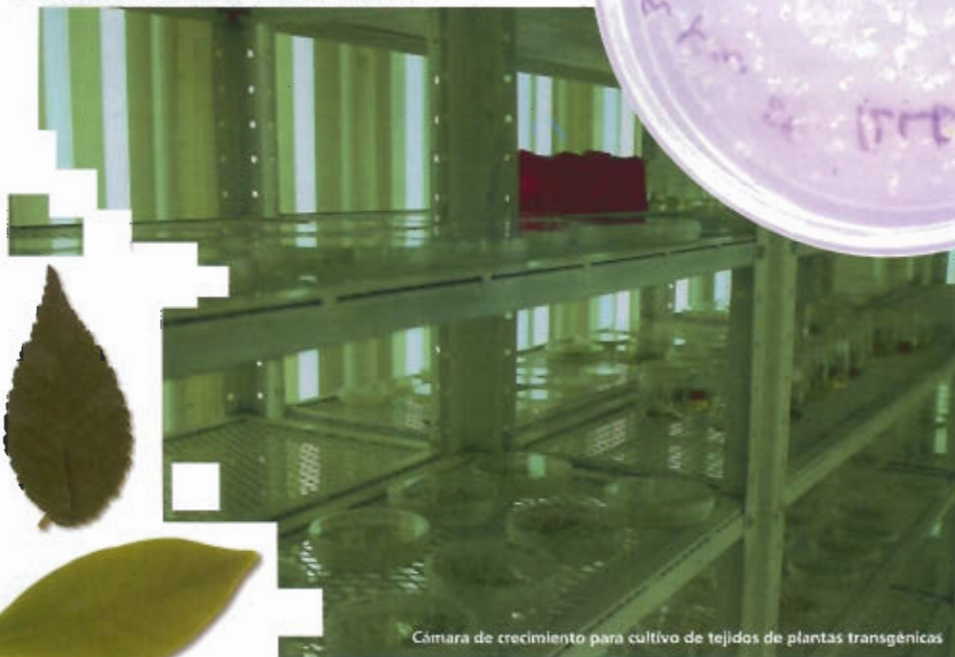


Las plantas transg

¿Panacea o amenaza?

Jaime Padilla Acero

En una caja de Petri se puede observar cómo una sustancia tóxica afecta el desarrollo de plantas silvestres de *Arabidopsis thaliana*, mientras que una variedad transgénica se desarrolla normalmente.



Fotos: Adrián Bodiek

Cámara de crecimiento para cultivo de tejidos de plantas transgénicas

CULTIVOS QUE PRODUCEN SU PROPIO INSECTICIDA, JITOMATES QUE CONSERVAN SU FRESCURA Y SABOR DURANTE VARIAS SEMANAS, CAPULLOS DONDE CRECE ALGODÓN DE COLORES, SON ALGUNOS EJEMPLOS DE LO QUE LA BIOTECNOLOGÍA HA LOGRADO A TRAVÉS DE LAS LLAMADAS PLANTAS TRANSGÉNICAS, UN CAMPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TAN FASCINANTE COMO POLÉMICO.

énicas

LAS PLANTAS TRANSGÉNICAS forman parte del grupo de los llamados organismos modificados genéticamente y son el resultado del avance de las técnicas de la biología experimental, así como de la búsqueda de soluciones a diversos problemas de la producción agroindustrial. Muchos de los conceptos y procedimientos necesarios para obtenerlas se desarrollaron durante los últimos veinte años; sin embargo, sus aplicaciones comerciales sólo pudieron ser financiadas por las grandes compañías que hoy dominan el mercado de la agrobiotecnología.

Lo que distingue a las plantas transgénicas es que poseen una o más características que no fueron heredadas de sus antecesores. En cada una de sus células llevan genes "añadidos" artificialmente, es decir, fragmentos adicionales de ácido desoxirribonucleico (ADN) provenientes de otra especie de planta, un virus, una bacteria o un hongo; estos genes contribuyen a producir nuevas sustancias, a modificar el ritmo del desarrollo de la planta o, bien, a aumentar su capacidad de defensa contra factores adversos.

