



Los cultivos TRANSGÉNICOS y el desarrollo del campo MEXICANO

Juan Carlos Raya Pérez

Introducción

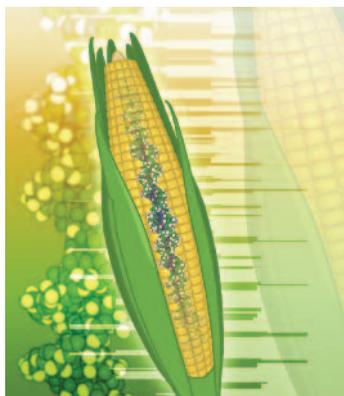
A pesar de la revisión que se ha hecho sobre el manejo de los distintos sistemas agrícolas (agroecosistemas) y el reconocimiento de la necesidad de cambiar las estrategias hasta ahora utilizadas, parece que las cosas seguirán igual en nuestro país por lo menos varios años más.

Por un lado, tenemos la ocupación de las mejores tierras con cultivos rentables, haciendo uso de tecnología, fertilizantes y labores mecanizadas. En México, desde el sexenio de Salinas de Gortari, el apoyo a las transnacionales para producir o procesar productos del campo ha sido tal que, estando Vicente Fox en el poder, estas corporaciones aumentaron espectacularmente sus utilidades. La importación de bienes procedentes de los Estados Unidos les ha permitido abaratar su producción y aumentar sus ganancias.

Se debe hacer un llamado de atención ante la agricultura trashumante, que alquila o compra tierras para dedicarlas un par de años o más a cultivos de exportación como el brócoli y otras hortalizas, y que extrae agua del subsuelo y fertiliza en altas dosis. El abatimiento de los mantos freáticos que ocasiona es tan rápido y sensible que muy pronto deben mudarse, dejando atrás suelos degradados y reservas de agua abatidas o contaminadas.

Estos agricultores son usados como ejemplo de empresarios exitosos. Mientras, los campesinos son dejados

a su suerte y los precios de sus productos no les permite ni siquiera recuperar los costos (en 2007, se “retiró” a 230 investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), sin preocuparse del apoyo que prestaban al campo). También durante el sexenio foxista se acusó abiertamente a los campesinos de no tener visión empresarial y no darle valor agregado a sus productos, culpándolos de su propio fracaso. Y es que persisten el uso de técnicas tradicionales, de variedades criollas y policultivos en las tierras marginales ocupadas por campesinos pobres.



En 1990, los campesinos sujetos de recibir Crédito a la Palabra fueron 300 mil, con 1.2 millones de hectáreas, y de éstos 50 por ciento tienen menos de 5 hectáreas y poseen 15 por ciento de la superficie total de labor; 40 por ciento de los productores posee el 85 por ciento restante de la superficie. El 25 por ciento de la superficie la-

borable está bajo el régimen de pequeña propiedad, y 75 por ciento es ejidal, con un muy bajo porcentaje de tierras de riego. Muchos de los productores ejidales se orientan hacia el cultivo de alimentos, no para comerciar con ellos o porque el terreno sea idóneo para eso, sino por cuestiones de supervivencia.

El primero de los esquemas mencionados surgió con la agricultura moderna altamente tecnificada, y se ha identificado con la llamada *revolución verde*. A este avance se le han señalado ventajas y desventajas, y se



reconoce que ha permitido alimentar a una población mundial en constante crecimiento, produciendo además excedentes en los países industrializados, lo que incentiva la inversión en el campo.

Otra vez la burra al trigo...



En su tiempo, por allá de los años cuarenta, se contemplaron las dos alternativas: estudiar e impulsar los sistemas tradicionales, o implementar el nuevo modelo mediante el uso de semilla mejorada, fertilización y uso de pesticidas. Se eligió la segunda opción, y se abandonó la primera. De algunos años a la fecha se han vuelto a reconsiderar las ventajas de los sistemas tradicionales y la necesidad de estudiarlos, pues como se ha dicho no afectan tanto a los ecosistemas y por lo mismo evitan la degradación del ambiente. Además, se ha reconocido que los campesinos *algo* saben de agricultura. Ahora, con el desarrollo de las técnicas de la ingeniería genética en plantas, con el cada vez mayor número de especies susceptibles de transformarse mediante esta técnica, y la reciente liberación de semilla de plantas transgénicas (organismos genéticamente modificados por la mano humana), las relaciones en la agricultura están cambiando. Entre las plantas genéticamente modificadas están el algodón, el maíz, la soya, la papa, el jitomate, y árboles como el álamo o el del caucho. Se están llevando a cabo ensayos de campo para otras especies ya transformadas, y la orientación para producir con ellas productos de interés industrial.

