

El cambio tecnológico de las semillas de maíz durante el siglo xx*

La tendencia de la biodiversidad

Darío Alejandro Escobar Moreno**

«De un lugar llamado Pampaxila y Pancayala, salieron cuatro animales que se tragaron la comida de que se cría la carne, el uno era el gato de monte, el otro era el lobo y el otro el chocoy y el otro el cuervo. Aquestos cuatro animales manifestaron las mazorcas del maíz amarillas y blancas y enseñando el camino a Pampaxila fue hallado el maíz, y de eso fue hecha la carne del hombre y su sangre cuando fue formado»

Leyenda maya.
En el Popol vuh o libro de los dioses.



INTRODUCCIÓN

El siglo XXI se inicia con la convicción de que el modelo de desarrollo imperante, caracterizado por una clara tendencia hacia la urbanización, la producción industrial, tanto en la ciudad como en el campo, la depredación y contaminación de los recursos naturales y la terrible polarización social y económica entre regiones ricas y pobres, requiere de un serio cuestionamiento a la forma tradicional de entender el desarrollo, y en particular, la forma en como se ha venido concibiendo la ma-

* Ponencia elaborada en octubre de 2002 para ser presentada en el Congreso Iberoamericano de Desarrollo y Medio Ambiente a celebrarse en abril 2003 en Quito, Ecuador.

** Profesor-Investigador del CRUCEN-Universidad Autónoma Chapingo, México. Actualmente realiza estudios doctorales en la Universidad Autónoma de Barcelona.

nera de hacer aportaciones al conocimiento científico, sustento fundamental del actual modelo civilizatorio.

Uno de los procesos que caracterizan el deterioro ambiental que vivimos, es la permanente pérdida de valiosa información genética, de especies animales y vegetales y de ecosistemas enteros, es decir, de lo que se ha aglutinado bajo el término *biodiversidad*.¹

Este artículo intenta reflejar el proceso de pérdida de biodiversidad que se dio a lo largo del siglo XX en uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, y en particular para México: el maíz; ello a partir del cambio de paradigma tecnológico que representan las semillas de maíz como componente fundamental de los sistemas de producción agrícola.

He optado por rechazar de inicio la tradicional idea de que se debe y puede ser imparcial al tratar estos temas, quitándonos prejuicios, valores éticos y morales, para hacer reflexiones «objetivas»; y más bien, a lo largo del texto asumo una posición que manifiesta la preocupación que muchos comparten al respecto, y que trato de hacer explícita, bajo la lógica de que en todo caso es preferible hacer nuestras reflexiones con honestidad, mostrando nuestros juicios de valor, afinidades y discrepancias con tales o cuales concepciones y hechos, haciendo de la pluralidad de ideas también una fuente más de riqueza.

Así, los dos primeros apartados contienen fundamentalmente información que destaca la importancia del maíz, tanto en términos productivos como de su importancia social y cultural. En los siguientes tres apartados se desarrollan los tres paradigmas tecnológicos de las semillas de maíz que caracterizaron al recientemente concluido siglo XX, y finalmente, se presenta un último apartado con las conclusiones.

IMPORTANCIA ACTUAL DEL CULTIVO

El maíz es actualmente es el tercer cultivo en importancia en el mundo por su volumen de producción, después del arroz y el trigo. De acuerdo con datos de la FAO (Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura, 2001) durante los últimos cinco años se han producido anualmente poco más de

550 millones de toneladas de maíz en grano, siendo los principales países productores los Estados Unidos, China, Brasil y la Unión Europea con una participación del 40%, 20%, 6% y 5% respectivamente. La misma fuente señala que por lo menos en 18 países se consume el maíz como principal alimento, y si se considera su consumo directo total, de manera conservadora podría estimarse que al menos una cuarta parte de la población mundial mantiene al maíz como alimento habitual.

Además, la planta del maíz es uno de los principales forrajes que sustentan la industria cárnica de los países ricos, por lo que de manera indirecta también es parte importante del sustento alimenticio de la población de estos países.

EL RESULTADO DE LA COEVOLUCIÓN ENTRE CULTURA Y AMBIENTE

El maíz que actualmente conocemos es una planta creada por la acción del hombre. Hasta la fecha no se han encontrado vestigios arqueológicos de maíz silvestre, por lo que la hipótesis más aceptada sobre su origen señala que esta planta es el resultado de la cruce y selección del ancestro del maíz con parientes cercanos de la misma,² como el *teosintle* (Salvador, 1997).

El maíz moderno es una planta incapaz de propagarse por sí misma, ya que sus semillas dispuestas en mazorcas y cubiertas por hojas no permiten su propagación natural, lo que implica la necesaria coevolución de esta planta y la cultura indígena mesoamericana, ya que de otra manera, la planta moderna hubiera desaparecido en pocas generaciones.

Las evidencias arqueológicas indican que el maíz o *centli*, como se nombra en náhuatl, fue desarrollado entre 7.000 y

¹ El término «Biodiversidad» es relativamente nuevo, ya que fue acuñado en 1986 durante el National Forum on BioDiversity, celebrado en Washington D.C. y posteriormente, en la cumbre de Río de Janeiro realizada en 1992 fue un término ampliamente aceptado y difundido (Wilson, 1997).

² En un artículo reciente publicado en la revista Economic Botany 55(4) 492-514, 2001 Eubanks sostiene que a partir de las novedosas técnicas de análisis y mapeo genético, es claro que el maíz es resultado de la hibridación entre el Teosintle (Zea mexicana y otros) y el *Tripsacum* (*Tripsacum dactyloides*) ambas especies crecen todavía de manera silvestre en varias regiones de México y Centroamérica.



DEBATES AMBIENTALES

5.000 años a.C. en mesoamérica, en lo que actualmente es Centroamérica y la parte suroccidental de México.

