

Regeneración natural y asistida en bosques urbanos en un paisaje del bosque de niebla

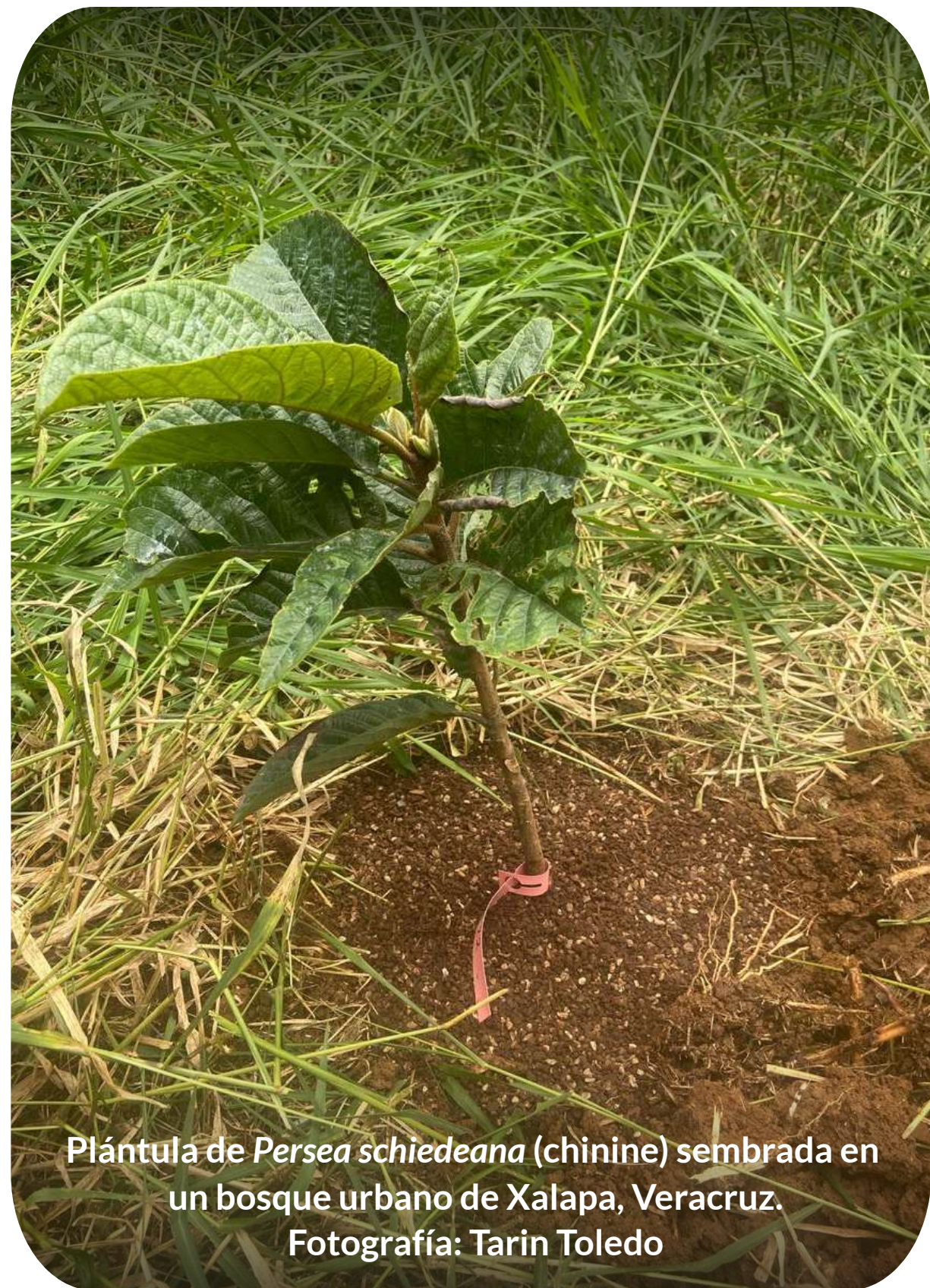
María Toledo-Garibaldi

Tarin Toledo-Aceves

Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz

Palabras clave

bosques urbanos, ciudades tropicales, ecología urbana, especies nativas, plantaciones de enriquecimiento, restauración ecológica