A partir de esto, el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales se está replanteando. Productos que sólo se producían en las regiones intertropicales, como los *fructanos* (polímeros de glucosa, con varios usos industriales y médicos), ya se pueden obtener en regiones muy al norte o muy al sur. Antes, los franceses seleccionaron la remolacha azucarera para no depender de los países productores de caña de azúcar. Hoy, las cosas siguen en esa dirección, pero más rápido y a mayor escala. La producción de proteínas de interés médico o alimentario en el maíz está ya en marcha, como la *avidina* (proteína del huevo útil en investigación biomédica); también las proteínas de la leche materna se pueden obtener en grandes cantida-

des y prácticamente puras a partir de este grano, que resulta una fuente mucho más barata que la propia leche o el huevo.

La generación de vacunas en plantas es otra de las opciones ya probadas. Se han alimentado cerdos o ratas con papas modificadas genéticamente para expresar antígenos (moléculas que activan la producción de anticuerpos) de, por ejemplo, el virus de la hepatitis, y han resultado exitosas vacunas al conferir resistencia a la infección. El llamado “arroz dorado” fue uno de los primeros vegetales lanzado al consumo a fin de remediar la carencia de vitamina A en Asia. Esta deficiencia provoca ceguera incluso en los niños; no obstante, a la fecha no hay datos o ensayos para saber del éxito o fracaso de este arroz. En cambio, un cultivo de zanahoria fortificado con calcio incrementa un 50 por ciento la absorción de este elemento en el cuerpo humano. La lista de cultivos transformados o registrados es ya enorme (véase, por ejemplo, las revistas especializadas *Journal of plant registrations* o *Biopharming review*). En México se ha trabajado en la obtención de cultivos biofortificados con vitamina A, con mayor calidad proteica, resistentes a suelos ácidos, a sequía, a deficiencias nutrimentales, con frutos de maduración retardada, vacunas en frutas y varias líneas más.

Más de lo mismo

Como ya se mencionó, parece que la situación seguirá igual, con los mismos esquemas de producción, sólo que ahora utilizando plantas transformadas. Se tiene la intención de continuar sembrando grandes extensiones; las mejores tierras, con un solo cultivo, una sola variedad transformada para resistencia a algún patógeno o plaga y ayudado con los agroquímicos y pesticidas necesarios. Al parecer, estamos nuevamente en el punto de decidir hacia dónde ir: ¿seguiremos privilegiando el monocultivo, ahora con el uso de variedades transgénicas, u optaremos por la diversidad biológica y cultural, sin dejar de hacer uso de la biotecnología? Todos deberíamos saber que en el mundo hay 250 millones de niños que padecen deficiencia de vitamina A, y 850 millones de seres humanos mal nutridos en el campo, con una agricultura

apenas de subsistencia. Sabemos que la pobreza se hereda, pero no sólo en un sentido social, sino también genético. Las carencias que padece la madre durante la gestación del feto se reflejarán en la vida adulta de éste (mediante el fenómeno llamado *impronta metabólica*). Incluso sabemos que aun los nietos pueden llevar esta *impronta epigenética* a través de modificaciones químicas (metilación) al ácido desoxirribonucleico (ADN), la molécula que transmite la herencia. Y algunos pesticidas pueden inducir esta modificación del ADN, afectando por lo tanto no sólo a quienes se exponen directamente, sino también a su descendencia.

Sin embargo, todo parece indicar que las alternativas que se venían contemplando se abandonarán o estancarán de nueva cuenta. Es cierto que el manejo integral de plagas y el uso de bacterias —o más específicamente, de sus toxinas— para combatir plagas está ya en marcha también, pero las bases para usarlos siguen siendo las mismas. Tal vez se podría decir que la carencia de bases continúa; no se tienen los conocimientos ecológicos mínimos para cambiar de estrategia, no se ha encontrado la manera de integrarlos, o bien no se desea hacer tal cambio.