La mitología de los indígenas mesoamericanos considera al maíz como una planta sagrada, los hombres verdaderos fueron hechos de maíz por los dioses, se señala en el Popol Vuh y fue la planta sobre la que se erigió la cultura indígena precolombina. A la llegada de los conquistadores españoles a tierras americanas, el maíz ya era una planta cultivada desde el actual territorio canadiense hasta Chile (Warman, 1988).

En México, se han documentado más de 600 diferentes recetas alimenticias que tienen como base el maíz, y sus usos como planta medicinal también son abundantes. Además, «aproximadamente dos tercios de la producción mundial de maíz se utiliza para la producción animal. Un 10% se procesa para la producción de almidón y edulcorantes y un 5 por ciento se convierte en alcohol para la producción de combustible. Un tercio del almidón se utiliza en la industria alimenticia, el resto sirve para muy diversos productos, desde pasta dentífrica hasta pintura; se utiliza en la industria metalúrgica, papelería y de cerámica; se fabrican adhesivos y se usa en la fabricación de colorantes» (Greenpeace, 2000, p. 16).

La importancia del cultivo actual de maíz también se basa en la gran adaptabilidad climática y tecnológica del cultivo. En América se cultiva desde el nivel del mar hasta a más de 3.000 msnm, en climas que van desde los tropicales húmedos hasta los semisecos y templados, en variantes tecnológicas que van desde el milenario sistema de roza-tumba-quema y su siembra con coa, aún en práctica en algunas zonas, hasta su monocultivo intensivo altamente tecnificado sobre grandes extensiones, que es actualmente el sistema dominante por su volumen de producción.

³ En México, un 71% de las unidades de producción rural registradas en el censo agrícola de 1991 (2.8 millones de unidades) produjeron maíz, tanto como cultivo principal o complementario (Warman, 2001)

⁴ No se tiene un inventario preciso sobre el número de variedades, ya que continuamente se están desarrollando unas y se pierden otras que entran en desuso. Pero en los bancos de germoplasma que hay en el país, se dispone de las siguientes accesiones: 10965 en el banco del Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) de las cuales 3532 corresponden a variedades mexicanas (Nadal, 2000). Por su parte, FAO reporta que México dispone del 12% de las 277000 accesiones de maíz de que se dispone a nivel mundial (FAO, 1996)

No obstante lo anterior, la mayoría de los pequeños productores minifundistas producen maíz bajo una amplia gama de sistemas de producción, por lo que la relevancia de estos sistemas es muy importante considerando el número de productores que lo cultivan.³

La gran diversidad de climas y sistemas a los que se ha adaptado el cultivo de maíz se expresa claramente en la gran cantidad de razas y variedades de este grano que se han encontrado. En México se han identificado 41 razas (Ortega, 1999) con miles de variedades.⁴

Ciertamente, el maíz es, en síntesis, una planta virtuosa que se mantiene como un cultivo en expansión en el mundo, pero que desafortunadamente, tanto por el sistema de producción dominante como por la ingeniería genética que se practica con ella, se está convirtiendo en una amenaza para la biodiversidad y la salud humana.

EL PARADIGMA TECNOLÓGICO DE LAS SEMILLAS «MESTIZAS» DE MAÍZ

Es muy probable que el maíz se haya desarrollado como cultivo de manera más o menos simultánea en varios puntos de mesoamérica, y que conforme se fueron extendiendo las relaciones de intercambio entre los diferentes grupos de cultivadores, se expandiera también el intercambio de semillas de una región a otra. De hecho, se reconoce que el principal mecanismo que ha incidido en la evolución del maíz, ha sido el intercambio genético producido por cruces entre razas y variedades (CIA, 1980). Ésta es una de las características fundamentales de las semillas criollas de maíz, que yo denominaré como *mestizas*, y que se basan en un continuo intercambio genético entre variedades con características relevantes para el campesino, lo que se expresa en una gran adaptabilidad climática y estabilidad de respuestas a factores limitantes o restrictivos (suelos, plagas, enfermedades, luminosidad, etc.)

En el ámbito agronómico, se conoce con el nombre de semillas criollas a las semillas de maíz que resultan de la cruce y selección que practican de manera tradicional los campesinos o agricultores. El término criollo, seguramente tomado de la clasificación racial de los humanos en la época colonial, se refería

a los hijos de españoles nacidos y criados en América, por lo que en mi opinión es un adjetivo inadecuado para denominar al maíz autóctono de América. En todo caso, manteniendo la referencia racial, se le debería denominar maíz indígena, pero dada la gran cantidad de mezclas raciales que posee el maíz que se cultiva por los campesinos, al menos en América Latina. El término mestizo me parece un poco más representativo, ya que finalmente, los pueblos latinoamericanos se caracterizan por su predominante mestizaje y, el maíz de los campesinos de Latinoamérica, como ya lo señalé, también es resultado de una gran recombinación racial, a la que han contribuido indígenas, mestizos y blancos.

No se puede hablar del maíz mestizo desvinculado de los sistemas de producción campesina, ya que el primero es un componente fundamental de los segundos, que a su vez son el resultado de la coevolución entre cultura y medio ambiente. Por ello, considero indispensable describir de manera muy general las características de dichos sistemas.

Los campesinos han creado y/o heredado sistemas complejos de agricultura que, durante siglos, los han ayudado a satisfacer sus necesidades de subsistencia, incluso bajo condiciones ambientales muy adversas (Altieri, 1999). El objetivo fundamental de la producción campesina es satisfacer las necesidades de consumo del núcleo familiar e intercambiar los excedentes, por ello, el conocimiento y aprovechamiento integral de la mayor cantidad de recursos bióticos y abióticos de su medio es fundamental.

Durante miles de años el maíz se ha venido cultivando como parte de un sistema complejo que incluye el manejo simultáneo de varias especies y de diferentes variedades de una misma especie. La tradicional milpa indígena en el centro y sur de México incluye la siembra de maíz, frijol, calabaza y chile, pero además se aprovechan otras especies silvestres que se desarrollan en la misma parcela, como el quelite, el hongo cuitlacoche, aves, mamíferos, reptiles e insectos, etc.

