



ETHNOBOTANY OF USEFUL TREES IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE SIERRA DE ZONGOLICA, VERACRUZ, MEXICO †

[ETNOBOTÁNICA DE ÁRBOLES ÚTILES EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE LA SIERRA DE ZONGOLICA, VERACRUZ, MÉXICO]

Miguel Ángel Vega-Ortega¹, Sergio Ignacio Gallardo-Yobal¹, Adolfo de Jesús Rebolledo-Morales² and Claudia Ivett Contreras Hernández^{1*}

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carr. a La Compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica, Veracruz, México.

Email: miguel_vega_pd559@zongolica.tecnm.mx;

sergio_gallardo_pd@zongolica.tecnm.mx; claudiacontrerashernandez@gmail.com.

²Instituto de Investigaciones en Medio Ambiente Xavier Gorostiaga, S.J. Universidad Iberoamericana. Blvd. del Niño Poblano No. 2901, Colonia Reserva Territorial Atlixcáyotl, San Andrés Cholula, Pue. C. P. 72820. Email: adolfo411@gmail.com.

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Traditional ecological knowledge generated by different human groups is manifested in the various forms of appropriation of nature, particularly by intervening in the growth processes of plant species to take advantage of them and maintain them in the long term. The sierra of Zongolica is one of the most important indigenous areas in Mexico, where the use of forest resources is part of their livelihoods. There is evidence that in this region trees are used as raw material for furniture, construction, food, charcoal and firewood. **Objective:** To learn about the diversity, main uses and importance of multipurpose trees within agroforestry systems in the Sierra de Zongolica, Veracruz. **Methodology:** 74 semi-structured interviews and direct observations were conducted on the land of the interviewees and analyzed using a mixed approach, through a social network analysis to determine the main uses of the trees. **Results:** A total of 79 species of useful trees were recorded, belonging to 41 taxonomic families, of which the Fabaceae family was the most abundant with 4 species recorded. Sixty-two genera were found, of which the most abundant was the *Quercus* genus. Ninety-five percent of the informants were men around 50 years of age, demonstrating that they are the ones in charge of the productive activities and that they are the ones with the knowledge about the use and management of the trees. The household is made up of an average of 4 people, which makes it difficult to work in the fields due to the scarcity of family labor, which could jeopardize productive activities because people outside the family must be employed to use and manage the trees. **Implications:** Since wood energy, construction, medicinal and food uses are of vital importance in this work, sustainable management practices should be implemented, such as selective harvesting, replanting and local tree management, so that firewood collection and trade benefit both rural areas and the environment. **Conclusions:** About 79 useful tree species were identified in Zongolica's agroforestry systems, demonstrating the diversity of natural resources in the region. These species are fundamental to the local economy and environmental conservation, providing firewood, food, medicines and construction materials for local communities. It is crucial to value and protect these forest resources to ensure their continuity and contribute to the sustainability of agroforestry systems in Zongolica.

Key words: migration; species diversity; charcoal; firewood; *Quercus*.

RESUMEN

Antecedentes: El conocimiento ecológico tradicional generado por los diferentes grupos humanos se manifiesta en las diversas formas de apropiación de la naturaleza, particularmente al intervenir en los procesos de crecimiento de especies vegetales para aprovecharlas y mantenerlas a largo plazo. La sierra de Zongolica es una de las zonas indígenas más importantes de México, donde el uso de los recursos forestales forma parte de sus medios de vida. Existe evidencia de que en esta región los árboles son usados como materia prima para muebles, construcción, alimentos, carbón vegetal y leña. **Objetivo:** Conocer la diversidad, sus principales usos y la importancia de los árboles multipropósito dentro de

† Submitted April 23, 2024 – Accepted September 28, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5592>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID: M. Á. Vega-Ortega: <https://orcid.org/0000-0001-7263-6858>; S. I. Gallardo Yobal: <https://orcid.org/0000-0001-6118-7065>; A. J. Rebolledo-Morales: <https://orcid.org/0000-0003-0607-3625>; C. I. Contreras Hernández: <https://orcid.org/0009-0008-3710-9671>

los sistemas agroforestales en la sierra de Zongolica, Veracruz. **Metodología:** Se realizaron 74 entrevistas semiestructuradas y observaciones directas en los terrenos de los entrevistados, se analizaron mediante un enfoque mixto, a través de un análisis de redes sociales para determinar los usos principales de los árboles. **Resultados:** En total se registraron 79 especies de árboles útiles, pertenecientes a 41 familias taxonómicas, de las cuales, la familia Fabaceae fue la más abundante con 4 especies registradas. Se encontraron 62 géneros, de los cuales, el más abundante fue el género *Quercus*. El 95% de los informantes fueron hombres de alrededor de 50 años, demostrando que son ellos los encargados de las actividades productivas y que son los poseedores del conocimiento sobre el uso y manejo de los árboles. El hogar está conformado en promedio por 4 personas, lo cual dificulta el trabajo en el campo por la escasez de mano de obra familiar, lo que podría poner en riesgo las actividades productivas, debido a que se deben emplear personas ajenas a la familia para poder usar y manejar los árboles. **Implicaciones:** Debido que los usos dendroenergéticos, construcción, medicinal y alimenticio son de vital importancia en este trabajo, se deben implementar prácticas de gestión sostenible, como la recolección selectiva, la replantación y la gestión local del arbolado, para que la recolección y el comercio de leña beneficien tanto a las zonas rurales como al medio ambiente. **Conclusiones:** En los sistemas agroforestales de Zongolica se identificaron alrededor de 79 especies de árboles útiles, demostrando la diversidad de recursos naturales en la región. Estas especies son fundamentales en la economía local y en la conservación del medio ambiente, al proporcionar leña, alimentos, medicinas y materiales de construcción para las comunidades locales. Es crucial valorar y proteger estos recursos forestales para garantizar su continuidad y contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agroforestales en Zongolica. **Palabras clave:** migración; diversidad de especies; carbón vegetal; leña; *Quercus*.

INTRODUCCIÓN

Las sociedades humanas han marcado su influencia en la conformación de los paisajes donde habitan (McNeely, 2004). En algunas regiones, se ha garantizado la conservación de la naturaleza a través del desarrollo de diversas prácticas de uso y manejo de las especies, a la vez que han cubierto sus necesidades básicas (Michon y De Foresta, 1999). El conocimiento ecológico tradicional generado por los diferentes grupos humanos se manifiesta en las diversas formas de apropiación de la naturaleza, al intervenir los procesos de crecimiento de especies vegetales para aprovecharlas y mantenerlas a largo plazo (Berkes, 2000).

En los bosques bajo manejo, la regeneración no solo depende de los procesos naturales, sino de las acciones humanas que promueven la reproducción de las especies de interés (Fredericksen y Putz, 2003). Cuando los miembros de una comunidad hacen uso de los recursos forestales, ya sea de manera individual o colectiva, solos o con agentes externos, con la finalidad de obtener algún tipo de producto, se le conoce como manejo forestal tradicional (Bray y Merino, 2007). Estos sistemas de manejo tradicional incorporan conocimientos sobre procesos ecológicos e intervenciones humanas, su objetivo es mantener los recursos forestales y estimular la producción de ciertos recursos de sustento diario (Michon *et al.*, 2007). A pesar de su importancia, la amplia gama de conocimientos, prácticas, estrategias y las dimensiones sociales, las investigaciones sobre el manejo forestal tradicional en varias partes del mundo siguen siendo poco reconocidas por las políticas públicas y forestales (Michon *et al.*, 2007; Genin *et al.*, 2013).

El conocimiento tradicional se expresa en las cosmovisiones, procesos y prácticas tradicionales desarrolladas en condiciones específicas (Altieri y Nicholls, 2000). Este conocimiento sobre la vegetación se puede reconocer en los denominados sistemas agroforestales, en los cuales se identifican diferentes niveles de intervención sobre las especies presentes (Moreno-Calles *et al.*, 2014). Estos sistemas, además de los productos generados, proveen servicios ecosistémicos a escala local, regional y global, conservan especies nativas, endémicas, de valor tradicional y cultural (McNeely, 2004). El sistema agroforestal puede entenderse como el conjunto de componentes (agrícolas, forestales y pecuarios), los cuales están relacionados de tal manera que establezcan relaciones entre ellos, con el objetivo de obtener diversos tipos de beneficios para el campesino (Nair, 1985).

