunger of the Third World to the contamination problems, they can be surpassed with this technology: the absolute possibility to design any alive being in agreement with the industry and consumerism needs. Within some years, practically all crops could genetically be manipulated and the geneticists and companies will be the owners of the genetic resource. The opposite opinion considers that the plants will be designed by computer according to the interests of the most powerful companies. The real impact on the ecosystems is unpredictable. The biotechnology seems to forget that plant species are fruit of a slow and prolonged interaction to each other and with a load of environmental factors. In nature, any individual change happens in relation to the set of the ecosystem; while the biotechnology implies an abrupt and dangerous interference in assumption "benefit" of a single species. A sample is constituted by the different classes of wheat existing in Ethiopia, country of which is native this cereal. In nature, the introduction of genetically manipulated species could cause the destruction of many varieties, in genetic erosion.

**KEY WORDS:** biodiversity, culture, to patent, gens

### INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica engloba a todos los organismos que habitan la Tierra. Si bien el término abreviado "biodiversidad" apenas se conocía antes de 1988 hoy en día

es una palabra popular, utilizada por dirigentes políticos, ciudadanos y medios de comunicación en todo el mundo. La biodiversidad se refiere a toda la gama de organismos que se pueden encontrar en la naturaleza, lo cual es enorme. Para entender este mundo infinito los científicos enfocan el

análisis en varios niveles como: diversidad genética, diversidad de especies y diversidad de ecosistemas.

La diversidad genética comprende la variación de genes dentro de una especie. Abarca distintas poblaciones de la misma especie (como las miles de variedades tradicionales de arroz en la India) o variaciones genéticas dentro de una misma población (que son muy elevadas entre los maíces de México, y muy bajas entre los mangos introducidos en este país, por ejemplo). Hasta hace pocos años, se medía principalmente la diversidad genética de las especies y poblaciones domesticadas que se encontraban en los zoológicos y jardines botánicos, ahora las técnicas se aplican a las especies silvestres.

Aun cuando los científicos no han resuelto un método óptimo para definir la diversidad biológica, a menudo se usa el número de especies de una región, es decir, su "riqueza"; sin embargo una medida más precisa es aquella que toma en cuenta las relaciones de parentesco entre las especies, lo cual se enmarca como "diversidad taxonómica". Por ejemplo, una isla con dos especies de aves y una de lagartijas tiene mayor diversidad que una isla con tres de aves pero ninguna de lagartijas (Barrett, 1984; Zizumbo, 1985).

La diversidad biológica en los ecosistemas resulta más complicada de medir porque es difícil determinar los "límites" de los ecosistemas y de las comunidades; es decir, las asociaciones de especies. No obstante, mientras no se utilice un conjunto congruente de criterios para definir las comunidades y los ecosistemas, sólo puede estimarse su número y distribución. Hasta el momento, esto se ha aplicado principalmente a nivel mundial, pero las definiciones aún resultan imprecisas e incompletas. Sin embargo, para alcanzar metas específicas en materia de políticas sobre el manejo de la biodiversidad, es importante analizar otras expresiones en los ecosistemas, tales como la abundancia relativa de especies, la estructura por edad de las poblaciones, el modelo de comunidades de una región, los cambios en la composición y estructura de la comunidad a través de los años, e incluso los procesos ecológicos como la conducta depredatoria, el parasitismo, etc. (Arora *et al.*, 1991)

La diversidad cultural podría considerarse también parte de la biodiversidad. Al igual que la diversidad genética o de la especies, ciertos atributos de las culturas (por ejemplo, el nomadismo o el cultivo itinerante) representan "soluciones" al problema de la supervivencia en ambientes específicos. Y, como sucede en otros aspectos de la biodiversidad, la diversidad cultural ayuda a los pueblos a adaptarse a condiciones cambiantes. La diversidad cultural se manifiesta en la variedad de idiomas, creencias religiosas, prácticas de manejo del suelo, arte, música, estructura social, selección de cultivos, dieta y muchos otros atributos de las sociedades.

## Pérdida de biodiversidad

En todo el mundo existe cada vez una mayor toma de conciencia con respecto al valor y fragilidad de la diversidad biológica, ya sea por extinción de las especies, por reducción de los recursos genéticos o por destrucción de los ecosistemas. A pesar de la mayor apreciación y toma de conciencia de la biodiversidad y del meticuloso trabajo de los convenios internacionales para conservarla, la pérdida de diversidad biológica continúa. Los bosques desaparecen, la pesca se está acabando y, en general, la diversidad genética vegetal y animal se degrada en todo el mundo (Barrett, 1984).

- Los bosques tropicales desaparecen a un ritmo apenas inferior al 15 % anual; es decir 29 hectáreas por minuto. Entre 1980 y 1990 la pérdida igualó una superficie equivalente a la del Ecuador y Perú juntos.
- En todas las zonas pesqueras del mundo se pesca al límite o más allá de los límites. Alrededor del 70 % de las especies marinas convencionales del mundo están siendo explotadas, sobreexplotadas, agotadas o se encuentran en proceso de recuperación por haber sido sometidas a la pesca excesiva. Durante el siglo XX, aproximadamente 980 especies pesqueras ocuparon el *status* de especies amenazadas. (Alcorn, 1984)
- Un nuevo estudio estima, con una postura conservadora, que 34,000 especies de plantas (12.5 % de la flora mundial) están cercanas a la extinción. Por lo menos una de cada ocho especies vegetales conocidas en la Tierra se encuentra amenazada.
- Por cada planta que se extingue desaparecen 30 especies, muchas de las cuales son microorganismos. Algunos biólogos advierten sobre el hecho de que los agentes fitopatógenos (incluidos hongos, virus y bacterias) deberían ser conservados al igual que las demás especies porque cumplen una función vital en el funcionamiento de los ecosistemas (Altieri, 1993).

Se ha observado que la extinción de especies en la historia reciente, se debe a la modificación, fragmentación o destrucción del hábitat por el hombre (Figura 1), ya que el aislamiento de las poblaciones acelera su desaparición.

El impacto que acarrear las actividades humanas sobre la biodiversidad existente puede ser positivo o negativo; por ejemplo, la importación de nuevas especies a un hábitat suele enriquecer la biodiversidad, si las especies exóticas encuentran un nicho, o reducen la biodiversidad si tienen ventajas comparativas sobre las especies tradicionales. En adición a estos procesos determinísticos, los procesos estocásticos también afectan la dinámica poblacional de las especies. Estos últimos están definidos por: (a) la



FIGURA 1. Impacto de diversas actividades sobre la biodiversidad actual.

incertidumbre demográfica, como resultado de eventos aleatorios en la reproducción y supervivencia de los individuos; (b) La incertidumbre genética, expresada en los cambios aleatorios de la constitución genética; (c) la incertidumbre ambiental causada por los cambios impredecibles en el tiempo, plagas y el abastecimiento de nutrientes; (d) catástrofes naturales como fuegos, inundaciones y sequías. El impacto de estos procesos estocásticos en la biodiversidad, dentro de un hábitat específico, no siempre implica una declinación en la biodiversidad (Hernández, 1978); no obstante, el impacto directo de la intervención humana, junto con los procesos estocásticos que se dan en relación a esto, si han sido los causantes de una gran pérdida de especies. (Crawley y Harral, 2001)

Si bien la biodiversidad es comúnmente concebida como un tema ambiental, es un tema profundamente político, que nos lleva a varias reflexiones como las siguientes: ¿Quién debería tener la capacidad de poseer y controlar los diversos componentes de la biodiversidad? ¿Cuál es la mejor manera de conservar y utilizar la biodiversidad? ¿Cómo se regulará el acceso a los recursos genéticos y cómo se compartirán los beneficios derivados de su utilización de manera equitativa y sustentable? ¿Quién adoptará las decisiones?

### Pérdida de recursos fitogenéticos

Ha habido una considerable pérdida de diversidad en los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y actualmente, desaparecen a ritmos sin precedentes. Nadie sabe cuánta diversidad llegó a existir en las especies domesticadas, de manera que es imposible determinar exactamente cuánto se ha perdido históricamente.

