

El reto biotecnológico del chile habanero



Guadalupe López-Puc, Adriana Canto-Flick
y Nancy Santana-Buzzy

Es fascinante hablar del reino vegetal y su importancia en la vida humana. ¿Quién no ha disfrutado de los beneficios que las plantas nos otorgan? El chile habanero es un excelente ejemplo: no sólo se utiliza como ingrediente tradicional de la comida yucateca; también es utilizado en las industrias alimentaria y farmacéutica.

Dada la importancia de este cultivo, para el agricultor es necesario tener plantas resistentes a diferentes plagas y enfermedades, que permitan tener mayor producción y de esta manera satisfacer la demanda que actualmente tiene este fruto.

La aplicación de la *transformación genética* de plantas (es decir, la introducción de genes ajenos) podría ayudar en parte a superar algunos de estos problemas. Para lograrlo se requiere el desarrollo de técnicas eficientes para transferir genes a células de plantas y para la regeneración de plantas completas a partir de células transformadas. Sin embargo, los avances en esta área han sido limitados, debido a la baja eficiencia con que se logra regenerar *in vitro* las plantas al seguir los protocolos de investigación reportados, que se refieren principalmente al chile pimiento (*Capsicum annum* L.). El chile habanero (*Capsicum chinense* J.) se podría considerar un *reto biotecnológico*, puesto que pertenece a un género, *Capsicum*, que ha mostrado dificultad para regenerar plantas bajo condiciones *in vitro*, lo cual impide aplicar las técnicas de ADN recombinante para obtener plantas genéticamente transformadas que sean resistentes a pestes y enfermedades.

El chile como símbolo

Para los mexicanos, el chile no es tan sólo un ingrediente más de la comida: es un verdadero símbolo de identidad nacional, un símbolo fálico en el que están implícitos la virilidad, el machismo y la picardía de los mexicanos. Está íntimamente ligado a las creencias y tradiciones de México. Sorprendentemente, todavía en algunos sitios se prohíbe a las mujeres que se acerquen y entren a los chilares, ya que se piensa que la presencia del órgano sexual opuesto produce maleficios irreparables en los plantíos. Así lo creen algunos indígenas y sembradores de chile de los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, México y Morelos.

Generalidades del chile habanero

El nombre científico de la especie es *Capsicum chinense* J., y es de origen sudamericano. En México se siembra principalmente en la península de Yucatán, a donde fue introducido probablemente desde Cuba, lo que podría explicar su nombre popular de habanero.

El fruto tiene forma de un pequeño trompo redondo, que varía de 2 a 6 centímetros de largo por 2 a 4 de ancho, con una constricción en la base. Es de color verde claro en su estado tierno y de tonos salmón, rojo, café, amarillo o naranja al madurar (Long-Solís, 1998). Se le considera el más picante de los chiles cultivados en México; se clasifica entre 200 mil y 300 mil unidades en la escala de Scoville para medir el picor de los chiles (Curry y colaboradores, 1999).

El fruto del chile habanero tiene forma de un pequeño trompo redondo, que varía de 2 a 6 centímetros de largo por 2 a 4 de ancho



Usos del chile habanero

En la gastronomía yucateca: El chile habanero es el principal ingrediente de una de las salsas más picantes que se sirven para acompañar la botana, el *xnipek* (que en maya significa “nariz de perro”). Con esta salsa se acompañan tacos de mariscos, de chicharrón, de cochinita pibil y muchos otros. Sus ingredientes son: tomate rojo, cebolla blanca cruda, cilantro, chile habanero y naranja agria, los cuales se pican y mezclan.

Otra salsa típica de la región es el *chiltomate*, ideal para el frijol con puerco. Se hace con tomate rojo hervido o asado, chile habanero, cilantro y sal. Los ingredientes se hacen “kut” (se maceran) y ¡listo!

En la industria alimenticia: El chile habanero se caracteriza por presentar los niveles más altos de capsaicina, sustancia responsable del picor de los chiles, que es utilizada para la preparación industrial de salsas picantes, hamburguesas y botanas. Además se extraen pigmentos que se utilizan para dar color a salsas, quesos, aderezos, gelatinas y otros alimentos procesados.

En la industria farmacéutica: La capsaicina extraída de los chiles es utilizada en la elaboración de productos como cremas, parches para dolores musculares y artritis, linimentos para quemaduras y pastas dentales para el dolor de los dientes.

