

FAGUS MEXICANA MARTÍNEZ: IMPORTANCIA Y CONSERVACIÓN EN ZONAS NÚCLEO DEL BOSQUE DE NIEBLA

Ernesto C. Rodríguez-Ramírez^{1, *}, Alfonso Suárez-Islas², y Agustina R. Andrés-Hernández¹

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Pue, México.

²Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Santiago Tulantepec, Hidalgo, 43775, México

*Ernesto C. Rodríguez-Ramírez: chanes.rodriguez@correo.buap.mx

Agustina R. Andrés-Hernández: agustina.andres@correo.buap.mx

Alfonso Suárez-Islas: alfonso_suarez5294@uaeh.edu.mx

*Correo de autor de correspondencia: chanes.rodriguez@correo.buap.mx

<https://doi.org/10.32399/CIBIOS-BUAP.fcb.2954-5218.2025.4.12.33>

Resumen

Fagus mexicana, árbol endémico de los bosques de niebla de la Sierra Madre Oriental en México, es un “fósil viviente” de la familia Fagaceae que habita áreas con pendientes pronunciadas entre 1,400 a 2,000 m de altitud. Con hojas lanceoladas (5-8 cm), frutos ovoides protegidos por cúpulas y producción sincronizada de “lluvias de semillas” cada 2-8 años, retiene agua, estabiliza suelos y alberga biodiversidad, pero sus plántulas requieren sombra y humedad para sobrevivir, con alta mortalidad por herbivoría, sequías y disturbios. Clasificada en peligro (NOM-059-SEMARNAT) por tala clandestina, ganadería, agricultura y cambio climático —que podría reducir su hábitat >80% para mediados de siglo—, se propone como “especie bandera” para simbolizar la conservación de estos ecosistemas relictos, junto a encinos y nogales. Estrategias incluyen refugios ecológicos (ej. Medio Monte, Hidalgo), áreas protegidas (Sierra Gorda, Cofre de Perote), migración asistida, viveros comunitarios, ecoturismo y esfuerzos de universidades como la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo con pobladores locales en germinación y reintroducción.

Introducción

La familia de las fagáceas reúne a varios de los árboles más conocidos del mundo: los encinos (*Quercus*), las hayas (*Fagus*) y los castaños (*Castanea*). Son árboles y arbustos leñosos que se distribuyen sobre todo en el hemisferio norte y forman bosques muy característicos en zonas templadas y, en el caso de México, también en regiones tropicales de montaña (Figura 1). Se trata de un grupo tempranamente divergente: existe desde hace casi 100 millones de años y, aunque ha cambiado poco en su forma, hoy es clave para el funcionamiento de muchos ecosistemas y para la vida de las personas (Jian-qiang, 1996).

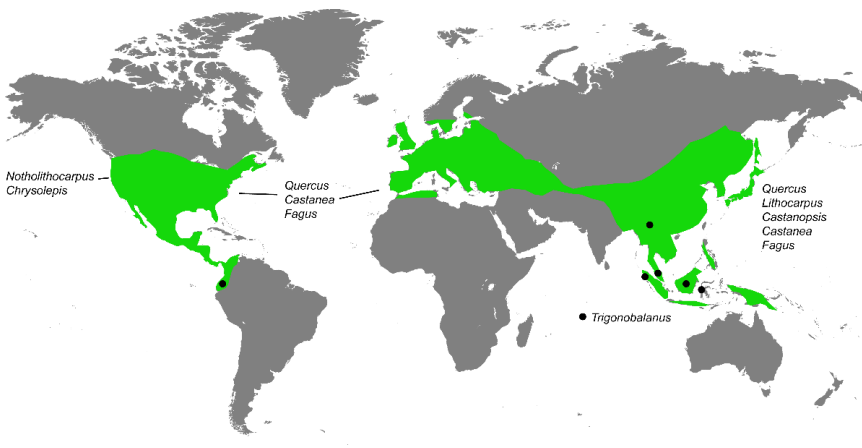


Figura 1. Distribución generalizada de las Fagaceae a nivel mundial.