Se estima que existen alrededor de 360,000 especies vegetales, de las cuales sólo se tiene registro de unas

300,000 especies. El 10 % (i. e. 30,000) de estas plantas son comestibles y alrededor de 7,000 han sido cultivadas o colectadas por el hombre como alimento o para otros propósitos agrícolas en alguna época (Williams, 1993). Las estadísticas de producción mencionan aproximadamente 200 especies de plantas cultivadas, pero solamente 30 de estos cultivos “alimentan al mundo”, esto es, proporcionan en conjunto 95 % de energía en la dieta o proteína. Sólo tres cultivos, arroz (26 %), trigo (23 %) y maíz (7 %) proporcionan más del 50 % del abastecimiento energético del alimento global, derivado de los cultivos (FAO, 1995; Hawkes, 1991; Alcorn, 1984), (Muñoz, 2004).

El estrechamiento de la diversidad de las especies no es sólo evidente en la producción de cultivos en los campos de los agricultores, sino que además la diversidad varietal en la agrobiodiversidad parece estar reduciéndose. La pérdida de diversidad genética es uno de los principales incentivos para los esfuerzos de conservación; sin embargo, ha habido sólo pocos estudios sistemáticos que proporcionan estimaciones cuantificables acerca de la proporción de reducción real en la agrobiodiversidad (Figura 2).

Se sabe que el germoplasma se pierde aún dentro de los “bancos de germoplasma” a una velocidad muy rápida; por ejemplo, actualmente se destruye más diversidad genética de maíz dentro de los bancos de germoplasma que afuera de ellos”. De acuerdo a Brush (1989) se pierde germoplasma en los programas de entrecruzamiento vegetal y en sus propios agroecosistemas nativos a causa de la reducción del hábitat o por sustitución de cultivares tradicionales por los cultivares “mejorados”. Además:

- Las razas de animales domésticos están desapareciendo a un ritmo anual del 5 %; es decir seis razas por mes. Según la FAO (1995), la existencia de casi un tercio de la totalidad de razas de ganado se encuentra en peligro o en estado crítico.
- Nuevas estimaciones de la FAO (1995) indican que hay 828 millones de personas crónicamente desnutridas en el mundo, lo cual va en aumento. La pérdida de biodiversidad amenaza la seguridad



FIGURA 2. Estrechamiento de la diversidad de especies en la agrobiodiversidad.

alimentaría, especialmente para los pobres, quienes dependen de los productos biológicos (entre 85 y 90 %) para sus necesidades de subsistencia (alimentos, medicamentos, combustible, fibras, vestimenta, refugio, energía, transporte, etc.).

- Desde el comienzo de este siglo se ha perdido 75 % de la diversidad genética de los cultivos agrícolas. Cada día dependemos más de menos variedades agrícolas; es decir, de un acervo genético en rápida disminución. La razón primordial de ello es que variedades comerciales uniformes están sustituyendo a las tradicionales, incluso –y eso es lo más grave– en los centros de diversidad biológica. Cuando los agricultores abandonan las razas autóctonas para cultivar nuevas variedades vegetales, las tradicionales acaban desapareciendo.
- La introducción, de cereales de alto rendimiento desarrollados por centros fitogenéticos internacionales a comienzos de los años cincuenta, dio lugar a la “Revolución Verde”. Hubo una enorme difusión de esas nuevas variedades en el mundo en desarrollo y para el año de 1990, cubrían la mitad de todas las tierras trigueras y más de la mitad de todos los arrozales; unos 115 millones de hectáreas en total. Esto produjo grandes aumentos de rendimiento, pero también una gran reducción en la diversidad agrícola.

Según Wilkes (1988), las variedades mejoradas eliminan los recursos sobre los cuales se basaron. La enorme diversidad genética de razas locales y de variedades criollas que se han venido desarrollando desde el comienzo de la agricultura, están siendo suplantadas por un pequeño número de variedades de alto rendimiento que son adecuadas para la agricultura de altos insumos (Wilkes, 1988; Brush, 1989).

Para mantener la resistencia a las plagas y enfermedades en los principales cultivos alimentarios, o para desarrollar rasgos convenientes como la tolerancia a la sequía o una mejor harina, los fitomejoradores necesitan nuevas aportaciones de genes procedentes de las variedades primitivas y para desarrollar los cultivares de alto rendimiento y de élite de una agricultura moderna, hay que recurrir a una corriente constante de plasma germinal nuevo y exótico. Por ejemplo, los investigadores tratan siempre de desarrollar nuevas variedades para llevar la delantera a miles de plagas y enfermedades que amenazan los cultivares modernos. Por tanto, si no tienen acceso a las razas tradicionales y a sus parientes silvestres (por su eminente desaparición), la agricultura moderna se verá gravemente amenazada (Zizumbo, 1985).

### **Pérdida de diversidad cultural**

Hoy en día, existe un reconocimiento creciente de que la pérdida de *diversidad cultural* de comunidades agrícolas

tradicionales, así como los idiomas y las culturas indígenas, está estrechamente vinculada con la pérdida de diversidad biológica. Las comunidades indígenas y locales que conservan lenguas ancestrales están seriamente amenazadas por la asimilación lingüística y corren un grave riesgo de perder la soberanía sobre la tierra, los recursos y sus tradiciones culturales. En la medida en que se ven cada vez más marginadas, las comunidades pierden el conocimiento local, la capacidad innovadora, su sabiduría con respecto a las especies y los ecosistemas donde viven (Crawley & Herral, 2001).

La desaparición de comunidades agrícolas tradicionales, lenguas y culturas indígenas representa una reducción del legado intelectual de la humanidad en gran escala. Equivale a perder un mapa de ruta hacia la supervivencia, la clave para la seguridad alimentaria y la estabilidad ambiental, ya que dichas comunidades han aprendido a través de miles de años a convivir con su entorno. Por lo tanto, es cada vez más difícil hablar de conservación y uso sustentable de genes, especies y ecosistemas separado de las culturas (Williams, 1993).

### **Centros de origen y diversidad**

Los principales cultivos sembrados y consumidos por la inmensa mayoría de la población en el mundo, tienen sus orígenes en las zonas tropicales y subtropicales de Asia, África y América Latina. A lo largo de los años, los agricultores de estos centros de origen, han seleccionado y domesticado los principales cultivos alimentarios de los que hoy depende la humanidad; por ejemplo: el trigo y la cebada tuvieron su origen en el cercano Oriente; la soja y el arroz provienen de China; el sorgo, el ñames y el café de África; las papas y los tomates de América del Sur y el maíz de Mesoamérica y América del Sur.

Miles de variedades diferentes y genéticamente distintas de grandes cultivos alimentarios deben su existencia a millones de años de evolución y a su atenta selección y crianza por agricultores, antepasados nuestros, durante los 12,000 años que tiene la agricultura. La papa, por ejemplo, que tuvo su origen en los Andes peruanos y bolivianos, hoy día la podemos encontrar cultivada por debajo del nivel del mar, tras los diques levantados por los holandeses, o en las alturas de las montañas del Himalaya. Hay una variedad de arroz que sobrevive en solo 60 cm de precipitación anual y otra que vive en suelos inundados (Treviño, 1990).

La diversidad fitogenética sigue concentrándose principalmente en regiones conocidas como “centros de diversidad”. Los agricultores de esas zonas, que todavía practican la agricultura tradicional, cultivan variedades locales conocidas como “razas originales” que han sido seleccionadas a lo largo de muchas generaciones. Las especies estrechamente emparentadas que sobreviven en

la flora silvestre se conocen como “parientes silvestres” de los cultivos. Esas razas y sus parientes silvestres constituyen el acervo básico de nuestra diversidad genética agrícola.

### Uniformidad vs. Diversidad

Desde que las primeras plantas cultivadas fueron cosechadas por el *Homo sapiens*, uno de los objetivos primordiales ha sido la obtención de variedades con características benéficas y deseables. Gracias a los estudios sobre la cría de variedades es que la genética moderna hizo su aparición. En la actualidad las técnicas convencionales de cultivo han proporcionado una gran cantidad de información sobre los caracteres genéticos de las plantas, que han permitido mejorar en todo el mundo la calidad y la cantidad de las cosechas (Frankel, 1988).

Todos los años, en alguna parte del mundo, la uniformidad genética de los cultivos da lugar a pérdidas de producción. Las plagas y enfermedades en constante mutación rebasan las defensas de las variedades vegetales e invaden los campos. Esto ha provocado enormes pérdidas que a veces han llegado a ser catastróficas. Por ejemplo, la uniformidad genética de los cultivos de papa en Irlanda, en la década de 1840, dejó expuesto el suministro del alimento básico del país a una enfermedad devastadora y a pérdidas enormes de producción. Antes de que desaparecieran sus efectos habían muerto dos millones de personas y varios millones más habían huido a América del Norte. En la década de 1970, los cafetales de Sri Lanka quedaron arrasados por la roya (la uniformidad genética había expuesto los cafetales al ataque de la roya). El resultado fue que los británicos se convirtieron en consumidores de té.