De hecho, los ensayos para tratar de predecir el efecto que pueden tener las plantas transgénicas sobre el ambiente y los demás organismos, especialmente en los casos en que se introducen a los sitios de donde son originarios los cultivos, están apenas realizándose. Se argumenta que las proteínas expresadas en las plantas transgénicas están ya presentes en la naturaleza, lo mismo que los genes de resistencia a antibióticos; pero no por esto se pueden obviar los ensayos mencionados. Debe señalarse que hasta la fecha los campos experimentales donde se siembran estas plantas están muy bien vigilados, pero en el largo plazo es indeseable que ocurra un efecto similar al de la revolución verde, con efectos nocivos sobre el ambiente y los recursos. Esto nos habla de la necesidad de que los especialistas estudien a profundidad este tema. Y aunque el maíz transgénico no se ha permitido como cultivo en México, los mexicanos lo consumimos en las tortillas, los totopos, harina y aceite, y en muchos de los productos que comemos a diario.



El que no oye consejo...

Se ha recomendado, y hasta exigido, combinar los cultivos transformados genéticamente con plantas no transgénicas a fin de retrasar la aparición de resistencias en las plagas o arvenses (malezas). Necesariamente debería incentivarse el estudio y la puesta en práctica de policultivos, e incluso la siembra de materiales criollos y la tolerancia de parientes silvestres de los cultivos, tanto para lograr su conservación como para amortiguar de alguna manera el efecto del uso de transgénicos.

La complejidad de los agroecosistemas incide favorablemente en el manejo de los cultivos. Un sistema simple, tal como un monocultivo con la mayor parte de la superficie ocupada para este fin, sufre más daños por el ataque de plagas que un agroecosistema complejo; es decir, aquel en el que se dejan “zonas de amortiguamiento” ocupadas por otros cultivos, o por plantas silvestres, agrega complejidad a los monocultivos modernos. En China se han cultivado extensiones muy grandes de tierra (812 hectáreas el primer año, y 3 mil 342 el segundo, y la superficie se sigue incrementando) con al menos tres diferentes variedades de arroz: dos mejoradas y una tradicional, que usa la gente para fines específicos. El uso de variedades susceptibles a enfermedades mezcladas con resistentes permitió incrementar 89 por ciento la cosecha de las susceptibles respecto a cuando se siembran como monocultivo, y para el segundo año no fue necesaria la aplicación de fungicidas.

Los organismos se manipulan genéticamente pensando dentro de un marco de manejo semejante al usado hasta ahora, sin contemplar alternativas. Si se pensara en utilizar plantas transgénicas para un policultivo ¿qué características se modificarían? En un policultivo la situación es distinta a un monocultivo, y habría que considerar las diferencias. Sin embargo, parece que muchas de las plantas transformadas hasta ahora podrían tener ventajas de uso en sistemas tradicionales. Dado que la gran mayoría se han transformado para otorgar-



les resistencia a enfermedades o plagas, en los policultivos se requeriría de más tiempo para la aparición de nuevas especies o razas de patógenos capaces de infectar a estas plantas. Habría que considerar, dependiendo de las asociaciones, efectos de competencia como sombreados, la capa del suelo ocupada por la raíz de cada una de las especies, la necesidad de fertilización, la alelopatía (producción de sustancias por algunas plantas que pueden afectar el crecimiento de otras), etcétera.

Pero no sólo los insectos se convierten en verdaderas plagas en los monocultivos; se ha observado que ciertos patógenos microscópicos, como los viroides y los fitoplasmas, han cobrado importancia sólo en los cultivos, muy probablemente asociados a las formas de manejo de éstos. Resultaría impropio transformar plantas para hacerlas resistentes al ataque de patógenos que nosotros mismos propiciamos; sería mejor revisar más cuidadosamente la situación y tratar de prevenirla desde el manejo.