Plántula de *Persea schiedeana* (chinine) sembrada en un bosque urbano de Xalapa, Veracruz.
Fotografía: Tarin Toledo

Resumen

En paisajes tropicales diversos los bosques urbanos pueden ser reservorios de biodiversidad, y proveer múltiples funciones ecológicas y beneficios sociales; sin embargo, la urbanización ha impactado negativamente su composición, diversidad y funciones. Investigamos la regeneración natural y la regeneración asistida en bosques urbanos de la ciudad de Xalapa, Veracruz, en donde la vegetación original era bosque de niebla. Encontramos 49 especies de árboles y arbustos regenerándose naturalmente, con más especies de árboles, pero más individuos de arbustos; mayor proporción de especies nativas (83 %) que no-nativas (17 %), y de especies pioneras que se establecen en áreas abiertas (51 %) que de tardías tolerantes a la sombra o de bosques viejos (14 %). Debido a la baja abundancia de especies de afinidad sucesional tardía, establecimos plantaciones de enriquecimiento con ocho especies de este grupo. Después de dos años, observamos alta mortalidad (cerca del 40 %), en comparación con el 10 % registrado para especies del mismo grupo en plantaciones establecidas en bosques más conservados de la región. La supervivencia fue mayor en *Tapirira mexicana* (84.0 %), y la más baja en *Quercus xalapensis* (33.0 %). Estos resultados resaltan la importancia de asistir o ayudar a la regeneración de especies de sucesión tardía en bosques urbanos en paisajes del bosque de niebla para contribuir a la recuperación de su biodiversidad y funciones.

La ciudad de Xalapa se encuentra en la zona montañosa del centro de Veracruz, embebida en un paisaje diverso que incluye milpas, potreros, cafetales de sombra, bosques en recuperación o secundarios, y parches remanentes de bosque de niebla. El bosque de niebla, o

mesófilo de montaña, es un ecosistema muy diverso, con muchas especies endémicas (Rzedowski 1996), pero altamente amenazado por la deforestación, la fragmentación, el cambio climático y la urbanización (Bruijnzeel *et al.* 2011) (Figura 1). En respuesta a estas amenazas, la restauración ecológica debe ser parte de las estrategias de conservación y gestión sostenible de los ecosistemas, y para ayudar a recuperar sus interacciones y funciones.



Figura 1. Vista aérea del paisaje del bosque de niebla en Veracruz, México. Fotografía: Jorge Ramos Luna

