



Platón fragmentado, 2004

Maíz criollo y transgénico en México

◆ José Antonio Gómez
Gabriel Baldovinos

Hacia mediados del siglo pasado, la población mundial rebasaba los 2 000 millones de habitantes, mientras el incremento de alimentos crecía más lentamente. Las predicciones de Malthus estaban por hacerse realidad.¹ Esta situación fue resuelta temporalmente por medio de tecnologías que permitieron producir más alimentos por unidad de superficie. Estas tecnologías, modernas en los años sesenta, se conocieron como “revolución verde”, y su fundamento estriba en la mejora genética de las especies cultivadas por la incorporación de un “paquete tecnológico”² específico para cada variedad y cada región que permitiera la expresión del potencial genético de las mismas.

Dado que el proceso de mejoramiento genético requiere de una serie de selecciones y cruza endogámicas,³ se erosionaron muchos caracteres de resistencia a plagas y enfermedades, es decir, se perdieron genes de adaptación y sobrevivencia, por lo que el paquete tecnológico debía incluir el uso de pesticidas.

La “revolución verde” cumplió su objetivo de incrementar el rendimiento de cosechas por unidad de superficie, aunque su impacto en el ambiente y la sostenibilidad muestran un balance negativo. Entre otros, se consideran aquí los siguientes: erosión genética por sistemas intensivos y continuos de selección con base en caracteres de rendimiento y por procesos endogámicos; contaminación de suelo, aire y alimentos debido al uso continuo e indiscriminado de pesticidas; incremento de plagas y enfermedades por el uso de pesticidas que potencian la aparición de organismos mutantes resistentes, así como por la siembra continua de monocultivos que favorecen la reproducción logarítmica de plagas y patógenos.

Pero incluso los apologistas de la “revolución verde” reconocen que ésta, por el impacto negativo y destructivo sobre el entorno, no puede sostenerse, por lo que se proponen nuevas alternativas para el control de plagas. Entre los efectos del uso indiscriminado de estas tecnologías está la aparición e incremento de plagas y enfermedades que

¹ Thomas Malthus sostenía que mientras la producción de alimentos crecía en ritmos aritméticos, la población humana crecía en forma geométrica, por lo que a mediano plazo sería cada vez más difícil cultivar suficientes alimentos.

² Conjunto de condiciones e insumos que permiten la expresión del potencial genético, como clima; forma y dosificación de riego; dosis, tipo y fuente de fertilización; uso de pesticidas; equipamiento; tipo de semillas; manejo de cultivo; entre otros.

³ Cruzamientos entre individuos emparentados que incluyen la autofecundación artificial.



limitan la producción de las variedades mejoradas debido a su uniformidad genética y a la erosión de muchos genes de resistencia, además de que se siembra en monocultivo. Una alternativa que propone la ciencia agrícola al uso indiscriminado de pesticidas es el uso de semillas transgénicas.

En los años setenta del siglo pasado aparecieron organismos modificados en su código genético (ADN) como resultado de la aplicación de técnicas del ADN recombinante. Esta modificación consiste en la incorporación de uno o más genes que no les fueron heredados por sus progenitores, es decir, llevan genes o fragmentos de ADN adicionados artificialmente por manipulación genética. En su apariencia, los transgénicos no se distinguen de los no modificados genéticamente.

Actualmente existen transgénicos de maíz que tienen incorporado en su código genético a su propio insecticida. Este tipo de maíz es resultado de la cruce de material genético del maíz (*Zea mays*) con el material genético de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. La bacteria sintetiza un tipo de proteína tóxica para algunos insectos. Por lo tanto, este maíz es producto de una cruce entre dos organismos poco emparentados en la escala filogenética: por un lado, la especie *Zea mays*, que pertenece al reino vegetal, y por otro, la bacteria *Bacillus thuringiensis*, del reino animal. Esto rompe toda la lógica del cruzamiento natural.

