

# Logros y potencial de la Biotecnología en México

F. Alejandro Sánchez Flores  
Instituto de Biotecnología, UNAM  
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

El pasado 25 de septiembre, en el auditorio "Arturo Rosenblueth" del CINVESTAV-IPN de la Ciudad de México, se llevó a cabo el simposio y panel de discusión titulado "LOGROS Y POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA EN MÉXICO: Evolución de la investigación para el mejoramiento de cultivos y el aprovechamiento de la biodiversidad en el marco de la Ley de Bioseguridad vigente". La organización del Simposio fue liderada por el Dr. Jaime Padilla Acero, en conjunto con la Academia de Ciencias de Morelos, la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional. Como lo sugiere el título del evento, el objetivo fue comunicar y ampliar el conocimiento sobre las investigaciones y aplicaciones mexicanas de la biotecnología moderna en la producción agroalimentaria. Dichas investigaciones y desarrollos asociados a ellas, han tenido objetivos claros y procedimientos basados en la normatividad actual que se tiene en la materia, pero siempre es necesario mantener como un ejercicio continuo, el análisis y crítica constructiva al respecto. Uno de los fines de la Biotecnología agrícola ha sido la generación de soluciones adecuadas a problemas productivos, de conservación y aprovechamiento sustentable en beneficio de la población.

La controversia con respecto a la Biotecnología y en particular, hacia los Organismos Genéticamente Modificados (OGMs), no es un tema nuevo. Sin embargo, existe un gran desconocimiento y menosprecio de los logros y potencial que tienen estos desarrollos tecnológicos, que desgraciadamente resultan en la intención de vetar este tipo de investigación. Esto trae como resultado un rezago tecnológico, lo cual es algo sumamente grave, además de una percepción errónea de lo que es la ciencia en nuestro país. En particular, en el sector agrícola se tienen ejemplos de grandes beneficios con el uso de la Biotecnología. En el simposio se abordaron varios de

ejemplos que a continuación revisaré de manera resumida, con el fin de comunicar dichos casos.

## La Genómica y el aguacate

La primera ponencia del simposio estuvo a cargo del Dr. Alfredo Herrera Estrella, quien actualmente es investigador y director del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO). El título de la presentación fue "Genómica y biotecnología de la agrobiodiversidad", donde el Dr. Herrera Estrella abordó como ejemplo principal la investigación alrededor del genoma del aguacate. El genoma de un organismo se refiere a toda la información genética que lo define y que esta codificada en su ADN. Con esta información, no solo podemos entender la complejidad de un organismo, sino también mejorarlo de una manera más rápida y dirigida. Por lo tanto, tener y entender la información de un genoma se convierte en un recurso no solo científico, sino en un recurso tecnológico con impacto económico.

En México, se cuenta con una gran biodiversidad de plantas y en varios casos, es el centro de origen de algunas especies, como es el caso del aguacate o el maíz. Estas plantas han pasado por un proceso de domesticación que requirió de miles de años y de la intervención humana. Los primeros agricultores lograron cultivar y mejorar las plantas silvestres que los rodeaban, con procesos basados en pruebas de ensayo-error. El impacto de la agricultura se puede ver reflejado en la historia, ya que la alimentación permitió el desarrollo de las civilizaciones y su expansión. Sin embargo, la domesticación de cualquier organismo, genera una dependencia hacia el ser humano donde se tienen ventajas y desventajas. Desde una perspectiva evolutiva, las plantas domesticadas pierden información genética, ya que se seleccionan propiedades que satisfacen las necesidades humanas, como pueden ser frutos más grandes o con mejor sabor, o plantas que crecen a una mayor velocidad o en condiciones de sequía. Por lo tanto, si comparamos la información genética contenida en las especies de plantas cultivadas y las especies silvestres, podemos observar que en las plantas silvestres aún existe información que po-