La causa de la gran hambruna que azotó Bengala en los años cuarenta y de los millones de muertes que produjo puede encontrarse, en parte, en la vulnerabilidad genética de los cultivos de arroz de la región al ataque de la mancha marrón. Un nuevo ataque de marchitamiento del maíz, que apareció por primera vez en Filipinas en los años sesenta, cruzó el Pacífico y devastó los maizales de los Estados Unidos en 1970. En los estados meridionales se llegó a perder la mitad de los cultivos, por lo que los ingresos agrícolas del país se redujeron en 1,000 millones de dólares ese año.

Tres años más tarde, el trigo de invierno de la ex URSS, sensible al frío y genéticamente uniforme, se vio diezmado por un invierno anormalmente severo, de manera que se produjo un caos en los mercados mundiales de los cereales. Durante toda la década de 1970, los repetidos ataques de la cicadela parda a los cultivos de arroz de Asia redujeron las cosechas entre 30 y 50 % en algunos años. También, en ese caso, fue la uniformidad genética de los cultivos el principal factor que contribuyó a la pérdida de alimentos (Frankel, 1988).

La mayoría de estos problemas se superaron identificando en primer lugar genes de resistencia y adaptabilidad en las zonas de diversidad de cada especie e introduciéndolos luego en las variedades cultivadas de las zonas de producción (Ferre & Van Rye, 2002).

En busca de una respuesta a cuestiones complejas, a finales de los años setenta, la comunidad internacional se convenció de que la aparente diversidad genética de la alimentación y la agricultura se estaba erosionando aun cuando la capacidad técnica para utilizar y transformar el germoplasma fuera en aumento. De pronto se advirtió que este recurso, poco conocido y aún menos comprendido, estaba escaseando y despertaba preocupación en todo el mundo.

Entre las cuestiones que se plantearon estaban las siguientes: ¿Cuál es el mejor sistema de recolección y de almacenamiento seguro de los inapreciables genes de los cultivos? ¿Quién controla el acceso al material genético? ¿Cómo comparte la comunidad mundial los beneficios de la diversidad genética? (Mooney, 1980).

En noviembre de 1985, la conferencia de la FAO aprobó dos resoluciones relativas al Compromiso Internacional sobre Recursos Fitogenéticos y el establecimiento de la Comisión de Recursos Fitogenéticos. Los Estados Miembros se comprometieron a colaborar, por medio de la FAO, para buscar una solución a esos problemas vitales (Bommer, 1990). Cuando se reunió la Comisión por primera vez en 1987, el vacío existente entre los donantes de germoplasma (el Hemisferio Sur) y los donantes de fondos y tecnología (el Hemisferio Norte) parecía imposible de ser colmado. Al haber perdido gran parte de la diversidad de sus propios cultivos, los países industrializados fueron los primeros en reconocer la necesidad de recoger y conservar semillas y la mayor parte de las obtenidas en los países en desarrollo se almacenaron en bancos de genes situados en el Hemisferio Norte. Esto no constituía necesariamente una protección contra la erosión genética, puesto que se carecía de apoyo financiero y conocimientos técnicos. Otra cuestión que dividía a los países industrializados y los países en desarrollo era si se habían de introducir o no los derechos del “obtentor” (forma de protección de la propiedad intelectual específica para las plantas) o una legislación en materia de patentes sobre las variedades vegetales (Hernández, 1978).

Los recursos genéticos de plantas y animales, independientemente de que se empleen en sistemas tradicionales de cultivo, en la cría tradicional o moderna, así como en la ingeniería genética, constituyen un patrimonio mundial de inestimable valor para toda la humanidad. A medida que se erosiona la diversidad genética se reduce nuestra capacidad de mantener y potenciar la productividad de la agricultura y la ganadería, junto con la capacidad de responder a situaciones cambiantes. Los recursos genéticos encierran la clave para aumentar la seguridad alimentaria y mejorar la condición humana.

La diversidad genética vegetal que se emplea en la agricultura; es decir, los cultivos que nos alimentan y sus parientes silvestres, se está perdiendo a un ritmo alarmante. Solamente nueve cultivos (trigo, arroz, maíz, cebada, sorgo/mijo, papas, batatas/ñame, caña de azúcar, soja) suponen más del 75 % de la contribución del reino vegetal a la energía dietética humana. No es probable que desaparezca ninguno de los cultivos básicos del mundo, pero también se ven amenazados, ya no por la pérdida de una sola especie como el trigo o el arroz, sino por la pérdida de la diversidad dentro de las especies.

La biodiversidad cumple un papel profundo en nuestras vidas cotidianas. Se calcula que 40 % de la economía mundial se basa en productos y procesos biológicos. Todos dependemos de la diversidad biológica para nuestro sustento. Sin embargo, aunque se reconoce la importancia de la biodiversidad para una agricultura sostenible, la diversidad genética de los agricultores se reduce mediante el desplazamiento de las variedades tradicionales y la introducción de variedades y cultivos modernos y, debido a que una parte creciente de los alimentos es proporcionada por un limitado número de cultivos y variedades, es crucial no solamente conservar la diversidad existente, sino además usar sus componentes de manera sostenible, para cubrir las necesidades presentes y futuras.

### Concentración de la producción de semillas

Es importante vigilar la tendencia hacia la concentración en la industria global de semillas, que se ha acompañado por un considerable descenso en el fitomejoramiento realizado en el sector público. En algunos sectores industriales, especialmente en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), hay señales de mercados muy concentrados. Por ejemplo:

- Las cinco empresas principales de semillas vegetales controlan el 75 % del mercado de semillas del mundo.
- Cuatro compañías dominan el 69 % del mercado norteamericano de semillas de maíz.
- A finales de 1998, una sola compañía controlaba el 71 % del mercado estadounidense de semillas de algodón.

El fitomejoramiento del sector privado y la venta de semillas han sido una herramienta muy eficaz en muchas partes del mundo para transferir la innovación en agricultura, especialmente a través de la provisión de plantones confiables. Estrategias tales como la segmentación del mercado podrían jugar su papel en aumentar la disponibilidad de tecnología de nuevos cultivos para los agricultores pobres del mundo en desarrollo. En el futuro, sin embargo, si el acceso a las innovaciones biotecnológicas y otras innovaciones relacionadas con el fitomejoramiento se

restringen a un puñado de compañías que controlan el manejo de semillas, existe la posibilidad de que unos pocos proveedores dominen el mercado, con repercusiones potencialmente graves para las opciones tecnológicas y la fijación de precios. La competencia libre y justa podría no ser posible en ausencia de una supervisión y reglamentación por parte del gobierno. La opción de leyes antimonopólicas es un mecanismo que podría utilizarse para detener la consolidación excesiva en la industria de producción de semillas (Arora *et al.*, 1991).

### Biotecnología y cultivos transgénicos

Actualmente, continúa gestándose una gran revolución en el campo de la biotecnología, con el objeto de desarrollar nuevas variedades de plantas cultivadas, con mayores cualidades nutritivas y con mayor resistencia a enfermedades e insectos, responsables de la destrucción anual de una parte importante de la producción mundial de alimento (Williams, 1993).

No obstante, hay un lado oscuro en la biotecnología. Como en los países desarrollados el principal objetivo de la biotecnología agrícola es la ganancia, algunas de las variedades producidas podrían lesionar las economías de los países en desarrollo, cuando se conciben como sustitutos de cultivos tradicionales. Por ejemplo, la ingeniería genética sería capaz de producir variedades que produzcan más aceites de los que se obtienen del coco o de la pepita de palma, los cuales, actualmente son importantes productos de exportación de muchos países tropicales (IBPGR, 1992; Ribeiro, 2004).

A pesar de estos inconvenientes, una ojeada al futuro incluiría sin duda grandes avances biotecnológicos en la producción de alimentos. La aplicación de la ingeniería genética a plantas, y animales ya ha creado los siguientes productos: (1) el Flavr Savr, un tomate que es cosechado inmaduro y llevado al mercado, con lo que se mantiene fresco más tiempo que los productos locales; (2) plantas de algodón con resistencia innata a los insectos, lograda con genes tomados de bacterias; (3) bacterias productoras de somatotropina bovina, hormona que induce en las vacas un aumento en la producción de leche. Los resultados de la biotecnología incluyen además, la incorporación de resistencia a los insectos en el maíz y en la papa, la resistencia a los virus en el camote, el melón y la papaya, la producción de vitamina A en el arroz, al aumento de proteínas en el maíz y la soya, así como tolerancia a la sequía en el sorgo y el maíz (Committee on Managing Global Genetic Resources, 1993).