Otros usos: Los capsaicinoides se utilizan para la fabricación de champús, como potenciadores del sabor fresco de la menta en pasta dentales y para la fabricación de sprays para repeler asaltantes (Torres Pimentel y colaboradores, 2005).

Método de propagación convencional del chile habanero

El cultivo de chile habanero se establece mediante la siembra de semillas en charolas de poliestireno a las cuales se les coloca un sustrato (mezcla a base de musgo acuático, minerales estériles, silicatos de aluminio, hierro o magnesio y fertilizantes). En estas condiciones, las semillas germinan de 7 a 10 días después de la siembra. Al comenzar a germinar, las charolas deben colocarse en un lugar definitivo sobre una estructura que evite el contacto directo con el suelo, para permitir la aireación. Cuando las plántulas tienen de 15 a 20

centímetros de altura se transplantan a terreno fértil (Tun Dzul, 2001).

Las desventajas de este método son que los agricultores aplican gran cantidad de sustancias químicas para evitar pérdidas ocasionadas por el ataque severo de plagas, bacterias, hongos y virus.

Las plagas más comunes son la mosca blanca, el pulgón verde, la mosca minadora y los nemátodos. Entre las bacterias que dañan al chile habanero podemos citar a *Xanthomonas campestris* y *Erwinia carotovora*. Entre los hongos que provocan daños al chile habanero están *Phytophthora capsici* y *Cercospora capsici*. Los virus son transmitidos principalmente por la mosca blanca, y provocan pérdidas hasta del 90 por ciento. Las hojas adquieren un color púrpura, se deforman y se enrollan, provocan una drástica reducción del desarrollo, floración y fructificación en muchos de los casos.

Las plagas se controlan mediante el uso de sustancias químicas como endosulfán, diazinón, malatión o pirimicab, sólo por citar algunos ejemplos. Estas sustancias son altamente tóxicas y representan un riesgo para las personas que las manipulan, para el ambiente y para el consumidor. En el ser humano pueden causar cáncer, daños al sistema nervioso y, en casos de exposición a altas concentraciones, la muerte.



Ventajas de los métodos biotecnológicos

Un protocolo eficiente de transformación y de regeneración de las plantas, ayudaría a reducir los costos de producción, y por consiguiente el precio del producto. Esto permitiría a los productores mexicanos tener la capacidad para abastecer la demanda de este fruto y competir en el mercado internacional. No está demás mencionar los beneficios ambientales que se tendrían al reducir el uso de productos agroquímicos.

¿Cuáles son algunos de los beneficios que la biotecnología ha aportado a la agricultura?

En la agricultura, algunos productos biotecnológicos tienen características que permiten reducir el empleo de pesticidas y obtener mayores rendimientos debido a la reducción de pérdidas causadas por las plagas. Entre los cultivos biotecnológicos podemos citar al algodón Bt, así llamado porque se le ha insertado un gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que le permite sintetizar una sustancia que mata a las plagas cuando éstas se comen la planta. Estos cultivos biotecnológicos ofrecen beneficios indirectos a los consumidores y al medio

ambiente a través del menor uso de sustancias químicas en la agricultura (Cattaneo y colaboradores, 2006).

¿Qué se necesita para el mejoramiento de plantas por métodos biotecnológicos?

Primero, es necesario contar con un sistema de regeneración de cultivo de tejidos vegetales *in vitro*, que da la posibilidad de regenerar plantas completas a partir de una sola célula. Segundo, es necesario el desarrollo de un método para la transformación genética que permita transferir genes de importancia al cultivo de interés. Cabe señalar que sin un sistema de regeneración no es posible completar el proceso aunque ya se tenga el sistema de transformación.

El cultivo de tejidos vegetales

El cultivo de tejidos da la posibilidad de regenerar plantas completas a partir de pequeños fragmentos de tejido vegetal incubados en un medio artificial apropiado. Los métodos de regeneración mediante el cultivo de tejidos vegetales dan lugar a procesos morfogénicos como la *organogénesis* y la *embriogénesis somática*.

El cultivo de tejidos es una metodología que sigue varios pasos: en primer lugar, se coloca un pedazo de tejido (hoja, tallo, raíz) en un medio de cultivo que contiene agua, nutrientes y en algunos casos reguladores de crecimiento. Este procedimiento se debe realizar en un área desinfectada y libre de contaminantes. Posteriormente, los tejidos vegetales se incuban en condiciones de luz y temperatura controladas. Después de un tiempo de incubación adecuado, el tejido vegetal puede producir embriones, lo que se conoce como *embriogénesis somática*, o formar órganos, proceso denominado *organogénesis*. La obtención de la respuesta depende del tipo de explante y del medio de cultivo utilizado. Los embriones o brotes formados de esta manera se desarrollan posteriormente para convertirse en plantas completas.