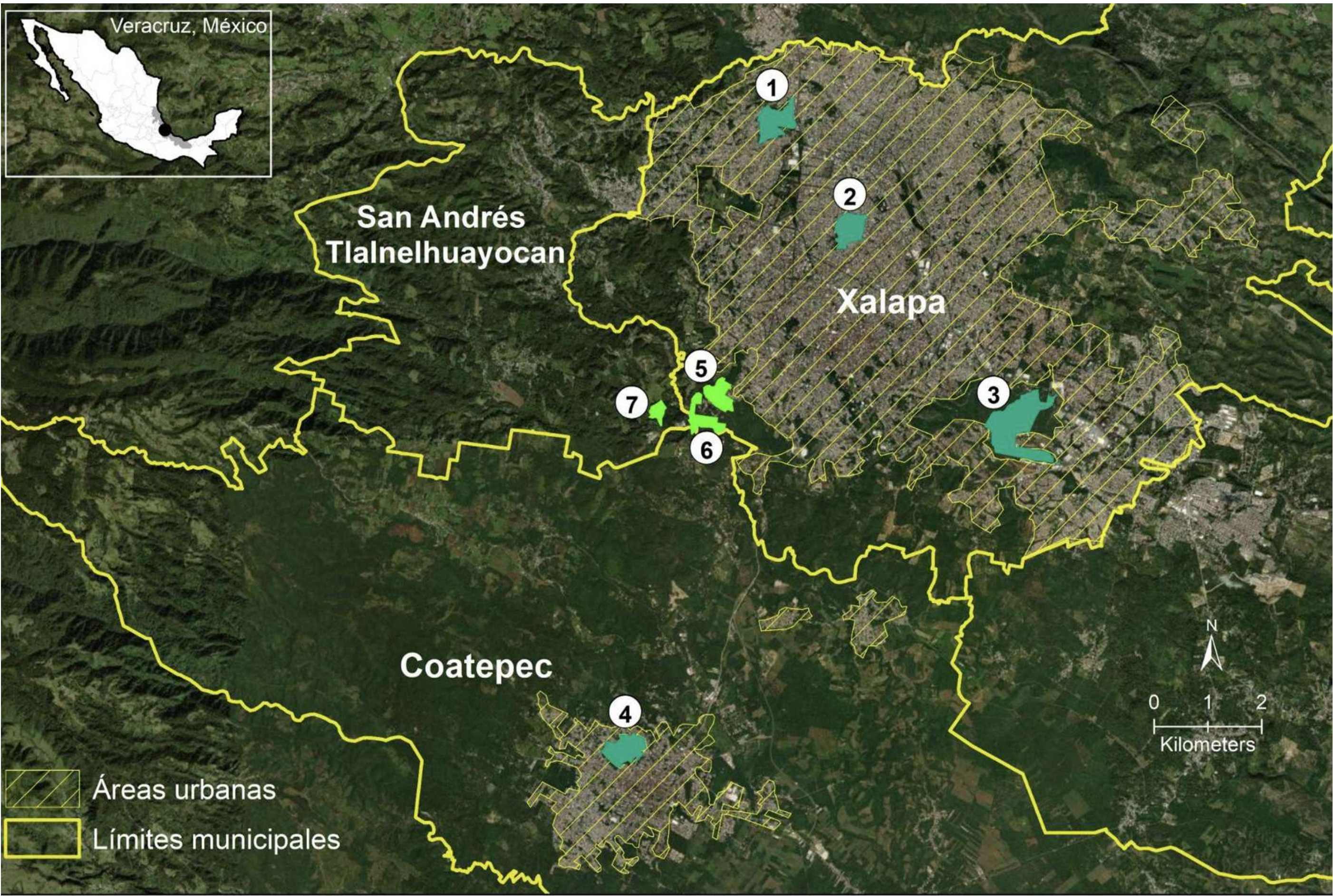
La urbanización ha impactado negativamente la vegetación reemplazando áreas verdes con pavimento y edificios, y también modificando las condiciones ambientales para el crecimiento de especies de árboles, especialmente de las especies nativas, como son la temperatura y la humedad en el aire (Grimm *et al.* 2008). La urbanización también afecta la diversidad y altera la composición de especies, por lo que es común que las ciudades alberguen más especies introducidas que nativas (Alvey 2006). Algunas de las funciones y servicios ambientales de bosques urbanos incluyen la captura de carbono, la regulación del clima, la mitigación de la isla de calor, la atenuación del impacto de lluvias torrenciales, además, proveen hábitat para la fauna urbana y múltiples beneficios socioeconómicos para la población humana (Dennis y James 2017). Los bosques urbanos pueden ser definidos de diferentes formas, desde árboles individuales hasta grupos de árboles en parques urbanos. Los bosques urbanos, que quedan como remanentes de bosques dentro de la expansión de infraestructura citadina, son particularmente importantes en paisajes tropicales diversos, como los del bosque de niebla, porque pueden albergar una parte de la diversidad de los bosques naturales. Para lograr ciudades sostenibles y resilientes, a la vez que se mejora su integridad ecológica, es crucial aumentar su biodiversidad y promover la recuperación de los procesos ecológicos a través de la restauración ecológica de los bosques urbanos. Sin embargo, actualmente, son pocos los estudios sobre el éxito de la restauración en bosques urbanos en paisajes tropicales.

