



## **Los híbridos del cambio climático**

Efraín Tovar-Sánchez<sup>1\*</sup>, Patricia Mussali-Galante<sup>2</sup>, Leticia Valencia-Cuevas<sup>3</sup>, María Luisa Castrejón-Godínez<sup>4</sup>, Alexis Joavany Rodríguez Solís<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, <sup>2</sup>Centro de Investigación en Biotecnología, <sup>3</sup>Escuela de Estudios Superiores del Jicarero, y <sup>4</sup>Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

\*[efrain\\_tovar@uaem.mx](mailto:efrain_tovar@uaem.mx)

### Resumen

Durante los cambios climáticos (cc) históricos se localizaron refugios glaciares que facilitaron la supervivencia de diversas especies de flora y fauna durante las eras glaciales. En la actualidad, los efectos del cc están provocando la ruptura de las barreras ecológicas, lo que facilita el encuentro entre especies que anteriormente estaban separadas espacialmente, dando origen a individuos híbridos. El fenómeno de hibridación ha sido reconocido como un evento “extenso” en plantas; se estima que más del 50% de las plantas con flores podrían haberse originado por este proceso. Asimismo, la hibridación puede tener consecuencias tales como: *a)* promover el reforzamiento de las barreras reproductivas, *b)* la extinción de una de las especies participantes, *c)* incremento de la diversidad genética en una o ambas especies participantes, *d)* generar individuos con un mayor “vigor híbrido” (descendientes que presentan características superiores a la de sus parentales) y *e)* dar origen a nuevas especies<sup>1</sup>. Debido a los efectos del cc, se sugiere un incremento de eventos de hibridación en diferentes especies de plantas como resultado de la pérdida de las barreras ecológicas que las mantenía aisladas espacialmente.

*Palabras clave:* hibridación, cambio climático, refugio glaciar, barrera ecológica, diversidad.

## Introducción

El CC se define como cualquier cambio en el clima a través del tiempo, ya sea por variación natural o por la actividad humana. A nivel mundial el CC es considerado como la más grande amenaza para la salud humana y los ecosistemas. El Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (Intergovernmental Panel on Climate Change o IPCC, por sus siglas en inglés) sostiene, con un 95 % de certeza, que el CC actual es consecuencia directa de las actividades antropogénicas. Esto se refleja en el aumento en la temperatura media global, así como en la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos.

Los cambios en los patrones climáticos pueden alterar la distribución geográfica y abundancia de las especies, facilitando que especies que se encontraban aisladas geográficamente ahora coexistan. El aislamiento geográfico o ecológico (basado en requerimientos ambientales específicos) actúa como barrera que impide el contacto y la hibridación entre especies cercanas evolutivamente. El botánico Verne Grant<sup>2</sup> define la hibridación como el cruzamiento al azar entre poblaciones de diferentes especies con una historia previa de aislamiento ecológico. Este fenómeno puede ocurrir cuando las especies progenitoras se superponen espacialmente, o cuando especies cercanas que estaban divergiendo restablecen contacto en una región común, formando así una zona híbrida.

Lo anterior sugiere que el CC facilita la ruptura de barreras ecológicas que antes impedían la hibridación entre especies cercanas. Sin embargo, los cambios ambientales promovidos por el CC han facilitado que diversas especies amplíen su distribución geográfica y entren en contacto con especies cercanas.

## Fenómeno de hibridación

El fenómeno de hibridación ocurre de manera frecuente en plantas y puede tener consecuencias “positivas” para las plantas involucradas. En términos de diversidad, podemos mencionar que los híbridos pueden producir nuevas especies, originar nuevos genotipos y características fenotípicas en las poblaciones involucradas, además de transferir adaptaciones entre especies a través de los híbridos. En algunos casos, estas consecuencias pueden proveer a algunas poblaciones o especies con la capacidad de expandir su área de distribución geográfica. En contraste, la hibridación puede tener una serie de consecuencias negativas que promueven una disminución en los niveles de diversidad genética en las especies involucradas<sup>1</sup>. En este sentido, existen casos en los que la hibridación ha puesto en riesgo de extinción a especies con distribución geográfica restringida. La extinción mediada por hibridación ha cobrado especial importancia en el contexto del CC global. Debido al rápido incremento de las temperaturas medias y a los cambios en los regímenes de precipitación, muchos modelos proyectan una migración altitudinal de la biota. Estos eventos, junto con la introducción de especies exóticas, facilitan el contacto entre linajes recientemente divergentes resultando en procesos de hibridación y eventualmente, dependiendo de la genética de las poblaciones involucradas, conducir a su extinción o fusión de las especies cuando existen débiles barreras reproductivas.