Es fácil entender la pertinencia que para la economía campesina tiene el disponer de una mayor variedad de alimentos, pero además, la diversidad de los sistemas campesinos representa un hábil manejo de la incertidumbre climática y del aprovechamiento de las interacciones naturales. Así, la

siembra de diferentes variedades permite que la incidencia de una variación climática o enfermedad no afecte la totalidad del cultivo, ya que habrá algunas variedades con mayor resistencia. La convivencia del maíz, que es una gramínea de tallo alto, con el frijol, que es una leguminosa con algunas variedades trepadoras, permite explotar la simbiosis que se da entre ellas, ya que mientras el maíz sirve de soporte al frijol, éste fija nitrógeno al suelo que es aprovechado por el primero.

Wilken (Wilken, 1987 citado por Trujillo, 1994) resume de la siguiente manera las principales propiedades de los sistemas agrícolas tradicionales (o campesinos):

- a) Manejo de las necesidades energéticas. Por ejemplo, la tasa anual de energía comestible obtenida sobre la energía proporcionada de la producción de maíz es de 30.5 en sistemas tradicionales de México, y de sólo 3.3 en sistemas agrícolas modernos de Estados Unidos.
- b) Manejo de riesgos de pérdidas. Por ejemplo, en Tlaxcala el cultivo asociado de maíz y haba obedece principalmente a que en caso de helada, el haba puede sobrevivir a pesar de las pérdidas totales de maíz.
- c) Manejo de fertilidad de suelos, mediante el uso de rastrojos y materiales sedimentados.
- d) Manejo del suelo de acuerdo a su clasificación, es decir, de acuerdo con las características físicas de cada suelo, identificadas empíricamente. Así, en una misma parcela pueden identificarse diferentes tipos de suelo con diferentes usos.
- e) Manejo de conservación de suelo y agua. Por ejemplo, mediante la construcción de terrazas, surcos al contorno, poceos, etc., caracterizadas por el uso intensivo de mano de obra.
- f) Manejo de espacios verticales y horizontales, ya sea con raíces con diferente arquitectura, o cultivos con diferentes mecanismos fotosintéticos.
- g) Manejo de diversidad biológica: diversidad general y policultivos.
- h) Manejo de climas y microclimas. Por ejemplo, con cortinas rompevientos y plantas con diferente porte.

Si bien el maíz mestizo, como componente de los sistemas campesinos tradicionales, representó un elemento tecno-



DEBATES AMBIENTALES

lógico sumamente provechoso para el largo proceso de evolución de dichos sistemas, también es fácil entender sus principales desventajas en el contexto de una sociedad que pasa de un modelo de vida predominantemente rural a uno predominantemente urbano en un período relativamente corto: los maíces mestizos requieren de largos períodos de adaptación para lograr incrementos en su rendimiento, los agroecosistemas en los que se cultivan requieren de una elevada inversión de mano de obra, y es frecuente la variabilidad de los excedentes producidos para el mercado.

«En 1900 había 43 ciudades de más de medio millón de habitantes, principalmente en Europa Occidental, el este de Norteamérica, y en las costas de los países orientados a la exportación, frecuentemente en las colonias europeas. Para 1990 cerca de 800 ciudades, esparcidas por todo el mundo, sobrepasaban el medio millón de habitantes. Alrededor de 270 tenían más de un millón de residentes y 14 rebasaban los 10 millones» (McNeill, 2000, p. 282). Ello ha implicado que a nivel mundial se pasara de una proporción de población urbana de 18% en 1910 a un 43% en 1990.⁵

Lo anterior ha significado una drástica transformación de los sistemas de producción agrícola, iniciada en Inglaterra como fase previa a la Revolución Industrial en el siglo XVIII, con la innovación del tradicional sistema de barbecho por el de tres hojas, la incorporación de fertilizantes inorgánicos y la creciente tendencia al monocultivo. Pero la innovación que interesa en este trabajo es la que corresponde al inicio del mejoramiento genético científico de las semillas de maíz, iniciada a finales del siglo XIX, y que dio como resultado la

instauración de un nuevo tipo de semillas como paradigma tecnológico.

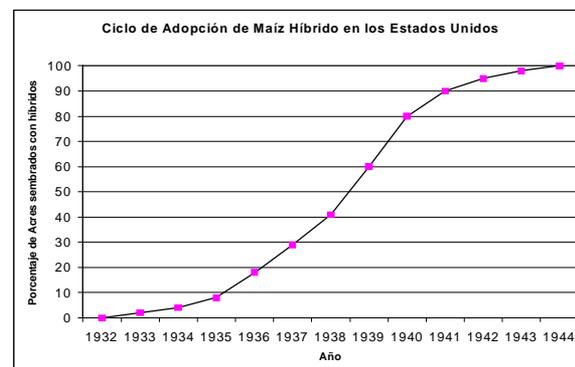
EL PARADIGMA DE LAS SEMILLAS HÍBRIDAS DE MAÍZ

Fitzgerald (1997) plantea que el desarrollo del maíz híbrido se da en los Estados Unidos como resultado de intereses locales de granjeros y comerciantes.

Dos grupos de personas estuvieron detrás de la aparición de los primeros maíces híbridos. Un grupo estaba constituido por los vendedores de semillas agrícolas, quienes poseían un conocimiento fundamentalmente empírico sobre el cruzamiento de variedades y experimentaban cruzando variedades con buenas características; el otro grupo lo conformaban los genetistas de las universidades interesados en la teoría de Mendel, que veían en la planta de maíz atributos para la experimentación, por ser una planta fácil de manipular y de polinización cruzada.

El maíz híbrido finalmente fue desarrollado por gente vinculada tanto a los intereses comerciales como a los académicos: E.M. East, George Shull y Donal Jones, los dos primeros en 1909 obtuvieron los primeros híbridos por el método de cruce simple de líneas puras obtenidas por autofecundación. Sin embargo, el largo período que demandaba este método para la obtención del híbrido, y la baja escala de su producción, lo limitaban como un método capaz de ser utilizado con fines comerciales, y no fue hasta 1919 cuando Jones desarrolla el método de cruce doble, para producir semillas a escala comercial.

