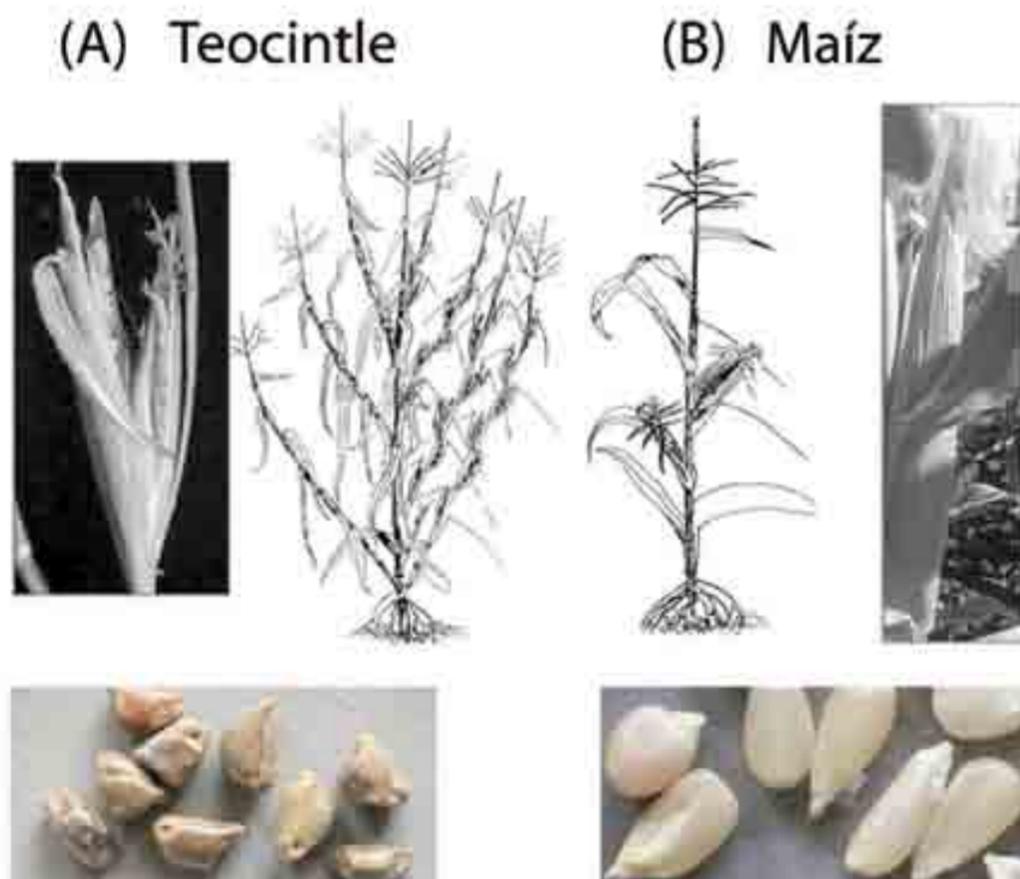


# ¿Los maíces modernos son más susceptibles a los insectos

HTTP://MANANTLAN.CONANP.GOB.MX/HISTORIA.PHP



**Figura 1. Teocintle versus Maíz.** La planta del teocintle (A) presenta forma de candelabro con varias mazorquitas por rama, mientras que la del maíz (B) presenta solamente un tallo con ramas cortas y una sola mazorca. Los granos del teocintle están cubiertos por una capa engrosada, mientras que los del maíz tienen una cubierta suave.

Con granos visibles. Adaptada de Doebley, J. 1992. *Trends in Genetics* 8: 302-307.