**Cultivo de tejidos y fusión de protoplasmas.** Desde los años treinta los biotecnólogos han desarrollado técnicas para cultivar células vegetales en tubos de ensayo. Diminutos fragmentos de meristemo se implantan en condiciones estériles en un medio de cultivo que contiene

sales minerales y una combinación de compuestos orgánicos. En estas condiciones, las células meristemáticas proliferan y forman masas de células indiferenciadas. Centenares o millares de subcultivos pueden iniciarse a partir del tejido meristemático, en poco tiempo y utilizando muy poco espacio. Entonces mediante un cuidadoso equilibrio de hormonas en el medio, se puede inducir la formación, en cada tubo, de una plantita perfecta. Esta técnica, que se utilizó primero en el cultivo de orquídeas y otras especies de crecimiento difícil, se ha aplicado a muchísimas otras plantas con gran éxito (Brush, 1989; De Massi *et al.*, 1991).

En los últimos 20 años, ha sido posible, utilizando técnicas parecidas, cultivar **protoplastos** sueltos (células vegetales sin pared celular) en el laboratorio. Los protoplastos pueden cultivarse como células aisladas, como los cultivos de bacterias. Alternativamente, si se cultivan en un medio de cultivo adecuado, las células regeneran sus paredes celulares, se multiplican y se diferencian en nuevas plantas. Las plantas jóvenes producidas no sólo son genéticamente uniformes, sino también están libres de cualquier infección (Hardon *et al.*, 1994).

Los cultivos celulares se están usando para diversas aplicaciones. Por ejemplo, se usan para realizar pruebas rápidas sobre resistencia a enfermedades infecciosas o para detectar ciertos requerimientos nutricionales. De esta manera, los científicos pueden trabajar con una gran rapidez y realizar pruebas de diagnóstico a millones de células que crecen en un espacio pequeñísimo comparado con los individuos que pueden cultivarse en un terreno o en un invernadero. También existe la posibilidad de fusionar el protoplasto de especies diferentes para crear híbridos (Ribeiro, 2004).

La fusión de protoplastos parece que abriga grandes esperanzas para combinar las características interesantes de especies que genéticamente son incompatibles y no pueden cruzarse mediante técnicas convencionales. Se ha usado para crear híbridos entre especies del mismo género y especies de géneros diferentes.

De particular interés es la fusión de la papa (*Solanum tuberosum*) y el tomate (*Lycopersicon esculentum*), ambos miembros de la familia solanácea. Los tomates son resistentes al ficomiceto que produce la marchitez de la papa, enfermedad grave en los sembradíos de papa. Con la fusión de los protoplastos sería posible desarrollar plantas que incorporan los genes de resistencia del tomate. Investigaciones similares se están llevando a cabo para fusionar protoplastos de tomate y de tabaco, el cual es resistente a enfermedades para las cuales el tomate es muy vulnerable (Bommer, 1990).

Aunque la fusión de protoplastos se ha convertido en una herramienta muy útil, no permite la precisión que es posible con la ingeniería genética. En esta última, genes

reconocidos se insertan en el DNA de la especie receptora. El plásmido Ti de la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens* se ha convertido en un vector muy importante para la transferencia de genes en las plantas. Esta bacteria, sin embargo, sólo infecta a las dicotiledóneas y las principales cosechas del mundo (arroz, trigo y maíz) son monocotiledóneas.

No obstante, aunque los científicos han podido producir protoplastos de monocotiledóneas, no ha sido sino hasta hace poco que se ha conseguido poder inducirlos a la fabricación de paredes celulares y regenerar la planta entera; esto se consiguió a finales de los años ochenta del siglo XX, para el maíz y el arroz, y con ello aumentó la posibilidad de realizar investigación con ingeniería genética. Con los protoplastos como células receptoras, se pueden ahora utilizar una gran variedad de plásmidos y virus como vectores para introducir genes específicos. Los protoplastos también proporcionan el material idóneo para realizar mapas cromosómicos y estudios detallados de genética molecular (Williams, 1993).

### Transgénicos y bioseguridad

Aunque las opiniones sobre ética y seguridad de los cultivos transgénicos difieren, no obstante, el mercado de semillas genéticamente modificadas se ha expandido considerablemente en escala y alcance geográfico en los últimos años.

- Entre 1986 y 1997 se realizaron, en 45 países alrededor de 25,000 ensayos de campo sobre cultivos transgénicos en más de 60 cultivos. De este total, 15,000 ensayos de campo fueron realizados, para el primer período de 10 años, durante los últimos dos años.
- Soja o soya, maíz, algodón, semilla de colza y papa fueron los cinco cultivos transgénicos principales cultivados en 1998. La soja y el maíz transgénicos representaban respectivamente 52 y 30 % de la superficie transgénica global. La tolerancia a herbicidas fue el rasgo dominante, representa 71 % de la totalidad de los cultivos transgénicos.
- Según la Federación Internacional del Comercio de Semillas, el mercado mundial de semillas genéticamente modificadas prevé que el mercado de semillas transgénicas llegará a 20 000 millones de dólares en el año 2010. Clive, del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, por sus siglas en inglés) presentó cifras que muestran un acentuado aumento en la extensión de superficie con cultivos transgénicos en ocho países entre 1997 y 1998. A partir del año 2000 se tienen más de 40 millones de hectáreas plantadas con cultivos genéticamente modificados en todo el mundo.

Los partidarios de la ingeniería genética señalan que después de miles de ensayos de campo y plantaciones a escala comercial en distintos continentes, no se han identificado grandes problemas ecológicos con los cultivos transgénicos, ni riesgos asociados con los alimentos de ese tipo que se encuentran actualmente a la venta. No obstante, existe la preocupación sobre los posibles impactos ecológicos de los cultivos transgénicos, incluyendo la posibilidad de transferencia de genes a especies relacionadas y de resistencia a bioplaguicidas. (Ribeiro, 2004).

En el campo de los recursos genéticos agrícolas, se reconoce ampliamente que la conservación *in situ* (en cultivos) es un elemento crucial en la conservación de la biodiversidad agrícola y que debe ser complementaria de las colecciones de bancos de germoplasma. Cuando éste se lleva *ex situ*, (fuera de su entorno cultural y ambiental), pierde la capacidad de adaptarse a las plagas y enfermedades que evolucionan constantemente y a las cambiantes necesidades de las comunidades locales. Al poner mayor atención en la gestión *in situ* y en el binomio agricultor/comunidad de los recursos genéticos, tanto el convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) como el Plan de Acción Global de Leipzig de Recursos Fitogenéticos para Alimentación y la Agricultura (PGRFA) enfatizan que el futuro de la seguridad alimentaria mundial depende no solamente de los genes de cultivos almacenados, sino de las personas que usan y mantienen la diversidad cotidianamente. (IPGRI-Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos, 1993)

Existe la preocupación de que la controversia y el debate en torno a la introducción y uso de cultivos transgénicos, pudieran poner en peligro el desarrollo futuro; no obstante, la liberación de cultivos biomanipulados apuntan al desarrollo de variedades que favorezcan a los más pobres y desnutridos. Por ejemplo, la Fundación Rockefeller y la Unión Europea están financiando el desarrollo de cepas de arroz genéticamente modificado, con las que suponen se combatirán trastornos de nutrición generalizados (falta de vitamina A y de Hierro) que afectan a miles de millones de personas en todo el mundo. Se entiende que, una vez perfeccionadas, las cepas de arroz se pondrán a disposición de los centros de investigación agrícola de todo el mundo (Pistorius, 1996).

### Derecho de propiedad intelectual

El término "propiedad intelectual" (PI) hace referencia a un conjunto de derechos otorgados por una autoridad estatal para proteger a inventores o artistas, de manera que no pierdan el control sobre sus ideas o innovaciones. Hoy en día se debate ampliamente sobre la propiedad intelectual en el ámbito del comercio internacional, la agricultura y el desarrollo, por ejemplo:

- ¿La PI promueve la innovación y la difusión del conocimiento?

