

DEFORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN EN LA SIERRA DE GUADALUPE, ESTADO DE MÉXICO, COMO UN SISTEMA SOCIAL EN RED

Nubia Mayte **Olivares-Rosas**¹, Juan Felipe **Nuñez-Espinoza**^{1*}, Hermilio **Navarro-Garza**¹,
Ma. Antonia **Pérez-Olvera**¹, Miguel Ángel **Sámamo-Rentería**²

¹Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. 56264.

²Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco Km 38.5. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. 56230.

*Autor de correspondencia: nunezj@colpos.mx

RESUMEN

La deforestación es una problemática compleja y multifactorial. En México, este fenómeno se agudiza por la urbanización en las zonas metropolitanas. En la Cuenca de México, se encuentra la Sierra de Guadalupe, un Área Natural Protegida que ha sido devastada continuamente por los asentamientos humanos. En la porción de la sierra ubicada en el Estado de México, se ha tratado de contrarrestar la deforestación con reforestaciones en zonas degradadas. Sin embargo, estas actividades se han visto modificadas por las realidades sociales, económicas y políticas de dicha zona. El objetivo, fue analizar el proceso de reforestación en la Sierra de Guadalupe en el Estado de México, en el periodo 2009-2020, utilizando el análisis de redes sociales y la representación estructural generada entre actores sociales, lugares reforestados y especies empleadas. Los resultados mostraron que se han reforestado 416.9 hectáreas, incidiendo en 75 localidades, donde han participado alrededor de 300 actores sociales, utilizándose 50 especies, de las cuales, únicamente 15 son nativas del ecosistema de la Sierra de Guadalupe. Se observó una distribución desigual de los recursos utilizados en las reforestaciones, entre los municipios analizados (Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán), a pesar de ser parte del mismo corredor ecológico.

Palabras clave: área natural protegida, periurbano, redes sociales.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, existen 4,060 millones de hectáreas de bosques, que corresponden al 31% de la superficie total terrestre (Food and Agriculture Organization-FAO, 2020). Los servicios ambientales que aportan estos ecosistemas, son: I) Abastecimiento (agua, alimentos y materias primas, etc.), II) Regulación (calidad del aire y flujos de agua, captura de carbono, conservación de la fertilidad de los suelos, III) Apoyo (conservación de la biodiversidad de flora y fauna) y IV) Culturales (actividades de recreación, turismo, identidad cultural, inspiración estética y espiritual con el entorno natural) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT, 2021). Sin embargo, los bosques han sufrido una drástica reducción de espacio y volumen, debido a diversas causas y factores que los fragmentan y deterioran. Se ha estimado una pérdida de 420 millones de hectáreas de bosques en el mundo, entre 1990 y 2020. A partir de 2015, se estima una pérdida promedio de 10 millones de hectáreas por año (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2022). Por su parte, el World Wildlife Fund (WWF), reportó una pérdida de 370 millones de hectáreas de bosques entre 2001 y 2018, equivalente a una

Citation: Olivares-Rosas NM, Nuñez-Espinoza JF, Navarro-Garza H, Pérez-Olvera MA, Sámamo-Rentería MÁ. 2024. Deforestación y reforestación en la Sierra de Guadalupe, Estado de México, como un sistema social en red. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i13.1650>

Editor in Chief:

Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: September 26, 2023.

Approved: November 13, 2023.

Estimated publication date:

June 20, 2024.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license.



pérdida promedio de 21.8 millones de hectáreas por año, duplicando la cifra estimada por FAO (WWF, 2021).

La FAO, define a estos procesos como deforestación, es decir, la conversión de los bosques a otro uso de suelo (agricultura, ganadería, minería, áreas urbanas, reservas hídricas o infraestructuras) o la reducción de la cubierta de copa por debajo del umbral mínimo del 10% (FAO, 2020; Cubillos, 2012). Dicho fenómeno, inducido por la acción humana, se caracteriza como un proceso mucho más complejo que la sola remoción de la capa forestal (esta es su última expresión). Algunos de los procesos de intervención para tratar de revertir estas tendencias, son a través de prácticas y actividades de reforestación, sin embargo, estas actividades llegan a verse limitadas por condiciones sociales y económicas locales (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-CONABIO, 2020). En México, la pérdida forestal fue, entre el año 2001 y 2021, de 4,385,837 hectáreas, con un promedio de 208,850 hectáreas por año (Sistema Nacional de Monitoreo Forestal -SNMF, 2023) se debe a causas multifactoriales, entre las cuales se distinguen: la dinámica demográfica, la pobreza, la falta de gobernanza forestal, la ausencia de organización social para el cuidado de los bosques y la respuesta productiva, al alza, de ciertos productos agrícolas, por ejemplo, el cultivo de aguacate (Comisión Nacional Forestal-CONAFOR, 2020).

Actualmente, la incidencia más alta de deforestación, se concentra en los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Veracruz y Yucatán (SNMF, 2023). Sin embargo, dado el proceso histórico de desarrollo, urbanización y ampliación de la frontera agrícola en México, la deforestación, ha ido cambiando en función de estas determinantes. Además, se observa una “omisión histórica” en el cálculo de la pérdida de la superficie forestal en décadas anteriores, ya que, en dichos cálculos, no se consideran como deforestadas aquellas zonas que perdieron sus áreas boscosas y que ahora cuentan solamente con cubiertas de vegetación secundaria, lo que se expresa como un proceso de degradación de la masa forestal (Rosete-Vegés *et al.*, 2014). En este caso, si bien los estados de la zona centro del país no tienen una gran prominencia en las tasas actuales de deforestación en México (SNMF, 2023), esto podría ser nominal, ya que las alteraciones han sido constantes, evitando su recuperación forestal. En el caso de las regiones históricamente pobladas y urbanizadas de México, se han modificado los sistemas forestales hasta reducirlos, una y otra vez, a superficies con vegetación secundaria (Rzedowski, 1978; González, 1992).

En este contexto, en la región centro del país se localiza la Cuenca de México, un sistema socio-ecológico regional de 9,560 Km² que contiene a la Zona Metropolitana del Valle de México, con aproximadamente 22 millones de habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía -INEGI, 2020; Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México -PAOT, 2002) e históricamente, ha sido una de las zonas más afectadas en sus masas forestales por la creciente urbanización. Entre las principales estrategias que se han implementado para contrarrestar la deforestación en esta zona, sobresalen: las campañas de reforestación (CONABIO, 2020) y la declaración de Áreas Naturales Protegidas (ANP) tanto federales como estatales (Cámara de Diputados, 2022). Las primeras,

son administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); en el Estado de México, las ANP estatales, corren a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, a través de la Coordinación General de Conservación Ecológica (CGCE) y tiene a su cargo 10 ANP, entre los que destacan, Sierra de Tepotzotlán, Sierra Hermosa, Sierra Patlachique, Cerro Gordo y Sierra de Guadalupe, ubicadas en la Zona Metropolitana del Valle de México (Secretaría del Medio Ambiente, 2018). Por su parte, en la Ciudad de México, actualmente existen 25 ANP (10 son administradas por la CONANP y 15 por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México- SEDEMA), agrupadas en seis categorías: Parque Nacional, Reserva Ecológica Comunitaria, Zona de Conservación Ecológica, Zona de Protección Hidrológica y Ecológica, Zona Ecológica y Cultural y Zona Sujeta a Conservación Ecológica (SEDEMA, 2022).

Estas estrategias de manejo forestal, se enmarcan en la política de protección ambiental y forestal en México, la cual empezó con la promulgación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Proyección al Ambiente (LGEEPA) en 1988, y la Ley Forestal de 1992, con la que se descentralizan las responsabilidades de los recursos forestales, a cargo de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (hoy Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural -SADER). Posteriormente, bajo la responsabilidad de la SEMARNAT (creada en 1994), se instituyó (en abril del 2001) la CONAFOR como gestora del recurso forestal de México. Con la promulgación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, se le confirió la potestad de delimitar el territorio nacional en “Unidades de Manejo Forestal” (UMAFOR).

Sin embargo, en dicha ley, se omitió la modalidad en la gestión de los recursos, lo que integró una amplia diversidad de actores sociales, por consecuencia, también su heterogeneidad relacional (Rodríguez-Aguilar y Trench, 2020). Esto, generó una continua diferenciación metodológica en el monitoreo de la deforestación, degradación, forestación, gestión e inventariado forestal, falta de equiparación de los datos obtenidos; insuficiencia del personal asignado para la generación de los inventarios forestales y geomática, centralización de funciones, además, de una limitada capacidad tecnológica para monitorear la degradación forestal utilizando sensores remotos de alta resolución (Leyva, 2016; Merino *et al.*, 2011).