La organogénesis, la formación de órganos en los explantes (fragmentos de tejido vegetal) cultivados, puede dar origen a estructuras como los brotes adven-



ticios, muy similares a una yema y que tienen la capacidad de originar una nueva planta después de elongarse y formar raíces. Por su parte, la embriogénesis somática permite que los tejidos vegetales formen embriones. Los embriones somáticos tienen, al igual que los cigóticos (los producidos a partir la fecundación entre gametos) la capacidad de formar una nueva planta, con la diferencia de que la embriogénesis somática es un proceso asexual, por lo que la nueva planta será exactamente igual a la donadora de los tejidos (Ochoa Alejo, 1999). Ambos procesos están basados en la totipotencialidad celular, el hecho de que cada célula posee la información genética necesaria para formar una planta completa.

Transformación genética

La transformación genética, uno de los pasos de la técnica conocida como ingeniería genética o del tecnología de ADN recombinante, permite introducir en plantas genes provenientes no sólo de otras especies vegetales, sino también de hongos, virus, bacterias o animales. La transferencia de genes puede llevarse a cabo mediante el uso de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* como vector para la transformación genética. Otra técnica utilizada es el bombardeo con micropartículas, que usa pequeños proyectiles de oro o tungsteno cubiertos con ADN que son acelerados por un gas comprimido y se introducen así en las células vegetales.

Avances y perspectivas en relación con el chile habanero

El chile habanero es una especie que ha sido poco estudiada. La mayoría de los trabajos realizados en este género se han enfocado al estudio del chile pimiento (*Capsicum annumm* L.). No obstante ya hay dos artículos científicos publicados sobre el chile habanero (*Capsicum chinense* J.). Uno reporta estudios de regeneración vía organogénesis; el otro reporta el mejoramiento del cultivo *in vitro* mediante la inhibición de los efectos de etileno en chile habanero (Santana-Buzzy y colaboradores, 2005; Santana-Buzzy y colaboradores, 2006, respectivamente).



Figura 1. Planta de chile habanero rojo. Foto del invernadero de Chichchulub, Yucatán, México (López-Puc y Santana-Buzzy, 2006).

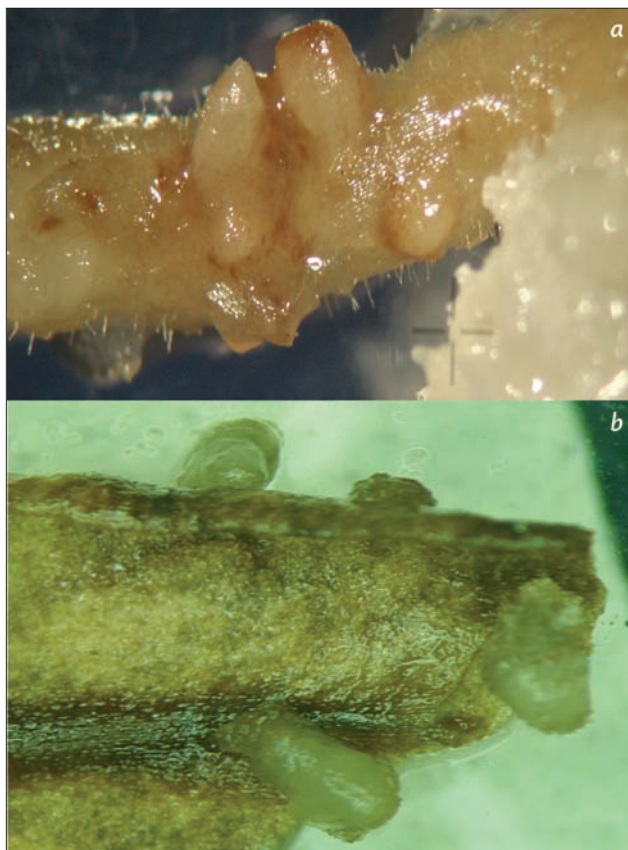


Figura 2. Embriones somáticos de chile habanero obtenidos de: *a)* tallo, *b)* hoja cotiledonar (López-Puc y Santana-Buzzy, 2006).