Para avanzar en el conocimiento sobre el funcionamiento de los bosques urbanos y fortalecer su manejo investigamos dos procesos: la regeneración natural y la regeneración asistida en la ciudad de Xalapa, Veracruz con especies de árboles nativas del bosque de niebla. La regeneración natural es el proceso mediante el cual los bosques son repoblados por árboles que se desarrollan a partir de semillas que germinan en el sitio donde caen, o a partir de rebrotes; así las plantas jóvenes se establecen y podrán reemplazar a las que mueran. La regeneración asistida se refiere a las intervenciones para permitir o acelerar la regeneración (por ejemplo, el trasplante de plántulas). La regeneración asistida es necesaria en áreas en donde, por diferentes causas, la regeneración natural no está ocurriendo, ya sea por la degradación del suelo o por la ausencia de árboles semilleros y/o dispersores de semillas en zonas circundantes (Wilson *et al.* 2022).

Para comprender mejor cómo ocurren estos procesos en bosques urbanos, primero examinamos las diferencias en la regeneración natural en siete bosques urbanos (Figura 2), y el efecto de variables ambientales (características del suelo y nivel de sombra, tomadas directamente en campo) en las etapas de plántulas (de 0.5 a 1.5 m de altura) y juveniles (mayor de 1.5 m de altura y menor de 10 cm de diámetro). El muestreo lo realizamos en dos parcelas por sitio, de 500 m² cada una. También evaluamos el porcentaje de especies nativas (las que se distribuyen de forma natural en el bosque de niebla) y no nativas (no pertenecen a ese ecosistema), así como la afinidad sucesional de las especies (temprana, intermedia, tardía). Las especies tempranas o pioneras son las que colonizan sitios abiertos y/o perturbados y su ciclo de vida es relativamente corto, como *Heliocarpus appendiculatus* (jonote), *Trema micrantha* (ixpepe) y *Alchornea latifolia* (malhombrillo); las especies tardías típicamente se encuentran en bosques viejos y son de larga vida, como *Ocotea disjuncta* (vara negra) y algunos encinos (*Quercus* spp.); mientras que las intermedias suelen estar entre ambas categorías, como *Liquidambar styraciflua* (liquidámbar) y *Ulmus mexicana* (olmo).

¿Qué especies están creciendo en los bosques urbanos?

En los bosques urbanos de Xalapa encontramos baja regeneración natural. En las plántulas y juveniles registramos 42 especies de árboles y 22 especies de arbustos, pero más individuos de arbustos (66 %) que de árboles (34 %). También hubo más especies nativas (83 %) que no nativas (17 %). La abundancia de especies pioneras superó a las tardías (51 % y 14 %, respectivamente) (Toledo-Garibaldi *et al.* 2023). En la actualidad, las especies pioneras son más comunes y dominantes en los paisajes tropicales porque son favorecidas por la perturbación. El bajo número de especies y de individuos de las especies tardías indica la necesidad de intervenir para ayudar a su recuperación y la de los organismos asociados, ya que una sola especie de estos árboles, que se establecen tardíamente, puede albergar cientos de especies de hongos, polinizadores, y plantas epífitas como orquídeas, helechos y bromelias.



Bosques urbanos

	Área (ha)	Año de decreto		Área (ha)	Año de decreto
1. Cerro de la Galaxia	35	2016	5. Parque El Haya	14	1988
2. Cerro del Macuiltépetl	29	1981	6. Parque Clavijero	22	2012
3. Parque Natura	89	1986	7. La Yerbabuena	9	~1980
4. Cerro de las Culebras	34	1992			

Figura 2. Mapa de los sitios de bosques urbanos en donde evaluamos la regeneración natural y establecimos parcelas de regeneración asistida (en donde plantamos árboles). En el recuadro superior izquierdo se muestra en gris el estado de Veracruz, y en negro la ubicación de la ciudad de Xalapa y el área de estudio. Elaboración: María Toledo