- ¿La PI es un instrumento apropiado, para proteger el conocimiento y los recursos biológicos de las comunidades indígenas y locales?
- ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes de la PI para las variedades de plantas?
- ¿Deberían patentarse productos y procesos de la vida?
- ¿Quiénes tomarán estas decisiones?

El debate en torno al control y la posesión de propiedad intelectual de los recursos biológicos involucra a comunidades locales, gobiernos nacionales y organizaciones intergubernamentales. El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) establece que la diversidad biológica está sometida a la soberanía nacional, pero las normas que rigen el acceso a la biodiversidad y el intercambio de beneficios aun son materia de negociación.

La propiedad intelectual y la protección de la variedad de las plantas existen por cuatro motivos principales: para proteger los derechos e intereses de los creadores, innovadores e inventores, para crear un incentivo para el desarrollo de nuevas tecnologías o la adaptación de las ya existentes a nuevas necesidades, para difundir la información tecnológica y para promover la transferencia tecnológica. Una protección de la propiedad intelectual bien concebida alienta la actividad creativa, el desarrollo industrial, la inversión y el comercio honesto. La simple protección de la variedad de las plantas no puede garantizar un resultado. Una variedad debe ser adaptada a las necesidades de los agricultores y de otras personas, si se quiere prosperar comercialmente (Bennett, 1968).

La protección de las patentes para genes y caracteres únicos sirve para alentar a los fitomejoradores y los científicos, para que evalúen no sólo los recursos fitogenéticos de cultivos tradicionales, sino también el espectro entero de otros organismos, buscando genes que puedan confirmar características de calidad e importancia agronómica. Cuando una solución es protegida por una patente, otras compañías intentarán inventar y desarrollar alternativas. Este aislamiento forzado y la lucha por lograr soluciones diferentes se traducen en una mayor diversidad en las variedades que son llevadas finalmente al mercado. (Crucible Group, 1994)

Se presume erróneamente que las patentes y los derechos de los fitomejoradores estimulan la innovación, pero no existe ninguna prueba empírica, en ningún país del mundo, que lo demuestre. Los innovadores agronómicos para cumplir con requisitos legales, desdeñan los objetivos sociales y de esta forma el intercambio intelectual disminuye. (Ribeiro, 2004)

### Patentes y monopolios

En los países industrializados hay leyes que confieren



a las corporaciones un control tipo-patente sobre las variedades que desarrollen. Estas leyes, llamadas “Derechos de Mejoradores Vegetales”, permiten que las compañías posean las variedades y fijen los precios y condiciones de venta para ellas.

Desde 1970, mientras que la participación gubernamental en los programas de hibridación vegetal ha disminuido, la actual tendencia hacia la fusión de empresas ha producido enormes compañías petroquímicas que a su vez han adquirido cientos de negocios familiares de producción de semillas por todo el mundo. En Trevino (1992) se indican algunas de las compañías semilleras más grandes del mundo: Pioneer Hi-Bred, Royal Dutch/Shell, CibaGeigy y Sandoz (de Suiza); Atlantic Richfield (ARCO), Up John Occidental Petroleum, Pfizer e ITT (EU); Lafarge Koper; Elf Aquitaine y Rhone-Polenc (Francia); Volvo y Kema Nobel (Suecia); Dalgetty y British Petroleum (RU), DuPont & Pioneer (EEUU), Monsanto (EEUU), Zeneca Agro (RU).

Estas transnacionales han monopolizado las patentes de nuevas variedades de semilla que ellas desarrollan. Más aún, a fin de acaparar el mercado internacional, estas compañías “han buscado una extensión global para que el marco legal les confiera derechos de propiedad (privada) sobre las nuevas variedades de semilla que desarrollan para la venta”.

La presión que se ejerce a través de los tratados comerciales y algunos países industrializados para forzar al Tercer Mundo a adoptar la propiedad intelectual para las formas de vida orgánica es extremadamente peligrosa, ya que el 40 % de la economía mundial que actualmente se basa en productos y procesos biológicos podría terminar bajo el control exclusivo de monopolios. El efecto que se produciría sería una desviación de los escasos recursos financieros para pagar las regalías de variedades de cultivo patentadas.

El provecho y la ganancia no son palabras sucias y una justa retribución para la inversión es enteramente razonable. Pero las medidas de exclusivo monopolio del mercado alientan su manipulación. Las licencias tienden a moverse entre las más grandes empresas, que son capaces de intercambiar patentes a través de diferentes regiones geográficas y segmentos industriales. Las empresas más pequeñas y los institutos del sector público terminan perdiendo, porque no pueden negociar las licencias o no pueden pagar a los abogados.

### **Impacto de la propiedad intelectual sobre los recursos filogenéticos**

**Recursos filogenéticos para patentar genes.** El gene es la unidad de base que transmite la información genética. Los genes están hechos de DNA (ácido desoxirribonucleico), que se dispone en una hélice doble constituida por cuatro tipos de bases químicas, dispuestas

en una secuencia característica. Esta secuencia es un código que protege y almacena toda la información necesaria para que un organismo crezca y funcione. Los genes con alelos que codifican para características específicas son útiles sólo por un periodo, debido a las condiciones cambiantes en el medio; así por ejemplo, un alelo que confiere resistencia a una enfermedad, puede resultar inútil en el caso del surgimiento de nuevas plagas, entonces se vuelve obsoleto (Wilkes, 1988).

La mayoría de las plantas cultivadas más importantes tienen una dotación genética muy compleja. Nuestros conocimientos sobre la genética molecular de las plantas es muy poca en comparación con los conocimientos que se poseen sobre la genética molecular de bacterias, hongos o animales (sabemos muy poco sobre la localización y las secuencias de genes importantes, sus productos y su regulación). Por ejemplo, es hasta 1989 cuando los científicos descubren que los guisantes rugosos de Mendel toman este aspecto por la presencia de un segmento extra de DNA en un gene que codifica una enzima que convierte las moléculas de almidón lineales en moléculas mucho más ramificadas (Frankel, 1988).

El valor es un elemento central en el reclamo de derechos de propiedad de germoplasmas. En un contexto biológico, los genes tienen valor siempre y cuando sean útiles en el sentido agronómico. La diversidad genética se subestima porque no es fácil localizar los genes útiles y sólo los genes conocidos tiene valor para los fitomejoradores, sin embargo, el valor biológico de la diversidad genética para los cultivos modernos es evidente. (Crucible Group, 1994).

El Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR, 1993) depositario de la más grande colección mundial de germoplasma –con más de 600 mil muestras de germoplasma de plantas cultivadas o de sus parientes silvestres, está en proceso de desarrollar una posición sobre los derechos de propiedad intelectual, los recursos fitogenéticos y la bioseguridad. Esta toma de posición intentará equilibrar los derechos de todas las partes involucradas en la conservación, el uso de los recursos fitogenéticos y la promoción del desarrollo.

El derecho de propiedad de germoplasmas ha sido fuente de acaloradas discusiones en torno a la tenencia e intercambio de estos materiales. La resolución 8/83 que adoptó la FAO en 1983, estableció que tanto las semillas híbridas como las de razas locales son consideradas como la herencia común de toda la humanidad. “Herencia” se define como “propiedad que desciende a un heredero”. Entonces, la “herencia común” se puede considerar como propiedad común que desciende a uno o varios herederos y se puede aplicar a varios países simultáneamente. Por ejemplo, cada variedad de trigo que se siembra en Canadá contiene genes que fueron introducidos en décadas recientes y que provienen de catorce diferentes países. Los pepinos americanos tienen genes de resistencia que proceden de

Corea, Burma y la India. Las variedades modernas de lechuga incluyen genes de Israel, Italia y Turquía. Los jitomates comerciales en Norteamérica han sido desarrollados a partir de material genético que se obtuvo de las especies silvestres de América Central y Sudamérica. Los sorgos híbridos de mayor uso mundial provienen del sorgo Zera-Zera de Sudán y Etiopía.

Es importante reconocer que los agricultores que cultivan variedades primitivas lo hacen porque están fuera del alcance de las redes privadas o públicas de distribución de las semillas. Los agricultores que tienen acceso a variedades mejoradas las aceptan sin problemas y las cultivan, si ofrecen ventajas como una mayor resistencia, una tolerancia al estrés o una productividad consistente. Si la nueva variedad viene de un instituto público o de una compañía privada no tiene ninguna importancia. La mayor parte de los cultivares indígenas de maíz y cebada en Estados Unidos y el Reino Unido han sido desplazados por variedades mejoradas mucho antes de que la protección de las variedades de plantas existiera en estos países (Treviño, 1992).