La embriogénesis somática no se había descrito anteriormente en chile habanero. Actualmente se cuenta con un sistema de inducción de embriones somáticos para esta especie (López-Puc y colaboradores, 2006). Los embriones somáticos obtenidos a partir de chile habanero tipo rojo (Figura 1) se desarrollaron en etapas similares a las observadas en un embrión cigótico de semilla. Los embriones somáticos se obtuvieron de hoja y tallo (Figura 2).

Éste es sólo el primer paso en el establecimiento de la metodología para obtener plantas. El método de propagación servirá como herramienta para investigaciones posteriores enfocadas a realizar estudios de ingeniería genética para obtener plantas resistentes a plagas, bacterias, virus y hongos. En última instancia, la aplicación de la embriogénesis somática en chile habanero permitiría propagar variedades de interés comercial, regenerar plantas genéticamente transformadas y producir semilla artificial a gran escala.



Guadalupe López-Puc estudió la licenciatura en química en la Universidad Autónoma de Yucatán, con doctorado en ciencias y biotecnología de plantas. Su área de interés es el estudio de la inducción y caracterización de procesos morfogénicos en plantas. Actualmente labora como investigador en el Centro de Investigación de Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, unidad sureste.
glopez@ciatej.net.mx

Adriana Canto-Flick estudió la licenciatura en química en la Universidad Autónoma de Yucatán, con maestría en ciencias en ingeniería bioquímica. Su área de interés es el estudio, caracterización morfológica y análisis de capsaicina en 18 acciones de chile habanero.
nona@cicy.mx

Bibliografía

- Cattaneo, M. G., C. Yafuso, C. Schmidt, C. Y. Huang, M. Rahman, C. Olson, C. Ellers-Kirk, B. J. Orr, S. E. Marsh, L. Antilla, P. Dutilleul y Y. Carriere (2006), "Farm-scale evaluation of the impacts of transgenic cotton on biodiversity, pesticide use, and yield", *PNAS*, 103(20): 7571-7576.
- Curry, Jeanne, M. Aluru, Marcus Mendoza, Jacob Nevarez, Martin Melendrez y Mary A. O'Connell (1999), "Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum spp*", *Plant science*, 148:47-57.
- Long-Solís, Janeth (1998), *Capsicum y cultura: La historia del chile*, México, Fondo de Cultura Económica.
- López-Puc, Guadalupe, Adriana Canto-Flick, Felipe Barredo-Pool, Patricia Zapata-Castillo, María del C. Montalvo-Peniche, Felipe Barahona-Pérez, Lourdes Iglesias-Andreu y Nancy Santana-Buzzy (2006), "Direct somatic embryogenesis: a highly efficient protocol for in vitro regeneration of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.)", *Hort. Science*, 41(7):1645-1650.
- Ochoa Alejo, N. (1999), *Introducción al cultivo de tejidos vegetales*, Aguascalientes, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Tun Dzul, José de la Cruz (2001), "Manejo integrado de enfermedades de chile habanero", *Memoria*, Seminario de Chile Habanero, INIFAP-Produce.
- Santana-Buzzy, N., A. Canto-Flick, F. Barahona-Pérez, M. C. Montalvo-Peniche, P. Y. Zapata-Castillo, A. Solís-Ruiz, A. Zaldívar-Collí, O. Gutiérrez-Alonso y M. L. Miranda-Ham (2005), "Regeneration of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) via organogénesis", *Hort. Science*, 40(6): 1829-1831.
- Santana-Buzzy, N., A. Canto-Flick, L. G. Iglesias-Andreu, M. C. Montalvo-Peniche, G. López-Puc y F. Barahona-Pérez (2006), "Improvement of *in vitro* culturing of habanero pepper by inhibition of ethylene effects", *Hort. Science*, 41(2):405-409.
- Torres Pimentel, Héctor y Carlos Franco Cáceres (2005), *Memoria*, Seminario de Chile Habanero, INIFAP.
- www.comidamexicana.com. Fecha de consulta: 15 mayo 2005.

Nancy Santana-Buzzy es ingeniera agrónoma por el Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana; tiene un doctorado en ciencias agropecuarias con especialidad en biotecnología. Ha desarrollado líneas de investigación relacionadas con la micropropagación, embriogénesis somática, variación somaclonal y manejo de recursos fitogenéticos en especies como piña, café, tomate, orquídeas, arroz y chile habanero. Actualmente es investigadora del Centro de Investigación Científica de Yucatán.
buzzy@cicy.mx