Restauración con especies de árboles nativas

A partir de la información obtenida sobre la regeneración natural de árboles, establecimos plantaciones de enriquecimiento (plantaciones debajo de la cobertura de árboles) utilizando especies de árboles que no se estuvieran regenerando de forma natural; es decir, sin la presencia de plántulas, para asistir en la recuperación de sus poblaciones en los sitios de estudio y contribuir con la recuperación de la diversidad de árboles del bosque de niebla. Los trabajos de regeneración asistida que llevamos a cabo en seis bosques urbanos de Xalapa incluyeron la selección de especies, la identificación de árboles semilleros en la región, la colecta de semillas, la propagación de plántulas en vivero, el trasplante de plántulas a los

sitios de estudio, la remoción de plantas herbáceas y el monitoreo de la supervivencia después de dos años de haber sido sembradas. La temperatura media anual varía de 17.9 a 19.4 °C entre sitios, mientras que características del suelo, como el pH, oscila entre 5.0 y 6.5. En cada sitio establecimos dos parcelas de enriquecimiento (Figura 3A,B) de 1,000 m² cada una. En las parcelas sembramos ocho especies de árboles de especies tardías: *Juglans pyriformis* (nogal), *Meliosma alba* (palo blanco), *Ocotea disjuncta* (vara negra), *Persea schiedeana* (chinine), *Quercus delgadoana* (encino), *Quercus sapotifolia* (encino), *Quercus xalapensis* (encino) y *Tapirira mexicana* (cacao de monte), con un total de 828 individuos plantados. Al momento de la siembra, las plántulas tenían entre 8 y 12 meses de edad. Fueron plantadas en espacios abiertos entre árboles ya establecidos, con una distancia de 4 m entre cada una. Después de dos años observamos una supervivencia de $60.7 \pm 3.2 \%$ de todo el grupo de árboles plantados. Por especie, la supervivencia fue mayor en *T. mexicana* = $84.0 \pm 4.9 \%$, y la más baja en *Q. xalapensis* = $33.0 \pm 6.8 \%$. La supervivencia registrada en los bosques urbanos es baja en comparación con cerca del 90 % encontrado en plantaciones de enriquecimiento en bosques más conservados de la región. Encontramos mayor supervivencia en sitios con menores temperaturas y con pH del suelo más ácido; también encontramos que la herbivoría no afectó la supervivencia de las plántulas. En cuanto al crecimiento de las plántulas, *T. mexicana* registró mayor crecimiento, mientras que *O. disjuncta* fue la que creció menos.



Figura 3. Actividades de regeneración asistida de árboles del bosque de niebla: (A) colecta de semillas, propagación de plántulas, (B) siembra y mantenimiento de plántulas, y (C) colocación de letreros en bosques urbanos de Xalapa, Veracruz. Fotografías: Luis Barradas y María Toledo