Las semillas de la familia Fagaceae, destacan por no tener endospermo, esa reserva de alimento típica en muchas plantas. En su lugar, guardan sus nutrientes en dos cotiledones grandes, gruesos y jugosos que actúan como despensa para el nuevo brote. Cada fruto suele contener una sola semilla, envuelta en una fina piel membranosa y alojada dentro de una nuez dura o un aquenio. Lo especial es su “casco protector”: una cúpula cubierta de escamas o espinas que la envuelve total o parcialmente, como un escudo natural que la defiende en el suelo del bosque hasta que germina (Valencia & Gual, 2014).

En México, el bosque de niebla o bosque mesófilo de montaña es uno de los lugares donde las fagáceas alcanzan su mayor diversidad (Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2014; Valencia & Gual, 2014; Williams-Linera et al., 2013). En este tipo de bosque se han registrado 47 especies de la familia, casi un tercio de las que existen en el país (Rzedowski, 2015). La mayoría son encinos, pero también hay una especie muy especial de haya: *Fagus mexicana* (Valencia-A., 2004), la cual tiene una lámina de forma lanceolada, midiendo entre 5 y 8 cm de largo por 3 y 5 cm de ancho, con bordes dentados y nervaduras bien marcadas que resaltan su textura única. Los frutos son estructuras ovoides, de 12 a 18 mm de largo y 7 a 11 mm de

ancho, cubiertos por cuatro lóbulos triangulares que se abren al alcanzar la madurez. Estos involucros protegen los hayucos y cambian a un tono castaño oscuro, adaptándose perfectamente al ciclo natural del árbol en sus hábitats montañosos. Estos árboles no solo aportan belleza al paisaje; ayudan a retener el agua, estabilizar los suelos, crear refugios

frescos y húmedos donde viven muchas otras plantas, hongos y animales (Figura 2). Varias de estas especies se encuentran en riesgo, por lo que conservar estos bosques significa defender una parte importante de la biodiversidad mexicana (Perrigo et al., 2020; Ponce-Reyes et al., 2013).