Todavía a principios de la década de 1970 los textos de biología enfatizaban que sólo era posible la cruce entre individuos de la misma especie. Los estudiantes de esa época leíamos en la mitología griega sobre hibridaciones entre especies diferentes, como la del Pegaso, mitad caballo y mitad ave, o la del Minotauro, un hombre con cabeza de toro. Estas lecturas provocaban sonrisas de suficiencia que veían en los personajes de los mitos griegos el resultado de auténticos sueños de opio. Era imposible la cruce entre especies diferentes, de manera que pensar lo contrario era anticientífico y significaba regresar al oscurantismo.

Sin embargo, esto ya se conocía desde 1953, cuando Watson y Crick dieron a conocer el modelo del ADN (material genético universal a todo ser viviente). Independientemente del reino al que se pertenezca, todos los organismos vivos poseemos el mismo tipo de material genético y lo que nos diferencia de un primate, un árbol o una bacteria es la secuencia y número de bases nitrogenadas (alfabeto del código genético). Por lo cual, en principio podía lograrse cualquier tipo de cruzamiento y recombinación génica.

Dadas las inquietudes sobre los posibles efectos del consumo de transgénicos, en febrero de 1999, en Cartagena, Colombia, fue aprobado el Protocolo de Bioseguridad que regula la producción, distribución y venta de transgénicos. El uso de los trans-

génicos, especialmente en México, abre una discusión acerca de los posibles efectos negativos que pudieran ocasionar entre los consumidores.

Cómo afectan los transgénicos a la salud humana, a la ecología y a la biodiversidad son temas controversiales en los cuales los especialistas no han podido llegar a un acuerdo. Sin embargo, con base en principios elementales de la genética y en la forma como procede la naturaleza en la evolución de las especies, mencionaremos un par de aspectos sobre el uso de los transgénicos de maíz en México.

Interacciones génicas aleatorias e impredecibles

Para transferir un gen de interés económico a un organismo poco emparentado taxonómicamente (para formar un transgénico) se identifica primero al gen responsable del carácter de interés, el cual es incorporado o *inyectado* por medio de diferentes biotecnologías en el organismo que se pretende modificar (en este caso, el maíz). La incorporación del gen en uno o más cromosomas de la célula receptora se realiza de forma aleatoria. Después se deben identificar las células en las que tuvo éxito la transformación.

La expresión de un fenotipo⁴ o una característica heredada depende no sólo del genotipo (información o código genético) sino también de las

interacciones con el medio y entre los genes. Por ejemplo, en el caso de las cruza naturales, es decir, entre organismos de una misma especie, si la interacción se da entre genes homólogos o alélicos (que pertenecen al mismo par de cromosomas homólogos de una especie) se pueden generar interacciones de dominancia (un gen dominante impide la manifestación de otro recesivo). También se puede dar una interacción de codominancia o ausencia de dominancia; así, por ejemplo, la cruza de una flor blanca con una roja puede generar una progenie con flores de color rosa únicamente.

En el caso de interacciones entre genes no alélicos (que se dan entre cromosomas diferentes del par homólogo), los resultados de las interacciones suelen ser inesperados y se conocen como efectos epistáticos. En las interacciones entre genes no alélicos, las posibilidades de expresiones fenotípicas desconocidas se incrementan en órdenes exponenciales. Un ejemplo clásico en los libros de texto de genética es la cruza de dos plantas de flores blancas puras de línea⁵ que produce una primera generación de flores de color guinda. Es decir, las interacciones no alélicas reconocidas en el lenguaje de la genética como epistasis, cuando se dan entre organismos de una misma especie, producen resultados desconcertantes e impredecibles. Si este fenómeno ocurriera entre especies diferentes,

⁴ Característica de un organismo cuya expresión depende de la información genética, la interacción con el medio y la interacción que se da entre los genes de acuerdo con la ecuación: $F: G+IG+IMA$, donde F: fenotipo, G: genotipo, I: interacción y MA: medio ambiente.

⁵ Plantas con un par de genes alélicos idénticos que al autofecundarse tienen progenies con características iguales que las de la planta progenitora.



entre géneros y familias, o aún más, si se presentara entre reinos distintos, las posibilidades de recombinaciones que se expresen en fenotipos o caracteres completamente desconocidos e incontrolados aumentarían de manera dramática.