El interés en el desarrollo de plantas transgénicas es el de mejorar la calidad y productividad de los cultivos; además, estas plantas constituyen una poderosa herramienta de investigación

La ensalada transgénica

El aspecto de una planta transgénica no es, en general, sorprendente; no se trata de calabazas gigantes, ni de limones con formas extrañas, ni papas que saben a jitomate. A primera vista, una planta transgénica es semejante a las que no han sido transformadas. El cambio lo llevan en su interior y éste sí es asombroso: ya es posible adquirir semillas para cultivar plantas de varias especies que producen un bioinsecticida (cultivos Bt), lo que ha reducido significativamente la aplicación de pesticidas químicos; otras plantas son resistentes a un tipo de herbicida, lo cual permite que el combate de malezas o "malas yerbas" sea más efectivo pues los cultivos no resultan dañados. En particular, destaca una variedad de jitomate diseñada para tener una maduración retrasada en sus frutos que hace posible que éstos permanezcan más tiempo frescos en color, textura y sabor. En algunos países existen ya en el mercado productos derivados de plantas transgénicas de soya, algodón, papa, maíz y jitomate, principalmente. Y quizá pronto se sumen otros a la lista; actualmente se realizan pruebas de campo y de tipo sanitario de variedades de calabacita que pueden evitar el ataque de ciertos virus, de oleaginosas como la colza (canola), que contienen una proporción

más saludable para el consumidor de aceites en sus semillas, y también de papayas y otros frutales que pueden tolerar el aluminio tóxico de suelos ácidos y absorben mejor el fósforo disponible. Se investiga, además, la posibilidad de desarrollar plantas que puedan ser vehículos de vacunación; se trata de que la propia planta produzca la vacuna y ésta sea administrada con el alimento mismo, digamos un plátano; otras posibilidades son plantas que produzcan anticuerpos, diversos fármacos e incluso plásticos biodegradables.

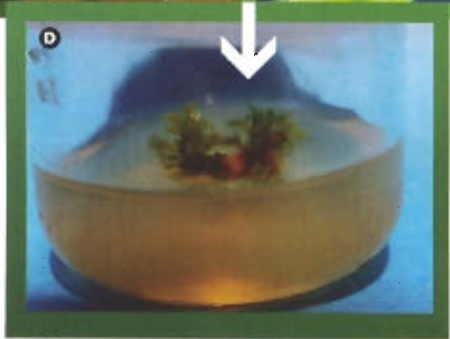
Una muestra del potencial comercial de las plantas transgénicas es el hecho de que en los Estados Unidos se estén probando actualmente cultivos de este tipo usando casi 100 genes distintos, introducidos en por lo menos 35 especies vegetales diferentes.





Regeneración de plantas transgénicas de frijol.

En segmentos cortados de la planta se producen brotes (A) que se someten a la transformación genética. A través de tratamientos con reguladores de crecimiento vegetal, los brotes crecen (B), generando a veces múltiples plántulas (C). Como éstas aún no tienen raíz, un tratamiento para inducir las permite continuar el experimento (D).



La modificación genética

¿De dónde surge una planta transgénica? Para conocer la respuesta es preciso recordar que los genes son partes o regiones definidas del ADN, esa larga molécula informativa que poseemos todos los seres vivos —nuestro genoma— y que está formada por combinaciones enormes de cuatro “letras” moleculares denominadas bases nitrogenadas. Cada gene contiene una instrucción específica para la fabricación de una proteína, la cual se “dobla” en una forma característica para funcionar ya sea como enzima, fibra muscular, hormona o toxina. Así, cada proteína participa en alguna parte de las numerosas estructuras y actividades de la célula. Normalmente conocemos la función de los genes a través de la proteína que codifican (y viceversa). En años recientes, ha crecido el interés por conocer mejor cuáles son los genes importantes para el crecimiento, la nutrición y aquellos relacionados con la susceptibilidad a las enfermedades o la resistencia a los parásitos, para poder incidir en los factores que hacen que las plantas que cultivamos sean productivas, saludables y más resistentes, o que aumenten su valor nutricional.