Los sistemas agroforestales tradicionales son los desarrollados por comunidades indígenas y campesinas en diversas partes del mundo para cubrir sus necesidades básicas. Por ejemplo, generar productos alimenticios, combinando árboles nativos con cultivos, donde los árboles multipropósito mejoran el sistema agroforestal, incorporando diferentes productos para venta (frutos, madera, etc.), además de proveer beneficios como fijar nitrógeno, como cortavientos, cinturones de protección o alrededor de los campos. Estos sistemas están orientados al auto abasto familiar, sin embargo, por la venta de productos derivados de este sistema proporciona el doble de ingresos, mejorando la situación económica de los campesinos (Reyes *et al.*, 2005). Por otra parte, se mantienen especies de árboles nativos e introducidos que están orientados al auto abasto y la venta de sus productos, además de que proveen diversos beneficios como leña, forraje, frutos, construcción y sombra

(Moreno-Calles *et al.*, 2014; Vallejo *et al.*, 2016). Los sistemas agroforestales son importantes reservorios de diversidad nativa, logran mantener altos niveles de riqueza y diversidad vegetal, mediante el manejo, conservan la diversidad genética de las especies (Vallejo *et al.*, 2016).

Algunos autores incluyen en sus definiciones y análisis los árboles que forman parte de distintos sistemas agroforestales; Michon (2007) hace notar que los árboles se configuran en sistemas agroforestales como un mosaico con diferentes niveles de intervención, que integran la producción y la conservación con dimensiones sociales, políticas y espirituales. Por su parte, Genin *et al.* (2013) los refiere como sistemas agroforestales que contribuyen a la identidad de territorios rurales, que sustentan los medios de vida locales, además de configurar paisaje y ecosistemas, estos sistemas han sido manejados mediante prácticas refinadas a lo largo de varias generaciones. A su vez, Wiersum (2004) propone que los bosques naturales reconstruidos donde convergen plantas silvestres y cultivadas, y que conservan algunas características estructurales y procesos ecológicos de los bosques naturales. Por otra parte, Hervé & Vidal (2008) proponen el término de “huertos forestales”, en los cuales identifican que la composición de especies y la estructura son cercanas a las contenidas por los bosques naturales. Finalmente, la importancia de los árboles en sistemas agroforestales ha sido documentada en la propuesta de términos para definir o analizarlos a partir de sus componentes forestales y su manejo, entre estos destacan: bosques locales, bosques comunitarios, bosques tradicionales, bosques sagrados, bosques campesinos, jardines forestales y agroforestales (Gadgil y Vartak, 1975; Long y Nair, 1999; Ormsby y Bhagwat, 2010).

El mantenimiento deliberado de especies leñosas en los sistemas agroforestales tradicionales podría compensar, en parte, la elevada tasa de deforestación, en lo que respecta a la conservación de la diversidad vegetal, esta función de los sistemas agroforestales tradicionales está poco documentada (Asfaw y Lemenih, 2010). Como reconocen Bardhan *et al.* (2012) y Carrari *et al.* (2016) en sus investigaciones comparando parcelas agroforestales, encontraron que mediante el manejo de especies promovían o mantenían especies forestales que ya no se encontraban en bosques naturales cercanos. Como lo observan Long y Nair (1999), el número de especies forestales mantenido en sistemas agroforestales es de vital importancia y han sido conservadas por su manejo prolongado (Rai *et al.*, 2002).

En Zongolica se reconocen la presencia de diversos sistemas agroforestales, donde el arbolado se dispone estructural y secuencialmente en dos conformaciones;

árboles aislados donde se obtienen diversos beneficios como frutos, muebles y fragmentos de bosque con producción de carbón vegetal y leña, los cuales han sido tradicionalmente un medio de subsistencia que se realiza en pequeñas parcelas minifundistas (López Binnqüist *et al.*, 2020). Basado en lo anterior se propone la siguiente pregunta ¿Cuáles son las especies forestales y sus usos principales dentro de sistemas agroforestales de la sierra de Zongolica? Con ese fin, este trabajo se realizó con el objetivo de conocer la diversidad, sus principales usos y la importancia de los árboles multipropósito dentro de los sistemas agroforestales en la sierra de Zongolica, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La sierra de Zongolica se ubica en la parte central del estado de Veracruz, en la Sierra Madre Oriental. La sierra de Zongolica una es de las zonas indígenas más importantes de México, con una población total de 173,891 habitantes, de los cuales 73% son nahuahablantes (Del Val *et al.*, 2008; INEGI, 2017). Está conformada por 14 municipios con alta densidad poblacional (INEGI, 2017). Este trabajo, se realizó en 38 comunidades de los municipios de San Andrés Tenejapa, Tequila, Zongolica, Atlahuilco, Tlaquilpa, Mixtla de Altamirano, Texhuacan, Soledad Atzompa y Xoxocotla (Figura 1). La sierra presenta un clima templado subhúmedo con una temperatura media anual de 13.6 °C a 20 °C (INEGI, 2018). El suelo es luvisol, regosol y kárstico, en el que predominan cerros, lomas y depresiones de laderas amplias con pendientes de 5% hasta 30% (Medina-Chena *et al.*, 2010). Presenta una variación altitudinal que va de los 500 a los 3000 msnm (INEGI, 2018); este rango se refleja en 4 tipos de vegetación característicos: bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, selva alta y mediana perennifolia.

La tenencia es pequeña propiedad minifundista, con el 77% pequeña propiedad, 22% ejidal y 1% propiedad comunal, donde predominan las parcelas con un promedio de 3 hectáreas, muy por debajo del promedio estatal de 9.9 hectáreas (INEGI, 2007). Se ha registrado una agricultura de uso múltiple o diversificado del suelo, donde predomina el uso agrícola con milpa, los encinos para carbón y leña, y áreas de pastoreo de borregos para lana de textiles tradicionales en diversos sistemas agroforestales; sistema agroforestal donde de milpa intercalada con encinos, sistema agroforestal con fragmento de bosque para leña y carbón, sistema agroforestal con fragmento de pinos para madera, sistema agroforestal con fragmento de arbolado de encinos, pinos y árboles dispersos en la parcela y sistema agroforestal con presencia de cafetales (López Binnqüist *et al.*, 2020).

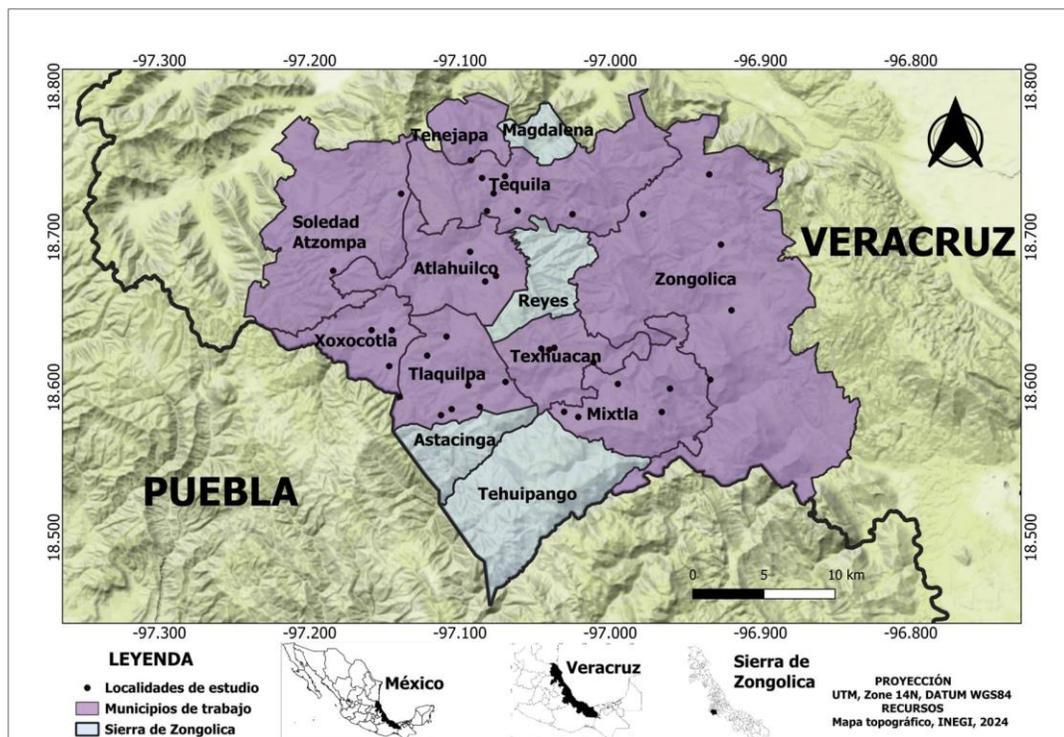


Figura 1. Ubicación de la sierra de Zongolica, con los municipios y localidades donde se realizó este estudio. Fuente: elaboración propia con datos de topográficos de INEGI (2004).