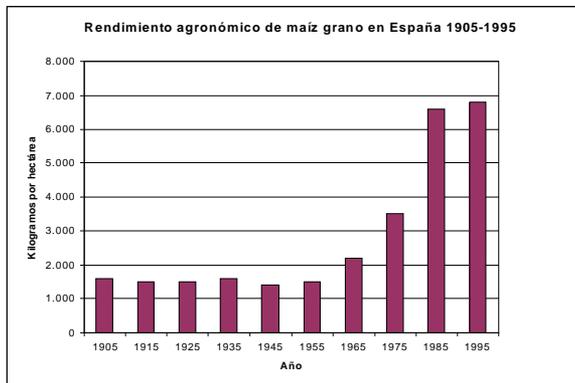
⁵ Esther Boserup (1965) fue una de las primeras personas que planteó la correlación entre crecimiento demográfico y cambio agrario. Así, en la medida que los sistemas agrarios resultaban insuficientes para abastecer las crecientes demandas de la población, se ejercían presiones para innovar y desarrollar tecnología y nuevos sistemas de producción. Esta perspectiva explicaría la sustitución de los sistemas de producción campesina por otros más productivos a partir de la presión demográfica sobre los recursos. Sin embargo, González de Molina (1993) considera que atribuir los cambios tecnológicos agrarios a la variable demográfica es insuficiente, propone en cambio, considerar el surgimiento del capitalismo como forma de organización social, como la causa de las transformaciones de los sistemas agrarios.



Tomado de Chrispeels, M. y D. Sadava, 1994, p. 306.

El cambio tecnológico de las semillas de maíz durante el siglo xx

Entre 1919 y 1930 empiezan a desarrollarse las primeras variedades de maíces híbridos comerciales, y para mediados de la década de 1940 la mayoría de los agricultores norteamericanos ya habían cambiado al uso de esas semillas.



Adaptado de López Linage, 1996, p. 141.

Al concluir la Segunda Guerra Mundial, y como parte de los programas de ayuda y reconstrucción económica promovidos por el gobierno norteamericano, el maíz híbrido se extendió por Europa y América Latina, y posteriormente al resto del mundo.

El éxito de las semillas híbridas de maíz se basa en su alta productividad, que supera, bajo condiciones de monocultivo, la productividad de las semillas mestizas en seis o siete veces. Sin embargo, es fundamental señalar que las semillas híbridas forman parte de un sistema de producción que incluye el uso de fertilizantes, pesticidas, maquinaria agrícola y en muchos casos, de irrigación, sistema que caracterizó el prototipo de producción de la llamada *Revolución Verde*.

La transición de los sistemas de producción de maíz del modelo de producción campesina al modelo de la Revolución Verde representa el icono del cambio de producción agrícola basada en conocimientos empíricos tradicionales al de conocimientos técnicos científicos.

Mucho se ha escrito sobre el tema de la Revolución Verde, por lo que solamente me concretaré a señalar que se trata de un paradigma de producción basado en la inyección de energía e insumos industriales exógenos al propio agroecosistema, y que tiende a un manejo simplificado y controlado de algunas variables agronómicas, cuya finalidad es la obtención de la mayor

producción posible al menor costo (monetario o crematístico), aunque hasta ahora siguen sin ser considerados los costos ambientales.

Toledo (1997) resume de manera muy atinada las características antitéticas entre los sistemas de producción campesina, vinculados al uso de las semillas mestizas, y los sistemas de producción bajo el modelo de la Revolución Verde, que denomina como modo agroindustrial, vinculado al uso de semillas híbridas.

Me parece pertinente enfatizar que, en oposición a las semillas mestizas, las híbridas son semillas adaptadas para responder a insumos exógenos al agroecosistema, por ello sus bondades productivas se manifiestan plenamente en ambientes más o menos controlados, es decir, en suelos de buena calidad, climas con poca variabilidad, y con inyección de insumos industriales. Además, son muy pocas las semillas híbridas desarrolladas para condiciones agronómicas restrictivas (condiciones de baja precipitación, heladas, etc.)

Fuera de los ambientes controlados o agroecosistemas industrializados, las semillas híbridas sencillamente no prosperan o se comportan peor que las semillas mestizas. Es por ello que esta tecnología no es incorporada por los sistemas campesinos y por ello son de uso casi exclusivo de las explotaciones comerciales.

Sin embargo, cabe señalar que dentro de la permanente dinámica de mejoramiento de sus semillas mestizas, los campesinos han cruzado variedades tradicionales con variedades mejoradas, por lo que algunas características de los maíces híbridos ya han sido incorporadas en algunas variedades de maíces mestizos. Esto es particularmente cierto en el contexto mexicano, en el que es difícil pensar que no se dan intercambios genéticos entre unas y otras semillas.

Los híbridos de maíz tienen la gran desventaja, para el productor, de que por tratarse de una planta de polinización cruzada, cada nueva generación pierde sus cualidades productivas, ya que cada nueva generación incorporará más heterogeneidad. Esto representa una gran ventaja para las empresas productoras de semilla, que año con año proveen al mercado con sus variedades.

Por lo anterior, hay quienes consideran que las semillas híbridas, más que ser semillas de alta productividad, son sólo



Racionalidades contrastantes en el modo campesino y el modo agroindustrial de apropiación de la naturaleza

Modo campesino	Modo agroindustrial
Producción para el consumo	Producción para el intercambio
Predominancia del valor de vida	Predominancia del valor de cambio
Reproducción de los productores y la unidad productiva	Maximización de la tasa de ganancia y la acumulación de capital.
Basada en el intercambio tecnológico	Basado en el intercambio económico
Ecosistem People	Global People
Relaciones socializadas con la naturaleza	Relaciones seculares con la naturaleza

Cuadro tomado de Toledo (op cit. pp. 57-58)

semillas de alta respuesta a la inyección de insumos industriales, y que garantizan la dependencia del productor respecto a los consorcios productores de insumos, incluyendo a los de semillas.