Por consecuencia, esto ha devenido en un problema recurrente en los organismos públicos responsables del recurso forestal a nivel nacional y estatal. Por ejemplo, pese a la labor de CONAFOR en la gestión de la riqueza forestal nacional (Del Ángel-Mobarak, 2012), hay una pérdida continua de los bosques, debido a “Una desarticulación...entre las políticas de conservación, vigilancia y sanción por una parte y la política de fomento, con impactos negativos similares en las capacidades productivas y de gestión comunitarias” (Merino *et al.*, 2011). A nivel del Estado de México, CONAFOR, se articula con la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) y la Coordinación General de Conservación Ecológica, las cuales, forman parte del Comité Estatal de Reforestación (PROBOSQUE, 2023). PROBOSQUE, opera a través de programas de reforestación, manejo forestal sustentable, pago por servicios ambientales hidrológicos, almacenamiento de carbono y plantaciones forestales comerciales en terrenos ejidales, comunales y de propiedad privada (Secretaría del campo, 2023).

Sin embargo, las reforestaciones efectuadas con ayuda de PROBOSQUE, han tenido resultados poco promisorios, debido a que el porcentaje de sobrevivencia de las plantas en diversas regiones del Estado de México, ha sido del 38% (Torres, 2021), porcentaje inferior al rango aceptable de 50-60% en las especies de pinos más utilizadas, como *Pinus greggii* (Muñoz *et al.*, 2012). Actualmente, PROBOSQUE busca elevar los porcentajes de sobrevivencia, implementando programas de incentivos económicos a los predios reforestados que tengan más del 40% de sobrevivencia (PROBOSQUE, 2023b). Por su parte, la articulación con la Coordinación General de Conservación Ecológica, en actividades de reforestación, se circunscriben a la implementación de políticas y acciones para la conservación de las ANP, parques ecológicos y áreas verdes urbanas, entre otras (Secretaría del Medio Ambiente, 2023). Sin embargo, estas actividades, no han redundado en el beneficio de la sierra.

De acuerdo a lo anterior, los procesos de degradación forestal, han sido abordados institucionalmente, desde distintas perspectivas. Aunque comulgan en un creciente nivel de incertidumbre con respecto al estado del recurso forestal en México, así como la compleja interacción con los entornos sociales en los cuales, está imbuido el recurso forestal. Un ejemplo de esto, se puede observar en el sistema socio-ecológico ubicado en la Cuenca de México, Sierra de Guadalupe, donde algunas de las estrategias establecidas por las instituciones públicas, estatales y municipales, para paliar el impacto de la urbanización en esta sierra, han sido fomentar y participar en diversos procesos de reforestación.

Sin embargo, la complejidad de las propias contradicciones y estructuras socio-políticas y económicas presentes, han generado dinámicas que operan en contra de las mismas. Paradójicamente, la ejecución de políticas públicas en México, abre un amplio panorama de “inclusión” de actores político-económicos que, en función de los recursos que disponen e intereses que enarbolan, llegan a reorientar dichas políticas, incluso, hacia metas contrastantes (Agudo, 2015; Trench *et al.*, 2018). En función de lo anterior, el objetivo de esta investigación, fue analizar el proceso de reforestación en la Sierra de Guadalupe en el Estado de México, como un proceso construido socialmente, para lo cual, se analizaron las dinámicas socio-estructurales generadas entre actores sociales, lugares reforestados y especies empleadas.

MARCO TEÓRICO

Deforestación y reforestación

Toda acción de reforestación implica una determinada gestión, planeación y organización de recursos económicos, técnicos, forestales, etc., a fin de lograr un impacto en las áreas deforestadas. Sin embargo, en México, estas actividades no han logrado detener la descomposición de los ecosistemas forestales, por lo que la deforestación, ha devenido en un sistema dinamizado por la imbricación de variables, tanto naturales como antrópicas (entre ellas institucionales). Algunos subsistemas socio-institucionales responsables de las actividades de reforestación, no están exentos de dinámicas particulares, tales como: diferenciaciones/brechas metodológicas en el análisis y monitoreo forestal, desajuste en la innovación tecnológica para analizar la degradación forestal, insuficiencia de recursos

técnicos, desarticulación de acciones de conservación, además de que dichas actividades, interactúan con la complejidad y diversidad social y económica de las comunidades, lo que llega a modificar (radicalmente) los objetivos de la reforestación (Trench *et al.*, 2018; Leyva, 2016; Agudo, 2015; Merino *et al.*, 2011). Por consecuencia, no se ha logrado detener la pérdida del recurso forestal, por el contrario, se ha generado un creciente escepticismo sobre el estado real de los bosques en México.

La deforestación, es un fenómeno multifactorial compuesto por una diversidad de causas y consecuencias que se retroalimentan en función del tipo de actividades humanas que intervienen o cruzan, directa o indirectamente, con dicho fenómeno. Y su repercusión inicial, es la pérdida de los servicios ambientales, afectando principalmente, a las localidades que dependen de estos recursos (Ogundele *et al.*, 2016). Menoscaba la alimentación, al interrumpir los procesos de polinización, disminuyendo la disponibilidad de alimentos forestales y perjudica a la salud humana, ya que los bosques, son el mayor reservorio de plantas medicinales e insumos para la elaboración de medicamentos (Lawrence *et al.*, 2007; Acharya *et al.*, 2020). Dichos riesgos sanitarios se agudizan, ya que la deforestación genera ambientes idóneos para reservorios y vectores de enfermedades, por ejemplo, malaria, dengue, zika, chikungunya, virus ébola, virus nipah, enfermedad de Chagas, enfermedades zoonóticas, enfermedades diarreicas, infecciones respiratorias y enfermedades pandémicas, como COVID-19 (Codeço *et al.*, 2021; Acharya *et al.*, 2020).

Además, la deforestación también genera pérdidas económicas, al aumentar la gravedad de los desastres naturales, como los incendios forestales e inundaciones (Bradshaw *et al.*, 2007). Adicionalmente, la densidad de población está correlacionada con la tasa de deforestación: por la necesidad de más espacios para los asentamientos humanos y estos espacios, crean deforestación (Guojing *et al.*, 2021). Se puede decir que la deforestación, es un proceso que no es al azar, sino un producto del desbalance biogeoquímico y de energía, vinculado a procesos de vulnerabilidad socioeconómica de (y en) las comunidades humanas. En esta dirección, una de las principales vulnerabilidades que dinamizan dichos procesos de descomposición de los biotopos, se genera como producto directo de un sistema deficiente de organizaciones e instituciones públicas (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-, 2014).

En México, esta vulnerabilidad institucional, se expresa directamente con la depresión histórica del índice de confianza en las instituciones públicas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/ Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe/ Comisión Económica para América Latina y el Caribe -OCDE/CAF/CEPAL 2018). En este sentido, la descomposición de las variables antrópicas (condiciones socioeconómicas y sistemas sociopolíticos), intervienen directamente con el grado de vulnerabilidad de las sociedades, de modo que el grado de vulnerabilidad alcanzado, es directamente proporcional al grado de descomposición institucional (Nuñez, 2020). En este contexto, la FAO (2012) sugiere que la construcción social de la vulnerabilidad de las comunidades, se presenta en la intersección de: a) el desfase de la oferta ante la demanda de servicios, b) infraestructura insuficiente para satisfacer las necesidades de la población y c) deficiencias institucionales para garantizar un acceso seguro y equitativo

a los recursos requeridos por las comunidades. Y en el caso del presente análisis, no es aventurado establecer como premisa, la vinculación de un fenómeno multifactorial, como la deforestación, con la descomposición institucional del sector forestal y la gestión de la diversidad social participante, en una zona como la sierra de Guadalupe. Ante esto, utilizó el análisis de redes sociales.

