

Recibido: 30.11.2022 • Aceptado: 22.08.2025

Palabras clave: Ecología forestal, cambio climático, restauración ecológica.

Mezquite, el árbol de la esperanza ante el cambio climático

JESÚS SANDOVAL MARTÍNEZ

jesus.sandovalmartinez.10@gmail.com

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA, UASLP

JORGE ALBERTO FLORES CANO

Jorge.cano@uaslp.mx

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA, UASLP

ERNESTO IVÁN BADANO

ernesto.badano@picyt.edu.mx

INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



El mezquite es un árbol característico de los ecosistemas áridos y semiáridos de México central.

Nos ofrece diversos bienes y servicios ecosistémicos, que abarcan desde el aprovisionamiento de leña y madera hasta la captura de carbono. Su importancia como proveedor de estos servicios puede ser aún mayor en el futuro, ya que puede tolerar los incrementos en aridez que se esperan debido al avance del cambio climático. Esto lo vuelve una especie de alto valor para desarrollar programas de restauración ecológica climáticamente adaptativos.

En México se incrementará la aridez durante las próximas décadas debido a los aumentos en la temperatura y las reducciones en la precipitación que se esperan como consecuencia del cambio climático. Aunque este fenómeno no se puede revertir, sus impactos se pueden mitigar. Una estrategia para lograr esta meta es la restauración ecológica, que implica reintroducir plantas nativas en tierras que fueron previamente afectadas por sistemas productivos de diversa índole. Sin embargo, una pregunta que debe responderse antes de iniciar estas acciones es ¿podrán las especies que actualmente se emplean para restaurar ecosistemas tolerar el clima más árido del futuro?

La falta de planeación en el manejo sustentable de los ecosistemas es una problemática global que afecta negativamente la biodiversidad del planeta. Esto terminará por reducir la calidad de vida de la población humana porque la biodiversidad sustenta los servicios ecosistémicos que permiten nuestra existencia e incrementan nuestro bienestar. Entre muchos otros, estos servicios incluyen el suministro de agua dulce, el abastecimiento de

alimentos, la captura de carbono, la regulación climática y la disponibilidad de áreas naturales para esparcimiento.

Un claro ejemplo del impacto que tienen nuestras actividades sobre los ecosistemas lo podemos visualizar realizando un viaje por carretera hacia zonas aledañas a las ciudades donde residimos. Si observamos con atención a nuestro alrededor, veremos que muchos ecosistemas presentan extensas áreas donde su vegetación original fue removida debido a la necesidad de usar esas tierras para establecer sistemas productivos o efectuar actividades turísticas, lo que a su vez elimina a la fauna nativa que depende de esa vegetación. En México, estos impactos antrópicos los podemos observar en todos sus ecosistemas terrestres, incluyendo selvas, bosques, pastizales y matorrales.

Aunque los humanos causamos la mayor parte de los problemas ambientales que hoy enfrenta el planeta, nuestra capacidad para racionalizar e intelectualizar la naturaleza también nos otorga la posibilidad de remediar esta situación. Para alcanzar esta meta, la implementación de programas de restauración ecológica constituye

una de las alternativas con mayor viabilidad a largo plazo.

Principios y desafíos de la restauración ecológica

Las prácticas de restauración ecológica se aplican en ecosistemas donde las actividades humanas han generado condiciones ambientales tan adversas que impiden la recuperación de la vegetación mediante procesos naturales. Así, la restauración ecológica son intervenciones humanas dirigidas a facilitar el establecimiento de plantas en áreas degradadas. Si se logra recuperar la vegetación en esos sitios, el arribo de animales y otros organismos es cuestión de tiempo, por lo que, la restauración es la reversión gradual del proceso de degradación ambiental (Clewell y Aronson, 2013).

Estas prácticas, sin embargo, no deben visualizarse simplemente como el hecho de sembrar cualquier especie. Un principio fundamental de la restauración ecológica es emplear únicamente plantas nativas para la recuperación de los ecosistemas. Esto significa que sólo se debe promover la reintroducción de aquellas especies que originalmente habitaban las áreas degradadas. Este principio se fundamenta en los resultados de experiencias previas que emplearon plantas provenientes de otras regiones del planeta (conocidas como especies exóticas) para recuperar la vegetación en áreas degradadas, lo que generó problemas ambientales aún mayores de los que se pretendía solucionar. Por ejemplo, durante muchos años, los programas de reforestación en México promovieron el uso del pirul (*Schinus molle*, Anacardiace), que es un árbol nativo de Sudamérica, y de eucaliptos (*Eucalyptus* spp., Myrtaceae), que son especies nativas de Australia. No obstante, estas especies exóticas liberan al ambiente sustancias químicas que impiden la germinación y el establecimiento de otras plantas bajo sus copas, impidiendo la recuperación de la biodiversidad en los sitios afectados (Avendaño-González et al., 2016).