No poner todos los huevos en una canasta

Se apuntó arriba que quizá no se cuente con un marco distinto para la utilización de las “nuevas” plantas transformadas, y es que parece que en los sistemas de policultivo, por la tendencia a regresar a éste, y por ser de los más tomados en cuenta en las estrategias de cambio, apenas se están investigando las relaciones recíprocas que establecen las plantas, entre ellas y con otros organismos. En la naturaleza, la presencia de una sola especie de hongo infectando un pasto le ha conferido a éste ventajas en tal grado que ha desplazado a otras especies. Esto ejemplifica el efecto que una sola especie puede tener en un ecosistema.

Transformar una planta para hacerla resistente a un herbicida y luego matar con este herbicida al resto de las plantas no parece una estrategia muy sensata ecológicamente hablando, ni muy funcional para un policultivo.

¿Qué hacer? Los campesinos tradicionalmente han recurrido al deshierbe manual. Se ha señalado que las plantas que enraizan más profundamente pueden “bombear” nutrientes (iones) hacia la superficie, y así mejorar la fertilidad del suelo y beneficiar a las otras plantas que enraizan superficialmente. Tal vez podrían mejorarse estas “bombas” naturales a fin de utilizarlas en asociación con otras especies. La mayoría de las plantas transformadas lo han sido para resistir a plagas y patógenos, como se dijo, y unas pocas para mejorar sus propiedades alimenticias o las cualidades de sus proteínas. También se ha pensado en plantas transgénicas resistentes a suelos ácidos o alcalinos, a inundaciones o sequías. Quizá para la construcción de terrazas se podrían utilizar plantas útiles con una mayor capacidad de enraizamiento, o planear cultivos mixtos entre plantas ya adaptadas a suelos empobrecidos (como la yuca) y plantas transformadas, para hacerlas resistentes a éstos. Obviamente, sin dejar de tomar las medidas necesarias para conservar y recuperar el suelo.

Se ha estado trabajando en la selección de variedades de maíz que puedan crecer en condiciones de bajo contenido de nitrógeno. Esto parece ser contrario a la tendencia anterior de tener variedades que respondieran a la fertilización, lo que generaba en los campesinos la necesidad de utilizar cada vez más fertilizante. Quizá en este caso, un enfoque desde la ingeniería genética y la selección tradicional de cultivares pudieran darnos plantas capaces de sobrevivir y producir con cantidades mínimas de nitrógeno, y de paso ayudar a eliminar un poco a las variedades nitrófilas (que requieren mucho nitrógeno), producto del uso indiscriminado de fertilizantes.

También debe señalarse que el uso de plantas transformadas ha permitido sembrar cultivos en áreas de las cuales ya habían sido desterrados, principalmente debido a la alta incidencia de plagas, como en el caso del algodón. Además, un algodón transgénico libre de gossipol (un metabolito tóxico) sería una fuente enorme de proteína vegetal para consumo humano. También debe tomarse en cuenta que ya apareció resistencia en insectos a los cultivos transgénicos, específicamente a las toxinas cry. Asimismo, se han reportado arvenses o malezas resistentes a glifosato, el herbicida más usado



En la naturaleza, la presencia de una sola especie de hongo infectando un pasto le ha conferido a éste ventajas en tal grado que ha desplazado a otras especies. Esto ejemplifica el efecto que una sola especie puede tener en un ecosistema

en el mundo, y sobre el cual descansa la producción de soya con labranza cero. Además, el principal producto derivado del uso de glifosato, el ácido aminometilfosfónico, es más persistente y presenta una gran movilidad vertical, por lo que se lo ha detectado en aguas superficiales y subterráneas. No es pues la panacea para sustituir otros herbicidas. Existe evidencia de que las bacterias resistentes a antibióticos pueden ser transmitidas desde puercos y aves a humanos, lo que da pauta para redoblar el cuidado respecto a estas transferencias o contaminaciones.