dría ser útil en otras circunstancias pero que ya no esta presente en las plantas cultivadas, debido a que no fueron seleccionadas. No obstante, con el uso de la Biotecnología y las herramientas más modernas de biología molecular, como es la edición genética, es posible incluir información genética de las plantas silvestres a las plantas domesticadas. Un ejemplo de esto es el tomate, donde se han logrado líneas de plantas mejoradas donde se obtienen frutos más grandes y rojos, con tan solo incluir la información de uno o algunos genes obtenidos de las plantas silvestres de tomate, y que son agregados por medio de edición genética a las variantes cultivadas. Este mejoramiento no sería posible con métodos de agricultura tradicional. La tecnología CRISPR/Cas9 (Figura 1), es una herramienta molecular muy poderosa que nos permite reescribir o editar la información genética de un organismo. Usando esta tecnología, se ha logrado "re-domesticar" a la planta de tomate, modificando solo algunos genes que nos permiten tener plantas con mayor contenido de licopenos o frutos de mayor tamaño.

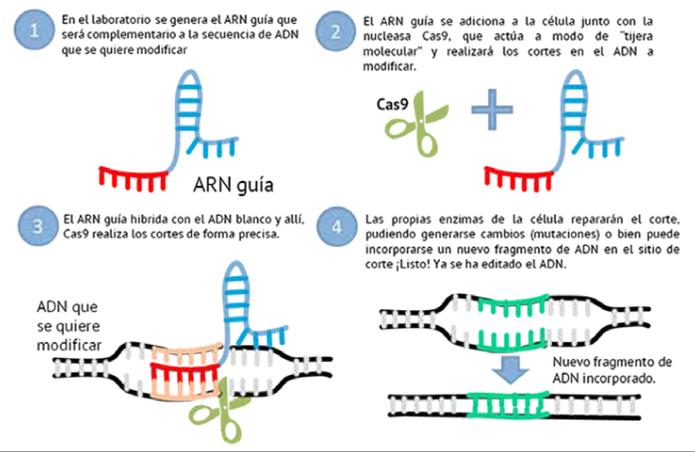
En el caso del aguacate, es posible aprovechar tanto la biodiversidad que se tiene en el país, como la herramienta de CRISPR/Cas9. Por ejemplo, el contenido y calidad del aceite varía dependiendo de la variedad de aguacate y esto está aso-

ciado a ciertos genes, los cuales ya se tienen identificados, en gran parte gracias a la determinación del genoma de dicha planta. Sin embargo, dentro de la variedad tan grande de aguacates que tenemos, no existe la combinación perfecta donde se tengan plantas de aguacate que produzcan frutos con un mayor contenido de aceites de gran calidad, mayor tamaño y además que la planta sea resistente a plagas. Todo esto podría ser logrado si aprovechamos la biodiversidad, la información genómica y la edición genética. La gran diferencia radica en el tiempo que llevaría hacerlo ya que, haciéndolo de la manera tradicional, llevaría decenas de años y una menor probabilidad de éxito. Incluso, características como tener aguacates sin hueso, es algo que ya se ha logrado con modificación genética y que trata de disminuir el número de lesiones que se tienen en Europa al tratar de remover la semilla del aguacate usando un cuchillo.

**TECNOLOGÍA DE EDICIÓN genética CRISPR/Cas9.** Tomada de: <http://newsnet.conacytprensa.mx/index.php/fotostock/meditem/16632-edicion-de-genes-con-tecnica-crispr>

## Editando genes mediante la tecnología CRISPR-Cas9

El sistema consiste en dos componentes: una nucleasa (Cas9) y un ARN guía, el cual guiará a la nucleasa (gracias a su secuencia) para realizar los cortes en una región específica del ADN. Aquí el proceso en 4 pasos:



## Referencias

<https://www.pnas.org/content/116/34/17081>  
<http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/166>  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018>  
<https://link.springer.com/protocol/10.1007%2F978-1-4>  
<https://www.nature.com/articles/s41438-018-0082-6>



### Arrollo tecnológico, económico y regulación de los OGMs en nuestro país

Herrera Estrella dejó sobre la mesa un par de cuestiones antes. Por un lado, dejó en la importancia económica de tanto la información científica, como el desarrollo de tecnologías y aplicaciones que permitan explotarla, en aras de satisfacer las necesidades humanas. Por otro lado, también abordó la necesidad de definir muy bien, desde un punto de vista legal, lo que será considerado un organismo genéticamente modificado o transgénico, la finalidad de no limitar el avance científico, tecnológico y económico en el país.