En síntesis, la generación de transgénicos se da por medio de un proceso aleatorio, por lo que las recombinaciones o nuevas combinaciones en el código genético modificado, cuyos resultados se expresen en un carácter diferente del deseado, son impredecibles. Sin tener un ánimo alarmista, se estima necesario contar con un criterio de precaución en el uso de estos organismos, que algunos grupos han criticado severamente.

Transgénicos y biodiversidad del maíz

Muchos estudiosos concluyen que, ya que México es el país de origen del maíz, es aquí donde se localiza la mayor biodiversidad de esta especie. Se estima la existencia de más de 15 000 tipos diferentes o variedades entre las poco más de cincuenta razas de este cereal que han sido identificadas hasta la fecha y que se adaptan a casi todos los agrohábitats de México.

El impacto que pueden tener las semillas genéticamente modificadas en la biodiversidad del maíz original ha sido señalado por científicos serios y grupos ecologistas, lo que ha obligado al gobierno a imponer ciertas restricciones para su

siembra en el país, incluso en siembras con fines de investigación.

En efecto, en centros de investigación agrícola como el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), cuando se siembran experimentalmente maíces transgénicos se procura no hacerlo en tiempos ni espacios que coincidan con las fechas de floración de los maíces regionales. Como una precaución adicional, antes de que el material transgénico espigue⁶ y tenga la posibilidad de fecundar otros maíces, se realiza el desespigue (se elimina la flor masculina) y este material se quema para impedir cualquier posibilidad de fecundación de los maíces nativos.

Durante milenios, desde hace aproximadamente 7 000 años, la selección natural, fuente del proceso evolutivo, ha actuado sobre los ancestros del maíz y generado la especiación de este cereal. Posteriormente, el hombre ejerció una “presión de selección”⁷ que, aunada con las fuerzas selectivas de la naturaleza, dio origen a las más de cincuenta razas actualmente conocidas. Estos procesos de selección han dado lugar a la gran diversidad genética del maíz.

En las siembras de transgénicos, las cuales tienen mayores ventajas de sobrevivencia que los maíces nativos, las fuerzas selectivas podrían actuar a favor de aquellos y propiciar una “selección negativa” sobre los criollos nativos. Es decir, ocu-

⁶ Aparición de la floración masculina en la estructura floral conocida como espiga.

⁷ Condiciones que favorecen la aparición de mutantes en nuevos ambientes desarrollados natural o artificialmente.

rre una competencia de supervivencia que hace que la biodiversidad del maíz se vea amenazada. Así lo entienden los organismos gubernamentales encargados de la conservación de la flora, fauna y ecología del país. Sin embargo, como ya lo ha señalado la organización ecologista Greenpeace, mientras en los centros de investigación se toman medidas precautorias para evitar un desastre ecológico, en las instituciones gubernamentales se autoriza la importación de transgénicos.

Casi el 80% de la superficie maicera del país se siembra con maíces criollos. Pero la tendencia en la siembra de maíz es a la baja por los altos costos de producción nacional y los bajos precios de venta internacional. Las áreas maiceras que se niegan a dejar de serlo continuarán utilizando semillas criollas en las áreas temporaleras más limitadas, es decir, aquellas adonde habitan los productores con menos recursos. Por lo tanto, la semilla criolla, la que no ha sido alterada por la “revolución verde”, la semilla de los pobres, es la que resentirá el im-

pacto de la competencia por la supervivencia con las semillas transgénicas de maíz. De aquí que no se pueda hacer caso omiso de los efectos negativos sobre la biodiversidad del maíz que conlleva el uso de los transgénicos de esta especie.

Finalmente, es necesario responder a cuestionamientos como quiénes se benefician con la importación y siembra de maíz transgénico en México: los maiceros del Bajío, el Noroeste y la Laguna, que producen bajo condiciones de agricultura moderna, o la “revolución verde”. O si acaso lo harán los indígenas y campesinos marginales que conservan *in situ* las variedades criollas creadas por sus ancestros mediante procesos de mejora introducidos con el paso de los siglos; o quizás las firmas internacionales vendedoras de semillas transgénicas. Dichas respuestas tendrán que contextualizarse tomando en cuenta el paradigma de la complejidad en los ámbitos de la actividad humana, tanto sociales, económicos, políticos y ecológicos, como culturales e históricos.