En los Estados Unidos, los cultivos transgénicos no han propiciado en realidad un aumento espectacular del rendimiento y las ganancias. Los primeros informes indicaban que el aumento era modesto o inexistente. Sin embargo, se adujo que en países tropicales se vería esta ganancia real porque en ellos las pérdidas por ataque de plagas han sido siempre muy cuantiosas. De hecho, en la India se regaló semilla de algodón transgénico a los agricultores para que se animaran a sembrarlo, a probarlo. La compañía dueña de la semilla calificó como un éxito el ensayo. Y en China, sembrando arroz transgénico obtenido por los propios chinos, se reporta que los pequeños agricultores se beneficiaron con el uso de esta semilla, pues obtuvieron mayores rendimientos y usaron menos pesticidas, lo que mejora su

salud. Hasta hace poco, China había aprobado el uso de ocho variedades de maíz genéticamente modificado, dos de algodón, siete de canola y una de soya. Grupos preocupados por la monopolización de semillas y técnicas han tratado de abrir alternativas, por ejemplo usando otros vectores para transformar genéticamente las plantas y liberando esta información para que sea de uso libre.

Tal vez para el sistema de labranza cero o mínima se podrían combinar características atávicas, “primitivas”, a fin de que la planta fuera capaz de establecerse en medio de la competencia, con características avanzadas en la parte de interés para el ser humano (mayor calidad de grano, fruto más grande, etcétera). Todo lo anterior seguramente se ha considerado en el llamado “modelo sustentable”, con el que se pretende poder hacer uso de los recursos sin degradarlos. Los enfoques mencionados, incluidas la biotecnología y la agricultura orgánica, tienen cabida en él, pensándolo como un modelo perfectible, pero siempre tendiente a conservar los recursos.

Sabemos que en los programas de mejoramiento sólo se utilizan una o unas cuantas poblaciones o variedades, a fin de generar las nuevas que se lanzan al mercado. Se hace muy poco uso, en este sentido, de la gran diversidad genética presente en los cultivos tradicionales y en sus parientes silvestres. Aun cuando es todavía relativamente bajo el número de plantas susceptibles de ser transformadas, y nuestra ignorancia acerca de la fisiología y ecología de la mayoría de ellas es grande, creo que se continuará usando una o dos razas o variedades para hacer la transformación, y luego cultivarlas. Las limitaciones materiales y de conocimiento son de tomarse en cuenta, aunque las segundas ya están siendo abordadas. Para las primeras, se tiene maquinaria para sembrar entre los rastrojos del ciclo anterior o en suelos no labrados, entre otros avances tecnológicos necesarios. De hecho, la incorporación de carbono al suelo, en forma de materia orgánica, debería ser una prioridad y pagársela a los campesinos a cambio del servicio de secuestrar carbono, que así no contribuirá al calentamiento global.

Sin embargo, dados los datos citados al inicio, es probable que se repita el esquema seguido durante la revolución verde: los que puedan pagar los paquetes

tecnológicos tendrán acceso a ellos; los que no, continuarán sembrando en tierras agotadas con variedades o poblaciones tradicionales. Y no es que en sí mismas sean malas; de hecho es una manera de conservar la diversidad genética. Pero debería de buscarse la forma de acceder a la semilla producida con las nuevas tecnologías. La revolución verde nunca llegó a las zonas más pobres de África, y seguramente de otras partes del mundo. Durante la revolución verde, prácticamente todo el conocimiento vino de fuera y se impuso el modelo. Esperemos que ahora seamos capaces de producir y distribuir nuestra propia semilla, sin pagar un sobreprecio exorbitante, y tratar de definir nuestro propio modelo a seguir, tomando en cuenta las condiciones de pobreza de gran parte del campesinado, la persistencia de técnicas ancestrales en la agricultura y nuestra gran riqueza étnica, así como la diversidad de ambientes, de especies y de razas tradicionalmente cultivadas por nuestros agricultores.

Dios libre nuestros panales de esos que no comen miel

Es sin duda importante contar con los nuevos métodos, enfoques y variedades, tomando en cuenta lo antes señalado, para no depender totalmente del exterior y aceptar pasivamente los modelos diseñados e impuestos por ellos y las grandes empresas. Sabemos que éstas ya se apoderaron del mercado de la semilla transgénica.

Asimismo, debemos luchar para tener investigación científica propia en un área que amenaza con convertirse en algo críptico o esotérico, dado el gran número de patentes y la tendencia a no publicar resultados. En nuestro país se llevó a cabo la secuenciación del genoma del maíz; se trabaja en la del agave, aguacate, fresa, frijol, y otras plantas de sumo interés para nuestro pueblo. Ojalá efectivamente esto redunde en la protección de estos cultivos nacionales y garantice el acceso a estos recursos genéticos tradicionales.