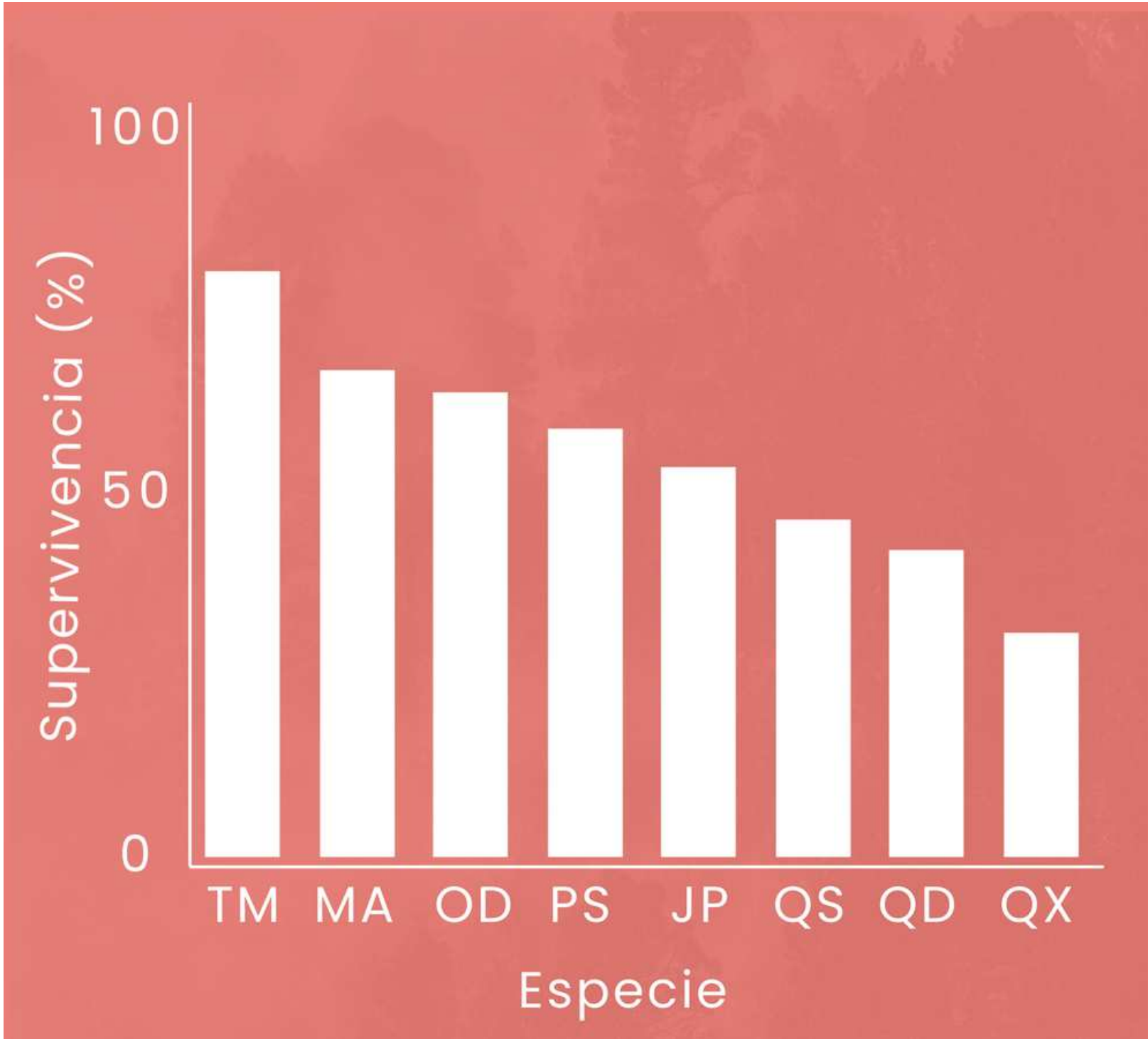


Figura 4. Porcentaje de supervivencia de las especies de árboles plantadas en bosques urbanos en Xalapa, Veracruz. TM = *Tapirira mexicana* (cacao de monte), MA = *Meliosma alba* (palo blanco), OD = *Ocotea disjuncta* (vara negra), PS = *Persea schiedeana* (chinine), JP = *Juglans pyriformis* (nogal), QS = *Quercus sapotifolia* (encino), QD = *Quercus delgadoana* (encino), QX = *Quercus xalapensis* (encino). Elaboración: María Toledo

Nuestro trabajo en bosques urbanos incluyó la diseminación de información para los visitantes de los sitios donde establecimos las plantaciones a través de letreros ubicados en senderos cercanos a las plantaciones, con enlace a la liga a la página web “Árboles nativos del bosque de niebla” (<https://pronaturaveracruz.org/restauracionbn/>) en la que se presenta información sobre las especies plantadas y la importancia del bosque de niebla (Figura 3C). Promover la diversidad local en las ciudades puede ayudar a aumentar el interés de sus habitantes en los bosques urbanos.