Enfoque de la investigación y diseño de instrumento de medición

Este estudio se realizó mediante el enfoque de la investigación cualitativa. El diseño de entrevista semiestructurada se realizó mediante la metodología de Ander-Egg (2003). El contenido de la entrevista se dividió en cinco secciones, incluyendo los datos generales de los entrevistados, importancia de los árboles, tendencias de abundancia, especies y usos. A todos los entrevistados se les informó sobre los objetivos del trabajo para que, de forma libre y respetuosa aceptaran las entrevistas y las observaciones directas en sus parcelas. Por acuerdo con los informantes se mantiene el anonimato en las opiniones y testimonios que se incorporan como parte de los resultados. Las entrevistas se aplicaron a los dueños de las parcelas ya que son ellos quienes deciden sobre los usos y actividades productivas, generalmente hombres de edades entre 19 a 73 años. Se realizaron 10 visitas a campo para aplicar 74 entrevistas a dueños de parcela. Para la identificación de las especies mencionadas en las entrevistas, se caracterizaron por nombre común, posteriormente se realizaron consultas para comparar con los especímenes depositados dentro del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, así como, se consultaron claves taxonómicas especializadas de la región centro del estado de Veracruz y grupos taxonómicos específicos como el género *Quercus* (Valencia-Ávalos, 1995; Rzedowski,

2006; Williams-Linera, 2012; Valencia-Ávalos y Gual-Díaz, 2014).

Análisis de datos

Las respuestas a las entrevistas se analizaron mediante el método cualitativo propuesto por Rodríguez-Sabiote (2003), el cual consiste en la transcripción de las respuestas de las entrevistas, reducción de los datos (expresiones y palabras redundantes o repetidas), disposición y transformación de datos para la obtención de resultados y la promulgación de conclusiones. Como parte de este análisis se clasificó la información para generar tablas de frecuencias (Corbetta, 2007). Respecto a la composición taxonómica, se realizó un análisis descriptivo de los datos, para determinar el número de especies y géneros (Müller-Dombois y Ellenberg, 1974). Para determinar la relación e importancia de los usos de con las especies encontradas, se realizó un análisis de redes complejas mediante el software UCINET-NETDRAW 6.3 (Borgatti *et al.*, 2002), lo anterior se complementó con un análisis de conglomerados mediante el método de Ward y un análisis no paramétrico de correlación de Spearman con la ayuda del paquete estadístico SPSS V.25 (Müller-Dombois y Ellenberg, 1974; SPSS, 2019). La interpretación se realizó desde la óptica de la investigación cualitativa, que busca comprender los fenómenos desde una perspectiva interpretativa de los datos (Ander-Egg, 2003).

RESULTADOS

Información demográfica de los informantes

Se entrevistaron a 74 dueños de terrenos agroforestales con presencia de árboles en sus parcelas. En su mayoría fueron varones (95%) debido a que ellos son los que realizan el trabajo de campo, sin embargo, encontramos un 5% de mujeres que conocen y manejan sus terrenos. La edad de los dueños de parcela fue muy

variable, con un rango de 19 a 73 años y un promedio de 50 años, indicando que los productores entrevistados tienen amplia experiencia en el uso y manejo de los árboles. En la disposición de mano de obra disponible para trabajar en el campo, se encontró un rango de uno a ocho integrantes del hogar y en promedio fueron cuatro integrantes de familia, lo que indica poca disposición de mano de obra para el trabajo en campo (Tabla 1).

Tabla 1. Información social, demográfica y entrevistas realizadas en la zona de estudio.

Edad	Sexo	Integrantes del hogar	Municipio	Comunidad	No. entrevistas
43	H	2	Atlahuilco	Zacamilola	
67	H	4	Atlahuilco	Zacamilola	3
57	H	4	Atlahuilco	Zacamilola	
48	H	4	Atlahuilco	Manzatonxtla	
29	M	5	Atlahuilco	Manzatonxtla	2
65	H	5	Atlahuilco	Xibtla	1
72	H	3	Mixtla de Altamirano	Acotempa	
70	H	4	Mixtla de Altamirano	Acotempa	3
69	H	6	Mixtla de Altamirano	Acotempa	
50	H	3	Mixtla de Altamirano	Axoxohuilco	
66	H	4	Mixtla de Altamirano	Axoxohuilco	3
57	H	4	Mixtla de Altamirano	Axoxohuilco	
57	H	7	Mixtla de Altamirano	Mixtla de Altamirano	1
66	H	3	Mixtla de Altamirano	Tlaxcantla	
67	H	4	Mixtla de Altamirano	Tlaxcantla	3
45	H	8	Mixtla de Altamirano	Tlaxcantla	
64	H	6	Mixtla de Altamirano	Tlachicuapa	1
73	H	6	San Andrés Tenejapan	Tlancan	1
64	H	5	Soledad Atzompa	Barrio Nuevo	
42	H	5	Soledad Atzompa	Barrio Nuevo	2
24	H	8	Soledad Atzompa	Tlaltzala	1
66	H	4	Tequila	Ahuatepec	1
63	H	4	Tequila	Comalapa	1
35	H	4	Tequila	Barrio Cotlajapa	1
26	H	3	Tequila	Barrio Santa Cruz	
26	H	4	Tequila	Barrio Santa Cruz	
62	H	5	Tequila	Barrio Santa Cruz	6
45	H	5	Tequila	Barrio Santa Cruz	
37	H	6	Tequila	Barrio Santa Cruz	
21	H	6	Tequila	Barrio Santa Cruz	
76	H	4	Tequila	Tequila	1
47	H	3	Tequila	Tolapa	
28	H	5	Tequila	Tolapa	2
52	H	4	Texhuacan	Cuautempa	1
49	H	6	Texhuacan	Centro	1
66	H	3	Texhuacan	Los Pinos	1
47	H	4	Texhuacan	Texhuacan	1
42	H	4	Tlaquilpa	El Carril	1
46	H	4	Tlaquilpa	Loma Guitarra	1
69	H	2	Tlaquilpa	Ojtlamaxalco	
51	M	4	Tlaquilpa	Ojtlamaxalco	2
52	H	2	Tlaquilpa	Pixcuahutla	
27	H	2	Tlaquilpa	Pixcuahutla	8
38	H	3	Tlaquilpa	Pixcuahutla	

Edad	Sexo	Integrantes del hogar	Municipio	Comunidad	No. entrevistas
69	H	4	Tlaquilpa	Pixcuahutla	
58	H	4	Tlaquilpa	Pixcuahutla	
49	H	4	Tlaquilpa	Pixcuahutla	
25	H	5	Tlaquilpa	Pixcuahutla	
54	H	6	Tlaquilpa	Pixcuahutla	
50	H	2	Tlaquilpa	Tecuanaxtoc	1
48	H	4	Tlaquilpa	Tenexcalco	1
47	H	1	Tlaquilpa	Tlaquilpa	1
60	H	3	Xoxocotla	Mazituaya	
47	H	3	Xoxocotla	Mazituaya	2
43	M	2	Xoxocotla	Segunda sección	
23	H	3	Xoxocotla	Segunda sección	2
47	H	6	Xoxocotla	Tula	
40	H	7	Xoxocotla	Tula	2
23	H	2	Xoxocotla	Xoxocotla	
42	H	3	Xoxocotla	Xoxocotla	3
19	H	7	Xoxocotla	Xoxocotla	
57	M	6	Zongolica	Achualco	1
71	H	5	Zongolica	Atexoxocuapa	
63	H	1	Zongolica	Atexoxocuapa	2
40	H	2	Zongolica	Ixpaluca	
55	H	4	Zongolica	Ixpaluca	
70	H	5	Zongolica	Ixpaluca	
75	H	5	Zongolica	Ixpaluca	6
58	H	3	Zongolica	Ixpaluca	
38	H	7	Zongolica	Ixpaluca	
22	H	5	Zongolica	Macuilca	1
31	H	2	Zongolica	Palapa	1
73	H	6	Zongolica	Tlanecpaquila	1

Categorías: H = Hombre, M = Mujer. Fuente: elaboración propia con datos de entrevistas.

Riqueza de especies arbóreas y sus usos principales

Se registraron 79 especies pertenecientes a 41 familias botánicas en la zona de estudio. La familia Fabaceae fue la más abundante con cuatro especies, seguida de las familias Ericaceae, Lauraceae, Malvaceae y Rosaceae con tres registros cada una, así como, 26 familias con una especie. Se encontraron 62 géneros, de los cuales, el más abundante fue el género *Quercus* con nueve especies, el género *Prunus* con cuatro especies y *Pinus* con tres especies, así como, 55 géneros con una especie cada uno.

Se encontraron 15 usos principales que las personas les dan a los árboles; leña, alimenticio, construcción, muebles, ornamental, envoltura, cultivo de larvas, carbón, utensilios de cocina, medicinal, juguetes, resina, condimento, cultivo de hongos y manualidades. El uso más mencionado fue para leña, donde 32 especies se usan para este fin (40%). Además, 23 especies son usadas para construcción (29%), y la fabricación de muebles con 19 especies (24%). Existen otras especies para diversos usos, de los cuales

destacan el uso medicinal, como el uso de la tila (*Ternstroemia sylvatica*) y sangregado (*Croton draco*), especies de uso comestible como jinicuil (*Inga jinicuil*) o los usados como base para criar y cultivar larvas comestibles (*Lippia myriocephala*), las de uso ornamental (*Vaccinium leucanthum*) o para eventos religiosos como el axocopac (*Gaultheria acuminata*). Además, las especies que son usadas regularmente para dendroenergía también lo son para construcción (*Quercus laurina*), para uso medicinal (*Quercus rugosa*). Las especies que presentaron más usos fue *Persea schiedeana* y *Pouteria sapota* con cinco usos. Las especies de *Pinus* y *Quercus* presentaron cuatro usos, demostrando que son árboles bastante importantes para la dendroenergía y elaboración de muebles, de donde se obtienen ingresos económicos (Tabla 2). La construcción de casas rústicas está en segundo lugar de importancia, mientras que la alimentación y la fabricación de muebles están en tercer lugar en importancia. Con lo anterior se evidencia la importancia de árboles en la vida diaria de los entrevistados debido a que cubren las necesidades básicas en el medio rural (Figuras 2, 3 y 4).