El análisis de redes sociales

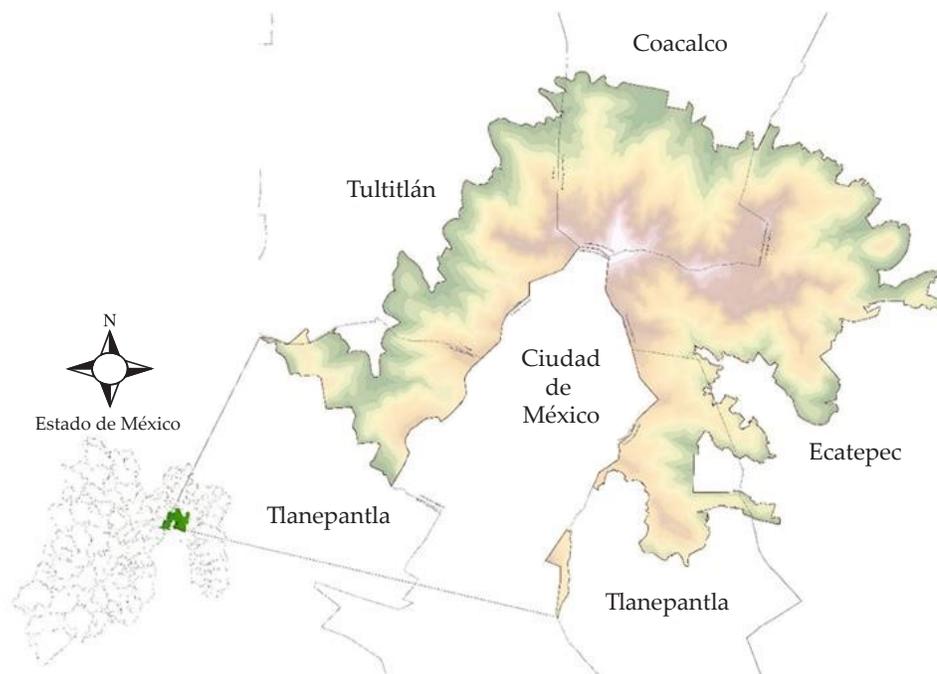
El Análisis de Redes Sociales (ARS), es una herramienta estructural que permite, a través de matemática matricial: representar aglomeraciones sociales en forma de grafos, examinar la forma de vinculación entre cada uno de los actores sociales (Ramos-Vidal, 2015), y la distribución de su relevancia al interior de estas estructuras organizacionales. Para abordar las problemáticas relacionadas con la gestión de los recursos naturales (aplicación y cumplimiento de las regulaciones ambientales e implementación de estrategias para la conservación, entre otros), y poder mejorar los bienes y servicios suministrados por los mismos, tomando en consideración la diversidad de actores públicos y privados involucrados en dicha gestión, el ARS, logra identificar las relaciones entre las partes interesadas en los procesos participativos y ajustar las percepciones distorsionadas, que en numerosos casos, suceden entre los actores sociales (Bodin y Crona, 2009).

No hay que olvidar que la gestión de los recursos naturales, opera en un sistema socio-ecológico que influye directamente, en las propias decisiones de la gestión de los recursos, por lo que el ARS, permite caracterizar los comportamientos de las estructuras sociales responsables de dicha gestión (Groce *et al.*, 2019). Por lo tanto, también facilita intervenir en las relaciones establecidas en el manejo de los recursos forestales que pueden incidir en coaliciones o influencias en la toma de decisiones (Paletto *et al.*, 2016). En esta dirección, la noción de redes, aplicada a la gestión de recursos naturales, se asocia a la posibilidad de generar capacidades de transmisión de información, deliberación y construcción colectiva de conocimiento y resiliencia, es decir, los modelos de gobernanza en red más óptimos para la gestión de los recursos naturales (Kyriakopoulou y Xepapadeas, 2021; Newig *et al.*, 2010), pero teniendo en cuenta, que estas estructuras sociales están en constante cambio, por lo tanto, también las cualidades estructurales de los actores, de ahí la necesidad de actualizar constantemente dichos análisis (Scott, 2015).

METODOLOGÍA

La Sierra de Guadalupe, ubicada en la Cuenca de México, está circunscrita al norte de la Ciudad de México, por la alcaldía Gustavo A. Madero y por cuatro municipios del Estado de México: Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán, por lo que está completamente aislada por el crecimiento urbano (Figura 1).

Esta sierra, es un Área Natural Protegida con una extensión total de 5,927.1 hectáreas (Cuadro 1). En el Estado de México, tiene una superficie de 5,293.4 hectáreas y está categorizada como “Parque Estatal” (CGCE, 2021a). En la Ciudad de México, tiene una superficie de 633.7 hectáreas y está calificada como “Zona Sujeta a Conservación Ecológica” (SEDEMA, 2022).



Fuente: modificado del mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas en la Sierra de Guadalupe (escala 1:26000) contenido en (CGCE, 2021a).

Figura 1. Mapa de la Sierra de Guadalupe.

El proceso de urbanización a gran escala, es la tercera causa a nivel nacional, de la pérdida de la superficie forestal (CONAFOR, 2020). Los asentamientos humanos, han afectado la composición biótica y ambiental, creando un proceso social e histórico de transformación. En el caso de la Sierra de Guadalupe, esta ha sido sometida a un proceso continuo y acelerado de deforestación, principalmente, por el cambio de uso de suelo de forestal a urbano (Alcérreca *et al.*, 2009) (Figura 2).

La urbanización en esta sierra, está vinculada directamente a la pérdida forestal, a la contaminación con residuos sólidos, la introducción de especies de flora y fauna no nativas, la proliferación de fauna feral, la extracción clandestina de especies, las actividades recreativas

Cuadro 1. Distribución del Área Natural Protegida Sierra de Guadalupe.

Entidad Federativa	Alcaldía o Municipio	Extensión (ha)
Ciudad de México	Gustavo A. Madero	633.7
	Coacalco	1,242.8
Estado de México	Ecatepec	1,835.3
	Tlanepantla	1,222.2
	Tultitlán	993.1

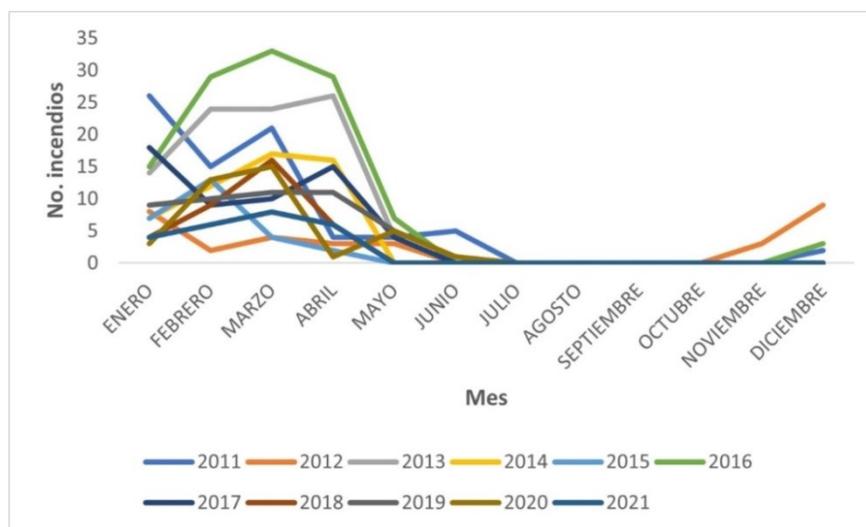
Fuente: elaboración propia con datos de (CGCE, 2021a) y (SEDEMA, 2022).



Fuente: créditos, Nuñez J., 2022. Cuencas de Santa María Tulpetlac y San Andrés de la Cañada.
Figura 2. Crecimiento urbano en la Sierra de Guadalupe en el Estado de México.

desordenadas y a un incremento en los incendios forestales (Alberto, 2007; Cueto, 2007). Durante el periodo 2011-2021, se registraron 596 incendios en la sierra, impactando 2,331.7 hectáreas (CGCE, 2022); la mayor parte de los siniestros (71.3%) tendió a aglomerarse durante la primera mitad del año (Figura 3).

El número de incendios por municipio, se concentró en el territorio de Ecatepec (36.3%), seguido de Tlanepantla (30.3%), Tultitlán (17.7%) y Coacalco (15.7%) (CGCE, 2022). La distribución de las superficies siniestradas, fue igualmente diferenciada, concentrándose en Tlanepantla y Tultitlán (Cuadro 2).



Fuente: elaboración propia con datos de (CGCE, 2022).