La idea central de la modificación genética, en este caso de la creación de plantas transgénicas, es que si un gene tiene influencia directa en alguna propiedad de un organismo determinado, es muy posible que el mismo gene afecte esa propiedad en otros organismos. Y esto se ha comprobado: la adición de genes específicos en varios organismos produce —gracias a la proteína que estos genes originan— algunos cambios significativos, heredables y frecuentemente útiles.

En el caso particular de las plantas, como se pueden regenerar plantas completas a partir de células individuales o grupos de ellas, una célula a la que se le ha insertado un gene de otro organismo

de capacidades, su inserción en el ADN de las plantas puede darle a éstas formas especiales de tolerancia o defensa ante plagas y enfermedades. Por ejemplo, existe un grupo de bacterias del suelo (*Bacillus thuringiensis*), que produce una proteína insecticida que no es tóxica a muchas especies útiles. Durante casi dos décadas, extractos de este organismo se han rociado en los cultivos para protegerlos, pero hace cuatro o cinco años se logró introducir en diversas especies de plantas el gene bacteriano responsable de la toxina, de modo que ahora ellas mismas producen el insecticida.

Los riesgos y la polémica

En la aplicación comercial de las plantas transgénicas se han considerado varios riesgos potenciales que pudieran reducir su efectividad o, lo que es peor, que generen problemas de salud, agronómicos o ecológicos en el futuro.

En primer lugar, la posibilidad de que los procesos de transformación y regeneración de las plantas produzcan en ellas alteraciones no deseadas (por ejemplo en su tamaño, coloración o rendimiento) se descarta por medio de pruebas que se realizan en invernaderos y en el campo. Sin embargo, es posible que se presenten efectos

en el ambiente en una extensión o en un plazo más largos. Al reproducirse las plantas transgénicas, su polen puede contribuir a que los transgenes sean diseminados en otras plantas compatibles (de la misma especie pero de distinta variedad), en las especies silvestres (que a veces son malezas) o en especies ancestrales de las formas cultivadas, generando problemas ecológicos, comerciales y legales. Éste es todavía un aspecto que debe evaluarse, considerando



Foto: Adrián Bodek

puede dar origen a plantas completas con copias del gene adicional en el tallo, las hojas, la raíz, las flores o el fruto.

La ingeniería genética de plantas para usos agrícolas se nutre también de estrategias basadas en el conocimiento del modo en que varios organismos aprovechan su medio ambiente. Se sabe que diversos patógenos tienen formas de evitar la acción de sus propias toxinas o que muchos insectos tienen enemigos que los atacan de modo muy específico. Como existen genes involucrados en este tipo

el tipo de reproducción de las especies en cuestión. En México existe preocupación por el maíz y otros cultivos (jitomate, chile, calabaza), ya que nuestro país es fuente primordial de riqueza en biodiversidad de tales especies.

Se considera también que las variedades transgénicas diseñadas para producir nuevas toxinas contra plagas (por ejemplo, el algodón Bt) podrían tener efectos nocivos en organismos benéficos como abejas y catarinas, o bien, que esas toxinas se acumulen en las cadenas alimenticias e incluso promuevan la resistencia de las plagas. Se han planteado ya diversas estrategias para el manejo agrícola y una reglamentación que disminuyan algunos de estos riesgos. Una de esas estrategias, por ejemplo, es destinar una parte del terreno de cultivo a la siembra de plantas no transgénicas, a fin de conservar el equilibrio en la población de plagas y evitar que aquellas que desarrollen resistencia a la toxina se multipliquen.

