



LOS ORGANISMOS TRANSGÉNICOS COMO INSTRUMENTO DE L

DR. JORGE LUIS FOLCH MALLOL

Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Ahora que las autoridades del CONACYT “desaparecieron” la Biotecnología como una disciplina de las Ciencias Biológicas, pensé que escribir este artículo puede contribuir a que el lector tenga un panorama más acertado al respecto de qué es la Biotecnología y su relación con los organismos transgénicos. La Biotecnología es un área científica multidisciplinaria (por esto tal vez el CONACYT desapareció el término y lo dispersó en varias áreas distintas, según sus explicaciones) que estudia el potencial de los seres vivos o sus componentes (enzimas, metabolitos secundarios como antibióticos, inmunosupresores, reguladores del ritmo cardíaco y un sinnúmero de etc.) para implementar procesos a nivel industrial en diferentes sectores para beneficio de la población. Entre éstos destacan el sector agropecuario, el farmacéutico, el ambiental y otros.

UN ÁREA DE LA CIENCIA APLICADA CON MUCHA HISTORIA DETRÁS

Probablemente la Biotecnología sea la disciplina científica más antigua de la humanidad: ya los sumerios elaboraban cerveza utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* unos 2,000 años antes de Cristo (a.C.). Y antes de eso, hubo una selección por parte del ser humano de ciertas plantas como el maíz, el trigo y otros vegetales y animales unos 10,000 años a.C., lo que llevó al asentamiento de las comunidades nómadas humanas y permitió el establecimiento de aldeas, pueblos y eventualmente ciudades que derivaron en sociedades complejas. Así pues, el ser humano ha alterado la abundancia y la reproducción de ciertas especies para su beneficio desde tiempos inmemoriales. Casi todas las especies que se explotan comercialmente hoy en día, animales y vegetales, en realidad son el producto de una selección por parte del ser humano y antes de que esto sucediera estas especies existían, pero no en su forma actual. Por lo tanto, estas y otras prácticas agrícolas, como el monocultivo, el uso de plaguicidas o fertilizantes, etc., pueden ser consideradas aplicaciones biotecnológicas que han ayudado al desarrollo de la humanidad. La Biotecnología entonces, pretende encontrar soluciones más cercanas a lo natural al estudiar los procesos de los seres vivos y adaptarlos a las necesidades de las poblaciones humanas, pero acelerando el

proceso que llevaría mucho tiempo si sucediera de manera natural.

¿QUÉ ES UN OGM?

Entre las estrategias usadas por la Biotecnología (aunque desde luego no la única ni la más importante) está la construcción y uso de organismos genéticamente modificados (OGMs) o también conocidos como organismos transgénicos; pero ¿qué son? [1] Para contestar esta pregunta debemos primero definir que es un gen. Un gen es un fragmento de ADN que lleva la información para fabricar una proteína que a su vez llevará a cabo una función específica en la célula u organismo donde esta proteína funciona. Por ejemplo, las instrucciones para fabricar insulina (una hormona proteica que se encarga de regular los niveles de azúcar en sangre, entre otras cosas) están “codificadas” en un pedazo de ADN al cual llamamos el gen de la insulina. Cada organismo vivo tiene un *genoma*, es decir un conjunto de genes que lo caracteriza. Por ejemplo, las plantas tienen genes que les permiten fabricar clorofila para captar la energía del sol y convertirla en energía química, proceso que los animales no tenemos, ya que el proceso para obtener energía involucra usar oxígeno por medio de la respiración. Luego, un organismo transgénico es aquel que ha “recibido” un gen de otra especie en su genoma y que es capaz de expresarlo. Es decir, es el paso de instrucciones genéticas “foráneas” que son reconocidas y que se manifiestan en el organismo que las recibe. Es común que al oír la palabra “transgénico” se piense en “plantas transgénicas”, ya que es a lo que más difusión se le ha dado en los medios de comunicación. Sin embargo, también existen bacterias transgénicas, hongos transgénicos e inclusive animales transgénicos (Figura 1). Recientemente, a través de estudios de genómica comparativa, se ha descubierto que la transgénesis (el paso de un gen de una especie a otra) es un *proceso natural* que lleva millones de años existiendo entre muy diversos organismos en la Tierra. Por ejemplo, hay evidencias incontrovertibles de que existen hongos y bacterias con genes adquiridos de plantas y viceversa. Esto ha permitido, entre otras cosas, que algunos hongos produzcan hormonas vegetales para establecer simbiosis con plantas y “ayudarlas” a nutrirse mejor y a defenderse contra patógenos.