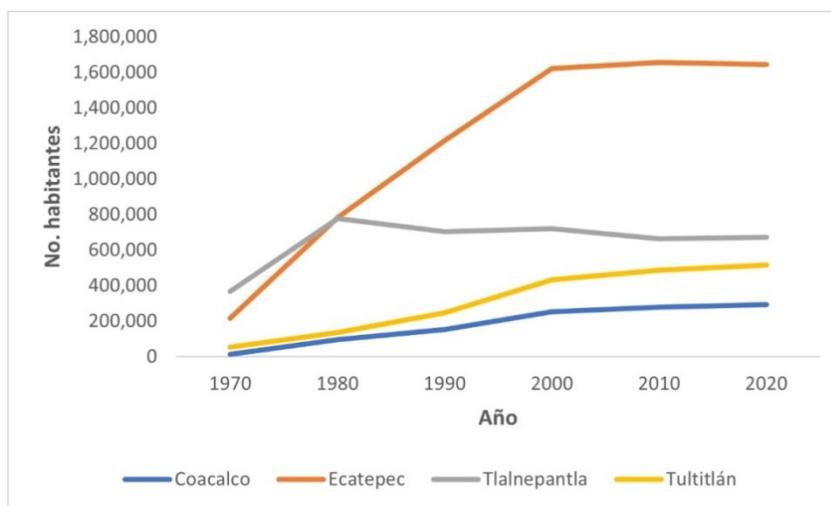
Figura 3. Distribución mensual de los incendios en la Sierra de Guadalupe en el Estado de México, 2011-2021.

Cuadro 2. Superficie siniestrada por incendios en la Sierra de Guadalupe, Estado de México.

Municipio	Superficie Incendiada (ha)
Tlalnepantla	644.2
Tultitlán	600.6
Ecatepec	595.7
Coacalco	491.2

Fuente: elaboración propia con datos de (CGCE, 2022).

La Sierra de Guadalupe, ha sido un territorio impactado desde época prehispánica y colonial (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2010; El mexicano, 2018). A su vez, en la primera mitad del siglo XX, se acentuaron cambios tecnológicos, económicos y sociales y a partir de la década de 1940, se suscitó un auge industrial y poblacional (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal -INAFED, 2010; Martínez-López *et al.*, 1998). Aunque, el rápido y desordenado crecimiento poblacional en la zona, fue a partir de finales del siglo XX, propiciando la eliminación de una gran parte de la cobertura forestal de la sierra, degradando el bosque, impidiendo la recarga de acuíferos, deteriorando el suelo y fomentando la creación de depósitos de residuos sólidos a cielo abierto en la zona (Cueto, 2007). A partir de 1980, los municipios del Estado de México, colindantes con la sierra de Guadalupe, experimentaron un incremento en su dinámica poblacional (Figura 4) y los asentamientos humanos en la sierra, se intensificaron debido al fraccionamiento de tierras ejidales (Alberto, 2007).



Fuente: elaboración con datos de INEGI (1970, 1980, 1990, 2000, 2013, 2021).
Figura 4. Crecimiento poblacional en municipios del Estado de México, donde se ubica la Sierra de Guadalupe (1970-2020).

Estos procesos de descomposición del territorio de la Sierra de Guadalupe, en el Estado de México, han ido constriñendo y determinando las actividades de reforestación en la zona, a tal grado, que fue necesario conceptualizar a la propia reforestación en la Sierra de Guadalupe, Estado de México, como un sistema social. Para esto, se realizó el siguiente procedimiento:

1- Se analizaron los datos sobre actividades de reforestación en la Sierra de Guadalupe, en los municipios de Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlan del Estado de México, en el periodo 2009-2020. Estos se obtuvieron con la revisión de las Cédulas de Registro de Plantación de la Coordinación General de Conservación Ecológica, instancia encargada del manejo del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. La información fue capturada y sistematizada en una base de datos, con las siguientes variables: localidades, superficies, fechas, actores sociales participantes y especies empleadas en las reforestaciones. Los criterios seleccionados para el análisis fueron los municipios, los actores sociales y las especies. La información se organizó en matrices de adyacencias bimodales en el siguiente orden: a) Actor-Municipio y b) Especie-Municipio (CGCE, 2021b).

2- Lo anterior, permitió emplear el ARS en el proceso de reforestación en la Sierra de Guadalupe, considerando como espacios de vinculación, a las actividades de reforestación a nivel municipal, el tipo de especie utilizada y la diversidad y número de actores sociales involucrados en las reforestaciones durante el periodo 2009-2020. Las medidas utilizadas en el presente estudio, correspondieron al grupo conceptual de centralidad, tales como grado nodal (*degree*) y grado de cercanía (*closeness*). El grado nodal permite identificar aquellos nodos que, en función del número de vínculos que detentan, poseen una mejor posibilidad para acceder estratégicamente a los insumos de información que están distribuyéndose en la estructura social (Freeman, 1978). Por su parte, el grado de cercanía, identifica a nodos que pueden potencialmente llegar a influir en la composición de la estructura social, por el simple hecho de estar vinculados a nodos prominentes (Molina, 2001).

Para esta investigación, se tomó en consideración la propuesta de redes de actantes de Latour (2008), concibiendo a cada nodo como nodo neutral. Es decir, tanto actores como especies forestales y municipios, fueron considerados nodos vinculados por las actividades de reforestación. Esto permitió suponer un flujo de información (reforestación) entre nodos, por lo tanto, identificar la amplitud y diversidad de la estructura en red analizada, así como la distribución en red de la prominencia social entre los mismos (Hanneman y Riddle, 2005). Cada una de las bases de datos, se capturaron en el programa Microsoft Excel® y fueron procesadas con el programa Visoné®, lo que permitió recrear modelos reticulares para analizar y visualizar estructuras en forma de redes sociales (Brandes y Wagner, 2004).

RESULTADOS

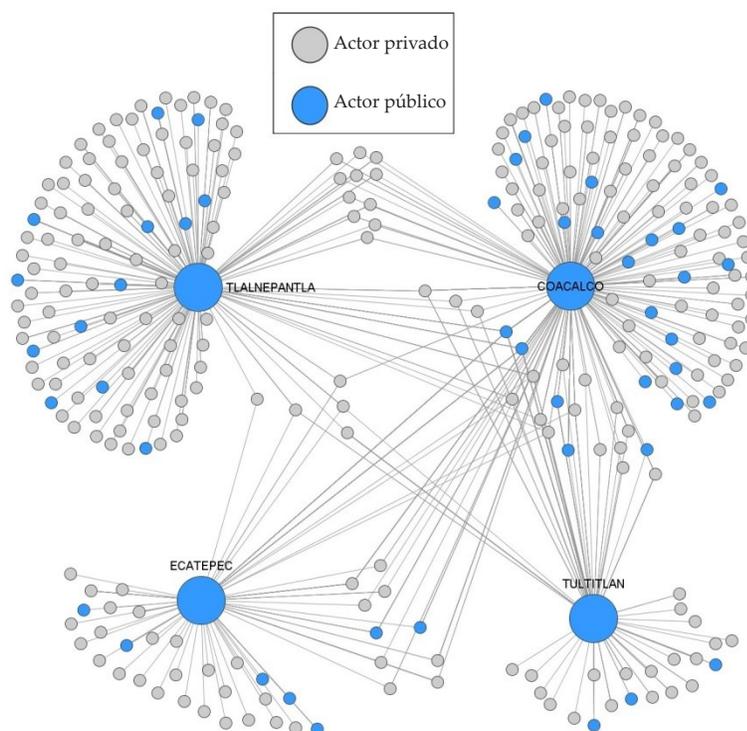
Participación social

El proceso de reforestación en la Sierra de Guadalupe en el Estado de México, ha sido complejo y variable; se han reforestado diversas localidades en los municipios de Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán. La Coordinación General de Conservación Ecológica, tiene un registro total de 967 datos de 2009 a 2020, en los cuales, han participado

alrededor de 300 actores, en 75 localidades, en los cuatro municipios de la sierra. Si bien cada municipio, es una entidad administrativa independiente, en algunos temas, pueden coincidir, por ejemplo, en la convocatoria para los diversos actores sociales que participan en las reforestaciones. Se puede apreciar la tendencia de apoyo entre el personal de los Ayuntamientos adyacentes, pero escasamente, con aquellos más alejados (Figura 5). Por ejemplo, Coacalco y Tultitlán, comparten el mayor número de actores públicos y privados que participan en las reforestaciones, además de que comparten fronteras territoriales.

Distribución de especies en las reforestaciones

El proceso de reforestación, va acompañado de una distribución de recursos técnicos, económicos, humanos, etcétera; y en los municipios señalados, dicha distribución es desigual y tendiente a concentrarse en Coacalco. Las laderas donde confluyen estos cuatro municipios, están en un “*continuum*” socio-ecológico, sin embargo, la distribución desproporcionada de los recursos dedicados a la reforestación, se observa en la cantidad de superficie reforestada, por número de actores sociales, localidades y especies involucradas (Cuadro 3). Por ejemplo, Coacalco cuenta con la mayor superficie reforestada, con más actores sociales involucrados y una mayor diversidad de especies empleadas. Aunque Tlalnepantla, es el siguiente en cuanto a las hectáreas reforestadas y número de



Fuente: elaboración propia en Visone® con datos de (CGCE, 2021b).
Figura 5. Red de actores sociales involucrados en las reforestaciones de la Sierra de Guadalupe en el Estado de México.