De este modo, en las condiciones actuales, una presión comercial puede acelerar el desplazamiento de variedades locales. Los programas nacionales de certificación están sometidos a una presión constante de parte de los detectores de propiedades intelectuales, que quieren ver sus variedades incluidas en las "Listas Nacionales" y, al mismo tiempo, quieren ver eliminadas de estas listas variedades criollas menos provechosas. La irresistible fuerza de la ganancia termina por imponerse sobre este objeto tan móvil que es la protección gubernamental del consumo. Este tipo de legislación y el tipo de reglamentación que terminará por ser adoptado en muchos países resultará sumamente favorable a los poderes económicos dominantes (FAO, 1995).

**Estimular la innovación científica y promover el bien público.** Los problemas de la propiedad intelectual y de la biodiversidad están influenciados por las tendencias más amplias de la globalización y la privatización. Se patentan cada vez más el desarrollo y el uso del conocimiento. Las funciones del sector público y del sector privado en la investigación agrícola han sufrido una considerable transformación. La última década fue testigo de la consolidación de la industria de las ciencias biológicas, con productores industriales relacionados con la agricultura, la alimentación y la salud; sectores comerciales fuertemente concentrados en unas pocas empresas trasnacionales (IBPGR, 1992).

El proceso de globalización trae nuevas normas y nuevos actores que están cambiando las estructuras de gobierno. La creación de normas multilaterales para un mercado global influencia (algunos dirían que erosiona) el papel de los estados nacionales. ¿Estos hechos restringirán o ampliarán el papel de las organizaciones de la sociedad

civil y la soberanía nacional? ¿Cómo podemos asegurar un "campo de juego igualitario" para todos los gobiernos en material de acceso a la información y participación equitativa en los foros de negociación relevantes relativos a la biodiversidad? (Rompczyk, 1992)

Los acuerdos de 1994 entre los bancos internacionales de germoplasma del Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAI) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) dan validez jurídica a que la colección más importante de recursos genéticos del mundo para la alimentación y la agricultura sea mantenida en fideicomiso en representación de la comunidad mundial. En una época en que una proporción cada vez mayor de la investigación y desarrollo mundiales está sujeta a los derechos de propiedad intelectual y en que los presupuestos de investigación del CGIAI están en decadencia. ¿Puede el Acuerdo Fiduciario FAO/CGIAI proteger estos recursos genéticos y asegurar que continúen dentro del dominio público? (FAO, 1991).

El informe del Banco Mundial señala que los regímenes de propiedad intelectual más enérgicos, que con frecuencia incluyen herramientas de investigación fundamentales, así como productos comerciales, pueden desembocar en un mayor costo de la adquisición de conocimiento y erigir barreras a la participación de nuevas empresas e investigadores en el mundo en vías de desarrollo. Existe la preocupación de que regímenes de propiedad intelectual (PI) más enérgicos puedan, en efecto, disminuir el ritmo general de la innovación e incrementar la diferencia de conocimientos entre países industrializados y países en vías de desarrollo. Algunos creen que la diferencia en el conocimiento puede disminuir solamente si los propietarios de tecnología del mundo industrializado promueven la transferencia a países en desarrollo, y que una firme estructura de propiedad intelectual, es una precondition esencial para que ello ocurra. "Un régimen de derechos de propiedad intelectual deseable", de acuerdo al Informe del Banco Mundial, "debe equilibrar las preocupaciones de todas las partes afectadas por el fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual".

Nuestra seguridad alimentaria futura depende de una combinación de políticas de producción y distribución apropiadas, junto con estrategias científicas que asocien a agricultores investigadores con fitomejoradores del sector formal e investigadores de laboratorio para optimizar la calidad del germoplasma y de los sistemas agrícolas. Sin embargo, a menudo las opciones políticas y programáticas difieren.

El método convencional para reducir la brecha alimentaria pone el acento en la agricultura de gran escala con elevados insumos, tal vez complementada por biotecnologías comerciales para elevar los niveles de rendimiento. Una segunda perspectiva, algunas veces descrita como el enfoque de la "Segunda Revolución Verde"

propone la producción sustentable de cultivos con menos insumos químicos y con variedades vegetales diseñadas para aumentar la resistencia a insectos y enfermedades, con tolerancia a sequías y mejores cualidades nutritivas. Otros consideran que la “Segunda Revolución Verde” es una nueva manera de hacer buenos negocios para la industria química internacional y argumentan a favor de una investigación agrícola basada en la biodiversidad, poniendo el acento en la autosuficiencia local y regional de la producción alimentaria, concentrándose principalmente en las necesidades de los agricultores con pocos recursos en entornos agrícolas marginales (Ribeiro, 2004).

Este enfoque subraya, en las iniciativas de los agricultores, el uso de variedades de cultivos desarrolladas por agricultores-mejoradores en asociación con fitomejoradores del sector formal y el uso de tecnologías que disminuyan la dependencia de los agricultores con respecto a los insumos que requieren. A este enfoque no le faltan críticos, que a veces lo atacan por su candidez maltusiana. Otros creen que la política es, el motor más importante del cambio y argumentan que las alternativas razonables “a favor de los pobres”, en materia de tenencia de tierras, créditos y subsidios de precios, son la clave para la seguridad alimentaria (Committee on Managing Global Genetic Resources, 1993; Quist & Chapela, 2002).

### **Transgénicos los demonios rojos**

Los ecologistas consideran a los transgénicos como responsables de daños ecológicos irreversibles y, sin que se conozca el deterioro que a largo plazo pueden provocar a quien los ingiere, los organismos genéticamente modificados (OGM) continúan avanzando en el mundo con la complacencia de gobiernos que dejan en manos de las firmas multinacionales el control del sistema alimentario.

Investigadores y ecologistas ponen una alerta sobre la introducción masiva de semillas transgénicas de soya, algodón, jitomate y papas, en los ecosistemas que eventualmente podrían interferir en el desarrollo de especies naturales, particularmente en la agricultura tradicional, terminando con el ciclo de reproducción de las especies que durante años han sido la base de la alimentación mundial.

Con apenas 20 años de experimentación en granos, tubérculos y verduras, y poco más de cinco en los mercados de Estados Unidos, Inglaterra, Francia e India, entre otros, las especies genéticamente manipuladas “han generado un rechazo casi generalizado tanto de productores como de consumidores, ante la poca información y dudosas ventajas” que las compañías agroindustriales ofrecen para el uso de sus productos.

Entre las agroindustrias multinacionales responsables del diseño y distribución de semillas transgénicas destaca

Monsanto, primera en vender el concepto de biotecnología al público europeo y que, de acuerdo con una encuesta realizada en 1988 en Europa, fue ubicada entre las 10 peores empresas, por introducir a la cadena alimenticia productos genéticamente manipulados sin haber realizado las pruebas adecuadas y exponiendo a los consumidores a riesgos indeterminados. En México, existen muchas zonas que aplican esa tecnología aunque no se tiene un registro de ellas, además de que no hay información suficiente en nuestro país sobre estas prácticas.

Los promotores del uso de estas semillas aseguran que la transferencia artificial de genes en ellas para modificar su estructura garantiza “una mayor rentabilidad a corto plazo con ganancias superiores al 100 por ciento, ya que por una parte son semillas más resistentes y por tanto reducen la necesidad de aplicación de herbicidas hasta en 50 %.

Sus detractores aducen que esa resistencia a los herbicidas a la larga provocará que los agentes que atacaban esa semilla “se hagan también más fuertes”, y por tanto sea necesario aplicar un herbicida “aún más potente”, que dañará mayormente a los cultivos y los mantos freáticos. Mencionan también que las semillas contienen un “gene” resistente a la penicilina, antibiótico utilizado para el control de bacterias patógenas que atacan al hombre.

“¿Qué sucederá cuando un organismo consuma esos productos con el gene resistente a la penicilina? Necesariamente habrá una alteración del individuo con respecto a ese antibiótico”. La lista de “beneficios es muy amplia, casi tanto como las desventajas que en estos productos encuentran ambientalistas, ganaderos y productores.

### **Monsanto y las demandas judiciales**

Ubicado en San Luis Missouri, el de Monsanto es el laboratorio de biotecnología más grande del mundo, en el que se han invertido alrededor de 300 millones de dólares y 10 años de investigación. Es en este lugar donde los científicos aíslan un gene de la bacteria que produce un insecticida conocido como “Bt” y lo transfieren al maíz, al algodón para lograr que la planta exude su propio insecticida. Si se toma en cuenta que por cada nueva semilla genéticamente manipulada que tiene éxito en el campo fallan 10 mil, se hace urgente recuperar esa inversión.