Tabla 2. Diversidad de especies encontradas en la zona de estudio.

Familia	Especie	Nombre común	Usos
Actinidiaceae	<i>Saurauia scabrida</i>	Pipitzo	L, A
	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Copalillo	L, MU, O
Araliaceae	<i>Dendropanax sp.</i>	Zapotillo	L, C, MU
	<i>Oreopanax echinops</i>	Cinco hojas	L, E
Asteraceae	<i>Lepidaploa sp.</i>		L, CL
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Illites	L, CR
	<i>Carpinus caroliniana</i>	Moralillo	L, C, CR
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>	Jicarillo	U
	<i>Tabebuia rosea</i>	Guayacán	L, MD
Burseraceae	<i>Bursera sp.</i>	Palo Mulato	C, MD
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	Ixpepe	L
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	C
Chrysobalanaceae	<i>Licania platypus</i>	Sonzapote	C, A, MU
Clethraceae	<i>Clethra mexicana</i>	Cucharilla	L, CR
Combretaceae	<i>Terminalia oblonga</i>	Guayabillo	C, MU
Cordiaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Axocopac	L, MU
Cupressaceae	<i>Cupressus sp.</i>	Ciprés	C, MU
	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuete	L
Ebenaceae	<i>Diospyros nigra</i>	Zapote negro	L, A, MU
Ericaceae	<i>Arbutus sp.</i>	Madroño	L, CR, CO
	<i>Gaultheria acuminata</i>	Axocopac	O
	<i>Vaccinium leucanthum</i>	Tizmole	L
	<i>Croton draco</i>	Sangregado	L
Euphorbiaceae	<i>Acacia angustissima</i>	Timbre	L
Fabaceae	<i>Inga jinicuil</i>	Jinicuil	L, A
	<i>Inga vera</i>	Chalahuite	L, A
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Guaje	L, A
	<i>Lysiloma acapulcense</i>	Tepehuaje	L, C, O
	<i>Vachellia farnesiana</i>	Huizache	L, CR
	<i>Quercus affinis</i>	Encino delgado	L, C, CA
	<i>Quercus calophylla</i>	Encino blanco	L, C, CR, E
	<i>Quercus crassifolia</i>	Encino tolompo	L, C, CR
Fagaceae	<i>Quercus elliptica</i>	Encino	L, CR
	<i>Quercus insignis</i>	Chicalawuatl	L, C, CR, J
	<i>Quercus laurina</i>	Encino delgado	L, C, CR
	<i>Quercus polymorpha</i>	Encino blanco	L, C, CR
	<i>Quercus rugosa</i>	Encino negro	L, C, CR
	<i>Quercus skinneri</i>	Encino	L, C, CR, J
	<i>Vismia baccifera</i>	Achiotillo	L, MU
	<i>Juglans pyriformis</i>	Nogal	A, MU
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>	Laurel	MD
	<i>Ocotea sp.</i>	Aguacatillo	C, MU
	<i>Persea americana</i>	Aguacate	L, A, MD, CO
	<i>Persea schiedeana</i>	Chinene	L, C, A, MD, CO
Leguminosae	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocuite	L, A, MD
Magnoliaceae	<i>Magnolia mexicana</i>	Yoloxochitl	MD, E
	<i>Magnolia vovidesii</i>	Eloxochitl	MD, E
Malvaceae	<i>Bernullia flammea</i>	Amapola	L, C
	<i>Ceiba pentandra</i>	Pochote	C, MU, MD
	<i>Heliocarpus americanus</i>	Jonote	L, C, MU, CH
	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Jonote	L, C, MU, CH
Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	Capulincillo	L
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	MU, MD
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	L, A
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Gayaba	L, A, MD
	<i>Syzygium jambos</i>	Pomarosa	L, C, A

Familia	Especie	Nombre común	Usos
Ostreidae	<i>Ostrea virginiaia</i>	Pepinque	L, C
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia sylvatica</i>	Flor de Tila	L, MD
Picramniaceae	<i>Picramnia antidesma</i>	Caregre	L, C, CR
Pinaceae	<i>Abies hickelii</i>	Oyamel	C, R
	<i>Pinus patula</i>	Ocote	L, C, MU, CR
	<i>Pinus pseudostrabus</i>	Ocote	C, MU, MA
	<i>Pinus teocote</i>	Ocote	L, C, MU
Platanaceae	<i>Platanus mexicana</i>	Álamo	MU
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i>	Tejocote	L, A
	<i>Prunus cortapico</i>	Pan caliente	L
	<i>Prunus domestica</i>	Ciruelo	L, A
	<i>Prunus persica</i>	Durazno	L, A
	<i>Prunus salicifolia</i>	Capulín	L, A
	<i>Pyrus communis</i>	Pera	L, A
Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i>	Zapote blanco	L, A, MD
	<i>Citrus sp.</i>	Naranja	L, A, MD
Salicaceae	<i>Salix babylonica</i>	Sauce	L, MD
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Quiebra hacha	C
	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Mamon	L, A
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i>	Mamey	L, C, A, MU, MD
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Tinixcohuitl	L, MD
Verbenaceae	<i>Citharexylum mocinoi</i>	Aceitunillo	L, C
	<i>Lippia myriocephala</i>	Popotoca	L

Categorías: L = Leña, A = Alimenticio, C = Construcción, MU = Muebles, O = Ornamental, E = Envoltura, CL = Cultivo de larvas, CR = Carbón, U = Utensilios de cocina, MD = Medicinal, J = Juguetes, R = Resina, CO = Condimento, CH = Cultivo de hongos, MA = Manualidades. Fuente: elaboración propia con datos de entrevistas.

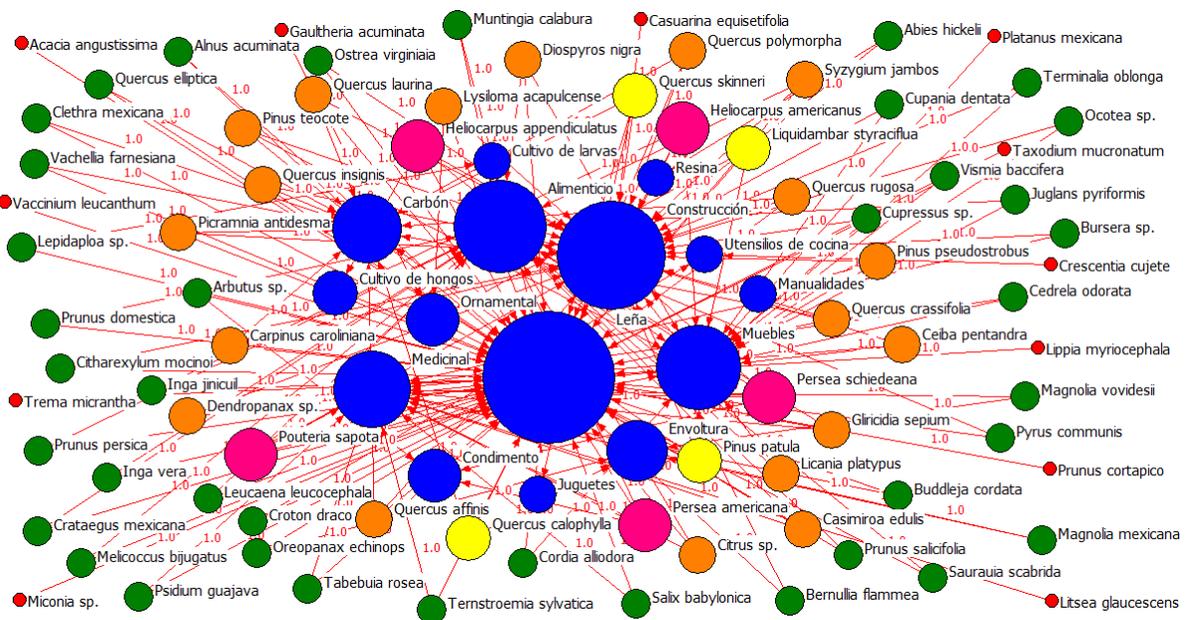


Figura 2. Análisis de redes complejas sobre los usos principales de las especies forestales en la sierra de Zongolica. El tamaño de los círculos representa las relaciones que se encontraron entre ellos. Los círculos de color azul representan los usos de los árboles, el círculo más grande representa a la leña con 61 o 33% especies usadas para este fin, la construcción presentó 32 o 17% especies usadas, alimenticio con 21 o 11% especies y muebles con 22 o 11% especies, medicinal con 17 o 9% de las especies. Los círculos de colores representan a los usos de cada especie (rosa = 5 o 33% de los usos, amarillo = 4 o 27% de los usos, naranja = 3 o 20% de los usos, verde = 2 o 13% de los usos y rojo = 1 o 7% de los usos). Las líneas naranjas representan la relación entre los nodos, las flechas indican el sentido de la relación. Fuente: elaboración propia con datos de entrevistas.