Cuadro 3. Número de actores sociales, localidades, especies y superficie reforestada en la Sierra de Guadalupe, Estado de México.

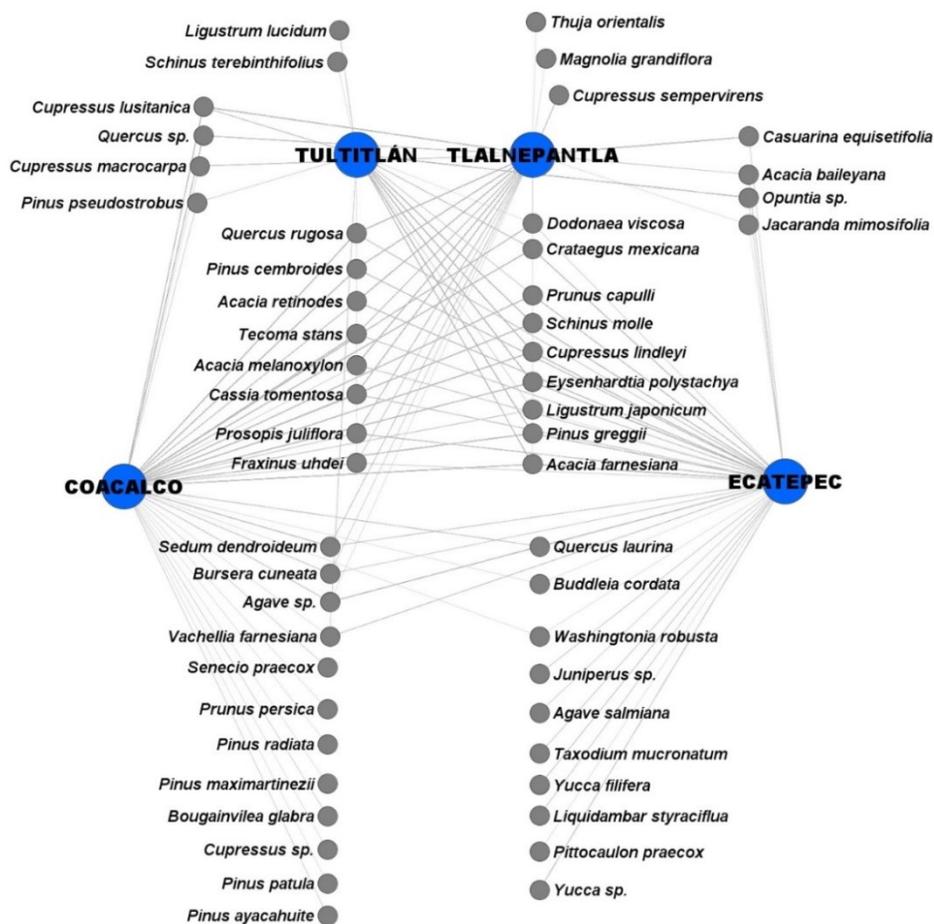
Municipio	No. Actores	No. Localidades	No. Especies	Superficie reforestada (ha)
Coacalco	145	26	36	165.9
Ecatepec	51	21	35	36.1
Tlalnepantla	123	12	29	161.3
Tultitlán	46	16	23	53.6

Fuente: elaboración propia con datos de (CGCE, 2021b).

actores sociales involucrados, el número de localidades es inferior. En contraste, el municipio de Ecatepec, tiene un número cercano de localidades trabajadas al municipio de Coacalco, pero la superficie reforestada es significativamente inferior.

Las especies empleadas para reforestar la Sierra de Guadalupe en el Estado de México, en el periodo 2009-2020, fueron 50: acacia amarilla (*Acacia retinodes*), acacia azul (*Acacia baileyana*), acacia negra (*Acacia melanoxylon*), ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), buganvilia (*Bougainvillea glabra*), capulín (*Prunus capulli*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), cedro blanco (*Cupressus lusitanica*), cedro limón (*Cupressus macrocarpa*), chapulixtle (*Dodonaea viscosa*), ciprés (*Cupressus sp.*), ciprés de Leyland (*Cupressus lindleyi*), ciprés mediterráneo (*Cupressus sempervirens*), copal (*Bursera cuneata*), durazno (*Prunus persica*), encino (*Quercus sp.*), encino blanco (*Quercus rugosa*), encino laurelillo (*Quercus laurina*), enebro (*Juniperus sp.*), fresno (*Fraxinus uhdei*), huizache (*Acacia farnesiana*) (*Vachellia farnesiana*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), magnolia (*Magnolia grandiflora*), maguey (*Agave sp.*), maguey pulquero (*Agave salmiana*), mezquite (*Prosopis juliflora*), nopal (*Opuntia sp.*), palma abanico (*Washingtonia robusta*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), palo loco (*Pittocaulon praecox*) (*Senecio praecox*), pino azul (*Pinus maximartinezii*), pino cahuite (*Pinus ayacahuite*), pino de California (*Pinus radiata*), pino lacio (*Pinus pseudostrobus*), pino piñonero (*Pinus cembroides*), pino prieto (*Pinus greggii*), pino triste (*Pinus patula*), pirul (*Schinus molle*), pirul chino (*Schinus terebinthifolius*), retama (*Cassia tomentosa*) (*Senna multiglandulosa*), siempreviva (*Sedum dendroideum*), tejocote (*Crataegus mexicana*), tepozán (*Buddleia cordata*), tronadora (*Tecoma stans*), trueno (*Ligustrum japonicum*), trueno chino (*Ligustrum lucidum*), tulia (*Thuja orientalis*), yuca (*Yucca sp.*) y yuca izote (*Yucca filifera*) (CGCE, 2021b).

Coacalco y Tlalnepantla, han empleado en sus reforestaciones, la mayor cantidad de estas especies, 36 y 35 respectivamente. Sin embargo, de todas las especies utilizadas, sólo 15 son nativas: capulín, copal, chapulixtle, encino blanco, encino laurelillo, huizache, maguey, maguey pulquero, mezquite, nopal, palo dulce, palo loco, tejocote, tepozán y tronadora (CGCE, 2021a). Además, las especies empleadas en las reforestaciones, no fueron distribuidas uniformemente; únicamente, 17 fueron establecidas en los cuatro municipios: acacia amarilla, acacia negra, capulín, chapulixtle, ciprés de Leyland, encino blanco, fresno, huizache, mezquite, palo dulce, pino piñonero, pino prieto, pirul, retama, tejocote, tronada y trueno (Figura 6).



Fuente: elaboración propia en Visone® con datos de (CGCE, 2021b).

Figura 6. Red de especies utilizadas en las reforestaciones en la Sierra de Guadalupe en el Estado de México.