En este aspecto, la Dra. Beatriz Estrella Cázarez investigadora del CINVESTAV-Unidad Zacoatecas, abordó el tema del uso de la Biotecnología para la productividad en la agricultura y así como alcanzar la meta de suficiencia alimentaria, que es el objetivo del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. En su ponencia a "OGM útiles y seguros en nuestro país", la Dra. Xole menciona que en el año 2050 habrá 10 mil millones de habitantes en el planeta, con lo que habrá una gran demanda de recursos, entre ellos los alimentos. Por tanto, existen prioridades a atender en la agricultura y ganadería donde problemas como la disponibilidad del agua, el cambio climático y las plagas, el cambio climático y las prácticas de producción insostenibles, son algunos de los mayores retos.

Como ejemplos de cultivos transgénicos que se están implementando en el país y que son de gran valor para la industria agroalimentaria son: el cultivo de la soya donde se han implementado varias variedades que tienen mayor contenido de proteína, así como a una mejor asimilación

de nitrógeno, con lo que se reduce también el uso de fertilizantes; nuevas especies de plantas de café que han sido seleccionadas para resistir infecciones por hongos, pero que también tienen potencial para otras aplicaciones en la producción de café de altura y que podrían en un futuro, ayudar a mitigar los efectos por el incremento en la temperatura asociado al cambio climático; 17 líneas de plantas de algodón genéticamente modificadas que por un lado, cuentan con resistencia a glufosinato de amonio, que es un herbicida y por otro lado, resistencia a ataques de insectos, donde algunas de estas líneas se han probado ya en el estado de Chihuahua con buenos resultados. Es importante mencionar que todos estos desarrollos han sido por solicitud y en colaboración con los productores de dichos cultivos, por lo que los desarrollos científicos han estado orientados a satisfacer necesidades del campo.

### Biotecnología de precisión y cisgénesis

Uno de los conceptos mencionados en la ponencia de la Dra. Xocoanostle es el de *biotecnología de precisión*. Este término se refiere a modificaciones genéticas muy puntuales con un efecto muy preciso sobre las características de un organismo. Tomando como ejemplo el cultivo de soya, se ha logrado tener variantes de la planta que presenta menores vellosidades en su superficie, con lo cual se reduce la infestación de la plaga de mosca blanca, ya que no puede poner sus huevecillos sobre este tipo de variedad genéticamente modificada. Otro ejemplo es la obtención de limón mexicano y naranja genéticamente modificados, que mitiga la enfermedad de *Huanglongbing* (HLB) o "dragón amarillo", provocada por bacterias y que es la más grave enfermedad de la citricultura a nivel mundial. Ha devastado en pocos años zonas citrícolas enteras en India, China, E.U., Brasil, en 20 países de Asia y 11 países de África. Esta enfermedad representa una seria amenaza para las 526 mil hectáreas establecidas con cítricos en México, distribuidas en 23 Entidades Federativas. El Estado de Veracruz produce 45% de los cítricos del país, genera 70 mil empleos directos y 250 mil indirectos. Además de los desarrollos de variantes de cítricos genéticamente modificados, se complementan esfuerzos con la