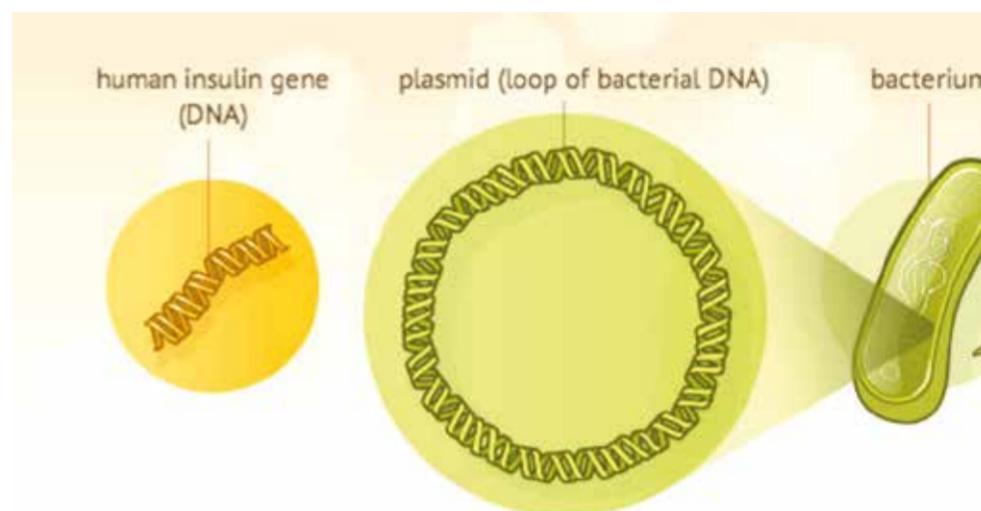
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS OGMs

Como toda tecnología, los organismos transgénicos tienen sus pros y sus con-



tras, con la salvedad de que a todos los organismos transgénicos no se les puede meter en “la misma bolsa”. Cada transgénico es único y sus potenciales beneficios o riesgos deben ser evaluados de manera individual para ese organismo en particular. Así como el uso de la electricidad, no cabe duda de que, de uno u otra manera, todos usamos algún producto o consumimos algún alimento transgénico y estamos tan acostumbrados a esto que nos parecería imposible vivir sin ellos. Sin embargo, así como con la electricidad, si no tenemos precaución al usarla podemos morir electrocutados, pero no por este riesgo dejamos de usarla. Por ejemplo, la insulina que todos los diabéticos usan en la actualidad es producida

de manera biotecnológica. En comparación con el uso de la insulina que se obtenía anteriormente de páncreas de cerdos, la insulina que se obtiene por medio de la Biotecnología, es mucho más segura y barata. Los problemas que genera usar insulina de cerdo que no es igual a la del humano, se resolvió usando la tecnología de organismos transgénicos. Ahora la insulina es accesible a toda la población ya que se produce al haber introducido el gen humano de la insulina en una bacteria (*Escherichia coli*) la cual “fabrica” insulina humana en grandes cantidades al ser cultivada en reactores industriales (Figura 2). Los costos de este proceso hacen que sea económicamente viable producir cantidades suficientes para el



› Ligas de interés

- › 1) <https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/como-hemos-car>
- › 2) <https://geneticliteracyproject.org/2016/03/21/talking-biotech-questions-about-bt-use-in-ag/>
- › 5) <https://www.nlm.nih.gov/exhibition/fromdnatobeer/exhibition>
- › 6) <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/For>



A BIOTECNOLOGÍA



FIGURA 1.- RATONES transgénicos expresando la proteína verde fluorescente proveniente de una medusa (*Aequorea victoria*). El transgen se introduce en uno sólo de los gametos, de ahí que sólo la mitad de la progenie sea transgénica. Tomada de http://proteopedia.org/wiki/index.php/GFP#cite_note-Yang-1

luado de manera individual, pero podemos mencionarse algunos riesgos potenciales generales:

1) Que la proteína transgénica cause daño a la salud. Esto hasta ahora no ha sucedido, pero cabría la posibilidad de que, en particular las plantas comestibles transgénicas, pudieran causar alergias o toxicidad a los consumidores. Por lo general las plantas transgénicas se construyen para hacerlas resistentes al ataque de insectos u otros organismos patógenos como hongos o bacterias, o para hacerlas resistentes a herbicidas y así poder aplicar estos compuestos químicos de manera racional, sin que el cultivo de interés sufra las consecuencias. En el caso de conferir a las plantas resistencia al ataque de insectos, se usa una proteína de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, que es un patógeno exclusivo de insectos y no puede infectar humanos (Figura 3). Varios estudios han revelado que la alergia esta proteína es 100 veces menos probable que la provocada por nueces, cacahuates, fresas u otros productos naturales. Las plantas con esta proteína transgénicas evitan el uso de plaguicidas químicos (insecticidas). El insecticida químico, además del gran riesgo que representa para la salud humana, arrasa con cientos de especies presentes en el ecosistema causando daños en el ambiente, al acabar con polinizadores, predadores de los insectos plaga, destrucción de las comunidades del suelo (lombrices, por ejemplo, pero también se ha demostrado su toxicidad hacia microorganismos). En cambio, este tipo de plantas transgénicas sólo controlan la población de insectos plaga, siendo difícil que afecten a otras especies. Es cierto que si la proteína insecticida llega al polen puede causar también la muerte de los insectos polinizadores como abejas, avispas u otros insectos (3), pero dado que el transgénico está bien diseñado puede prevenirse la expresión del transgen en los órganos florales.

2) El otro gran riesgo es una posible transmisión del transgen a especies de plantas emparentadas genéticamente (o a variantes de la misma especie). Aquí tal vez el caso más temido es el del maíz transgénico. En este caso, tomemos de ejemplo también el uso de genes de resistencia a herbicidas. Cualquiera de estos genes (tolerancia a herbicidas o resistencia a insectos plaga) podrían causar un desequilibrio ecológico si entraran en malezas, si éstas adquirieran el gen de resistencia a plaguicidas, obteniendo ventajas al no poder ser eliminadas y que las pondría a competir con el cultivo de interés. Es por ello que se han de considerar algunas cuestiones ¿existen en el sitio de siembra plantas de especies lo suficientemente emparentadas genéticamente como para que la transferencia sea posible? Por ejemplo, en el caso de la siembra de soya transgénica en México este problema no se da. La soya es una planta que no tiene parientes lo suficientemente cercanos en México, ya que es una planta asiática por lo que la posibilidad de transferencia del transgen a plantas mexicanas es prácticamente nula (sería como querer cruzar un elefante de la India con un tucán yucateco). El problema con la soya transgénica es que por lo general se hacen variedades transgénicas tolerantes a un herbicida llamado glifosato. Este compuesto en grandes cantidades puede ser tóxico para otras especies y no sólo plantas. Otro es el caso del maíz (5), ya que esa planta se seleccionó en Mesoamérica y existen múltiples variedades de maíz criollo, así como sus ancestros (el teozintle,

por ejemplo). Por este motivo existe un riesgo que ha puesto en duda el sembrar maíz transgénico en México. Sin embargo, también hay que decir que, en México al no ser autosuficiente en la producción de maíz, las autoridades mexicanas han permitido la importación de maíz de EEUU que en su mayoría es transgénico, así que querámoslo o no ya lo tenemos aquí. Aún así, existen variedades de maíz (y otras plantas como arroz y sorgo) que son androestériles (o esterilidad masculina), con lo cual no serían capaces de transmitir el transgen.

Así pues, la Biotecnología ofrece dentro de una de sus disciplinas la creación de organismos transgénicos, que de ser cuidadosa y bien planificada puede resolver eficientemente y de manera amigable con el ambiente muchos problemas de hoy en día en diversos campos como la salud o la agricultura. Es evidente que aún se requiere de una mejor supervisión y legislación para decidir qué transgénicos y cuáles no han de permitirse en México, de ahí la importancia de conocer a fondo este tema.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

tratamiento de la diabetes a nivel de salud poblacional (2).

Sin embargo, se debe poner atención a los riesgos de transgénicos que no sería pertinente desarrollar (como lo sería dejar unos cables eléctricos "pelones" al paso de las personas). Dicha pertinencia tendrá que ver con valores éticos y deben analizarse caso por caso. Por el contrario, hay muchos organismos y productos transgénicos que pueden traer grandes beneficios a la salud, a la agricultura, el medio ambiente, etc. Los organismos transgénicos son ya una realidad y han traído múltiples beneficios a la sociedad. Pero, ¿cuáles son los riesgos de la tecnología de organismos transgénicos? Como se mencionó anteriormente, cada organismo transgénico debe ser eva-

FIGURA 3. CONSTRUCCIÓN de una planta transgénica resistente a insectos. El gen que codifica para la proteína tóxica de *Bacillus thuringiensis* es introducido al genoma de la planta, de modo que sólo aquellos insectos que coman sus hojas se verán afectados. Tomada de <http://www.programamri.com.ar/cultivos-bt/#:~:text=Los%20cultivos%20bt%20son%20cultivos,bacteria%20del%20suelo%20Bacillus%20thuringiensis>