Red de actores sociales involucrados en las reforestaciones

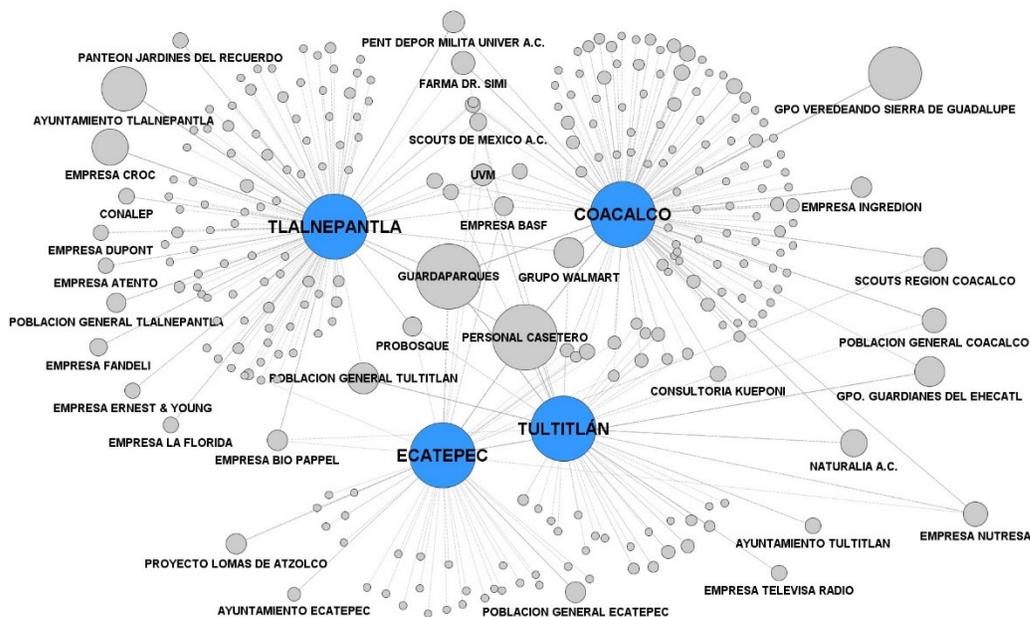
Al analizar la red de actores sociales involucrados en el proceso de reforestación en la Sierra de Guadalupe, se aplicaron las medidas de centralidad grado nodal y grado de cercanía, para observar el posicionamiento de actores sociales clave en el proceso de reforestación. Referente al grado nodal, los Ayuntamientos de Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán, fueron los actores sociales con mayor número de conexiones, manteniéndose constantes en el proceso durante el periodo 2009-2020. El posicionamiento del personal de la Coordinación General de Conservación Ecológica (Guardaparques y Personal casetero) es claro, debido a que es la instancia encargada de administrar e informar sobre el Área Natural Protegida Parque Estatal Sierra de Guadalupe. En este análisis, se observa la prominencia de los actores sociales como empresas, sin embargo, estas limitan su labor al

municipio donde se ubican: la mayor participación fue en Tlalnepantla y Coacalco. Con respecto a los centros educativos, se enfatiza la participación de secundarias, preparatorias y universidades, aunque generalmente, solo participan uno o dos años consecutivos. En cuanto a los colectivos, sobresale el grupo ambientalista “Veredeando Sierra de Guadalupe” con presencia en Coacalco y Tultitlán y “Guardianes del Ehécatl” en Ecatepec y Coacalco (Figura 7).

Considerando el grado de cercanía, como el poder de alcance que tiene cada actor social para influir en la red, el personal de la Coordinación General de Conservación Ecológica, tiene a los actores sociales más significativos, los guardaparques. Posteriormente, toman relevancia los colectivos, por ejemplo, los grupos ambientalistas “Veredeando Sierra de Guadalupe”, “Guardianes del Ehécatl” y la asociación civil FRANATURE (Figura 8).

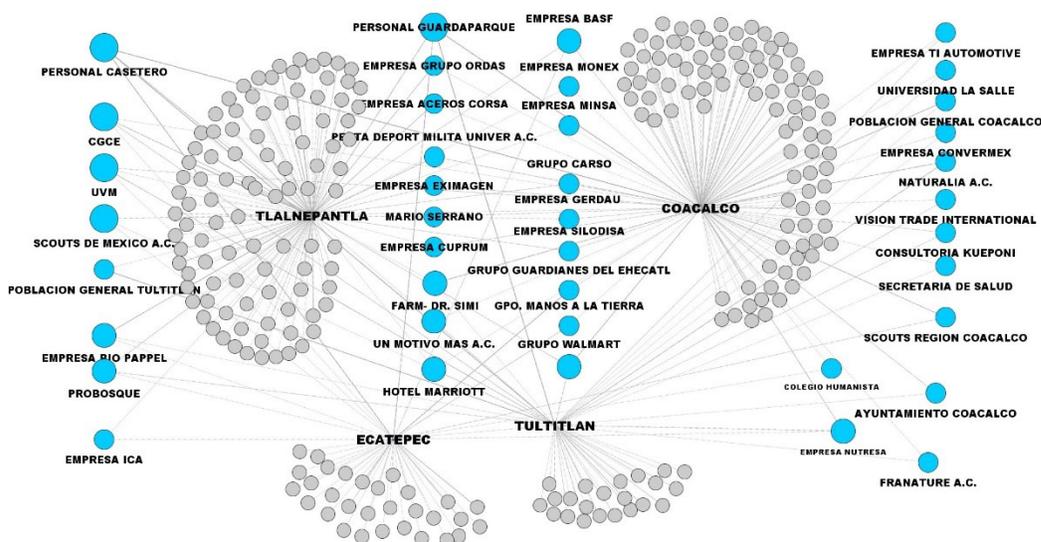
DISCUSIÓN

Los actores sociales que han participado en el proceso de reforestación de la Sierra de Guadalupe en el Estado de México, están distribuidos de forma heterogénea en los cuatro municipios; aunque existe un número mayor de actores sociales que participaron en Coacalco y este mismo, es el que cuenta con una mayor diversidad de actores sociales que han participado en los tres municipios restantes donde se ubica la sierra. Coacalco y Tultitlán, comparten el mayor número de actores sociales que han participado en dos municipios, infiriendo que se debe a que comparten fronteras territoriales. La tendencia de participar en las reforestaciones en más de uno de los municipios, se centra en actores sociales como



Fuente: elaboración propia en Visone® con datos de (CGCE, 2021b).

Figura 7. Red de grado nodal (*degree*) de los actores sociales involucrados en las reforestaciones de la Sierra de Guadalupe en el Estado de México.



Fuente: elaboración propia en Visone® con datos de (CGCE, 2021b).

Figura 8. Red de grado de cercanía (*closeness*) de los actores sociales involucrados en las reforestaciones de la Sierra de Guadalupe en el Estado de México.

las instituciones públicas y escasamente, algunas empresas, aunque la población en general de cada municipio no lo hace; esto podría atribuirse a que asistir a una reforestación en un municipio aledaño o más lejano, implica más recursos económicos y tiempo. Es así que, una alternativa para incentivar el cuidado de la Sierra de Guadalupe, incluyendo a un número mayor de actores sociales, sería invitarlos a participar en reforestaciones cercanas a la localidad donde radican.

La concentración de recursos para el cuidado de la sierra en cada uno de los municipios, es contrastante; se podría aseverar que este fenómeno, se rige por la proporción del Área Natural Protegida Parque Estatal Sierra de Guadalupe que se encuentra en cada municipio; a mayor proporción de hectáreas, mayor número de actores sociales y especies empleadas, incidiendo en la superficie reforestada, pero no es así. Ecatepec, posee la mayor proporción del territorio de la sierra (34.7%), seguido de Coacalco (23.5%), Tlalnepantla (23.1%) y Tultitlán (18.7%) (CGCE, 2021a). Sin embargo, estas proporciones, no corresponden con el área reforestada por municipio: en Coacalco fueron 165.9 hectáreas, contrastando con Ecatepec con 36.1 hectáreas. Esto permite suponer que, el cuidado de la sierra a través de los procesos de reforestación, no depende de la extensión ni del daño, sino de la manera en que los actores sociales se organizan para realizar esta actividad, así como del tipo de recursos que disponen para esto. Por ejemplo, una de las limitantes de las estrategias de reforestación, es que la propagación de especies en viveros para reforestaciones, se ve constreñida sólo a una pequeña gama de especies nativas (CONABIO, 2020), usualmente las más comerciales. El análisis de redes sociales, permite una determinada comprensión y explicación de la problemática en la gestión y diversidad de recursos (Calvet-Mir y Salpeteur, 2016), ya

que, considerando el número de especies empleadas en las reforestaciones de la sierra por municipio, es importante observar que esta diversidad muestra una estructura endeble, porque un mayor número de elementos no crea una red biodiversa más fuerte, sino una red construida por el uso indiscriminado de especies sin un patrón basado en las necesidades y características del ecosistema. De las 17 especies en común que se establecieron en las reforestaciones en Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán, únicamente, siete son nativas de la sierra (chapulixtle, encino blanco, huizache, mezquite, palo dulce, tejocote y tronadora), por lo que podrían ser especies prioritarias para la propagación y establecimiento en las reforestaciones en la Sierra de Guadalupe.

De hecho, sería pertinente analizar los beneficios que pueden otorgar estas especies en la restauración de los ecosistemas en la sierra: huizache y mezquite se adaptan a suelos degradados, salinos y compactados, además tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo por su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno (CONAFOR, 2023a; CONAFOR, 2023d). Chapulixtle, palo dulce y tejocote, tienen la capacidad de desarrollarse en suelos erosionados y se adaptan a terrenos con grandes pendientes (CONAFOR, 2023c; CONABIO, 2023; CONAFOR, 2023b). Encino blanco, contribuye a la infiltración de agua en los acuíferos y cuando el árbol es adulto, es tolerante a sequías, heladas y a la contaminación ambiental (CONAFOR, 2023e). Y tronadora, es una especie útil para la restauración de suelos, debido al denso sistema radicular que desarrolla (Becerril-Navarrete *et al.*, 2022).