selección de variantes con tolerancia natural a HLB. Con este enfoque, no solo se está explorando la biodiversidad que existe en la naturaleza, sino que se está creando un repositorio con el potencial genético para sobrevivir a las plagas. Otros ejemplos de avances biotecnológicos en la agricultura fueron abordados por el Dr. Jorge M. Santamaría Fernández del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY-CONACYT) ubicado en la ciudad de Mérida, quien dio la ponencia con el título "Diversificando y preservando el germoplasma de cultivos locales". En su exposición habló principalmente de los cultivos de papaya donde mencionó que la técnica de *cisgénesis* es empleada para introducir genes de especies de papaya en papayas ya mejoradas, algo similar a lo que el Dr. Herrera Estrella planteó para el aguacate, donde se introducen genes de la misma especie o de especies cercanas en el organismo en cuestión, para controlar la expresión de dicho gen en la planta. La *cisgénesis* es otro tipo de modificación genética que no introduce genes extraños en la planta, pero que serían muy difíciles o imposibles de seleccionar con los métodos tradicionales de cruces de cultivos. Esta técnica con grandes ventajas podría ser vetada si no se acota y define muy bien la normatividad con respecto a las leyes de Bioseguridad y el uso de organismos genéticamente modificados. Finalmente, la Dra. Martha G. Rocha Munive de la Facultad de Ciencias de la UNAM, participó con la ponencia "Cultivo sustentable de algodón GM en México" y donde nos habló del uso de la planta de algodón genéticamente modificada y como su uso regulado ha permitido tanto el rescate y desarrollo de la industria algodonera en el norte del país y conservar



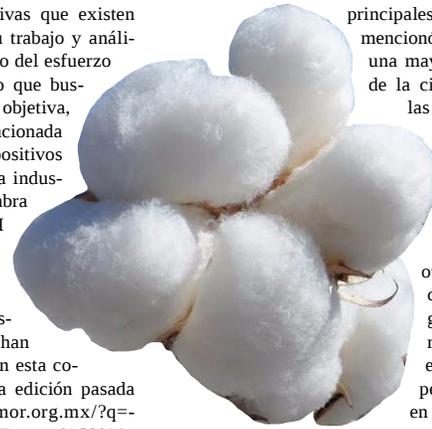
las especies nativas que existen en el sureste. Su trabajo y análisis es el resultado del esfuerzo interdisciplinario que buscó de manera objetiva, información relacionada con los efectos positivos o negativos de la industria de la siembra de algodón GM y el efecto sobre el ambiente y otras especies.

Algunos de estos resultados han sido expuestos en esta columna en alguna edición pasada (<http://www.acmor.org.mx/?q=content/%C2%BFtransg%C3%A9nicos-o-no-transg%C3%A9nicos-en-m%C3%A9xico-impacto-del-algod%C3%B3n-gen%C3%A9ticamente-modificado>). El algodón GM contiene el gen de una toxina que originalmente se encuentra en la bacteria *Bacillus thuringiensis* y que confiere una resistencia a diferentes plagas de insectos y no tienen ningún efecto negativo para otras especies.

Al final del simposio se realizó un panel de discusión donde hubo gran participación por parte de los asistentes, entre los cuales estaban investigadores en sociología, periodistas y estudiantes de diferentes carreras. Entre los

principales comentarios, se mencionó que debe haber una mayor comunicación de la ciencia en torno a las investigaciones en el área de organismos genéticamente modificados y que debe haber una integración con otras ciencias, como la Sociología, para tener un mejor resultado en el cambio de percepción que hay en la sociedad con respecto a este tema.

El video del simposio puede ser consultado en la siguiente liga: <https://www.youtube.com/watch?v=AAKdK-0MF3c>



*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.*



### Lecturas recomendadas

- <http://revistajohngalt.com/2018/06/14/aguacates-si-pero-transgenicos/>
- <https://www.lanuevarevolucion.org/2017/12/18/crean-aguacate-transgenico-sin-semilla-para-evitar-que-los-europeos-se-corten-las-manos-al-intentar-retirla/>
- [https://www.cronica.com.mx/notas-obtienen\\_genoma\\_del\\_aguacate-1127633-2019](https://www.cronica.com.mx/notas-obtienen_genoma_del_aguacate-1127633-2019)
- <https://conexion.cinvestav.mx/Publicaciones/desarrollos-de-biotecnologia-237a-potencialmente-250tiles-para-m233xico>
- <http://imagenagropecuaria.com/2019/necesarias-nuevas-tecnologias-agricolas-para-seguridad-y-soberania-alimentaria/>