Otra preocupación importante se refiere a la posibilidad de un impacto negativo en la nutrición y la salud humanas; este riesgo es muy bajo dadas las pruebas y controles sanitarios a los que se somete cualquier producto nuevo destinado al consumo humano. Un punto más de la discusión es el derecho, tanto de los consumidores como de cada nación, a comprar o no productos transgénicos; para ejercer este derecho es preciso que los productos se comercialicen por separado, no mezclados junto con los convencionales, y que sean fácilmente identificables. En este sentido, hay posturas encontradas entre los Estados Unidos, que se oponen a etiquetar sus productos, y sus socios de la Unión Europea, que exigen el etiquetado.

La situación se ha complicado, además, por la necesidad de que la regulación de diversos aspectos sobre el uso de los productos derivados de plantas transgénicas a nivel mundial sea compatible con los acuerdos internacionales de comercio.

Hasta el momento prevalece una falta de consenso entre los países sobre cómo

Efecto de un transgene en una planta de frijol

Una sustancia tóxica impide el crecimiento de una planta normal (A). Genes que se introdujeron en otra planta de la misma variedad que la anterior, le confieren resistencia contra el efecto tóxico (B); otra parte del transgene permite localizar los lugares donde el gen está activo (C), los cuales toman una coloración azul.



Herramientas de investigación

En el Instituto de Biotecnología de la UNAM se realizan investigaciones sobre la localización, estructura y función de varios genes vegetales. Para ello se utilizan frecuentemente plantas transgénicas como una herramienta experimental que permite estudiar más directamente la acción de algunos genes. Entre otros, aquellos que inciden en la capacidad de asociación con otros organismos, la tolerancia a la sequía, el desarrollo de raíces, la síntesis de pigmentos y las respuestas a los daños que sufre la planta. Normalmente se utilizan especies de fácil transformación y regeneración como el tabaco, la leguminosa *Lotus* o bien, una plantita de la familia de las crucíferas llamada *Arabidopsis thaliana*. Estas plantas deben cultivarse en condiciones controladas, es decir, cámaras de crecimiento donde se determina de antemano la temperatura, la cantidad de luz y la duración del ciclo iluminación-oscuridad. Otras plantas como el frijol o el maíz, por su tamaño, se cultivan en invernaderos, donde están sujetas a cambios más parecidos a los que tendrían en el campo. En cualquier caso, esto permite desarrollar muchas de ellas de manera aislada, hasta que producen flores y semillas.

También se busca localizar y "etiquetar" otros genes con efectos en el metabolismo, el desarrollo y la interacción con el ambiente utilizando técnicas de "barrido genómico" (*genome scanning*); esta labor puede contribuir a conocer y preservar mejor nuestra diversidad biológica y a generar variedades de diversos cultivos adaptados a nuestros recursos y necesidades.

regular la producción, distribución y venta no sólo de plantas transgénicas y sus derivados, también de otros organismos modificados genéticamente. Un esfuerzo importante pero que no resolvió la cuestión fue la reunión mundial celebrada el pasado mes de febrero en Cartagena de Indias, Colombia, convocada para aprobar el llamado Protocolo de Bioseguridad.

Desde el punto de vista sanitario, se ha constatado que las variedades transgénicas ya comercializadas no son distintas de las convencionales; otras están todavía pendientes de aprobación. Con respecto a los efectos en el ambiente, hay

Foto: Adrián Bodek



cierto acuerdo en que es necesaria más investigación, tanto de las empresas de agrobiotecnología como de instituciones académicas y organismos públicos.

De cualquier manera, la perspectiva de una agricultura complementada con el cultivo de plantas transgénicas es aún muy promisorio y una de nuestras mejores opciones para satisfacer la demanda de alimentos de una población humana en continuo crecimiento. ➤

Jaime Padilla es biólogo e investigador-docente. Trabaja en el Instituto de Biotecnología de la UNAM y coordina el área de Bioquímica y Biología Molecular en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Morelos.