Desde el punto de vista ecológico, las semillas híbridas representan al menos dos grandes problemas: primero, se trata de monocultivos, en los que la recombinación genética si bien es elevada, no es comparable con la contenida por los sistemas de producción diversificados y las diversas variedades mestizas manejadas por la agricultura tradicional campesina, lo que implica pérdida de biodiversidad tanto en especies cultivadas como al interior de la misma especie; y segundo, los insumos que demanda el sistema con el que se producen son contaminantes *in situ* y *ex situ*.⁶

⁶ La contaminación in situ se da principalmente como consecuencia del excesivo e inadecuado uso de fertilizantes y pesticidas que provocan la contaminación del suelo, el agua y en ocasiones de las mismas plantas. La contaminación ex situ es el resultado de los procesos industriales a través de los cuales se obtienen estos insumos modernos, muchos de los cuales tienen como base el alto consumo de hidrocarburos y químicos industriales de difícil reciclaje.

⁷ «maize landraces tend to be locally rather than broadly adapted, are reused for many generations, and are managed as mixed populations rather than as distinct pure lines. Maize landraces are thus diverse at the population level, while hybrids are diverse at the genotype level. USA maize hybrids are compounds of distinct races, individually more diverse than most Mexican races, but less diverse than a collection of population of Mexican landraces (Smith, 1986)» (Brush, 1998, p 758).

Las variedades nativas de maíz tienden a estar adaptadas localmente y no tienen una adaptación amplia, son reusadas durante varias generaciones, y son manejadas como mezclas de poblaciones más que como líneas puras distintivas. Por lo tanto, las variedades nativas de maíz son diversas a nivel de población, mientras que las híbridas son diversas a nivel de genotipo. Los híbridos de los EE UU se componen de distintas razas, y son individualmente más diversos que la mayoría de las razas mexicanas, pero menos diversos que una colección de poblaciones [de maíces] mexicanas (Smith, 1986)⁷ (citado por Brush, 1998 p.758 traducción propia).

Pérdida de biodiversidad y contaminación son dos procesos estrechamente vinculados a la producción de maíces híbridos, que hoy por hoy son las semillas responsables de la mayor parte de la producción mundial de maíz. Glisman (1997), estudiando las variedades de maíz utilizadas a nivel mundial, encontró que sólo seis híbridos conformaban más del 70% del cultivo mundial.

A los problemas ambientales hay que agregar los problemas sociales y económicos que ha implicado el paradigma de la producción de maíces híbridos, que al ser «más productivos» y no incorporar los costos ambientales, desplazan a los maíces mestizos de los mercados, por venderse más baratos. Así, el negocio del maíz queda restringido a los productores empresa-



riales y las industrias proveedoras de insumos, manteniendo marginada a la producción campesina. Un ejemplo patético lo representa el mercado de maíz en México, que durante los últimos años ha ido incrementando sustancialmente las importaciones de maíz proveniente de los Estados Unidos, es decir, de maíz híbrido, y recientemente de maíz transgénico.⁸ Ello está provocando el detrimento de la producción nacional, en donde solamente entre un 27% y un 34% del maíz que se siembra es maíz híbrido (Ortega, 1999).

El limitado éxito de las semillas híbridas ha sido consecuencia, principalmente, de la importancia que aún mantiene la producción campesina y de la diversidad agroclimática del territorio, en donde una proporción muy importante de la superficie agrícola es «marginal».⁹

Si bien las semillas mestizas de maíz han venido siendo desplazadas de los mercados urbanos por las semillas híbridas, lo cierto es que en el contexto de las sociedades campesinas latinoamericanas, las semillas mestizas se han mantenido en buen resguardo y continúan su proceso de coevolución, aunque también es cierto que en la medida que la sociedad urbana ejerce presión sobre las comunidades campesinas, se pierden los campesinos junto con su cultura agrícola y sus semillas, que ahora se ven amenazadas por un nuevo paradigma tecnológico.

EL MAÍZ TRANSGÉNICO ¿NUEVO PARADIGMA?

A finales de la década de los ochenta, Monsanto, la principal transnacional comercializadora de semillas mejoradas y pesticidas, y una de las que actualmente encabezan la difusión de semillas transgénicas, publicaba que «la biotecnología revolucionaría la agricultura en el futuro con productos basados en los métodos propios de la naturaleza, haciendo que los sistemas agrícolas sean más amigables para el medio ambiente y más provechosos para el agricultor. Más aún, se proporcionarían plantas con defensas genéticas autoincorporadas contra insectos y patógenos» (OTN citada por Altieri, 2000. p. 7).

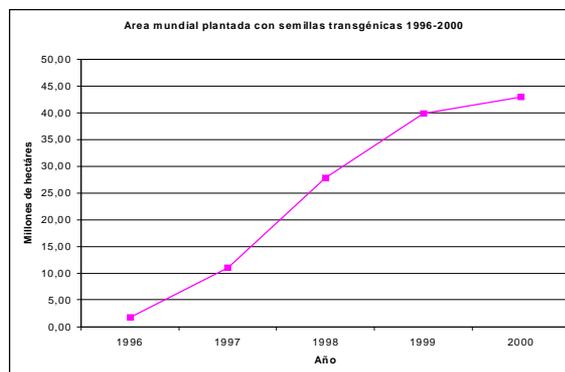
Pocos años pasaron para que se iniciara, a principios de los noventa, la comercialización de semillas transgénicas, para los cultivos de soja, algodón y maíz, iniciándose así lo que al-

gunos han querido llamar como *La Segunda Revolución Verde o Revolución Biotecnológica*. Ya para 1996 figuran las primeras estadísticas de cosechas de cultivos transgénicos en los EE UU.