Aun cuando se emplearan exclusivamente plantas nativas, las acciones de restauración ecológica pueden fracasar. Esto ocurre cuando se desconocen aspectos fundamentales de la biología de las especies, como son sus requerimientos para germinar, crecer y sobrevivir. Por ejemplo, muchas experiencias de restauración han introducido grandes cantidades de árboles nativos en áreas degradadas pero, tras

un tiempo, ocurre la muerte masiva de esas plantas. Esto se debe a que las especies empleadas no toleran las condiciones ambientales que predominan en esos sitios, que usualmente se caracterizan por presentar altas temperaturas y baja humedad del suelo. Así, un reto que deben afrontar los profesionales de la restauración es seleccionar adecuadamente las especies vegetales nativas con las cuáles se desarrollarán esas acciones, lo que debe fundamentarse en criterios científicos y técnicos que apunten a garantizar su establecimiento y supervivencia en las áreas degradadas.

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta en el diseño de los programas de restauración ecológica es que el clima del planeta está cambiando. Hoy disponemos de evidencia científica sólida que indica que la temperatura promedio del planeta aumentó 1.5 °C desde inicios de la Revolución Industrial (mediados del siglo XVIII) hasta nuestros días, lo que también afectó los regímenes globales de lluvia (Allen et al., 2018). Los modelos de cambio climático más recientes indican que estas tendencias se mantendrán en el futuro, previéndose que durante este siglo la temperatura en la mayor parte del territorio mexicano se incrementará entre 2 y 8 °C, dependiendo de cómo se comporten las emisiones de gases de efecto invernadero de las sociedades humanas, mientras que la precipitación disminuirá entre un 10-20%. Esto generará condiciones de aridez más

intensas, especialmente en la región central del país. Desafortunadamente, las investigaciones que han evaluado el efecto de una mayor aridez sobre el desarrollo de las plantas indican que los incrementos en la aridez limitarán la incorporación de nuevos individuos a las poblaciones de la mayoría de las especies. Así, habrá un menor reemplazo de los individuos que mueren y esto incrementaría el riesgo de extinción de gran parte de las especies vegetales (Walck et al., 2011).

Considerando estos efectos negativos del cambio climático sobre las plantas, los profesionales de la restauración ecológica ahora también deben considerar la capacidad de las especies para tolerar una mayor aridez. Sin embargo, pocos estudios han abordado estos aspectos de la restauración ecológica y una pregunta importante que se debe responder es ¿qué especies deben usarse hoy en los programas de restauración ecológica para asegurar su prevalencia en el futuro? Si logramos determinar qué plantas nativas pueden germinar y sobrevivir bajo condiciones ambientales más áridas, entonces pudiéramos desarrollar programas de restauración ecológica climáticamente adaptativos, donde las especies que hoy se reintroducen en áreas degradadas prevalecerán aunque el clima continúe cambiando.

El mezquite, un héroe de la restauración

Cuando salimos a caminar por el campo para disfrutar de la naturaleza, siempre procuramos refugiarnos bajo la sombra fresca de un árbol grande cuando el sol es muy intenso. En el estado de San Luis Potosí, podemos encontrar diferentes especies arbóreas para este propósito. La diversidad de árboles de gran porte es muy elevada en ecosistemas tropicales húmedos, como ocurre en la Huasteca Potosina, pero si visitamos los ecosistemas áridos o semiáridos de la Región Centro o Altiplano, el mezquite (*Prosopis levigata*, Fabaceae) es uno de los pocos árboles de copa ancha que encontraremos (Figura 1). Este árbol puede vivir cientos de años, ofreciéndonos una majestuosa sombra para descansar, pero también proporciona muchos servicios ecosistémicos a los seres humanos. Por ejemplo, sus frutos se emplean para la alimentación del ganado, mientras que su madera se usa como combustible y para elaborar muebles y herramientas. Además, el mezquite participa en la captura de carbono, proporciona alimento y refugio a la fauna silvestre, controla la erosión del suelo y, mediante asociaciones entre sus raíces y bacterias, incorpora nutrientes al sustrato (Rodríguez-Sauceda et al., 2014). Mediante todos estos procesos, estos árboles mantienen la biodiversidad vegetal en ecosistemas semidesérticos, permitiendo el establecimiento de otras especies vegetales bajo sus copas.



Image 1.
Un solitario mezquite durante un atardecer en el Altiplano Potosino.
Fotografía: Ernesto I. Badano

Bondades del mezquite

El **mezquite** (*Neltuma laevigata*) es una especie nativa y emblemática de los ecosistemas secos de México que brinda numerosos servicios ambientales



Por lo que se propone emplearlo para restaurar ecosistemas áridos.