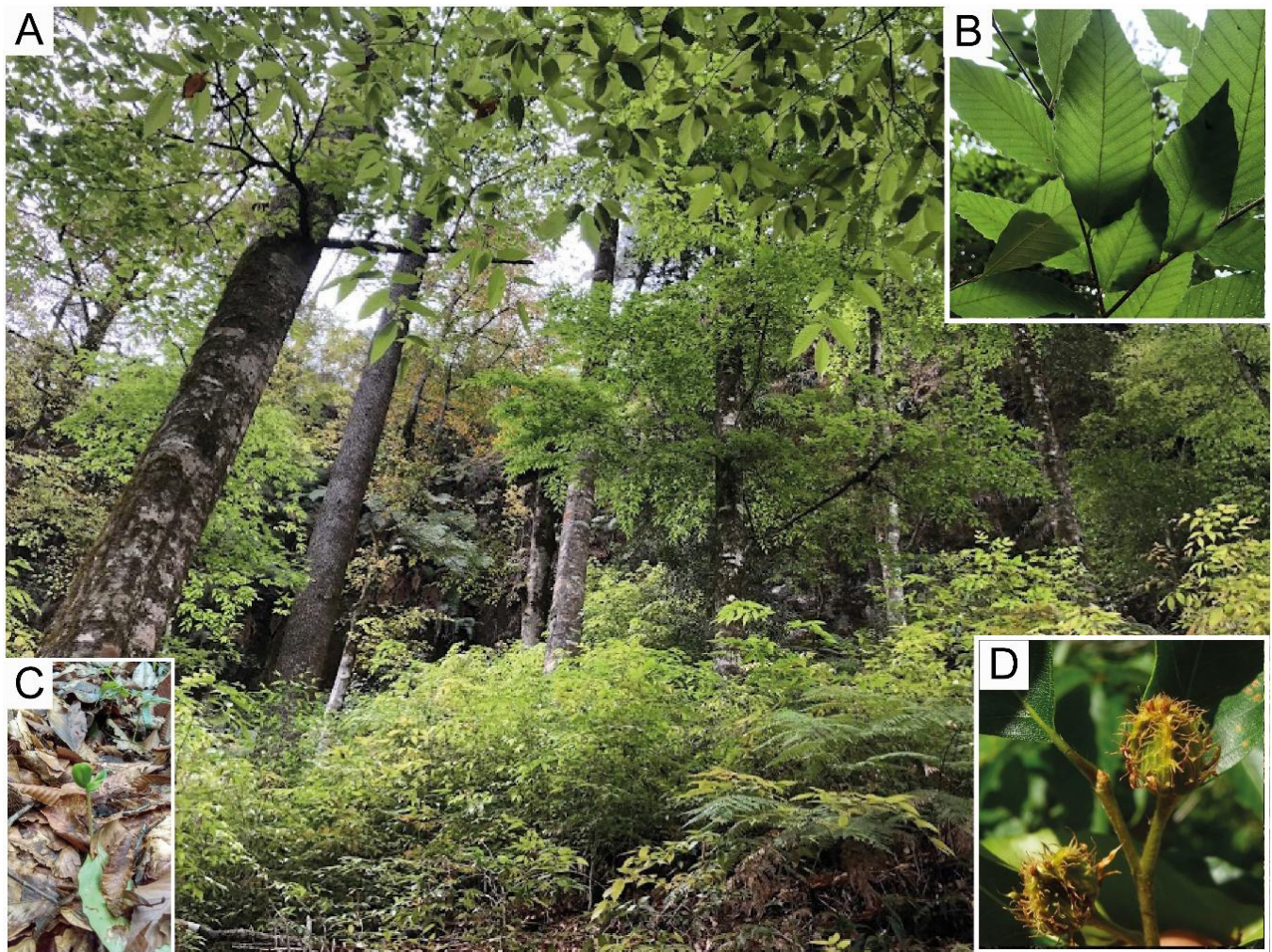


Figura 2. Bosque de haya de Tutotepec, Hidalgo. A) Bosque de *Fagus mexicana*. B) Hojas maduras; C) Plántula de *F. mexicana*; D) Semillas o hayucos (Fotos E. Chanes).

Bosques de totoral: joyas raras y frágiles de México

Fagus mexicana, conocida localmente como totoral o haya, es un verdadero fósil viviente y solo se encuentra en los bosques de niebla de la Sierra Madre Oriental, entre 1 400 y 2 000 metros de altitud (Rodríguez-Ramírez et al., 2013; Rowden et al., 2004). Perderla sería perder un capítulo entero de la historia natural del país. Los bosques de *Fagus* son pocos y están muy fragmentados. En total ocupan apenas unas 140-145 hectáreas distribuidas en Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Puebla y posiblemente Oaxaca (Ames-Martínez et al., 2022). La población mejor conservada

se localiza en Hidalgo, en la comunidad de Medio Monte (Rodríguez-Ramírez et al., 2013). Son pequeños remanentes de bosque rodeados de zonas transformadas por la agricultura y la ganadería y son muy sensibles tanto a la pérdida de hábitat como al cambio climático. Cuidarlos es esencial para mantener este ecosistema tan particular y las especies que dependen de él.