En el análisis del grado de cercanía, los Ayuntamientos de Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán, son actores que no sobresalen en las dinámicas de comunicación de estos con la población, lo cual, es un punto crítico y una posible área de oportunidad a explorar. Debido a que estos actores sociales, por su cercanía con la población (comparada con el gobierno estatal y federal) podrían ejercer su poder de convocatoria para crear campañas de reforestación más asertivas y de fácil acceso para la población en cada municipio. El comportamiento de esta red social, podría interpretarse como centralizado, con presencias predominantes entre las instancias públicas, seguido de algunos colectivos ambientalistas que reiteran su participación en municipios que comparten fronteras territoriales, de acuerdo con Matous y Todo (2015), las redes con una estructura centralizada, pueden reforzarse si los actores sociales predominantes, comparten experiencias positivas de sus actividades con otros miembros de la red. Es así, como se podría inferir que la conservación de la Sierra de Guadalupe, puede tener un manejo homogéneo y más amplio, si los actores sociales involucrados comparten con los demás, los resultados de sus experiencias y estrategias.

CONCLUSIONES

Los procesos de reforestación, son organizados y realizados en diversas comunidades, utilizando una variedad de insumos, especies y aglomerando a distintos actores sociales, lo que permite su observación a través de herramientas estructurales, como el análisis de redes sociales. En el caso de la Sierra de Guadalupe en el Estado de México, el elemento central vinculante, fueron las especies utilizadas en las reforestaciones en los municipios de Coa-

calco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán, reconociendo a los actores sociales involucrados y la prominencia que toman en el proceso dependiendo de la reincidencia o diversificación en las localidades de uno o más municipios. Además, se observó una concentración de recursos en Coacalco. Lo anterior, permitió identificar que el proceso de reforestación, por sí mismo, es deficiente al no crear un manejo homogéneo del territorio de la Sierra de Guadalupe en el Estado de México.

Este análisis, permitió identificar un recurso forestal en mejor estado en Coacalco, debido a que ha mantenido procesos de reforestación constantes y ha presentado un menor número de incendios forestales. Este municipio, podría representar un modelo de gestión de recursos en las reforestaciones para los municipios colindantes y poder lograr una gestión más asertiva del territorio correspondiente a la sierra. No debe perderse de vista, que el manejo eficiente de los recursos naturales no se limita a las fronteras territoriales y para poder tener un programa exitoso en la preservación de la sierra y mantener los servicios ambientales que provee, se requiere de la suma de esfuerzos de los actores públicos y privados de cada uno de los municipios.

Para aumentar la participación ciudadana, los Ayuntamientos de Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán, podrían tomar un papel activo como actores sociales relevantes en el proceso de reforestación de la sierra, ya que poseen un significativo poder de convocatoria con la ciudadanía y podrían organizar campañas de reforestación con mayor asistencia de las comunidades cercanas a la sierra.

El establecimiento de convenios de cooperación y apoyo para el cuidado de la Sierra de Guadalupe entre instancias públicas, a través de las reforestaciones, requiere de la delimitación de las especies a emplear. Es imperativo, aumentar la producción de especies nativas de la sierra y prescindir de las especies exóticas con las que se ha trabajado en los últimos años. Una alternativa, sería aumentar considerablemente, la producción de las siete especies nativas que ya se han establecido en los cuatro municipios del Estado de México donde se ubica la Sierra de Guadalupe.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el financiamiento para esta investigación, así como a la Coordinación General de Conservación Ecológica de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México por la información proporcionada.

REFERENCIAS

- Acharya Y, Naz S, Galway LP, Jones AD. 2020. Deforestation and household and individual level double burden of malnutrition in Sub-saharan Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00033>.
- Agudo SA. 2015. Introducción: Enfoques contemporáneos en la antropología de las políticas públicas y el desarrollo social. *In: Una etnografía de la administración de la pobreza. La producción social de los programas de desarrollo*. Editor Agudo SA. México: Universidad Iberoamericana, pp: 21-44.
- Alberto VÁ. 2007. Evaluación de funciones y servicios ambientales: Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Proyecto de conservación ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México. Tesis doctoral. Universidad de Granada. España. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/1527?locale-attribute=en>.
- Alcérreca MLI, Burgueño SP, Rodríguez RA. 2009. Apropiación del espacio por medio de actividades recreativas y de educación ambiental: El caso de Joya de Nieves, Sierra de Guadalupe en el Distrito Federal.

- Quivera. 11(2). 1-17.
- Brandes U, Wagner D. 2004. Visone, analysis and visualization of social networks: 321-340. *In*: Graph Drawing Software. Editores Jünger M. y Mutzel P. Alemania: Springer-Verlag.
- Becerril-Navarrete AM, Gómez-Romero M, Lindig-Cisneros R, Blanco-García JA, Villegas J, Pineda-García F. 2022. Interacciones biológicas en la restauración: el caso de *Tecoma stans* (Bignoniaceae) y hongos micorrícicos. *Acta Botánica Mexicana*. 129. 1-13. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1937>.
- Bodin Ö, Crona BI. 2009. The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *Global Environmental Change*. 19(3). 366-374. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.05.002>.
- Bradshaw CJA, Sodhi NS, Peh KSH, Brook BW. 2007. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biology*.13. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01446.x>.
- Calvet-Mir L, Salpeteur, M. 2016. Humans, plants, and networks: A critical review. *Environment and Society*. 7(1). 107-128. <https://doi.org/10.3167/ares.2016.070107>.
- Cámara de Diputados. 2022. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México.
- CGCE (Coordinación General de Conservación Ecológica). 2021a. Programa de manejo del Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Estado de México.
- CGCE (Coordinación General de Conservación Ecológica). 2021b. Cédulas de registro de plantación y reforestación en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Estado de México.
- CGCE (Coordinación General de Conservación Ecológica). 2022. Estadísticas de incendios en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe. Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Estado de México.
- Codeço CT, Dal'Asta AP, Rorato AC, Lana RM, Neves TC, Andreazzi CS, Barbosa M, Escada MIS, Fernandes DA, Rodrigues DL, Reis IC, Silva-Nunes M, Gontijo AB, Coelho FC, Monteiro AMV. 2021. Epidemiology, biodiversity, and technological trajectories in the Brazilian Amazon: From malaria to COVID-19. *Frontiers in Public Health*. 9. Doi: 10.3389/fpubh.2021.647754.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2020. Reforestación. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/reforestacion> (22/11/2023).
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2023. Especies de árboles: *Eysenhardtia polystachya*. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/28-legum18m.pdf (12/09/2023).
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2020. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Sistema Nacional de Monitoreo Forestal: <https://snmf.cnf.gob.mx/datos-del-inventario/> (03/06/2023).
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2023a. Catálogo de paquetes tecnológicos forestales: *Acacia farnesiana*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/874Acacia%20farnesiana.pdf> (12/09/2023).
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2023b. Catálogo de paquetes tecnológicos forestales: *Crataegus mexicana*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/908Crataegus%20mexicana.pdf> (12/09/2023).
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2023c. Catálogo de paquetes tecnológicos forestales: *Dodonaea viscosa*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/918Dodonaea%20viscosa%20.pdf> (12/09/2023).
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2023d. Catálogo de paquetes tecnológicos forestales: *Prosopis juliflora*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/987Prosopis%20juliflora.pdf> (12/09/2023).
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2023e. Catálogo de paquetes tecnológicos: *Quercus rugosa*. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/995Quercus%20rugosa.pdf> (12/09/2023).
- Cubillos BAÁ. 2012. Cambio y efecto de la deforestación sobre la dinámica poblacional de *Panthera onca* desde el Catatumbo (Norte de Santander) hasta Paramillo (Antioquia) en el período 2010-2030. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8239/CubillosBuitragoAlvaroAndres2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cueto MFA. 2007. El impacto ambiental de la urbanización de los asentamientos irregulares en la Ciudad de México: El caso de la Sierra de Guadalupe. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/5488>.
- Del Ángel-Mobarak GA (coord). 2012. La Comisión Nacional Forestal en la historia y el futuro de la política