Se usan métodos de modelación para predecir su distribución actual y futura y, así, establecer dónde debe ser reintroducido.



El mezquite puede tolerar el cambio climático y contribuir significativamente a la recuperación de ecosistemas áridos y semiáridos de México.



La información generada contribuye a tomar decisiones para desarrollar programas de restauración viables que toleren el avance del cambio climático.



SANDOVAL, FLORES y BADANO (2025), *Universitarios Potosinos*. 283, pp. 3-9

Al tener una historia evolutiva ligada a ecosistemas áridos, el mezquite es una especie que tolera condiciones de altas temperaturas y baja precipitación. Por lo tanto, esta especie pudiera ser un buen candidato para desarrollar programas de restauración ecológica climáticamente adaptativos en México. Para determinar la viabilidad de esta propuesta, un grupo de investigadores de San Luis Potosí hemos modelado la distribución del mezquite bajo el clima actual. Esto nos permitió establecer en qué ambientes de México podemos encontrar al mezquite bajo las condiciones de temperatura y precipitación que históricamente han regulado su ciclo de vida. Posteriormente, proyectamos esos modelos sobre escenarios de cambio climático para estimar en qué ambientes pudiéramos encontrar a esta especie en el futuro. Contrario a lo reportado para otras plantas, al comparar la distribución actual del mezquite con la que tendrá en el futuro (Figura 2), encontramos que el cambio climático puede favorecer a este árbol en vez de perjudicarlo, ya que su distribución se puede expandir hasta un 29% en México. Esto sugiere que el mezquite pudiera tolerar los aumentos de temperatura y las reducciones en la lluvia que se esperan durante este siglo en nuestro país

Aunque nuestra predicción para el futuro del mezquite es muy positiva, debemos ser conscientes de que los modelos de distribución de especies empleados en este estudio pueden escaparse a la realidad, ya que no consideran integralmente el ciclo de vida de las especies. Es decir, los modelos estiman dónde podemos encontrar mezquites adultos, pero no indican si la especie puede germinar y establecerse en esos sitios. Ante esta situación, consideramos necesario validar las predicciones de los modelos mediante un experimento de campo. Para esto, seleccionamos un área que fue degradada para producción de cultivos (con suelos profundos) en Sierra de Álvarez, al este de la ciudad de San Luis Potosí. Allí instalamos parcelas donde simulamos condiciones de cambio climático. Para esto empleamos cámaras de techo abierto confeccionadas con paneles de acrílico para incrementar la temperatura, mientras que usamos refugios de lluvia contruidos con canaletas de policarbonato transparente para interceptar y reducir la precipitación (Figura 3).

Tras simular las condiciones de cambio climático esperadas para este siglo, sembramos semillas bajo esas

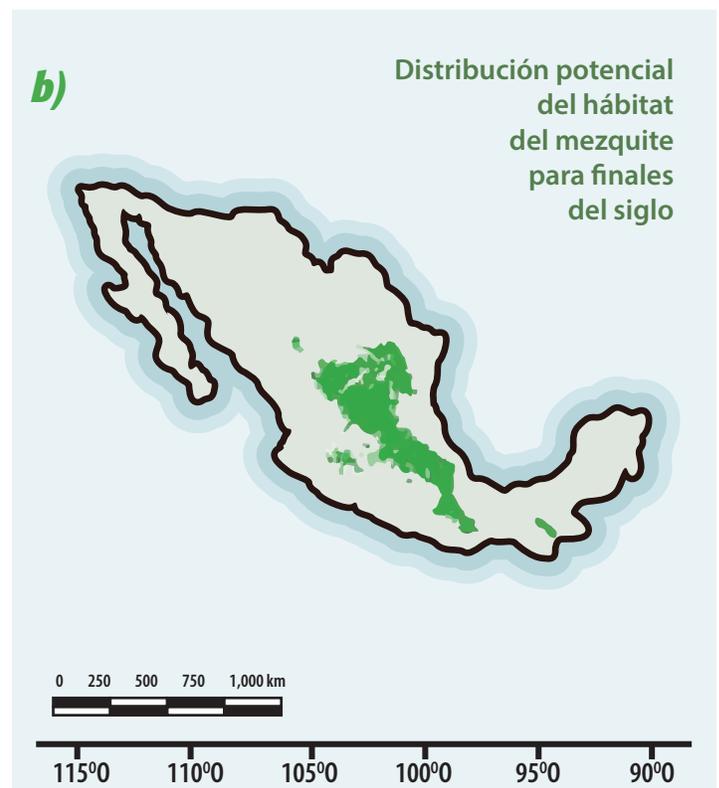
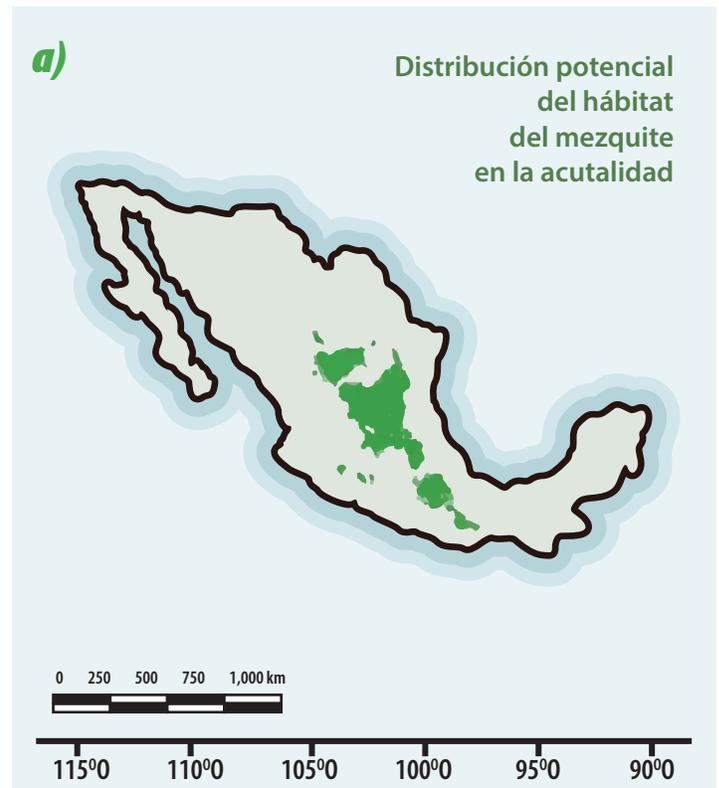