La biología de *Fagus mexicana* también la hace vulnerable (Pérez-Rodríguez, 1999). No florece todos los años: las poblaciones producen flores y grandes cantidades de semillas (hayucos o hayas como

los nombra la gente) de manera sincronizada cada 2 a 8 años, en eventos conocidos por las comunidades como “lluvias de semillas” (Rodríguez-Ramírez et al., 2013; Rodríguez-Ramírez et al., 2021) (Figura 3). Estos hayucos se dispersan sobre todo entre agosto y septiembre, y las nuevas plántulas brotan principalmente en septiembre y octubre, cuando el suelo está más húmedo. Las semillas no soportan secarse; necesitan conservar mucha agua para poder germinar (Rodríguez-Ramírez & Argüelles-Marrón, 2025). Además, muchas semillas son recolectadas por personas, o consumidas por aves y mamíferos. Aun así, cuando encuentran condiciones adecuadas, germinan muy bien tanto en el bosque como en viveros. El problema es que las plántulas requieren sombra y la protección del dosel del bosque para sobrevivir, por lo que no pueden establecerse fácilmente en áreas abiertas o muy degradadas.

Oficialmente, la Norma Mexicana NOM-059 considera a *Fagus mexicana* como especie en peligro (SEMARNAT, 2010). Las causas son bien conocidas: cambio de uso de suelo para agricultura, tala clandestina, recolección de leña, pastoreo y la propia ubicación de sus poblaciones en laderas empinadas y zonas de difícil acceso (Figura 4). A esto se suma la alta mortalidad de las plántulas, afectadas por herbívoros, enfermedades, sequías y disturbios dentro del bosque (Godínez-Ibarra et al., 2007). Curiosamente, a nivel global la especie no aparece reconocida en una categoría de riesgo, porque fuera de México se le ha confundido con otra especie de haya norteamericana (*Fagus grandifolia*). Esto hace todavía más urgente visibilizarla (Rowden et al., 2004).



Figura 3. Árbol maduro de *Fagus mexicana* (Foto E. Chanes).



Figura 4. Árbol de *Fagus mexicana* talado clandestinamente en la localidad de El Gosco, Tenango de Doria, Hidalgo (Foto. E, Chanes).

***Fagus mexicana*: amenazada por el cambio climático**

La historia reciente de la especie también muestra el impacto del clima. Durante el Último Máximo Glaciar, hace miles de años, *Fagus mexicana* ocupaba un área mucho mayor que la actual (Jiang et al., 2020). Estudios de modelación estiman que su distribución se ha reducido alrededor de un 70 % y que, bajo escenarios futuros de cambio climático para mediados de este siglo, podría perder más del 80 % de su hábitat potencial (Ames-Martínez et al., 2022). Se espera un aumento importante del CO₂ atmosférico y consecuentemente de la temperatura; además de cambios en la humedad y en la frecuencia de sequías. Para una especie que depende de la niebla, la sombra y la humedad constante, estos cambios representan un riesgo serio de extinción.

Frente a este panorama, surge la necesidad de una propuesta de conservación clara para *Fagus mexicana* y sus bosques. Un primer paso es identificar las zonas donde el ambiente seguirá siendo adecuado en las próximas décadas, los llamados “refugios ecológicos” (ver Tabla 1). Los modelos de distribución señalan que estados como Hidalgo, Veracruz y Puebla podrían mantener condiciones favorables en algunas regiones, sobre todo en laderas húmedas orientadas al norte. También aparecen posibles nuevas áreas adecuadas en Coahuila y Oaxaca (Ames-Martínez et al., 2022). Estas zonas deberían ser prioridad para la conservación y la restauración.

Estrategias para salvar *Fagus mexicana*: protección y acción comunitaria

Otra pieza clave es aprovechar y fortalecer las áreas naturales protegidas donde la especie ya está presente, como las reservas de la biosfera El Cielo, Sierra Gorda y Sierra Norte de Puebla, la cuenca del río Necaxa y el Parque Nacional Cofre de Perote. Junto con estas, hay sitios que aún no cuentan con decreto de protección, pero donde se sabe que crece la especie,

como ciertas localidades de Hidalgo, Puebla y Veracruz. Proteger estos fragmentos, mejorar la vigilancia y promover un manejo forestal responsable ayudaría a frenar la pérdida de hábitat.