Para recuperar esa inversión Monsanto optó por no vender las semillas genéticamente alteradas sino “rentarlas” para que fuesen usadas una sola vez, persiguiendo judicialmente con la anuencia del gobierno a quien no obedezca esta regla, con lo que se deja en manos de las transnacionales la soberanía alimentaria (Ribeiro, S., 2004).

Un ejemplo del control que podrían tener las compañías que desarrollan la biotecnología sobre el abastecimiento de

alimentos en el mundo en el curso de los próximos años, es el de los granjeros de Estados Unidos y Canadá, quienes habiendo utilizado las semillas genéticamente modificadas enfrentan hoy demandas en las cortes de sus respectivos países. Las demandas fueron interpuestas por Monsanto, gigante de la biotecnología, bajo la acusación de "piratería". Y es que las semillas adquiridas por medio de estas empresas sólo pueden ser utilizadas un año, pues al siguiente se debe adquirir nuevamente la semilla para reiniciar el ciclo agrícola, por lo que la milenaria tradición agraria de guardar las semillas de una cosecha para replantarlas en los campos durante el siguiente ciclo, hoy es un delito (UPOV, 1991).

En la India, las comunidades se han levantado contra esta compañía y han quemado los campos sembrados con esta semilla, además de obligar al gobierno a distribuir semillas naturales en buenas condiciones para la producción. El peligro es que se quiera presionar a los campesinos a utilizar la semilla no natural, proveyéndolos de una semilla natural de baja calidad, por lo que se iniciaron varios procesos judiciales para defender el derecho de las comunidades de continuar con una labor que no sólo es más rentable que la llamada semilla mejorada, sino que no interfiere con nuevas reglas de mercado que benefician sólo a las transnacionales (Ferre & Van Rye, 2002).

Brasil también "ha sufrido esta invasión" ya que algunos municipios han sido declarados "libres de semillas genéticamente alteradas" porque, entre otras razones, "en la soja o soya, por ejemplo, hay más de dos mil genes y únicamente se conocen cerca de veinte, de tal suerte que al manipularlos no sabemos qué consecuencias puedan tener para el consumo humano".

**Terminador.** Por si lo anterior fuera poco, Monsanto es dueña también de la tecnología genética de la llamada *Semilla Terminador*, semilla estéril diseñada para programar el DNA de las plantas y que éstas maten a su propio embrión, dejando inútiles las semillas para replantarse y obligar a los granjeros y campesinos a adquirir "semillas frescas" cada año. Ante ello, es urgente que los organismos gubernamentales encargados de abastecer de semillas a los agricultores defiendan los derechos de los pequeños productores "pese al jugoso negocio de proteger los intereses de las empresas transnacionales aún a costa de dejar en sus manos la alimentación mundial en el tercer milenio".

## Las plantas de la supervivencia

La mayoría de los recursos fitogenéticos se encuentra en los países en desarrollo. Puede haber más especies de plantas en la superficie que ocupan: India, México, Perú y Guatemala, que en cualquier otra región del mundo. Los 20 cultivos alimentarios fundamentales del mundo han tenido su origen en África, Asia o América latina, de allí la creencia popular de que el control de la diversidad genética depende

de las fronteras geopolíticas y que el Norte es rico en grano, pero pobre en genes (IPGRI, 1993) (May, 2002).

Sin embargo, el seguimiento de la pista de la creación y el flujo de los recursos fitogenéticos es una tarea muy compleja; el trigo, por ejemplo, tuvo su origen en el Cercano Oriente, pero los genes específicos de los que surgieron las variedades de trigo semi enano e impulsaron la revolución verde procedían del Japón; los genes resistentes a las enfermedades encontrados recientemente en el Brasil, pueden favorecer el rendimiento de los cultivos en lugares tan lejanos como la India; el origen de los tomates está en América latina, pero algunas de sus cualidades más útiles para la elaboración proceden de Filipinas. Por último, cuando la marchitez del maíz azotó el sur de los Estados Unidos, se encontraron genes residentes no sólo en Mesoamérica, lugar de origen genético del cultivo.

A finales de los años setenta, la comunidad internacional se convenció de que la aparente diversidad genética de la alimentación y la agricultura se estaba erosionando, aun cuando la capacidad técnica para utilizar y transformar el germoplasma fuera en aumento. De pronto, se advirtió que este recurso, poco conocido y aún menos comprendido, estaba escaseando y despertaba preocupación en todo el mundo. Entre las cuestiones que se plantearon estaban las siguientes: ¿Cuál es el mejor sistema de recolección y de almacenamiento seguro de los inapreciables genes de los cultivos? ¿Quién controla el acceso al material genético? ¿Cómo comparte la comunidad mundial los beneficios de la diversidad genética?

La FAO (1995) estima que desde el comienzo del siglo XX se ha perdido 75 % de la diversidad genética de los cultivos agrícolas. La razón primordial de ello es que variedades comerciales uniformes están sustituyendo a las tradicionales, incluso y eso es lo más grave, en los centros de diversidad. Cuando los agricultores abandonan las razas autóctonas para cultivar nuevas variedades vegetales, las tradicionales acaban desapareciendo. La introducción a comienzos de los años cincuenta de cereales de alto rendimiento desarrollados por centros fitogenéticos internacionales dio lugar a la "Revolución Verde", Hubo una enorme difusión de esas nuevas variedades en el mundo en desarrollo. Para 1990, cubrían la mitad de todas las tierras trigueras, y más de la mitad de todos los arrozales, unos 115 millones de hectáreas en total. Esto produjo grandes aumentos de rendimientos, pero también grandes reducciones en la diversidad agrícola.

La erosión de la diversidad fitogenética plantea una grave amenaza para los suministros alimentarios. Para mantener la resistencia a las plagas y enfermedades en los principales cultivos alimentarios, por ejemplo, o para desarrollar genes con tolerancia a la sequía o una mejor harina, los fitomejoradores necesitan nuevas aportaciones de genes procedentes de las explotaciones agrícolas,

bosques y campos del mundo en desarrollo. Para desarrollar los cultivares de alto rendimiento y de elite de una agricultura moderna, hay que recurrir a una corriente constante de plasma germinal nuevo y exótico. Los investigadores tratan siempre de desarrollar nuevas variedades con resistencia para controlar a miles de plagas y enfermedades. Si no tienen acceso a esas razas tradicionales y a sus parientes silvestres, la agricultura moderna se verá gravemente amenazada.

### Conservación de los recursos fitogenéticos.

Los bancos de genes ofrecen el medio principal para almacenar material fitogenético. Este sistema *ex situ* se basa en tres métodos para el almacenamiento del material:

- Bancos de semillas que ofrecen un medio ambiente controlado donde las semillas pueden desecarse hasta alcanzar un contenido de humedad bajo y almacenarse a temperaturas bajas sin perder su viabilidad.
- Bancos de genes extensivos como viveros, plantaciones o jardines botánicos que son útiles para especies de difícil o imposible almacenamiento como semillas, en particular muchas plantas perennes, cultivos de propagación vegetativo y especies arbóreas.
- Métodos *in vitro*, que conservan partes vegetales, tejidos o células en un medio nutritivo y que pueden utilizarse para conservar especies que no producen fácilmente semillas o en lugares donde las semillas no pueden secarse sin sufrir daño.

En condiciones ideales, los bancos de genes proporcionan un almacenamiento a largo plazo pero no indefinido, tanto las semillas como los tejidos empeoran con el tiempo y hay que cultivar periódicamente las plantas con objeto de generar semillas y tejidos recientes para un almacenamiento continuado. Por desgracia, incluso el banco de genes más sofisticado no puede dar siempre una seguridad suficiente. Siguen malográndose grandes colecciones de plasma germinal debido a deficiencias técnicas y dificultades financieras o a desastres naturales. Las averías eléctricas, una documentación y una evaluación insuficiente o el no regenerar las plantas pueden dar lugar a pérdidas masivas de colecciones almacenadas. Los terremotos, las inundaciones, los desordenes sociales y políticos también pueden poner en riesgo el banco de genes.