Las semillas transgénicas se caracterizan por incorporar genes, intra o interespecíficos, a sus cromosomas, por medio de técnicas especializadas de ingeniería genética, logrando con ello que las plantas a las que dan origen desarrollen propiedades que les confieren ventajas productivas. A la fecha, las principales propiedades inducidas por esta técnica han sido la resistencia a insecticidas, a herbicidas y a ciertos tipos de virus.

Se trata de una tecnología que ha abierto una gran polémica, por su novedad, su potencial y los riesgos e incertidumbres que conlleva. La posibilidad de combinar información genética, no sólo entre diferentes especies, sino incluso entre seres vivos de diferentes reinos y órdenes, es ahora una realidad.

En el caso específico del maíz, las principales semillas transgénicas que actualmente se comercializan son las conocidas como Bt, que incorporan el gen de una Bacteria (*Bacillus thuringiensis*) que «producen su propio insecticida», y las plantas resistentes a la aplicación de herbicidas genéricos, por lo que el



Construida a partir de datos de RAFI, 2001.

⁸ «se estima que cerca de 2 de los 6 millones de toneladas de maíz que se importan de EU son transgénicas y se destinan indistintamente para consumo siembra» (Ceballos, Periódico Reforma del 23 de Enero de 2002)

⁹ La consideración de tierra «marginal» responde al hecho de que se trata de tierras que no son las más adecuadas para el desarrollo de la agricultura moderna, pero que bajo la perspectiva de la producción campesina, se trata, en muchos casos, de tierras altamente productivas.



DEBATES AMBIENTALES

principal beneficio que se obtiene de su uso es la reducción de daños por plagas y la eliminación de la competencia de las plantas consideradas como malezas. Cabe señalar que ambos problemas, es decir, la incidencia de plagas y malezas sobre el monocultivo de maíz, son en buena medida resultado de la primera Revolución Verde, que indujo la proliferación de plagas sobre extensas superficies de monocultivo de maíces híbridos con poca diversidad intrínseca, e incentivó la resistencia a los pesticidas por parte de las plagas y malezas,¹⁰ que hoy requieren de la aplicación de altas dosis de insecticidas y herbicidas para su control, problema que ahora se intenta resolver con la nueva tecnología.

Se ha dicho que la ingeniería genética hará a los sistemas agrícolas más sustentables y ayudará a los agricultores del tercer mundo a combatir la baja productividad, la pobreza y el hambre (Molnar y Kinnucan, 1989; Gresshoft, 1996, citados por Altieri, 2000). Promesas parecidas se hicieron en los albores de la primera Revolución Verde y los resultados han sido más bien los opuestos.

Hasta ahora, la tendencia de las semillas transgénicas parecen seguir el mismo camino, es decir, convertirse en una tecno-

Proyecciones mundiales de cultivos transgénicos para el 2000

País	Área (millones de hectáreas)	Cambio de 1999 a 2000 (hectáreas)	% del área total de transgénicos
Estados Unidos	30	+ 1,6 millones	70%
Argentina	9	+ 2,1 millones	21%
Canadá	3	- 1 millón	7%
China	0,5	+ 0,2 millones	1%
Sudáfrica	+ 0,1	n/a	>1%
Australia	+0,1	n/a	>1%
México	n/a	n/a	>1%
Rumania	n/a	n/a	>1%
Ukrania	n/a	n/a	>1%
España	n/a	n/a	>1%
Alemania	n/a	n/a	>1%
Francia	n/a	n/a	>1%
TOTAL	43	+3.1 millones	100 %

Basado en las estimaciones provisionarias de ISAAA (*International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications*). Tomado de RAFI, 2001 p. 1.

¹⁰ «Una nueva enfermedad del maíz apareció por primera vez en Filipinas en 1961. Se conoce como la roya del maíz del sur y causó la pérdida del 15% de la cosecha de este cereal en los Estados Unidos en 1970. Algunos estados del sur de Estados Unidos perdieron hasta la mitad de la cosecha. El verdadero problema no era la enfermedad sino la uniformidad del maíz. Toda la cosecha de los Estados Unidos era susceptible al nuevo hongo porque casi la totalidad de las variedades comerciales híbridas que se vendieron en Estados Unidos eran genéticamente muy parecidas» (GREENPEACE, 2000, p. 18).

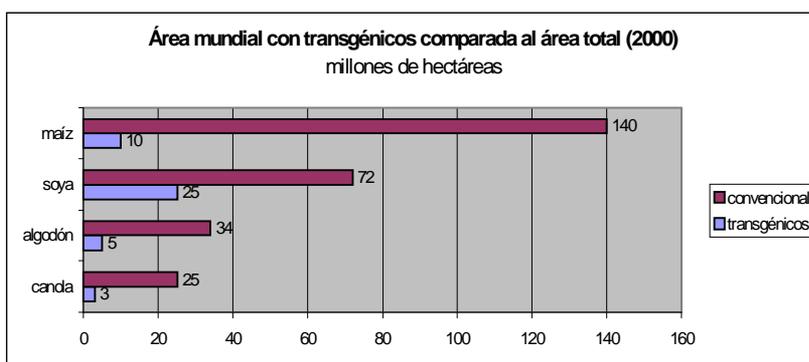
¹¹ Los argumentos a favor de los transgénicos son: que posibilitarán el incremento de los rendimientos en condiciones productivas restrictivas, facilitando la independencia de los insumos químicos; que se tendrán plantas resistentes a plagas y enfermedades; que se inducirán cualidades específicas en los alimentos tales como maíces con alto contenido de fibra; y que se tendrán beneficios ambientales, como tolerancia a la sequía, y reducción de la erosión. Los argumentos en contra señalan que: se pueden presentar cambios impredecibles en el comportamiento genético de las plantas modificadas; los ecosistemas se pueden poner en peligro, por ejemplo, a través de la posibilidad de que los genes modificados de una especie pasen a otra con consecuencias impredecibles o bien mediante el desarrollo de superplagas; que se produciría una mayor dependencia de insumos químicos específicos; pérdida de biodiversidad, riesgos a la salud humana; y que los beneficios económicos estarían muy concentrados. (RAFI, 1998).

logía que polarice aún más la situación entre la agricultura dependiente de insumos industriales y la agricultura campesina, entre la agricultura de los países ricos y la de los países pobres.