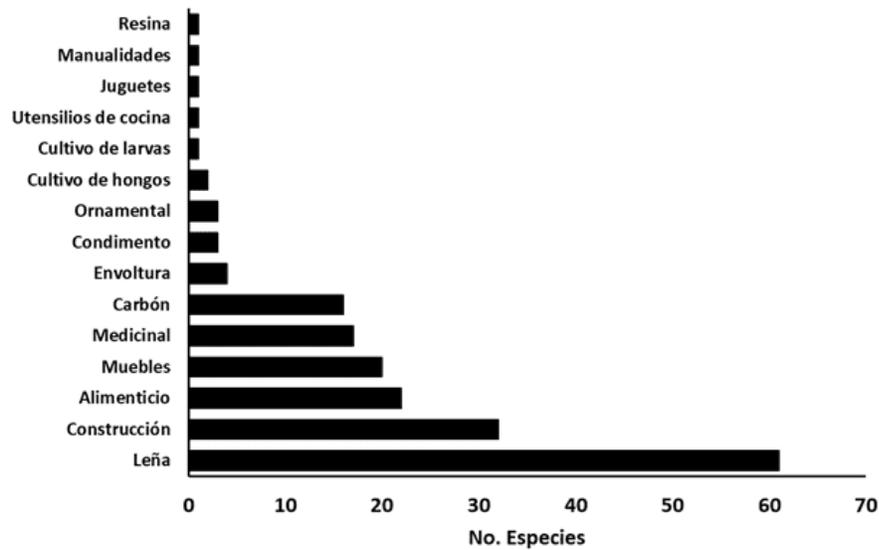


Figura 3. Principales usos de las especies forestales. Fuente: elaboración propia con datos de entrevistas.

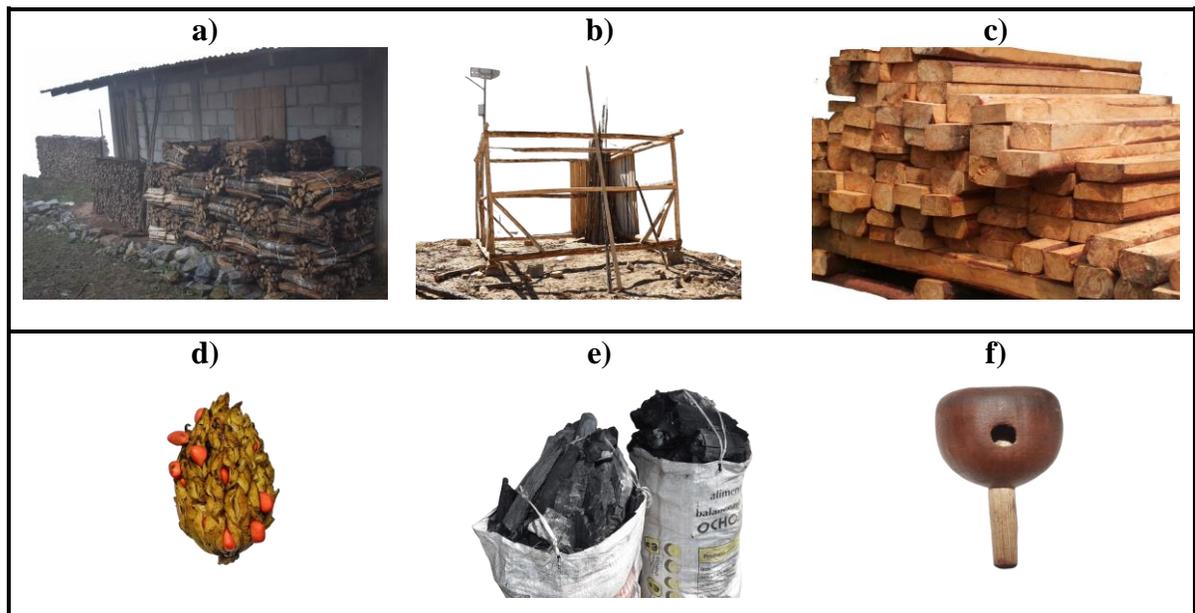


Figura 4. Principales usos de las especies forestales. Inciso a) leña, b) construcción, c) madera para muebles, d) frutos medicinales, e) carbón vegetal y f) trompo para juegos. Fuente: elaboración propia con fotografías de Miguel Ángel Vega Ortega, Sergio Ignacio Gallardo Yobal y Antonio Sierra Huelsz.

Las especies forestales fueron usadas para solventar necesidades básicas de los entrevistados en la zona de estudio; se busca primeramente garantizar la subsistencia energética para cocinar los alimentos y calentar el hogar, y de manera secundaria, la fabricación de muebles, alimenticio, medicinal y la obtención de ingresos mediante la venta de carbón vegetal (Figura 4). Esto se reconoció mediante la relación que existe entre estos usos y las especies

mencionadas (Figura 5). Finalmente, el atributo que se relacionó con la presencia de especies y sus usos fue la edad del entrevistado, particularmente se evidencia una relación positiva entre la edad y el número de especies presentes ($\rho=0.97$; $p<0.05$), a mayor edad del entrevistado mayor número de especies tiene en sus terrenos y las usa para más objetivos.

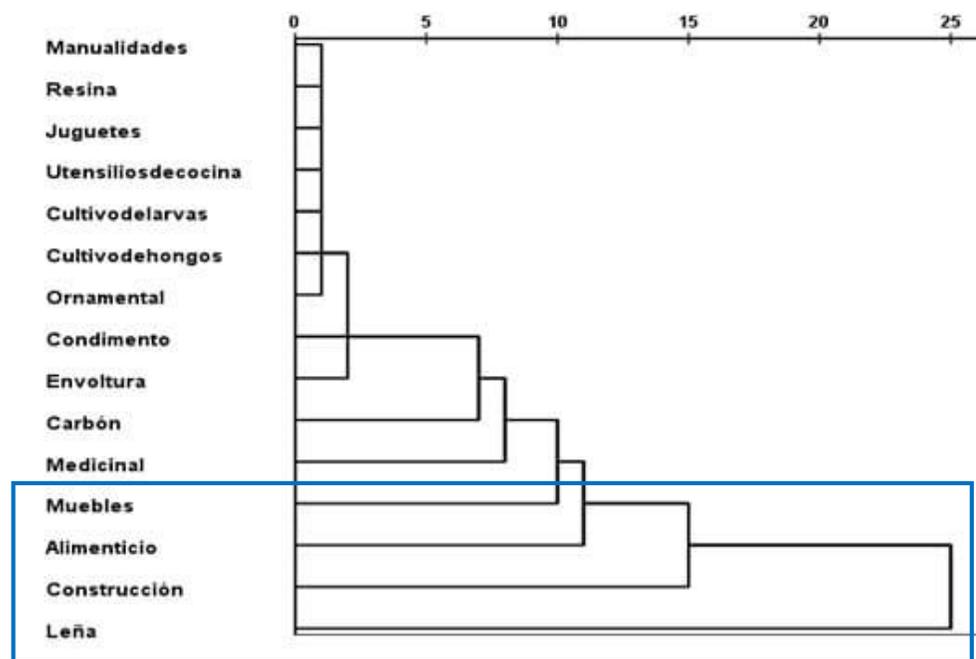


Figura 5. Relación de los principales usos de las especies forestales en la sierra de Zongolica. Fuente: elaboración propia con datos de entrevistas, dendrograma realizado con el método de Ward. Recuadro azul representa los usos más mencionados.