## Gladys I. Cassab

Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

## Jorge Nieto Sotelo

Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México

El maíz es una planta maravillosa. No sólo es la planta más importante en la cultura y dieta mexicanas, sino también es la más cultivada actualmente en el mundo. Las evidencias arqueológicas indican que el maíz fue domesticado en México por lo menos hace unos 9,000 o 10,000 años. El progenitor del maíz es un pasto silvestre, el teocintle del Balsas (*Zea mays* spp. *parviglumis*), que pertenece a la misma especie que los maíces actuales (*Zea mays* spp. *mays* L.), y aunque difieren en varios aspectos, las mayores diferencias morfológicas se encuentran en la mazorca. En el teocintle ésta tiene dos hileras y sus granos están protegidos por un segmento duro del tallo, también conocido como *raquis*. Por el contrario, en el maíz la mazorca tiene muchas hileras y los granos están desnudos. Otra diferencia importante es que los granos del teocintle se separan de la mazorca con suma facilidad, debido a que tiene una capa de células (capa de abscisión) que al romperse causa el

desprendimiento de una parte de la planta, lo que les ayuda a dispersarse de manera natural. Esto contrasta con lo que sucede a los granos del maíz, que están fuertemente unidos a la mazorca por un soporte o pedicelo, por lo que no pueden dispersarse con facilidad y nunca caen al suelo sueltos, de manera individual, sino sujetos a la mazorca (ver Figura 1). Pese a estas diferencias, los maíces criollos son tan diversos genéticamente como su progenitor. Esto es debido a que el intercambio genético entre los teocintles y el maíz no ha cesado desde su domesticación ya que crecen dentro y alrededor de las milpas y pueden formar híbridos fértiles como el teocintle del Balsas y el del altiplano, *Zea mays* ssp. *Mexicana*. La diversidad genética ha facilitado la adaptación de los maíces criollos a variadas condiciones de cultivo tales como el clima, la iluminación, el tipo de suelo, el ataque de patógenos, entre otras, y es la razón por la que se considera a los teocintles y al maíz subespecies de la misma especie.

Por otro lado, existen otros tipos de maíces, los híbridos mejorados genéticamente, que aunque tienen una muy alta productividad y son actualmente los más sembrados y aprovechados en todo el mundo, tienen pocas defensas ante los depredadores herbívoros "especializados" como la "chicharrita del maíz"

(*Dalbulus maidis*). La susceptibilidad de los maíces modernos a la chicharrita es notable, particularmente si consideramos que los maíces criollos -sus ancestros domesticados inmediatos, como el maíz azul o el rojo que comemos en las quesadillas- son más resistentes. Más aún, su ancestro silvestre, el teocintle anual del Balsas, o su pariente silvestre más lejano, el teocintle perenne del altiplano, son resistentes (ver figura 2).

La chicharrita prácticamente "succiona" al maíz en el sentido de que le absorbe la savia rica en azúcares que obtiene gracias a la fotosíntesis, como se muestra en la figura 3 y puede llegar a transmitirle virus que terminan infectando y acabando con la planta. Un grupo de investigadores de la Universidad de Texas A&M, liderados por Amanda Dávila Flores, reportó hace cerca de dos años un estudio en el que analizaron como fue debilitándose la defensa del maíz contra la chicharrita como consecuencia de los cambios derivados de su evolución, domesticación y mejoramiento genético. En el reporte, los investigadores hacen énfasis en la importancia de conservar nuestra biodiversidad, no sólo en el contexto de la defensa contra las plagas, sino para conocer y aprovechar los factores genéticos que dan al maíz resistencia contra las agresiones del medio ambiente, incluida la escasez de nutrimentos



**Figura 2. Imágenes de Zea.** (A) *Zea diploperennis* lltis, Doebley & Guzman. (B) *Zea mays* spp. *parviglumis* (teocintle del Balsas). (C) *Zea mays* spp. *mays* (Tuxpeño). (D) *Zea mays* spp. *mays* (híbrido moderno).

tos o de agua. Específicamente, los autores compararon la forma en la que dos especies distintas de teocintles y dos tipos de maíz, se defienden del ataque de la chicharrita, desde las perspectivas evolutiva y agrícola (ver diagrama).