En esencia, se sigue trabajando en la producción de semillas adaptadas al modelo de agricultura tipo Revolución Verde y poca atención se pone al desarrollo de semillas adecuadas a condiciones de secano, de bajo o nulo uso de insumos industriales o que mejoren los contenidos nutritivos de los alimentos, que serían resultados que sí podrían beneficiar a la agricultura de los países pobres. Pero el negocio sigue siendo las semillas que demanden más insumos industriales, lo que implica que no se resuelven los problemas ya señalados anteriormente para el caso de las semillas híbridas. Por el contrario, se incorporan otros.

La opinión científica se divide entre los que sostienen que las semillas transgénicas de maíz no representan ningún riesgo para la salud humana y el ambiente y que por el contrario son muchos los beneficios potenciales, y aquellos que señalan que los riesgos, incertidumbres e ignorancia en torno a esta nueva tecnología todavía son muy altos.¹¹ Los más señalados son la

El cambio tecnológico de las semillas de maíz durante el siglo xx



Tomado de RAFI, 2001 p. 3.

generación de alergias, el desarrollo de resistencia a antibióticos por los humanos,¹² y la contaminación de cultivos y plantas naturales con los transgenes, lo cual podría ocasionar, en el peor de los casos, una verdadera catástrofe ecológica, muy difícil de predecir.

Se trata, además, de una tecnología apropiada y explotada solamente por un reducido grupo de empresas transnacionales de agroquímicos y su nuevo ramo, la biotecnología. Baste señalar que el 70% del mercado de semillas transgénicas está controlado por una sola empresa: Monsanto (RAFI, 2001).

Aún y cuando el área de cultivos transgénicos es todavía relativamente pequeña comparada con las superficies totales cultivadas, y que durante el año 2001 el mercado de semillas transgénicas sufrió un revés, al disminuir su tendencia ascendente, después de la reunión sobre bioseguridad celebrada a inicios de ese año; las grandes corporaciones que mantienen el control sobre este tipo de tecnología se mantendrán presionando para eliminar los obstáculos a su comercialización e imponer las semillas transgénicas como parte fundamental del nuevo paradigma productivo.

Las opiniones críticas hacia la nueva tecnología se pronuncian por la aplicación del *principio de precaución*¹³ para que se limite el empleo de semillas transgénicas, en tanto no haya suficiente evidencia de su inocuidad. Esto es de especial importancia para las áreas de origen y diversidad de los cultivos,

como México y Centroamérica para el caso del maíz, ya que son las regiones más susceptibles en caso de contaminación genética. En estas regiones se sigue desarrollando de manera natural el teosinte y el *Tripsacum*, como ya lo he señalado con anterioridad, los cuales pueden mantener intercambio genético con el maíz, y de esta especie pasar a otras, con consecuencias difíciles de predecir.

La principal amenaza para la diversidad de variedades de maíces mestizos, vinculados a la agricultura campesina, no es ya la que representan los híbridos (que las dejan sin posibilidad

¹² «El gen denominado blaTEM-1 muy utilizado en la modificación genética de plantas como el maíz de Novartis, y en biología molecular en general, desencadena la producción de una encima capaz de degradar muy eficazmente las penicilinas. Se sabe que las alteraciones de ese gen pueden aumentar considerablemente el espectro de resistencia que confiere la enzima cuya síntesis rige y con ello alargar la lista de antibióticos que se vuelven eficaces (Courvalain, 1998)» (Greenpeace, 1999)

¹³ El Principio de Precaución (PRECAUTIONARY PRINCIPLE) surgió en Alemania en la década de los ochenta (Boehmer-Christiansen, 1994. Citados por Tacconi, 2000, p64) y también fue adoptado en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992. «El principio de precaución plantea que hay un premio por el hecho de asumir una actitud precavida y conservadora respecto a la intervención humana en sectores ambientales que son: a) inusualmente pocos en conocimiento científico, y b) inusualmente susceptibles a un daño significativo, especialmente cuando el daño puede ser irreversible» (Myers, 1993. Citado por Tacconi, 2000, p. 65 traducción propia).



DEBATES AMBIENTALES

de competir en los mercados urbanos, pero que las mantiene en resguardo en el contexto de la agricultura campesina), sino que es la contaminación genética.

Quienes se pronuncian a favor de la nueva tecnología, señalan como otro de sus atributos, el hecho de que a través de la ingeniería genética se puede incorporar variabilidad a las semillas híbridas, resolviendo el problema de su homogeneidad genética. Aún más, la incorporación de la variabilidad genética se haría de manera precisa, consciente y predeterminada, eliminando las incertidumbres que aun se tienen que tolerar en la producción de híbridos. Desafortunadamente, de lo que no se tiene ninguna precisión, ni plena consciencia y mucho menos se sabe de manera previa, son las posibles consecuencias no anticipadas de esta tecnología, que pueden ser catastróficas e irreversibles.

Y para terminar este apartado, solamente señalar una de las paradojas del desarrollo de esta tecnología, que se refiere a su carácter neocolonial, ya que básicamente todo el material genético base, tanto de las semillas híbridas como de las transgénicas, ha sido recolectado de las zonas de agrobiodiversidad campesinas, que en contrapartida a la donación del producto de miles de años de coevolución, reciben más marginación y la amenaza latente de que sus semillas mestizas desaparezcan y que sus ambientes sean contaminados.