- forestal de México. Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE) -Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/Conafor_en_la_historia_y_futuro_de_Mexico.pdf (25/08/2023).
- El mexiquense. 2018. La sierra de Tonantzin Cuautlicue el culto de nuestra madrecita la tierra, peregrinaciones en el Texaxal-Tejalpan época prehispánica. <https://elmexiquensehoy.blogspot.com/2018/01/la-sierra-de-tonantzin-cuautlicue-el.html> (24/08/2023).
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. <http://www.fao.org/nr/solaw/solaw-home/en/> (22/08/2023).
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2020. Evaluación de los recursos forestales mundiales. <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/es> (05/09/2023).
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2022. El estado de los bosques del mundo. <https://www.fao.org/publications/sofo/2022/es/#:~:text=La%20edici%C3%B3n%20de%202022%20de,de%20los%20Dirigentes%20reunidos%20en> (05/09/2023).
- Freeman, LC. 1978. Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Soc. Netw.* 1. 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7).
- González AM. 1992. Los bosques de las tierras mexicanas: La gran tendencia. *El cotidiano*. 48, pp.3-6.
- Groce JE, Farrelly MA, Jorgensen BS, Cook CN. 2019. Using social-network research to improve outcomes in natural resource management. *Conservation Biology*. 33(1). 53-65. doi: 10.1111/cobi.13127.
- Guojing Y, Junhao L, Lihua Z. 2021. Considerations on forest changes of Northwest China in past seven decades. *Frontiers in Environmental Science*. 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.589896>
- Hanneman, RA, y Riddle M. 2005. Introduction to Social Network Methods, University of California, Riverside. <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/> (05/09/2023).
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/index.htm> (27/08/2023).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1970. IX Censo General de población, Estado de México 1970.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1980. X Censo General de población y vivienda, Estado de México 1980.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1990. XI Censo General de población y vivienda, Estado de México 1990.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2000. XII Censo General de población y vivienda, Estado de México 2000.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados del Cuestionario Ampliado, Estado de México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. Sistema de consulta: Mapa digital de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjQ2OTIOLGxvbjotOTkuMDg5MTMsejo1LGw6Y2VvZA==&THEME=EOD> (17/07/2023).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2021. Censo de Población y vivienda 2020: Tabulados del Cuestionario Ampliado, Estado de México.
- Kyriakopoulou E, Xepapadeas A. 2021. Natural Resource Management: A Network Perspective. *Environmental and Resource Economics*, 80, pp. 221–256. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00583-9> (11/01/2024).
- Latour B. 2008. *Reensamblar lo social*. Buenos Aires, Ediciones Manantial
- Lawrence D, D'Odorico P, Diekmann L, Eaton J. 2007. Ecological feedbacks following deforestation create the potential for a catastrophic ecosystem shift in tropical dry forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. 104(52). <https://doi.org/10.1073/pnas.0705005104>
- Leyva OÁ. 2016. Sistema de cómputo para el procesamiento y análisis de datos del inventario nacional forestal y de suelos. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. México. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/3493>
- Martínez-López LA, Albóres-Zarate B, Aranda-Sánchez JM, Arreola-Ayala Á, Beato-King R. 1998. Historia general del Estado de México, de la Revolución a 1990. El Colegio de México. <https://pieg.colmex.mx/investigadoras/images/docsoledad/8.pdf> (15/08/2023).
- Matous P, Todo Y. 2015. Exploring dynamic mechanisms of learning networks for resource conservation.

- Ecology and Society. 20(2). doi:10.5751/ES-07602-200236
- Merino L, Ortiz G, Martínez AE, García A. 2011. Análisis rápido del sector forestal en México. Instituto de Investigaciones Sociales-UNAM y Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. <https://www.ccmss.org.mx/acervo/analisis-rapido-del-sector-forestal-en-mexico/> (22/08/2023).
- Molina JL. 2001. El análisis de redes sociales: Una introducción. Barcelona, Ed. Bellaterra, 128 p.
- Muñoz FHJ, Coria AVM, García SJJ, Velasco BE, Martínez MG. 2012. Evaluación de una plantación de *Pinus greggii* Engelm. con dos espaciamientos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3(11). 57-70. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i11.517>.
- Newig J, Günther D, Pahl-Wostl C. 2010. Synapses in the Network: Learning in Governance Networks in the Context of Environmental Management. *Ecology and Society* 15(4). 24. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art24/> (11/01/2024).
- Núñez EJE. 2020. Estructura y autoorganización comunitaria: elementos de resiliencia social para escenarios de desastres. *Cultura y Representaciones Sociales*. 15(29). 331-364.
- OCDE/CAF/CEPAL (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/ Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe/ Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2018. Perspectivas económicas de América Latina 2018: repensando las instituciones para el desarrollo. Editores: OCDE/CAF/CEPAL. Francia. <http://dx.doi.org/10.1787/leo-2018-es>.
- Ogundele A, Micheal O, Adebisi O. 2016. Deforestation in Nigeria: The needs for urgent mitigating measures. *International Journal of Geography and Environmental Management*. 2(1). 15-26.
- Paletto A, Balest J, De Meo I, Giacobelli G. 2016. Power of forest stakeholders in the participatory decision making process: A case study in Northern Italy. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 12(1). 9-22. doi:10.1515/aslh-2016-0002.
- PAOT (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial). 2002. Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010. <http://www.paot.org.mx/centro/libros/proaire/cap02.pdf> (30/06/2023).
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2014. Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Sostener el Progreso Humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia. <https://www.undp.org/es/publications/informe-sobre-desarrollo-humano-2014> (30/06/2023).
- PROBOSQUE (Proteccion de Bosques del Estado de México). 2023. Campaña estatal de reforestación. <http://probosque.edomex.gob.mx/per> (10/07/2023).
- PROBOSQUE (Proteccion de Bosques del Estado de México). 2023b. Convocatorias y reglas de operación 2023. <https://probosque.edomex.gob.mx/sites/probosque.edomex.gob.mx/files/files/convocatorias/2023/convocatoria2023> (07/08/2023).
- Ramos-Vidal I. 2015. Análisis de redes sociales: una herramienta efectiva para evaluar coaliciones comunitarias. *Revista de Salud Pública*. 17(3). 323-336. <https://doi.org/10.15446/rsap.v17n3.43051>.
- Rodríguez-Aguilar O, Trench T. 2020. Análisis de los actores sociales en la implementación de políticas forestales: el caso de la Asirmi. *Madera y Bosques*. 26(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2621961>.
- Rosete-Vergés FA, Pérez-Damián JL, Villalobos-Delgado M, Navarro-Salas EN, Salinas-Chávez E, Remond-Noa R. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y bosques*. 20(1). 21-35. <https://doi.org/10.21829/myb.2014.201173>.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Scott M. 2015. Re-theorizing social network analysis and environmental governance: Insights from human geography. *Progress in Human Geography*, 39(4). 449–463. doi: 10.1177/0309132514554322
- Secretaría del Campo. 2023. Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE). <https://probosque.edomex.gob.mx/> (13/09/2023).
- Secretaría del Medio Ambiente. 2018. Gobierno del Estado de México: Áreas Naturales Protegidas. https://sma.edomex.gob.mx/areas_naturales_protegidas#:~:text=Las%20C3%81reas%20Naturales%20Protegidas%20del,que%20ofrecen%20a%20la%20poblaci%C3%B3n (22/07/2023).
- Secretaría del Medio Ambiente. 2023. Coordinación General de Conservación Ecológica. https://sma.edomex.gob.mx/coordinacion_general_de_conservacion_ecologica (03/09/2023).
- SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México). 2022. ¿Qué son las ANP? <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/rally/pex/assets/pages/anp.php> (20/07/2023).
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2021. Servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida: <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/servicios-ambientales-o-ecosistemas-esenciales-para-la-vida> (02/09/2023).
- SNMF (Sistema Nacional de Monitoreo Forestal). 2023. Deforestación en México de 2001-2021. Recupera-

- do de: <https://snmf.cnf.gob.mx/deforestacion/> (14/11/2023).
- Trench T, Larson AM, Libert AA, Ravikumar A. 2018. Análisis de la gobernanza multinivel en México: Lecciones para REDD+ de un estudio sobre cambio de uso del suelo y distribución de beneficios en Chiapas y Yucatán. Centro para la Investigación Forestal Internacional. Indonesia. Doi: 10.17528/cifor/006292
- Torres RJM. 2021. Factores ambientales y físicos que afectan la supervivencia de siete especies forestales en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.12(64). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i64.831>.
- WWF (World Wildlife Fund). 2021. Frentes de deforestación. Causas y respuestas en un mundo cambiante. <https://www.wwf.es/?55920/Informe-Frentes-de-Deforestacion> (20/09/2023).