Desde la perspectiva evolutiva, el teocintle pasó de un ciclo de vida perenne (*Z. diploperennis*, del altiplano) a uno anual (*Z.*

*mays* spp, del Balsas), y ambos tienen un ancestro común. Por otra parte, desde la perspectiva agrícola hay dos consideraciones: una es la transición de un pasto anual silvestre (del Balsas) a un cultivo primitivo, el maíz criollo Tuxpeño, cuyo ancestro común es el intermedio (el ancestro 2 y 3 en el diagrama) y la transición agrícola de un maíz primitivo a uno mejorado, cuyo ancestro co-



**Figura 3. Chicharrita adulta alimentándose de la savia del floema de una planta.** Adaptado de [http://www.cirrusimage.com/homoptera\\_leafhopper\\_Graphocephala](http://www.cirrusimage.com/homoptera_leafhopper_Graphocephala)

HTTP://WWW.BIODIVERSIDAD.GOB.MX/USOS/MAICES/GRUPOS/DENTADOST/TUXPEÑO.HTML



## herbívoros?

mún es el más reciente (ancestro 3, en el diagrama). El estudio de Amanda Dávila Flores también permite apreciar cómo la historia natural del ciclo de vida (domesticación) y la selección artificial (mejoramiento) han actuado sobre el maíz y cómo influyen en la susceptibilidad a los herbívoros que los consumen, así como en la evolución de las plagas agrícolas. Otro resultado interesante del estudio de Amanda Dávila es la comprobación de lo efectiva que es la chicharrita para alimentarse de la savia del teocintle del Balsas, en comparación con el perenne. El punto de partida de los investigadores fue que las plantas perennes y las anuales tienen diferentes estrategias de sobrevivencia. En el caso del teocintle anual, la evolución seleccionó que la planta tuviese una alta capacidad de reproducción, pero a expensas de sacrificar sus estrategias de defensa. Esto se explica porque las oportunidades de reproducción son finitas y el teocintle anual completa su ciclo de vida en una sola etapa de crecimiento; así, sólo tiene una oportunidad de reproducirse y necesita entonces dedicar todos sus recursos energéticos a la producción de semillas. En cambio, el teocintle perenne es una planta con múltiples ciclos de vida, que se propaga a partir de sus raíces y por clonación, esto es, produciendo hijuelos o plántulas gemelas idénticas genéticamente, por lo que las posibilidades de reproducción son múltiples. Los análisis del desempeño de las chicharritas en estas dos plantas comprobaron la idea de que las diferentes estrategias de las plantas para distribuir sus recursos energéticos afectan directamente su interacción con el ambiente, incluyendo su defensa contra los insectos herbívoros, en este caso,

las chicharritas. Ahora bien, del análisis de los efectos de la transición durante la domesticación del teocintle del Balsas a la raza de maíz Tuxpeño, se encontró que la chicharrita penetra al sistema circulatorio de ambas plantas casi con la misma facilidad, o sea que son igual de susceptibles a su ataque. Esto indica que pese a la domesticación, el maíz Tuxpeño se ha adaptado a la defensa contra los herbívoros como el teocintle anual, pese a que ha experimentado un aumento considerable en su capacidad de reproducción debido a la domesticación. Aunque estas dos plantas presentan diferencias importantes tanto morfológicas como de adaptación a los cambios climáticos, se pueden entrecruzar y producir híbridos fértiles de manera natural. Además, como se mencionó anteriormente, las razas de maíz muestran niveles de diversidad genética similares a los de sus progenitores (los teocintles) y otros estudios recientes indican que las razas han podido recuperar parte de esta diversidad en tiempos posteriores a su domesticación, hace 10,000 años. Esto es sorprendente, ya que los eventos de domesticación de un cultivo comúnmente generan una pérdida de diversidad genética en comparación con el ancestro silvestre, ya que muy pocos individuos del silvestre se convierten en los progenitores de los descendientes domesticados debido al aislamiento reproductivo posterior con su ancestro silvestre. Todo esto podría explicar las muy pequeñas diferencias en el desempeño de la chicharrita durante esta transición, por lo que se puede suponer que sus defensas contra los herbívoros especialistas deben ser muy parecidas y que la defensa contra los herbívoros debiera ser un rasgo o característica genética compleja que probablemente la ha recuperado la raza Tuxpeño debido a su interacción (hibridación) con los teocintles anuales.