DISCUSIÓN

Información de los informantes

Las condiciones biofísicas, productivas, sociales, económicas y políticas que predominan en la sierra de Zongolica se evidencian en un paisaje profundamente transformado, donde el territorio muestra la acción de sus pobladores durante largo tiempo. Se trata de una región dominada por bosques secundarios y zonas agrícolas, con un gran número de pequeñas localidades rurales. El uso diversificado del paisaje se ha desarrollado como una adaptación a las condiciones marginales de sus suelos, topografía abrupta, y a la fragmentación de la propiedad de la tierra (López Binnqüist *et al.*, 2020). En la sierra de Zongolica se puede reconocer el profundo conocimiento y adaptación de los habitantes sobre las difíciles condiciones biofísicas del entorno y a los ciclos de crecimiento de la vegetación (Vega-Ortega *et al.*, 2021), lo que se refleja en la obtención de productos primarios para autoconsumo, constituyendo la base de los medios de vida de los campesinos, donde los cultivos agrícolas como maíz, frijol, avena, entre otros, proporcionan alimentos que garantizan la subsistencia alimentaria. Por otra parte, los árboles complementan al sistema con materia prima para construcción y productos secundarios para venta, que en este caso fue el carbón vegetal, la leña y la madera para fabricación de muebles (López Binnqüist *et al.*, 2020). La combinación de árboles de rápido crecimiento en

campos de producción de cultivos como maíz, soya, avena entre otros, permite satisfacer las necesidades de los habitantes locales y preservar los recursos forestales (Long y Nair, 1999). El uso eficiente de parcela se caracteriza por promover una alta diversidad de especies vegetales como árboles maderables, frutales y cultivos (Rahman *et al.*, 2016).

Una de las características sociales que influye directamente en la diversidad de especies forestales es la edad de los campesinos, entre más años tengan pueden tener un mayor conocimiento y comprensión del manejo de las especies, como la conservación de las semillas, la propagación de los árboles y las prácticas culturales de cada especie (Asfaw y Lemenih, 2010; Baumgart-Getz *et al.*, 2012). Esto se debe a que los agricultores de mayor edad han aprendido estas prácticas de sus padres y abuelos, además de haber tenido mayor tiempo de manejo del arbolado (Isaac *et al.*, 2007; Baumgart-Getz *et al.*, 2012). Por otra parte, los campesinos de mayor edad pueden apreciar más la importancia de la diversidad de especies forestales, probablemente debido a que pudieron haber experimentado de primera mano los impactos de la pérdida del arbolado, con consecuencias en la disminución de los rendimientos, aumento de plagas y enfermedades, entre otros (Isaac *et al.*, 2007; Andersson y D'Souza, 2014). Los adultos pueden tener un mayor sentido de la administración y responsabilidad hacia los recursos forestales, debido a que tienen una perspectiva a largo plazo de los diversos

problemas relacionados con el campo, tener mayor capital social y cultural, y el hecho de haber establecido relaciones con otros campesinos, instituciones o líderes comunitarios, obteniendo de esta manera un profundo conocimiento sobre las dinámicas ecológicas y sociales del bosque (Asfaw y Lemenih, 2010; Baumgart-Getz *et al.*, 2012).

Lo anteriormente mencionado, puede explicar lo reportado en Zongolica, la mayoría de los informantes fueron hombres que en promedio tienen 50 años de edad, demostrando que son precisamente ellos los encargados de las actividades productivas en el monte o en la milpa, además, son los poseedores del conocimiento sobre el uso y manejo de los árboles, así como, se demostró que son precisamente los adultos los que poseen mayor experiencia y conocimiento sobre las especies presentes en su entorno, así como, la manera de usarlas y manejarlas.

Por otra parte, se logró identificar que en promedio los hogares están integrados por cuatro personas, lo cual dificulta el trabajo en el campo por la escasez de mano de obra familiar, lo que podría poner en riesgo las actividades productivas debido a que se emplean personas ajenas a la familia para poder usar los árboles en sus terrenos. Lo anterior se evidencia debido a que se considera que el número de miembros de una familia campesina puede influir en la diversidad de especies de varias maneras. Por un lado, las familias más numerosas pueden tener una mayor variedad de conocimientos y habilidades, lo que puede dar lugar a un mayor número de especies forestales, debido a que cada miembro de la familia puede aportar sus propias experiencias y perspectivas únicas, lo cual, pueden ayudar a la familia a adaptarse a las condiciones cambiantes (Isaac *et al.*, 2007; Pérez y Matiz-Guerra, 2017). Por otro lado, las familias más numerosas tienen acceso a más tierras y recursos humanos, lo que puede permitirles manejar y cultivar una mayor variedad de árboles, por el esfuerzo humano que requiere (Andersson y D'Souza, 2014). Esta característica es especialmente importante en zonas donde la tierra es escasa, ya que las familias más numerosas pueden permitirse mejor los costes de adquisición y mantenimiento de la tierra. Esto se comprueba en Zongolica donde los terrenos son pequeños y de difícil labranza (López Binnqüist *et al.*, 2020).

Se ha documentado que las familias numerosas pueden ser más resistentes a las tensiones y perturbaciones naturales como incendios, deslaves, inundaciones y situaciones adversas de mercado (comunes en Zongolica). Cuando la familia es numerosa se comparte de manera más equitativa el trabajo, debido a que se dispone de más personas para mano de obra (Chirinos, 2006). Finalmente, se considera que es más probable que las familias numerosas participen en redes u organizaciones comunitarias, donde se pueden

nutrir y contribuir al intercambio de experiencias y recursos, debido a que estos grupos están basados en la confianza, la reciprocidad y la solidaridad, valores profundamente arraigados en muchas comunidades rurales, especialmente en Zongolica (Andersson y D'Souza, 2014; Binam *et al.*, 2017).

Diversidad de especies arbóreas

La diversidad biológica (genética, biológica y ecosistémica) está íntimamente relacionada con las prácticas productivas y culturales de los pueblos indígenas, y en la forma en la que perciben su entorno (Vega-Ortega *et al.*, 2021). Es por esto por lo que Boege (2008), sugiere que los recursos biológicos y culturales deben ser considerados como parte integral de un todo, como una manifestación biocultural que integra todos los componentes de su entorno. De acuerdo con Moreno-Calles *et al.* (2014) la diversidad de especies leñosas demuestra la diversificación de usos en las parcelas agroforestales, las cuales son mantenidas o promovidas para asegurar una producción a largo plazo. Además, el mantenimiento deliberado de especies leñosas en los sistemas agroforestales tradicionales podría compensar, en parte, la elevada tasa de deforestación, en lo que respecta a la conservación de la diversidad vegetal; esta función de los sistemas agroforestales tradicionales está poco documentada (Asfaw y Lemenih, 2010). Como reconocen Bardhan *et al.* (2012) y Carrari *et al.* (2016) en sus investigaciones comparando parcelas agroforestales, encontraron que mediante el manejo de especies promovían o mantenían especies forestales que ya no se encontraban en bosques naturales cercanos.

Los árboles en Zongolica se pueden encontrar en diferentes disposiciones, desde bosques secundarios hasta conformando sistemas agroforestales, donde se pueden presentar como árboles aislados y/o fragmentos de bosques manejados con diferentes especies arbóreas y en diferentes etapas de desarrollo, los cuales pueden ser promovidos o tolerados por los productores para cumplir ciertos objetivos (López Binnqüist *et al.*, 2020). El manejo del arbolado es de vital importancia, ya que promueve el abastecimiento de materia prima o árboles para la producción en periodos cortos de tiempo y a largo plazo, garantizando el ingreso económico por la venta de productos como madera, leña y carbón vegetal (López Binnqüist *et al.*, 2020).

Como lo menciona Nair (1985) el manejo del arbolado por parte de comunidades obedece un plan definido para obtener beneficios de varias índoles, desde servicios ambientales como recuperación de manantiales, contra deslaves, mitigación de la erosión, sombra para animales, productos medicinales, de construcción, alimenticios como la obtención de frutos

y beneficios económicos, la venta de madera, leña o carbón vegetal. Además, el mantenimiento deliberado de especies leñosas podría compensar, en parte, la elevada tasa de deforestación, promoviendo la conservación de la diversidad vegetal y de especies que pueden ya no encontrarse en bosques naturales o secundarios (Asfaw y Lemenih, 2010; Carrari *et al.*, 2016).

En los sitios de estudio no se tiene certeza de cuánto tiempo han sido manejados e intervenidos intensivamente, algunas fuentes documentales históricas registran el uso de los árboles en Zongolica desde la Colonia (López Binnquist *et al.*, 2020), las especies utilizadas para la producción de carbón y leña han sido promovidas y mantenidas por los pobladores locales. En este trabajo, se reportaron un total de 79 especies de árboles útiles, lo cual, evidencia el gran conocimiento tradicional sobre las especies presentes por parte de los entrevistados y la gran diversidad de ambientes en los que habitan. La zona de estudio presenta ambientes con diversos tipos de vegetación como selva alta perennifolia, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y bosques de pino en la zona alta de la sierra de Zongolica. A pesar de que existe mayor riqueza de especies en la zona baja donde se encuentra la selva alta perennifolia, para este trabajo, la zona alta donde se ubica el bosque de pino-encino las especies son mayormente valoradas, debido a que se encontraron especies utilizadas para leña, muebles y elaboración de carbón, es decir, para la obtención de ingresos económicos

La influencia de la altitud sobre la riqueza de especies arbóreas ha sido documentada ampliamente, y depende de las características específicas de los tipos de vegetación. La relación entre altitud y número de especies no es lineal, se menciona que existe mayor diversidad de especies en altitudes intermedias, regularmente entre los 1000 y 3000 msnm (Hrivnák *et al.*, 2014; Negi *et al.*, 2024), como lo es el caso de la Sierra de Zongolica, ubicada en este rango de altitudes. En general, determinar la influencia de la altitud sobre la riqueza de especies de árboles es compleja, debido a que influyen diversos aspectos como el microclima, condiciones de suelo, las interacciones ecológicas, cambios de uso de suelo, perturbación, así como, la promoción por parte de los campesinos (Malizia *et al.*, 2020). Finalmente, se considera importante comprender la relación de la altitud con la riqueza de especies es importante, para promover prácticas sostenibles de gestión forestal (Shovon *et al.*, 2024).