Esto confirma algo sabido por muchos, incluidos los políticos, pero que parece olvidarse con respecto a la ciencia: el





conocimiento es poder. La privatización de la ciencia y la tecnología favorece la apropiación de resultados en detrimento del carácter público de la biodiversidad. En el 2002, cuatro compañías controlaban 75 por ciento del mercado de semilla de maíz, y nada más entre Monsanto y Dupont controlaban 65 por ciento del mercado global. En México los especialistas en fitomejoramiento, como grupo, han envejecido; en tanto, hay una clara tendencia a concentrar la tecnología en empresas transnacionales como Asgrow (Monsanto) y Pioneer (Dupont), que dominan el mercado de las semillas de maíz que se siembran con riego o buen temporal en México.

Hace años que el gobierno cerró o abandonó la Pronase (Productora Nacional de Semillas), a fin de dejar el mercado libre para las transnacionales. Los precios de la semilla de la Pronase eran accesibles. Hoy en día no contamos con científicos y técnicos que puedan producir la semilla que el país necesita, haciendo uso del conocimiento generado a través de la secuenciación de los genomas del maíz, arroz, frijol, agave, aguacate, etcétera. De 1994 a 2000, la superficie sembrada con los cultivos más importantes disminuyó en -1.75 por ciento anualmente, pero las importaciones de cereales y oleaginosas crecieron a una tasa de 5 por ciento anual durante este periodo. La producción de alimentos no puede ni debe estar sujeta a las imposiciones de la globalización, sobre todo cuando el intercambio es tan desigual, pues los estadounidenses y europeos

subsidian de manera importante su agricultura, pero no permiten que los países en desarrollo hagan lo mismo. Y usan el tema de los alimentos para presionar en los diversos tratados. No podemos dejar de comprarles granos porque entonces, ¿qué haríamos? Es imperativo apoyar al campo para lograr la autosuficiencia alimentaria, evitar la migración hacia las ciudades o, peor aún, hacia los Estados Unidos. La realidad es que no hay gente, sobre todo joven, para trabajar nuestro campo. Y ya sin petróleo, ¿qué vamos a comer?

Además, hay una indefinición sobre el uso de la tecnología generada mediante recursos públicos, como en el caso del *germoplasma* (acervo genético) colectado de esta manera. Por esto hay un rechazo a las figuras jurídicas de propiedad intelectual que facilitan el despojo de la riqueza genética desarrollada y conservada por los campesinos. En cambio, se favorece la propiedad intelectual a favor de las compañías privadas. Las empresas públicas como el INIFAP han protegido variedades vegetales, pero no pueden rivalizar con las empresas privadas, dada la gran cantidad de recursos e investigadores que éstas manejan (en los Estados Unidos, los gastos de la gestión de una patente se estiman entre 17 y 20 mil dólares). Acaso por lo anterior, la India ha obtenido la patente en los Estados Unidos de gran cantidad de plantas. Se toma una planta propagada vegetativamente de la que no haya patentes previas, se definen sus características para identificación y se describe su potencial agronómico, se paga y se tiene la patente. Quizá sea una forma de “proteger” la biodiversidad hindú.

Queda clara la necesidad de continuar formando especialistas en los diversos campos y áreas del conocimiento. Ojalá se pudiera trabajar conjuntamente para dar mejores soluciones a nuestros problemas; para cubrir nuestras carencias.

Lo cierto es que los cultivos (y ganado) genéticamente modificados ya están en el mercado, y las plantas que sintetizan en sus hojas o frutos productos de interés industrial sin duda están haciendo ganar este mercado a sus cultivadores. Dada la importancia de este tipo de “mercancía”, se podrían establecer parcelas o incluso invernaderos para producirlas en zonas específicas de nuestro país. Y aprovechar también ventajas naturales para, por ejemplo, conservar la biodi-

versidad y obtener cultivos orgánicos, que hoy en día tienen una gran demanda en el mercado y un sobreprecio. La aparición de insectos resistentes a las plantas transgénicas, y de malezas resistentes al glifosato, nos deben servir de advertencia para ir con cautela y no depender de la compra de plantas con nuevas resistencias o la necesidad de usar cada vez más toxinas o herbicidas. Debemos hacer una buena evaluación y selección para tomar y combinar lo mejor de las alternativas que se ofrecen, conservando el ambiente y la biodiversidad, a la vez que apoyando a nuestros campesinos para que produzcan los alimentos que consumimos.