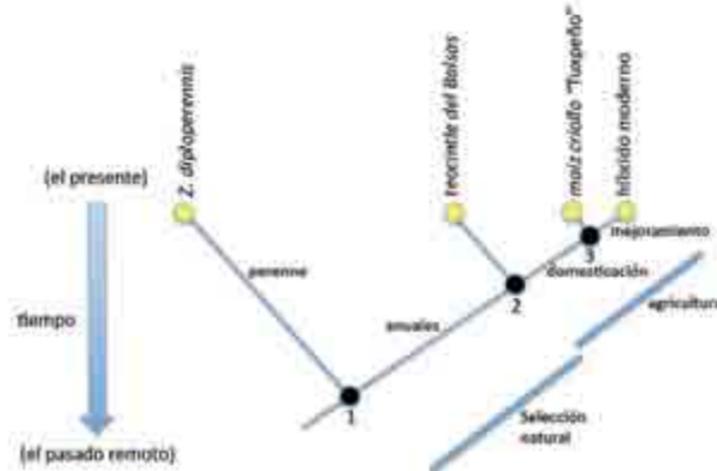
La evaluación del desempeño de las chicharritas en la transición del mejoramiento moderno del maíz, al comparar maíces Tuxpeños con híbridos comerciales, es consistente con la idea de que las chicharritas se comerían mejor a los híbridos que a los Tuxpeños, pues los primeros han sido mejorados para aumentar aún más los recursos energéticos que la planta destina a la reproducción, debilitando un poco los recursos dedicados a la defensa contra la plaga. Las diferencias en la variabilidad genética entre los dos cultivares parecen ser las responsables de los efectos tan significativos en el desempeño de los insectos que se observa como consecuencia del mejoramiento moderno. Esto resulta particular-

mente claro en una variable del desempeño de la plaga: la talla de la hembra, la cual se incrementó durante ésta transición, lo que le permitió alimentarse mejor del maíz híbrido. La raza Tuxpeño es más diversa desde el punto de vista genético que los híbridos comerciales. Además, los híbridos modernos se han seleccionado para incrementar su productividad, esto es, en mejorar la producción y calidad del grano por lo que el reparto de recursos energéticos de la planta es desigual, disminuyendo los recursos disponibles para otras actividades de la planta vitales para su supervivencia de manera natural.

En general, los resultados de la investigación indican un deterioro de los genes responsables de las defensas contra las chicharritas en diferentes cultivares de maíz y teocintles, ya que observó una correlación directa entre el daño causado por las chicharritas y la cantidad de grano producido, tendencia que se mantiene para los maíces dentro de este género. Si imaginamos su árbol de la vida (ver diagrama) que partió de un ancestro común a todos (1) que era silvestre y probablemente perenne, y se transformó en uno anual silvestre (2), que dio origen a un grupo domesticado (3) hasta llegar a un híbrido moderno, podemos inferir esta tendencia. En el futuro se debieran de elu-