Se registró una alta diversidad taxonómica dentro de nuestro trabajo, 79 especies distribuidas en 41 familias y 62 géneros que involucran diversas especies. Los géneros *Quercus*, *Pronus* y *Pinus* fueron los más importantes por la cantidad de especies registradas, esto evidencia la importancia de las especies de estos

géneros para diversos usos como la elaboración de muebles y la dendroenergía (principalmente para leña, carbón vegetal y alimento). Cabe mencionar que la producción de carbón vegetal y la elaboración de muebles son las actividades económicas más importantes en la sierra de Zongolica. El número total de especies encontradas en este estudio es mayor a lo reportado en otros trabajos, en Michoacán, el cual es el único estudio en México en bosques manejados, donde se registraron nueve especies de árboles utilizados para diversos usos, por lo tanto, a pesar de ser un estudio regional registraron pocas especies, tomando en cuenta que las especies son de amplia zona de distribución (Aguilar-Romero *et al.*, 2016).

Si el objetivo es la subsistencia familiar, las especies encontradas en este trabajo son pocas si se comparan con trabajos de sistemas agroforestales tradicionales reportados en África, Bangladesh, Laos y en algunos lugares de México como Chiapas, Jalisco, Nayarit y Puebla, donde se registraron en promedio 20 especies de leñosas (Saha y Azam, 2005; Roncal-García *et al.*, 2008; Vallejo *et al.*, 2016). Por otro lado, si el objetivo es la producción comercial de especies, se encuentra dentro de los parámetros de especies, se han reportado de 43 a 70 especies de árboles en sistemas agroforestales (Asfaw y Lemenih, 2010; Nerfa *et al.*, 2019; Starke *et al.*, 2020). Finalmente, si comparamos ahora por grupo de interés como los encinos, lo encontrado en la zona de estudio es alto, de acuerdo con estudios en México e India donde se reportan de 2 a 3 especies de encinos utilizados (Rai *et al.*, 2002). Lo que se debe considerar aquí es que la diferencia en cuanto al número de especies no radica en el nivel, intensidad o eficiencia de manejo en Zongolica, sino en que estos trabajos se realizaron en otros ambientes, donde se manejan extensiones forestales más amplias y zonas boscosas con menor nivel de intervención.

La dominancia de las especies de encinos en la zona de estudio se debe a su amplia zona de distribución (en un rango altitudinal de los 1000 a los 3000 msnm), los cuales están adaptados a las características de suelo, así como, a su promoción por presentar diversos usos. Los encinos han sido tradicionalmente utilizados para diversos fines, y se les considera de importancia por los siguientes usos y beneficios: materia prima básica (construcción, elaboración de carbón, fabricación de mangos de herramientas y componentes agrícolas, artesanías, elaboración de muebles), recurso natural renovable (sus frutos son consumidos por el ganado porcino, sus hojas se usan como condimento y para envolver tamales) y en algunos casos para curtir pieles (Bainbridge, 1986). Además, son proveedores de servicios ambientales (producen oxígeno, capturan dióxido de carbono, filtración de ruido, reducción de la erosión del suelo, regulación de temperatura, hospederos de diversas especies de epifitas), y para la medicina (para curar padecimientos dentales, calmar

dolencias, antidiarreicos, astringentes, vértigo y epilepsia) (Arizaga *et al.*, 2009). En cuestiones industriales los encinos ocupan el segundo lugar de aprovechamiento forestal industrial, concentrándose principalmente en celulosa (54%), escuadría (30%), leña (7%) y carbón (6%) (Luna-José *et al.*, 2003). La madera de encino ocupa el segundo lugar de aprovechamiento forestal con 578,687 m³ por año, seguido de la del pino con 5,783,299 m³ por año, lo que representa el 9% del total de madera bajo explotación (Pérez-Olvera *et al.*, 2000).

Principales usos de los árboles en la zona de estudio

Se ha documentado que el manejo múltiple o agroforestal del territorio regularmente se enfoca en la obtención de productos primarios, constituyen la base de los medios de vida de los campesinos, donde los cultivos herbáceos proporcionan alimentos y los árboles complementan al sistema con materia prima para construcción y productos secundarios para venta (Khan *et al.*, 2006). Los bosques y los árboles también aportan otros beneficios a las comunidades rurales, como hábitat de vida salvaje, conservación del suelo, mejora de la calidad del agua y valores culturales y espirituales (Depommier, 2003).

Los árboles también proporcionan beneficios económicos a las comunidades rurales a través de la producción de dendroenergía y otros productos forestales (Ahammad *et al.*, 2021). El uso de la dendroenergía en las zonas rurales también puede contribuir a la autosuficiencia y reducir los costos energéticos. Los árboles desempeñan un papel crucial para satisfacer las necesidades energéticas de las comunidades rurales y contribuir a su bienestar general (Depommier, 2003; Ahammad *et al.*, 2021). Lo anterior se pudo corroborar con nuestro estudio en Zongolica, se utilizan una amplia gama de especies forestales para diversos usos, para leña, construcción, fabricación de muebles. De esta manera, es evidente la importancia de las especies forestales desde el punto de vista de la provisión de productos de primera necesidad en el hogar.

Las especies arbóreas en Zongolica en su mayoría son utilizadas para leña, es decir, que las especies son buscadas para satisfacer necesidades básicas específicas, como en este caso la generación de calor para el hogar en temporada de fríos y principalmente para la cocción de los alimentos. Esta demanda puede crear oportunidades para que los hogares rurales se dediquen a la recogida y el comercio de leña como fuente de ingresos (Ketlhoilwe y Kanene, 2018). Nuestros resultados son similares a los del estudio global de Angelsen *et al.* (2014), que señala a la leña como el principal uso dentro de los productos forestales en algunas poblaciones en países de Asia, África y América Latina. Se considera a la leña como

la fuente de ingresos más importante en el medio rural, ya que puede contribuir significativamente a la subsistencia de los hogares donde otras fuentes de ingreso son limitadas (Ketlhoilwe y Kanene, 2018). Esto ha quedado demostrado en la sierra de Zongolica, donde existe un comercio informal de productos dendroenergéticos, se ha identificado un proceso de aceleración del mercado local de compra y venta de leña de diversas especies del género *Quercus* (López Binnqüist *et al.*, 2020).

La recolección y el comercio de leña también pueden tener consecuencias negativas para el medio ambiente y las comunidades rurales si no se manejan de manera que los árboles puedan subsistir por más tiempo. La recolección excesiva de leña puede provocar deforestación, erosión del suelo y pérdida de biodiversidad, así como, también puede generar competencia por los recursos entre los recolectores de leña y otros usuarios del bosque, como agricultores, cazadores y recolectores. Finalmente, en este contexto se deben implementar prácticas de gestión sostenible, como la recolección selectiva, la reforestación y el manejo local. Con el objetivo de garantizar el uso sostenible de los recursos combustibles y al mismo tiempo brindar oportunidades para que las familias rurales generen ingresos y contribuyan a la economía local.

Atributos sociales relacionados a la diversidad de especies arbóreas

La diversidad de especies manejadas y utilizadas depende de las condiciones biofísicas de los espacios donde las familias campesinas tienen sus terrenos, así como, de sus condiciones socioeconómicas como el tamaño de la parcela, nivel educativo del jefe de familia u otras fuentes de empleo (Asfaw y Lemenih, 2010). La cercanía de las parcelas a los núcleos familiares facilita el cuidado y manejo de las especies forestales, incrementándose el manejo intensivo sobre sitios que se encuentran cercanos al hogar, contribuyendo incluso al mantenimiento de especies forestales que ya no se encuentran en los bosques (Asfaw y Lemenih, 2010; Bardhan *et al.*, 2012; Nerfa *et al.*, 2019).

El atributo más importante para la diversidad de especies y de usos en este estudio es la edad del entrevistado, es debido a dos factores principales: el primero, que tiene que ver con que los jóvenes ya no quieren trabajar en el campo, por las carencias relacionadas con los bajos sueldos, alto esfuerzo físico y la discriminación. El segundo, la migración ha influido negativamente, los jóvenes migran a Estados Unidos abandonando sus hogares, dificultando con esto la disponibilidad de mano de obra para trabajar en el campo (Martínez-Canales, 2013).