El mayor inconveniente de los bancos de genes *ex situ* consiste en que las plantas, una vez almacenadas, se sacan del proceso evolutivo que experimentan en la naturaleza. No hay presión para cambiar las condiciones naturales o competir con otras especies. La finalidad última de la conservación es mantener un sistema que evolucione dinámicamente. De ahí que, aunque los bancos de genes

seguirán siendo de importancia vital para la conservación, los sistemas complementarios, incluidos los métodos *in situ*, asumirán probablemente una mayor importancia en el futuro.

### A manera de final

La mayoría de las plantas cultivadas más importantes tienen una dotación genética tan compleja como la nuestra, pero sabemos muy poco sobre la localización y las secuencias de genes importantes, sus productos y su regulación. Sin embargo, se está gestando una gran revolución aplicando diversas tecnologías (Williams, 1993). Muchos genetistas están convencidos que estamos en vísperas de una extraordinaria explosión de conocimientos sobre biología vegetal y ya se están aplicando a las técnicas de biotecnología multitud de preguntas aún sin respuesta. Es de desear que el rápido progreso de los conocimientos sirva para desarrollar nuevas variedades de plantas cultivadas, con mayores cualidades nutritivas y con mayor resistencia a enfermedades e insectos, responsables de la destrucción anual de una parte importante de la producción mundial de alimento.

A pesar de estos inconvenientes, una ojeada al futuro incluiría sin duda grandes avances biotecnológicos en la producción alimentaria. En la opinión de muchos observadores, si esta producción se va a mantener al ritmo del crecimiento demográfico, tales avances serán fundamentales.

### LITERATURA CITADA

- ALCORN, J. B. 1984. Development policy, forests, and peasant farms: reflections on Huastec managed forests contributions to commercial production and resource conservation. *Economic botany* 38(4): 389-106.
- ALTIERI, M.A. et al. 1987. Agroecology. The scientific basis of alternative agriculture. Westview Press. Boulder, Co. pp. 227.
- ARORA, R. K.; PARODA R., S.; ENGELS I., M. M. 1991. Plant genetic resources activities: international perspective. pp. 351-378 in *Plant Genetic Resources Conservation and Management: Concepts and Approaches* (R. S. PARODA; R. K. ARORA), eds. IPBGR, New Delhi.
- BARRETT, J. 1984. The gene-for-gene hypothesis: parable or paradigm? pp. 215-255 in *Ecology and Genetics of Host-Parasite Interactions* (D. ROLLINSON; R.M. ANDERSON) (eds.). Linnean Society Symposium Series Núm. 11. Academic Press, London.
- BRUSH, S. B. 1989. Rethinking crop genetic resource conservation. *Conservation Biology* 3(1): 19-29.
- BENNETT, E. 1968. FAO/IBP Technical Conference on the Exploration, Utilization and Conservation of Plant Genetic Resources. FAO, Rome.
- BOMMER, D.F.R. 1990. The historical development of international collaboration in plant genetic resources. pp. 3-12 in *Crop Networks: Searching for New Concepts for Genetic Resources Management* (Th.J.L. VAN HINTUM; L. FRESE; P.M. PERRET) (eds.). IBPGR, Rome.
- CGIAR Grupo consultivo de Investigación Agrícola Internacional 1993 *The Boards of Trustees of the International agricultural*

- research centres. Secretaría del CGIAR, Washington, DC., EE.UU.
- COMMITTEE ON MANAGING GLOBAL GENETIC RESOURCES. 1993. Managing Global Genetic Resources: Agricultural Crop Issues and Policies. National Academy Press, Board on Agriculture, National Research Council, Washington, DC.
- CRAWLEY, M. J.; HARRAL, J. E. 2001. Sacale dependende in plant biodiversity. *Science* 291
- CRUCIBLE GROUP 1994. Gente, plantas y patentes: Impactos de la propiedad intelectual sobre la biodiversidad el comercio y las sociedades rurales. Ottawa, On. CIID 128 pp.
- DE MASSI, J.; HANSAN R. W.; GRABOWSKI, H. G.; LASSAGNA, L. 1991. Costs of innovation i the pharmaceutical industry. *Journal of Health Economics*, 10, 107.
- FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 1991 AGROSTAT Databse on Food Balance Sheets (Intake). FAO, Roma, Italia.
- FAO. 1995. Progress Report on Resolution 3 of the Nairobi Final Act: Ex Situ Collections and Farmers' Rights. FAO report presented at the First Session of the Conference of Parties to the Convention on Biological Diversity, Nassau, The Bahamas 28 November 9 December 1994, Rome.
- FERRE J.; VAN RYE, J. 2002, "Biochemistry and genetics of insecto resistance to *Bacillus thuringiensis*", *Annu. Rev. Entomol.* 47, pp. 501-533
- FRANKEL, O. H. 1988. Genetic resources-evolutionary and social responsibilities. En: Kloppenburg, JR (ed). *Seeds and Sovereignty*, pp. 19-39. Duke University Press. Durham.
- HARDON, J. J.; VOSMAN, B.; VAN HINTUM TH. J. L. 1994 , Identifying genetic reosruces and their origin: the capabilities and limitations of modern biochemical and legal Systems. Commission on Plant Genetic Resources. Blackground Study Paper o. 3 FAO. Rome
- HERNÁNDEZ X., E. 1978. Agroecosistemas, tecnología agrícola tradicional y fitomejoramiento del maíz en México. *El Correo de ANECH* (1):49-51.
- HAWKES, J. G. 1991. International workshop on Dynamic *In-Situ* Conservation of Wild Relatives of Major Cultivated Plants: Summary of final discussion and recommendations. *Israel J. Bot* 40: 529-536.
- IBPGR. 1992. Annual Report 1992. Rome.
- IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos) 1993. Diversity for developmet; the strategy of the International Plant Genetic Resoruces Institute. IPGRI, Roma, Italia.
- MAY, R. M. 2002, The future of biological Diversity in a crowded. *Curr. Sci.* 82: 1325-1331
- MOONEY, P. R 1980 SEEDS OF THE EARTH: ¿Apublico r private resource? Ed. Interpares (Ottawa) For the Canadian Council for International
- PISTORIUS, R. J. 1996. The Leipzing conference and its backgrounds. *Biotechnol, and Development Monitor* 28: 4.
- QUIST, D.; CHAPELA, I. H., 2002, "Transgenic DNA introgressed into tradicional maize landraces in Oaxaca, México", *Nature*, 414, pp. 541-543
- RIBEIRO, S. 2004, Cultivos transgénicos contexto empresarial y nuevas tendencias. En: ROHILA, J. S., 2002, "Genetic improvement of Basmati rice for SALT and drought tolerante by regulate expresión of a barley Havel CDNA" *Plant Sci.*, 163, pp. 525-532
- ROMPCZYK, E. 1992 Asegurar la Biodiversidad Nueva sociedad No. 122 Pág. 234-237. MAY, R. M. 2002, The future of biological Diversity in a crowded World. *Curr. Sci.* 82: 1325-1331
- TREVIÑO, M. L. 1990. The importance of Ethnobiology in conservation". *Memoirs of the Conservation Biology Graduate Seminar of the Department of Forestry and Resource Management. University of California at Berkeley.*
- TREVIÑO, M. L. 1992. Derechos de Propiedad de los Recursos Genéticos Vegetales: consideraciones acerca de los impactos que tienen los acuerdos internacionales sobre agricultores en países no industrializados", en TRUJILLO A. J. (ed). *Agroecología. Universidad Autónoma Metropolitana-Limusa. México.*
- UPOV (Unión para la protección de Nuevas Variedades Vegetales) 1991 1ª. International Convention for the Portection of New Varieties of Plants. UPOV, Ginebra, Suiza.
- WILKES, H. G. 1987. Plant genetic resources: why privatize a public good? *BioScience* 37(3): 215-217.
- WILKES, H. G. 1988. "Plant genetic resources over ten thousand years: from a handful of seed to the crop-specific megagenebanks". En: Kloppenburg (ed.). *Seeds and Sovereignty*. pp 67-89. Duke Univ. Press.
- WILLIAMS, J. T. 1993. Genetic resource conservation in natural habitats: biological and socioeconomic dimensions. pp. 31-42 in *Perspectives on Biodiversity: Case Studies of Genetic Resources Conservation and Development* (J. G. POTTER; J. L. COHEN; D. JANCZEWSKI) (eds). AAAS Press.
- ZIZUMBO. D. 1985. En: ORTEGA, P. R.; PALIMINO H. F.; CASTILLO G., V. A.; GONZÁLEZ H., M.; LIVERA M. (eds.) *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI), Chapingo, México.*