La conectividad entre fragmentos de bosque es fundamental. Poblaciones pequeñas y aisladas tienden a perder diversidad genética con el tiempo y se vuelven más frágiles (Montiel-Oscura, 2011). Por eso se plantean acciones como la migración asistida: llevar semillas o plántulas desde poblaciones con buena producción hacia zonas donde la especie podría vivir, pero desapareció o nunca se estableció. En los sitios nuevos, las plántulas deben crecer algunos años bajo sombra en viveros o invernaderos antes de ser plantadas en el bosque, para aumentar sus probabilidades de sobrevivir. De esta forma se pueden crear “puentes” o corredores biológicos de árboles que ayuden a reducir el aislamiento entre poblaciones.

Nada de esto será posible sin la participación de las comunidades que viven cerca de los bosques de niebla. Una estrategia prometedora es la creación de viveros comunitarios de *Fagus mexicana*. Las personas pueden involucrarse en la recolecta de semillas durante los años de abundancia, germinarlas y cuidar las plántulas, que luego se usarán para restaurar zonas degradadas (Toledo-Aceves et al., 2025). Posteriormente, los campesinos pueden cuidar que esos arbolitos crezcan y se desarrollen vigorosos dentro del bosque, controlando la competencia de otras especies mediante chapeos y podas, además de revisarlos periódicamente para detectar daños por plagas o enfermedades y poderlos controlar oportunamente.

Al mismo tiempo, es importante trabajar en alternativas económicas que no dependan de la tala o de la expansión agrícola en las laderas boscosas con estrategias sustentables como el ecoturismo y el pago por servicios ambientales. Además, la implementación de sistemas agroforestales y silvopastoriles pueden contribuir a reducir la presión sobre los

fragmentos de bosque, produciendo bajo prácticas agroecológicas: semillas, frutos, forraje y madera para construcción o como combustible, para beneficio de la población campesina local.

***Fagus mexicana* como especie bandera: esperanza y acción en marcha**

Fagus mexicana tiene todas las características para convertirse en una “especie bandera” (especie carismática que simboliza y representa la conservación de un ecosistema completo o un problema ambiental, atrayendo atención pública para su protección) del bosque de niebla de la Sierra Madre Oriental, lo que permitiría conservar otras especies arbóreas como *Juglans*, *Carya*, *Tilia* y/o *Podocarpus*. *F. mexicana* es una especie única en el mundo, endémica de México, relictos de climas más fríos del pasado y en peligro de desaparecer (Rodríguez-Ramírez et al., 2013). Su presencia indica que el bosque está en buen estado de conservación y, cuando produce semillas, alimenta a numerosas especies de animales. Usarla como símbolo en campañas de educación ambiental y conservación puede ayudar a que más personas se identifiquen con estos bosques y se sumen a su protección. Es necesario promover entre las fundaciones naturalistas el interés para apoyar a grupos campesinos en la protección y restauración de los bosques de *Fagus* contribuyendo al desarrollo socio-económico de las comunidades.

Hoy ya existen esfuerzos concretos: los pobladores aledaños a donde se encuentra el bosque de *Fagus*, han recolectado y germinado en el sitio semillas; asimismo, instituciones como la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, el Instituto de Ecología y la Universidad de Guadalajara mantienen plántulas de *Fagus mexicana* en resguardo (Figura 5), con miras a reintroducirlas en el futuro. En sitios con poblaciones muy pequeñas, como Agua Blanca en Hidalgo (Figura 6), estas plantas pueden ser la base para re-

forzar el flujo genético y evitar la endogamia. A la par, se impulsan colecciones de germoplasma en jardines botánicos y arboretos, que actúan como “bancos de respaldo” frente a posibles pérdidas en el campo.