Todo esto exige que los científicos de hoy asuman su responsabilidad y no validen el uso de semillas transgénicas bajo el argumento fácil de “no pasa nada”. Sabemos incluso que la transformación genética de los cloroplastos provoca “fuga” de los transgenes a través del polen. La gente, el pueblo, cree en Dios y la Virgen, pero fuera de eso difícilmente cree en algo o alguien más. La mula no era arisca...

Estamos ante la posibilidad real de mejorar las condiciones de cultivo y manejo de las plantas de interés antropocéntrico; de practicar de modo efectivo alternativas como el modelo sustentable, la labranza mínima, el manejo integral de plagas, los policultivos, la ecología de la restauración, la fitorremediación, la agricultura orgánica, el uso de composta y lombricomposta (composta fabricada con lombrices), etcétera. Y existe y se está impulsando la transferencia de tecnología (biotecnología) Sur-Sur; es decir, entre países en desarrollo. La ciencia no es neutral; sin embargo, más allá de los discursos y promesas de que la biotecnología resolverá el problema del hambre y la contaminación mundial, es necesario que los científicos tomemos conciencia de que todos estamos en el mismo barco, y de que si se hunden los miserables, difícilmente se salvarán los demás.

Ojalá la utopía se haga realidad y encontremos un mejor camino para la humanidad en su conjunto.

Juan Carlos Raya Pérez es biólogo por la Facultad de Estudios Superiores Ixtacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), maestro en ciencias por el Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados, y doctor en biotecnología de plantas por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional, campus Guanajuato. Actualmente es docente investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. Ha trabajado en el Cinvestav-Irapuato, el Colegio de Postgraduados y en el Instituto de Biotecnología y la Facultad de Medicina de la UNAM.

jraya@tecuruapan.com.mx

Lecturas recomendadas

- Aboites Manrique, G. y F. Martínez Gómez (2005), “La propiedad intelectual de variedades vegetales en México”, *Agrociencia* 39:237-245.
- Broothaerts, W., H. J. Mitchell y colaboradores (2005), “Gene transfer to plants by diverse species of bacteria”, *Nature* 433: 629-633.
- De la Fuente M. J. M., V. Ramírez Rodríguez, J. L. Cabrera Ponce y L. Herrera Estrella (1997), “Aluminum tolerance in transgenic plants by alteration of citrate synthesis”, *Science* 276:1556-1568.
- Hernández, X. E. (compilador, 1985), *Lecturas en etnobotánica*, Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Hoban, T. J. (1997), “Consumer acceptance of biotechnology: an international perspective”, *Nature biotechnology* 15:232-234.
- Ives, A. R. (1996), “Evolution of insect resistance to *Bacillus thuringiensis* transformed plants”, *Science* 237: 1412-1413.
- Mendoza, A., S. Fernández, M. A. Cruz, M. A. Rodríguez Pérez, D. Reséndez Pérez y H. A. Barrera Saldaña (2006), “Detección de productos de maíz genéticamente modificados por la reacción en cadena de la polimerasa”, *Ciencia y tecnología de alimentos* 5(3):175-181.
- Rubio, Blanca (2006), “La política rural de Vicente Fox: entre la simulación y el desdén (2000-2006)”, *Mundo Siglo XXI*, 5:41-51.
- Trujillo Arriaga, J. y R. M. Ríos Ibarra (1993), “Manejo de plagas agrícolas en México. Apariencia científica de una estrategia empírica”, *Ciencia*, número especial, 44:113-124.
- Waddington, S. R., A. F. E. Palmer y O. T. Edje (editores, 1990), *Research methods for cereal/legume intercropping: Proceedings of a Workshop on research methods for cereal/legume intercropping in eastern and southern Africa*, México, CIMMYT.