Carnery (1996) en su artículo sobre la transferencia de tecnología en el cultivo del arroz, de África a Carolina del Norte y Georgia durante el período esclavista del sur de los Estados Unidos, destaca la actitud racista que caracterizaba a los dueños de las plantaciones que se enriquecieron explotando a los esclavos de África y su tecnología sin otorgarles mérito alguno. La misma actitud parece mantenerse en las corporaciones biotecnológicas de los países ricos en la actualidad, que se apropian de la diversidad genética del maíz que ha sido desarrollada por los pueblos indígenas y los grupos campesinos por generaciones, sin que hasta ahora reciban compensación alguna por ello. Por el contrario, a la amenaza ecológica por la posibilidad de contaminación genética se puede agregar la amenaza política de que las transnacionales patenten a su favor la base genética de las plantas, y en general de los seres vivos, una irracionalidad que se ha puesto en discusión, y que pone nuevamente en evidencia que la tecnología que se transfiere del Sur al Nor-

te es prácticamente gratuita, mientras que la que se transfiere de Norte a Sur resulta muy cara, económica, social y ambientalmente.

CONCLUSIONES

En este artículo se ha intentado mostrar como, a lo largo del siglo XX, se fue cambiando el paradigma tecnológico del uso de semillas mestizas, de gran biodiversidad, al de semillas transgénicas, de grandes riesgos e incertidumbres. Ello ha implicado la transformación de los sistemas de producción agrícola: de sistemas agrobiodiversos, en especies y variedades, a sistemas de monocultivo, de baja diversidad y altamente dependientes de insumos industriales. En particular, los nuevos sistemas de producción de maíces transgénicos son dependientes de los monopolios que representan las grandes empresas biotecnológicas.

Los cambios de paradigma tecnológico de las semillas de maíz han implicado además, el desplazamiento de los maíces mestizos de los mercados urbanos, primero por maíces híbridos que los marginaron a las zonas de agricultura campesina y los mercados locales, y recientemente por maíces transgénicos que además de abastecer los mercados urbanos constituyen una amenaza a la permanencia de los maíces mestizos y al entorno ecológico por medio de la contaminación genética.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTERI, Miguel (1999), *Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable*, Editorial Nordan-Comunidad, Montevideo, Uruguay.
- (2000), *Los mitos de la biotecnología agrícola: Algunas consideraciones éticas*, Universidad de California, Berkeley, en la WWW.
- BOSERUP, Esther (1965), *The Conditions of Agricultural Growth*, ed. Allen and Unwin, Londres.
- BRUSH, Stephen B. (1998), «Bio-cooperation and Benefits of Crop Genetic Resources: the Case of Mexican Maize», en *World Development* vol. 26, no. 5, pp. 755-766, Elsevier.

- CARNEY, Judith (1996), «Landscapes of Technology Transfer: Rice Cultivation and African Continuities», en *Technology and Culture* 39, pp. 187-212.
- CHRISPEELS, M. y D. SADAVA (1994), *Plants, Genes, and agriculture*, Jones and Bartlett Publishers, Boston, Estados Unidos.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS (CIA) (1980), *El cultivo del maíz en México*, CIA, México.
- EUBANKS, Mary W. (2001), «The Mysterious Origin of Maize», en *Economic Botany* 55(4) 492-514, The New York Botanic Garden Press, N.Y. U.S.A.
- FAO (2001), www.fao.org. en la www.
- FITZGERALD, Deborah (1997), «Mastering Nature and Yeoman. Agricultural Science in Twentieth Century» en Krige, J. and Pestre, D. (eds.) *Science in the twentieth Century*, Harwood Academic Publishers, Amsterdam.
- GREENPEACE (2000), *Centros de diversidad. La riqueza biológica de los cultivos tradicionales, herencia mundial amenazada por la contaminación genética*, GREENPEACE, España.
- GONZÁLES DE MOLINA, Manuel (1993), *Historia y Medio Ambiente*, Eudema Historia, Perfiles, Madrid.
- KRANZBERG, Melvin (1997) (v.o. 1985), «Technology and History: Kranzberg's Laws» en Reynolds, T.S. and Cutcliffe, S.H. (eds.) *Technology and the west. A Historical Anthology from Technology and Culture*, The University of Chicago Press, Chicago.
- LÓPEZ LINAGE, Javier (1996), *El maíz. De grano celeste a híbrido industrial. La difusión española del cereal mesoamericano*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación., España.
- MCNEILL, J.R. (2000), *Something New Under the Sun. An environmental history of the twentieth-century world*, W.W. Norton and Company, New York.
- ORTEGA PACZKA, Rafael (1999), *Genetic Erosion in Mexico*, FAO, www.fao.org/ag/agp/agps/prague/papaer10.htm
- RAFI (2001), *Semillas transgénicas: ¿sólo un frenazo o ya cayeron al vacío?* www.rafi.org.
- SALVADOR, Ricardo J. (1997) *Maize* en *The Encyclopedia of Mexico: History, Culture and Society*, Fitzory Dearborn Publishers.
- SÁENZ DE SANTA MARÍA, Carmelo, editor (1989), *Popol Vuh*, Crónicas de América, Historia 16, España.
- TACCONI, Luca (2000), *Biodiversity and Ecological Economics. Participation, Values and Resource Management*, Earthscan Publications, London and Sterling, VA.
- TOLEDO, Víctor (1997), «Economía y modos de apropiación de la naturaleza. Una tipología ecológico-económica de productores rurales» en *Revista Economía Informa* No. 253, Dic. 96/ Ene. 97, Facultad de Economía de la UNAM, México.
- TRUJILLO ARRIAGA, Javier (1994), «La agricultura tradicional campesina como componente del desarrollo de la agricultura sostenible» en Martínez, T; Trujillo, J y Bejarano, G., (comp.) *Agricultura Campesina. Orientaciones agrobiológicas y agronómicas sobre bases sociales tradicionales vs. T.L.C.*, Colegio de Posgraduados, Chapingo México.
- WARMAN, Arturo, 1988, *La historia de un bastardo: Maíz y Capitalismo* FCE. México.
- WILSON, Edward O. (1997), «Biodiversity II. Understanding and Protecting our Biological Resources. Introduction», en Reaka-Kudla; Wilson and Wilson (ed.) *Biodiversity II*, Joseph Henry Press, Washington D.C.