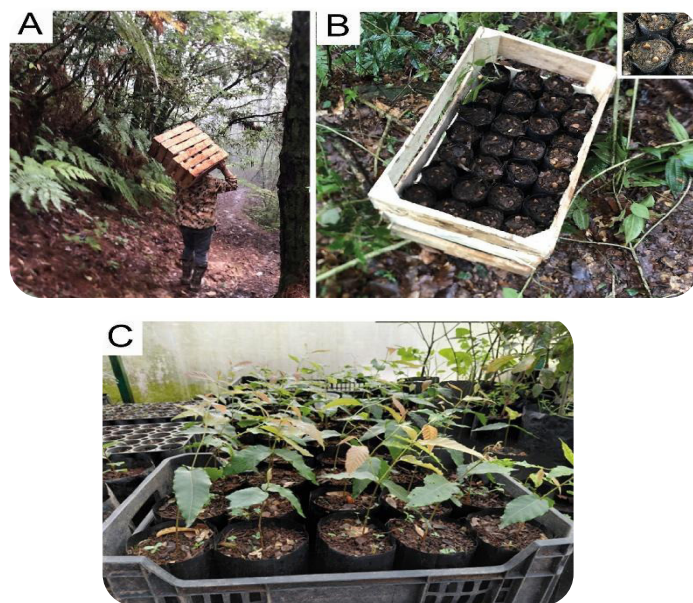


Figura 5. Germinación de semillas de *Fagus mexicana* en su hábitat natural por parte de pobladores cercanos a los sitios en la localidad de Tutotepec, Hidalgo (A, B). Plántulas de *Fagus mexicana* germinadas en invernadero (C). (Foto A y B E. Chanes; C Alfonso Suárez).



Figura 6. Bosque de *Fagus mexicana* de Agua Blanca, Hidalgo (Foto E. Chanes).

Conservar *Fagus mexicana*: agua, clima y legado para el futuro

Finalmente, para que las zonas núcleo de conservación funcionen, es indispensable que la sociedad conozca el valor de estos bosques. Los bosques de *Fagus mexicana* no solo guardan la memoria evolutiva de la flora mexicana; también protegen mantenciales, almacenan grandes cantidades de carbono en su madera y en el suelo y ayudan a capturar la neblina, regulando el agua que llega a ríos y comunidades. Conservar los bosques de *Fagus mexicana* es, en el fondo, conservar agua, clima, paisajes y cultura para las generaciones presentes y futuras. La semilla de la conciencia ambiental ha germinado y ahora es necesario cuidarla para que prospere como los bosques de *Fagus* que aún podemos disfrutar.