Imagen 2.

a) Mapas de distribución potencial del mezquite en México bajo el clima actual y b) bajo las condiciones de cambio climático esperadas durante este siglo.



Egresado de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (FAV-UASLP). Maestría en el Centro de Investigación de Estudios de Posgrado (CIEP-FAV). Doctorado en el Centro Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT). Se desempeña como profesor asignatura en la Facultad de Agronomía y Veterinaria, con actividades de investigación. Actualmente trabaja en el "Proyecto técnico de restauración y protección forestal de bosque urbano centro estatal de cultura y recreación Tangamanga I (CECURT).

condiciones ambientales y bajo el clima actual. Aunque para una planta, germinar y crecer bajo condiciones más áridas, como las simuladas en las parcelas de cambio climático, pueda parecer una misión casi imposible, las semillas del mezquite lo hicieron en las mismas proporciones que lo hacen bajo el clima actual (Figura 3). Además de validar las predicciones de los modelos de distribución calibrados para la especie, estos resultados, bajo estas condiciones experimentales, permiten proponer al mezquite como un "héroe de la restauración", ya que puede lidiar con el cambio climático y contribuir a recuperar nuestra vegetación nativa en ecosistemas degradados por las actividades humanas. 

Referencias bibliográficas:

Allen, M.R., Dube, O.P., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., Kainuma, M., Kala, J., Mahowald, N., Mulugetta, Y., Perez, R., Wairiu, M., Zickfeld, K. (2018) Framing and Context. In: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J.B.R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M.J., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., Waterfield, T. (eds.), *Global warming of 1.5°C*, pp. 49-92. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.003>

Avendaño-González, M., Badano, E.I., Ramírez-Albores, J.E., Flores, J., Flores-Cano, J.A. (2016). Differential allelopathy between genders of an invasive dioecious tree on desert plants. *Botanical Sciences* 94, pp. 253-262. <https://doi.org/10.17129/botsci.522>

Clewell, A.F., Aronson, J. (2013) *Ecological restoration*, 2nd ed. Island Press, 303 pp. <https://doi.org/10.5822/978-1-59726-323-8>

Rodríguez-Sauceda, E. N., Rojo-Martínez, G. E., Ramírez-Valverde, B., Martínez-Ruiz, R., Cong-Hermida, M. C., Medina-Torres, S. M., Piña-Ruiz, H. H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai* 10, pp. 173-193. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46131111013>

Walck, J.L., Hidayati, S.N., Dixon, K.W., Thompson, K.E.N., & Poschlod, P. (2011). Climate change and plant regeneration from seed. *Global Change Biology*, 17, 2145-2161. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02368.x>



Imagen 3.

Parcela de simulación de cambio climático (imagen de la izquierda), la cual consiste en una cámara de techo abierto para incrementar la temperatura *a)* y refugios de lluvia para reducir la precipitación *b)*. En estas parcelas, la temperatura se incrementó 1.5-2.0 °C, mientras que la precipitación se redujo un 18-20%, en relación con el ambiente externo. Aún bajo estas condiciones de mayor aridez, las semillas de mezquite germinaron y dieron lugar a nuevos individuos (imagen de la derecha).