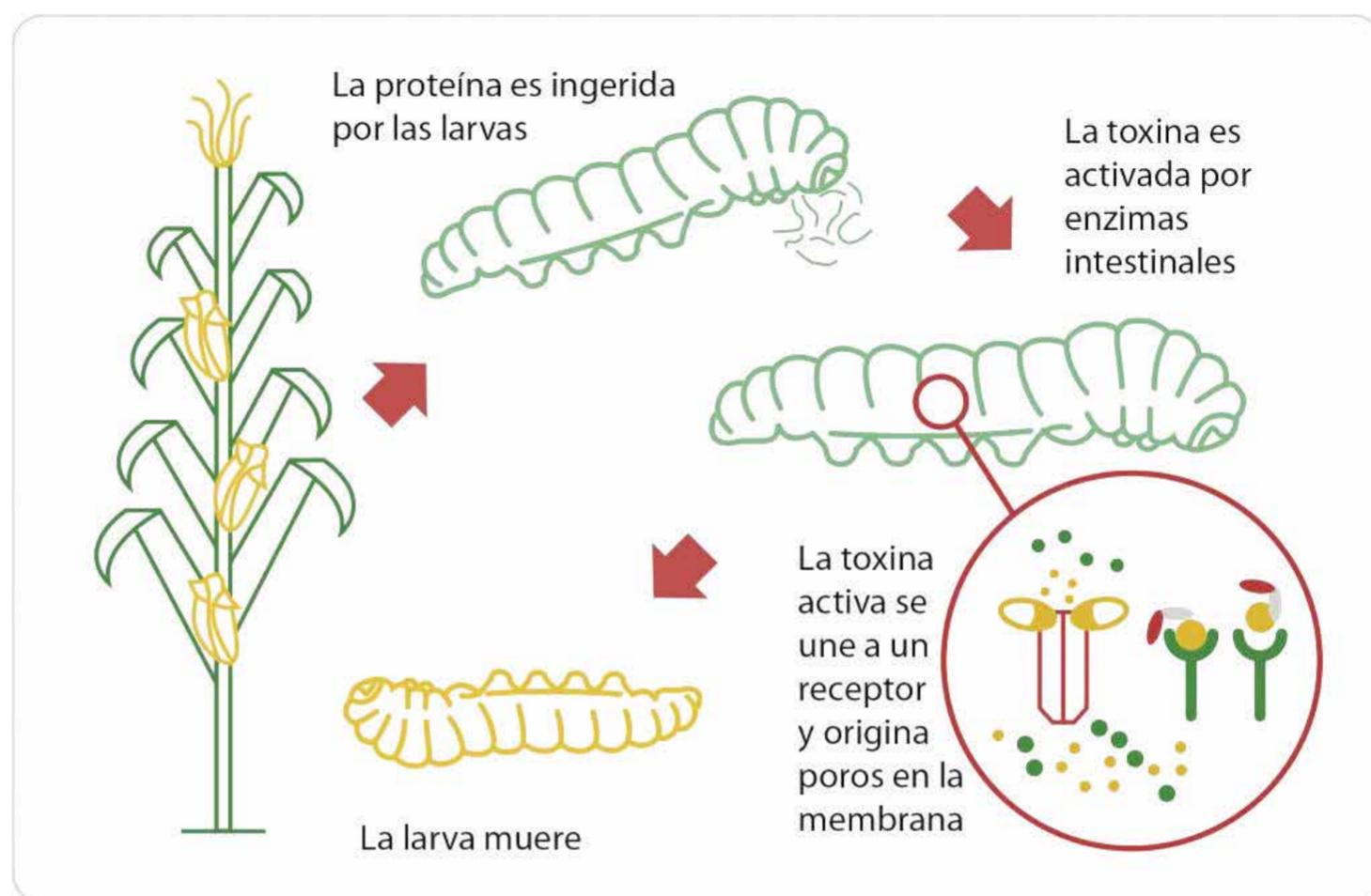


FIGURA 2.- TECNOLOGÍA de transgénicos para la producción de insulina. El gen de la insulina humana se inserta en la bacteria *Escherichia coli*, que es capaz de traducir la información genética y hacer la proteína. Tomada de <https://www.nlm.nih.gov/exhibition/fromdnatobeer/exhibition-interactive/recombinant-DNA/recombinant-dna-technology-alternative.html>

Referencias

- 3) Malone L., Minh-Hà Pham-Delègue. 2001. Effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus* sp.). *Apidologie*, Springer Verlag, , 32 (4), pp.287-304. 10.1051/apido:2001130. hal-00891885
- 4) Tarazona JV, Court-Marques D, Tiramani M, et al. Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC. *Arch Toxicol*. 2017;91(8):2723-2743. doi:10.1007/s00204-017-1962-5