Referencias

- Ames-Martínez, F. N., Luna-Vega, I., Dieringer, G. & Rodríguez-Ramírez, E. C. (2022). The effect of climate change on Arcto-Tertiary Mexican beech forests: Exploring their past, present, and future distribution. *Ecology and Evolution*, 12(8), 1-12. <https://doi.org/10.1002/ece3.9228>
- Godínez-Ibarra, O., Ángeles-Pérez, G., López-Mata, L., García-Moya, E., Valdez-Hernández, J. I., De los Santos-Posadas, H. & Trinidad-Santos, A. (2007). Seed rain and seedling emergence of *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* at La Mojonera, Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78, 117-128.
- Gual- Díaz, M., & Rendón-Correa, A. (2014). Bosques mesófilos de montaña de México diversidad, ecología y manejo (pp. 27- 67). CONABIO. http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pdf/BosquesMesofilos_montana_baja.pdf
- Jiang, L., Bao, Q., He, W., Fan, D. M., Cheng, S. M., López-Pujol, J., Chung, M. G., Sakaguchi, S., Sánchez-González, A., Gedik, A., Li, D. Z., Kou, Y. X. & Zhang, Z. Y. (2020). Phylogeny and biogeography of *Fagus* (Fagaceae) based on 28 nuclear single/low-copy loci. *Journal of Systematics and Evolution*, 60(4), 759-772 <https://doi.org/10.1111/jse.12695>
- Jian-qiang, L. (1996). The origin and distribution of the family Fagaceae. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 34(4), 376-396.
- Manos, P. S., Stanford, A. M. (2001). The biogeography of Fagaceae: tracking the Tertiary history of temperate and subtropical forests of the Northern Hemisphere. *Journal of Plant Sciences*, 162(S6), S77-S93
- Montiel-Oscuro, D. (2011). *Estructura poblacional y genética de Fagus grandifolia subsp. mexicana* [PhD thesis]. Colegio de Postgraduados.
- Pérez-Rodríguez, P. M. (1999). *Las hayas de México, monografía de Fagus grandifolia spp. mexicana* (1st ed). Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo.
- Perrigo, A., Hoorn, C. & Antonelli, A. (2020). Why mountains matter for biodiversity. In *Journal of Biogeography* (Vol. 47, Issue 2, pp. 315-325). <https://doi.org/10.1111/jbi.13731>
- Rodríguez-Ramírez, E. C., Sánchez-González, A. & Ángeles-Pérez, G. (2013). Current distribution and coverage of Mexican beech forests *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* in Mexico. *Endangered Species Research*, 20(3), 205-216. <https://doi.org/10.3354/esr00498>
- Rodríguez-Ramírez, E.C. & Argüelles-Marrón, B. (2025). Climatic factors in beechnut regeneration: from seed quality to germination. *Stresses*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/stresses5030044>
- Rodríguez-Ramírez, E. C., Williams-Linera, G., Díaz-Ávalos, C. & Luna-Vega, I. (2021). Masting effect on canopy greenness and climate response on seed production of *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* across the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Climate Change Ecology*, 2, 100035. <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2021.100035>
- Rowden, A., Robertson, A., Allnutt, T., Heredia, S., Williams-Linera, G. & Newton, A. C. (2004). Conservation genetics of Mexican beech, *Fagus grandifolia* var. *mexicana*. *Conservation Genetics*, 5(4), 475-484. <https://doi.org/10.1023/B:COGE.0000041028.02423.c0>
- Rzedowski, J. (2015). Catálogo Preliminar De Las Especies De Árboles Silvestres De La Sierra Madre Oriental. *Flora Del Bajío Y De Regiones Adyacentes*, 378. <http://www1.inecol.edu.mx/publicaciones/FLOBA.htm>
- SEMARNAT, S. del M. A. y R. N. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. In *Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección, México, Distrito Federal: Vol. 07/80* (Issue 2). <https://arxiv.org/pdf/1707.06526.pdf> <https://www.yrpri.org/> <http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000> <https://www.fordfoundation.org/> http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Republica_Dominicana/ccp/20120731051903/prep <http://webpc.cia>

Toledo-Aceves, T., Sosa, V., Vásquez-Reyes, V. & Sáenz-Romero, C. (2025). Assisted migration of cloud forest trees: Unearthing the effects of climatic transfer distance. *Journal of Environmental Management*, 377(March). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124591>

Valencia-A., S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Botanical Sciences*, 53(75), 33–53. <https://doi.org/10.17129/bots-ci.1692>

Williams-Linera, G., Toledo-Garibaldi, M. & Hernández, C. G. (2013). How heterogeneous are the cloud forest communities in the mountains of central Veracruz, Mexico? *Plant Ecology*, 214(5), 685–701. <https://doi.org/10.1007/s11258-013-0199-5>

Tabla 1. Características de los bosques de *Fagus* propuestos como zonas núcleo de los bosques de niebla de la Sierra Madre Oriental, en el Este de México, para su conservación.

Refugios ecológicos	Municipio	Entidad	Área (hectáreas)
Río Frío	Hueytamalco	Puebla	37.3
Medio Monte	San Bartolo Tuto-tepec	Hidalgo	38.5
La Mojonera	Zacualtipán de Ángeles	Hidalgo	42.5
El Tigrillo	San Bartolo Tuto-tepec	Hidalgo	Desconocido
Cerro Macho	San Bartolo Tuto-tepec	Hidalgo	Deconocido
La Selva	Huayacocotla	Veracruz	Desconocido