Las plantaciones de árboles con especies nativas y amenazadas podrían contribuir a su conservación, e influir en la comunidad hacia una composición similar a la de los bosques maduros o más conservados. Sin embargo, no todas las especies tardías parecen ser adecuadas para usarse en regeneración asistida en áreas urbanizadas. *Tapirira mexicana* y *Meliosma alba* parecen ser especies adecuadas para crecer en ambientes urbanos, mientras que las especies de *Quercus*, *Juglans pyriformis*, *Ocotea disjuncta* y *Persea shiedeanna* podrían sembrarse en sitios más protegidos y en mayores cantidades para aumentar sus probabilidades de supervivencia. La información sobre el desempeño de las especies en los bosques urbanos es fundamental para orientar la planeación y manejo, promoviendo ciudades más resilientes, con bosques urbanos más diversos con especies que mejoren las funciones ecosistémicas de los bosques de niebla, como son la regulación del clima y la calidad del aire, al tiempo que ofrecen mayores beneficios para el bienestar de las personas.

Agradecimientos

Este trabajo fue parte del proyecto “Uso de árboles nativos importantes para las comunidades locales para mejorar la reforestación en México”, dirigido por Kew Royal Botanical Gardens, en colaboración con el Instituto de Ecología A.C. (INECOL), Pronatura Veracruz, A.C. y la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESI-UNAM). La investigación fue apoyada por la Fundación Garfield Weston, la Fundación Aldama y el CONAHCYT (beca posdoctoral 2781232). Extendemos nuestra gratitud a todos los administradores de tierras que nos otorgaron permiso para trabajar en sus tierras, incluyendo la Secretaría del Medio Ambiente de Veracruz, el H. Ayuntamiento de Xalapa por el acceso a las áreas naturales protegidas y parques urbanos bajo su jurisdicción, y a los propietarios privados que nos permitieron realizar el estudio en sus propiedades.

Literatura citada:

- Alvey AA. 2006. Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5:195-201.
- Bruijnzeel LA, Scatena FN, Hamilton LS. 2011. *Tropical montane cloud forests: science for conservation and management*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dennis M, James P. 2017. Ecosystem services of collectively managed urban gardens: exploring factors affecting synergies and trade-offs at the site level. *Ecosystem Services*, 26:17-26.
- Grimm NB *et al.* 2008. Global change and the ecology of cities. *Science*, 319:756-760.
- Toledo-Garibaldi M *et al.* 2023. Urban forests support natural regeneration of cloud forest trees and shrubs, albeit with limited occurrence of late-successional species. *Forest Ecology and Management*, 546:121327.
- Árboles nativos del bosque de niebla. 2022. <https://pronaturaveracruz.org/restauracionbn/>
- Rzedowski J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de Mexico. *Acta Botánica Mexicana*, 35:25-44.
- Wilson SJ *et al.* 2022. Assisted natural regeneration. A guide for restoring tropical forests. Conservation International. EUA.

¿Quiénes escriben?



María Toledo Garibaldi realiza una estancia postdoctoral en el Instituto de Ecología y es Investigadora Asociada en Pronatura Veracruz. Tiene un Doctorado en Ciencias Forestales por la Universidad de Toronto. Es parte del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Tiene múltiples publicaciones en revistas científicas y de divulgación de la ciencia. Ha trabajado como docente a nivel licenciatura y posgrado en universidades de México y de Canadá. Ha recibido diversos premios, reconocimientos y financiamiento nacionales e internacionales, destacando el Doctoral Research Award (Canadá), Women for Climate de C40 Cities (Francia-México), así como del Instituto Mexicano de Cinematografía (México).

Contacto: maria.toledo@inecol.mx



Tarin Toledo Aceves es investigadora en la Red de Ecología Funcional en el Instituto de Ecología A.C. (INECOL). Estudió biología en la Universidad Nacional Autónoma de México y el doctorado en ecología forestal en la Universidad de Aberdeen, en el Reino Unido. Realiza investigación en ecología y manejo de los bosques tropicales. En particular le interesa el proceso de la regeneración de árboles. Ha trabajado como evaluadora en certificación forestal y como coordinadora de un proyecto para la priorización del bosque de niebla en México en la CONABIO. Recibió la Kleinhans fellowship por parte de Rainforest Alliance, es National Geographic Explorer y le fue otorgada la Georg Forster fellowship por la Fundación Alexander von Humboldt. Con diferentes equipos ha sembrado más de 10 mil árboles del bosque de niebla.

Contacto: tarin.toledo@inecol.mx