Lo anterior ha sido documentado en dos especies vegetales que son consideradas nativas para México: los girasoles *Tithonia tubaeformis* (figura 1) y *T. rotundifolia* (figura 2). Los cc históricos y el flujo genético entre estas especies han sido factores determinantes en su distribución geográfica y diversidad genética. Múltiples análisis genéticos y de distribución de estas especies han evidenciado cambios en sus áreas de distribución geográfica. En general, se ha identificado que ambas fueron influenciadas por los cc durante la última era glacial, conduciendo al aislamiento de sus poblaciones en los periodos glaciales<sup>3</sup>. Al terminar las épocas glaciales, se sugiere una migración a partir de estos refugios, conduciendo al contacto secundario entre individuos de *T. tubaeformis* y *T. rotundifolia*, lo que promovió la formación de zonas de hibridación con la presencia de individuos de diferentes formas<sup>4,5</sup> (figura 3). Además, los individuos híbridos registran nuevas moléculas químicas, lo que sugiere que el cruce entre *T. tubaeformis* y *T. rotundifolia*, con nuevas combinaciones de metabolitos secundarios, puede aumentar su vigor híbrido debido a sus actividades protectoras contra insectos herbívoros y el estrés ambiental.



Figura 1. *Tithonia tubaeformis*, nombre común gigantón.



Figura 2. *Tithonia rotundifolia*, nombre común girasol mexicano.



Figura 3. Individuos de zona híbrida entre *Tithonia rotundifolia* y *T. tubaeformis* en Morelos, México.

## Perspectivas

Los cambios en la temperatura media global y en los patrones de precipitación generados por el cc han favorecido que especies vegetales que se encontraban aisladas geográficamente puedan entrar en contacto, promoviendo la cruce entre especies y la subsecuente formación de individuos híbridos. Debido a que los eventos de

hibridación en las plantas son comunes, y México es considerado como uno de los centros de diversificación de muchos grupos taxonómicos de plantas donde se han registrado frecuentes eventos de hibridación, se sugiere incrementar los esfuerzos en detectar eventos de hibridación y evaluar la respuesta de estos ante el CC en relación con sus especies parentales. Además, al reconocer que varios eventos de hibridación pueden dar origen a plantas con un mayor “vigor híbrido” (es decir, con una superioridad fenotípica del híbrido en relación con las especies parentales), es fundamental analizar su potencial para establecer una mayor amplitud de ambientes y tener un mayor éxito en el crecimiento, la reproducción y el rendimiento en comparación con las especies parentales.

## Conclusiones

El papel de la hibridación natural en plantas ha sido un fenómeno fundamental en la evolución vegetal. No obstante, la constante presencia de disturbios promovidos por el CC, producto de las actividades humanas, favorece el rompimiento de barreras ecológicas y un subsecuente superposición y cruza entre especies relacionadas, llevando a la formación de zonas de hibridación en donde se puede encontrar una amplia variabilidad genética y fenotípica. Como resultado del CC, se prevé un incremento en la frecuencia de eventos de hibridación entre especies de plantas. Este fenómeno podría presentar una estrategia biológica de adaptación y supervivencia frente a los cambios acelerados en los ecosistemas.

## Referencias Bibliográficas

1. López-Caamal, A., & Tovar-Sánchez, E. (2014). Genetic, morphological, and chemical patterns of plant hybridization. *Revista Chilena de Historia Natural*, 87, 16. <https://doi.org/10.1186/s40693-014-0016-0>
2. Grant, V. (1989). *Especiación vegetal*. Limusa.
3. López-Caamal, A., Ferrufino-Acosta, L. F., Díaz-Maradiaga, R. F., Rodríguez-Delcid, D., Mussali-Galante, P., & Tovar-Sánchez, E. (2019). Species distribution modelling and cpSSR reveal population history of the Neotropical annual herb *Tithonia rotundifolia* (Asteraceae). *Plant Biology*, 21(2), 248-258. <https://doi.org/10.1111/plb.12925>
4. López-Caamal, A., Mussali-Galante, P., Valencia-Cuevas, L., Jiménez J., Vega F. K., & Tovar-Sánchez, E. (2013). Transgressive character expression in hybrid zones between the native invasives *Tithonia tubaeformis* and *Tithonia rotundifolia* (Asteraceae) in Mexico. *Plant Systematic and Evolution*, 299, 1781-1792. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0834-6>
5. Tovar-Sánchez, E, Rodríguez-Carmona, F., Aguilar-Mendiola, V. Mussali-Galante, P., López-Caamal, A., & Valencia-Cuevas, L. (2012). Molecular evidence of hybridization in two native invasive species: *Tithonia tubaeformis* and *T. rotundifolia* (Asteraceae) in Mexico. *Plant Systematics and Evolution*, 298, 1947-1959. <https://doi.org/10.1007/s00606-012-0693-6>