transición agrícola asociada a la domesticación permiten suponer que sería posible aumentar la resistencia a insectos, mediante mejoramiento genético tanto de razas, como de maíces mejorados. A este respecto, los estudios de asociación genómica o GWAS (ver Glosario) en estos cuatro grupos de *Zea* podrían ayudar a identificar los genes asociados a esta característica genética compleja, lo cual permitiría *introgresar* (ver Glosario) una mayor resistencia contra los herbívoros especialistas a las razas y a los híbridos comerciales. Estos estudios, permitirían incrementar la diversidad genética en razas e híbridos modernos y disminuir considerablemente el uso de insecticidas que no sólo son tóxicos en los humanos sino también en los ecosistemas, lo que a largo plazo fomentaría la sustentabilidad de los cultivos agrícolas, no sólo para el pequeño productor sino a nivel global. Estos hallazgos además reiteran la importancia de conservar y estudiar a los ancestros silvestres de las plantas cultivadas, pues son una fuente importantísima de diversidad genética y de adaptaciones al medio ambiente, no sólo para defensa contra los insectos herbívoros sino también contra otros factores bióticos y abióticos como la sequía y el calor.

[HTTP://WWW.AGRICORNER.COM/FARMERS-ADVISED-TO-USE-BEST-QUALITY-HYBRID-CORN-SEEDS/](http://www.agricorner.com/farmers-advised-to-use-best-quality-hybrid-corn-seeds/)



### Glosario

**Estudios de asociación genómica:** son conocidos más comúnmente en la literatura con las siglas en inglés GWAS (*genome-wide association study*). Son los estudios que permiten correlacionar las variaciones génicas mediante SNP (polimorfismos de un solo nucleótido o *single-nucleotide polymorphisms*) que están distribuidos a lo largo de todo el genoma del organismo con el objetivo de identificar su asociación con un rasgo, característica o fenotipo observable, por ejemplo el grado de resistencia a las chicharritas.

**Fenología:** es el estudio de todos los eventos periódicos que

ocurren durante el ciclo de vida de las plantas o de los animales y de su relación con los factores climáticos.

**Introgresar:** introducir características genéticas deseables en un organismo mediante cruza natural con otro de la misma especie o de una especie cercana.

**Planta anual:** planta que germina, florece y muere en el curso aproximado de un año.

**Planta iterópara:** planta que presenta múltiples ciclos reproductivos en el curso de su vida.

**Planta perenne:** planta que germina, florece y vive más de dos años.

**Planta rizomatosa:** planta con rizoma o tallo subterráneo que producen ya sea raíces o tallos a partir de brotes meristemáticos localizados en las axilas de las hojas, y que permiten la propagación tipo clonal.

**Rasgos genéticos complejos:** A diferencia de los rasgos simples o monogénicos, debidos a la acción de un solo o unos cuantos genes, la herencia de los rasgos complejos es debida a la acción de muchos genes y de su interacción con el ambiente. En el caso de la defensa a los insectos herbívoros, se sabe que depende de una gran variedad de defensas (reductores de la digestión, defensas físicas, toxinas, etc.), cada una contribuyendo a la resistencia general contra estos insectos.

### Bibliografía

Kato Yamakake, T.A., Mapes Sánchez, C., Mera Ovando, L.M., Serratos Hernández, J.A., Bye Boettler, R.A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.

Dávila-Flores, A.M., DeWitt, T.J., Bernal, J.S. 2013. Facilitated by nature and agriculture: performance of a specialist herbivore improves with host-plant life history evolution, domestication, and breeding. *Oecologia* **173**: 1425-1437.

Hufford, M.B., Xu, X., van Heerwaarden, J., et al. 2012. Comparative population genomics of maize domestication and improvement. *Nature Genetics* **44**: 808-811.

Tian, F., Stevens, N.M., Buckler, E.S. 2009. Tracking footprints of maize domestication and evidence for massive selective sweep on chromosome 10. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **106** (Suppl1): 9979-9986.

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: [www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)

[HTTP://WWW.CONABIO.GOB.MX/MALESASDEMEXICO/POACEAE/ZEAMAYS-PARVIGLUMIS/FICHAS/PAGINA1.HTM](http://www.conabio.gob.mx/malesasdemexico/poaceae/zea-mays-parviglumis/fichas/pagina1.htm)