Las respuestas al abandono de tierras pueden variar ampliamente entre grupos de especies y hábitats, algunas especies se benefician del abandono mientras que otras pueden experimentar disminuciones en abundancia o diversidad (Plieninger *et al.*, 2014). Se han documentado diversos efectos de la migración humana sobre la diversidad de especies; dentro de los efectos positivos es que aumentan la diversidad natural debido al abandono de áreas de trabajo que anteriormente eran explotadas intensivamente, provocando nuevos hábitats para el establecimiento de especies arbóreas (Robson y Berkes, 2011; Li, 2019). Sin embargo, existen también aspectos negativos como la pérdida de especies localmente raras o la proliferación de unas pocas especies a expensas de otras, creando sitios con pocas especies (Robson y Berkes, 2011). Comprender las complejas interacciones entre el abandono de la tierra por migración y la diversidad de especies es fundamental para desarrollar estrategias de manejo y conservación eficaces (Bilsborrow, 2002; Plieninger *et al.*, 2014). En la zona de estudio no existen trabajos relacionados con los efectos de la migración humana sobre las actividades productivas, por lo que es un tema de suma importancia científica.

En observaciones en campo, se ha logrado identificar una tendencia incipiente sobre la abundancia de especies, donde la zona alta de Zongolica presenta más especies útiles que la zona fría (López Binnquist *et al.*, 2020). En particular, en cuanto a los árboles utilizados para la producción de carbón y leña se esperaba que hubiera mayor número de especies en la zona fría, donde se distribuyen más especies de encinos utilizados para producir carbón, lo cual se comprobó en este trabajo. Esta tendencia se ha corroborado en diversas investigaciones, donde se han encontrado diferencias en la diversidad de especies forestales en pisos altitudinales altos. Se ha demostrado, por ejemplo, que el crecimiento de árboles es más rápido en zonas altas, cuando dominan las especies del género *Quercus* (Wajja-Musukwe *et al.*, 2008), se encuentra mayor diversidad en zonas altas donde las condiciones climáticas son aptas para ciertos árboles (Ventura-Aquino *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

En Zongolica los hombres de alrededor de 50 años son los encargados de las actividades productivas, son los poseedores del conocimiento sobre el uso y manejo de los árboles. El hogar está conformado en promedio por cuatro personas, lo cual dificulta en el manejo y aprovechamiento de los árboles por la escasez de mano de obra familiar, lo que podría poner en riesgo las actividades productivas, se necesita por lo tanto emplear mano de obra ajena a la familia, por lo que los costos de aprovechamiento de los árboles se elevan significativamente.

En zongolica se encontró alta diversidad taxonómica en este trabajo, un total de 79 especies, distribuidas en 41 familias y 62 géneros. Los géneros *Quercus* (nueve especies), *Pronus* (cuatro especies) y *Pinus* (tres especies) fueron los más importantes por la cantidad de especies registradas. Por otra parte, se registraron un total de 15 usos que se le dan a los árboles, de los cuales destacan la leña con 32 especies (40%), construcción con 23 especies (29%) y elaboración de muebles con 19 especies (24%). Además, registramos otros usos como ornamental, para cultivar de hongos, fabricación de utensilios de cocina, extracción de resina, elaboración de manualidades, fabricación de juguetes, para condimentar y envolver ciertos alimentos y para cultivar larvas comestibles.

El estudio realizado en este contexto etnobotánico en los sistemas agroforestales de Zongolica ha revelado la importancia de estos sistemas como precursores de la conservación de especies arbóreas. En el trabajo realizado, se identificaron 79 especies de árboles útiles, lo que evidencia la diversidad de recursos naturales presentes en la región. Estas especies desempeñan un papel fundamental en la economía local y en la preservación del medio ambiente, ya que proporcionan leña, alimentos, medicinas, materiales de construcción y otros productos de uso cotidiano para las comunidades que habitan en la zona. La valoración y protección de estos recursos forestales es crucial para garantizar su continuidad y contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agroforestales en Zongolica.

Funding. Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (National Council of Humanities, Sciences and Technologies, CONAHCYT) supported with a grant from Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México 2022-2024 (CVU: 303611).

Conflict of interest. The authors declare that we have no conflict of interest. The participating producers gave their informed consent to participate in the interview. The participation of the producers was voluntary and did not involve any incentive.

Compliance with ethical standards. The participating producers gave their informed consent to participate in the survey. The participation of the producers was voluntary and did not imply any incentive.

Data Availability. Data/information is available with the corresponding author upon reasonable request.

Author contribution statement (CRediT). M. Á. Vega-Ortega: conceptualization, fund raising, fund

management, writing the original draft, validation., **A. J. Rebollo-Morales**: writing analysis, supervision, review and editing., **S. I. Gallardo-Yobal**: drafting analysis, supervision, review and editing., **C. I. Contreras-Hernández**: writing analysis, supervision, review and editing.

REFERENCES

- Aguilar-Romero, R., García-Oliva, F., Pineda-García, F., Torres, I., Peña-Vega, E., Ghilardi, A. and Oyama, K., 2016. Patterns of distribution of nine *Quercus* species along an environmental gradient in a fragmented landscape in central Mexico. *Botanical Sciences*, 94(3), pp. 471-482. <https://doi.org/10.17129/botsci.620>.
- Ahammad, R., Stacey, N. and Sunderland, T., 2021. Determinants of forest and tree uses across households of different sites and ethnicities in Bangladesh. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 17(1), pp. 231-241. <https://doi.org/10.1080/15487733.2021.1930731>.
- Altieri, M. and Nicholls, C., 2000. Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. México D.F. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- Ander-Egg, E., 2003. Métodos y técnicas de investigación social IV. Técnicas para la recogida de datos. Argentina. Edit. Lumen/Hvmanitas.
- Andersson, J. A. and D'Souza, S., 2014. From adoption claims to understanding farmers and contexts: A literature review of Conservation Agriculture (CA) adoption among smallholder farmers in southern Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 187, pp. 116-132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.008>.
- Angelsen, A., Jagger, P., Babigumira, R., Belcher, B., Hogarth, N. J., Bauch, S., Börner, J., Smith-Hall, C. and Wunder, S., 2014. Environmental Income and Rural Livelihoods: A Global-Comparative Analysis. *World Development*, vol. 64, pp. 12-28. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.006>.
- Arizaga, S., Cruz, J. M., Cabrales, M. S. and González, M. Á. B., 2009. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos. Instituto Nacional de Ecología (1a Ed.). México, DF.: INE-SEMARNAT.
- Asfaw, B. and Lemenih, M., 2010. Traditional agroforestry systems as a safe haven for woody plant species: a case study from a topo-climatic gradient in South Central Ethiopia. *Forests, Trees and Livelihoods*, 19(4), pp. 359-377. <https://doi.org/10.1080/14728028.2010.9752678>.
- Bainbridge, D. A., 1986. *Quercus*, a multi-purpose tree for temperate climates. *International Tree Crops Journal*, 3(4), pp. 291-298. <https://doi.org/10.1080/01435698.1986.9752800>.
- Bardhan, S., Jose, S., Biswas, S., Kabir, K. and Rogers, W., 2012. Homegarden agroforestry systems: an intermediary for biodiversity conservation in Bangladesh. *Agroforestry Systems*, 85(1), pp. 29-34. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9515-7>.
- Baumgart-Getz, A., Prokopy, L. S. and Floress, K., 2012. Why farmers adopt best management practice in the United States: A meta-analysis of the adoption literature. *Journal of Environmental Management*, 96(1), pp. 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.10.006>.
- Berkes, F., Colding, J. and Folke, C., 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), pp. 1251-1262. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2).
- Binam, J. N., Place, F., Djalal, A. A. and Kalinganire, A., 2017. Effects of local institutions on the adoption of agroforestry innovations: evidence of farmer managed natural regeneration and its implications for rural livelihoods in the Sahel. *Agricultural and Food Economics*, 5(1), pp. 1-28. <https://doi.org/10.1186/s40100-017-0072-2>.
- Bilsborrow, R. E., 2002. Migration, population change, and the rural environment. *Environmental Change and Security Project Report*, 8(1), pp. 69-84.
- Borgatti, S. P., Everett M. G. and Freeman, L. C., 2002. UCI-NET 6 for Windows: Software for Social Network Analysis (V.6.29). USA. Harvard Analytic Technologies.

- Bray, D. B. and Merino, P. L., 2007. Los bosques comunitarios de México: Manejo sustentable de paisajes forestales. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. Pp. 444.
- Carrari, E., Ampoorter, E., Verheyen, K., Coppi, A. and Selvi, F., 2016. Former charcoal platforms in Mediterranean forest areas: a hostile microhabitat for the recolonization by woody species. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 10(1), pp. 136. <https://doi.org/10.3832/ifer1701-009>.
- Chirinos, O. J., 2006. La racionalidad productiva de la familia campesina. *Opción*, 22(49), pp. 77-95.
- Corbetta, P., 2007. Metodología y técnicas de investigación social. Madrid, España. McGraw-Hill.
- Del Val, J., Rodríguez, N., Rubio, M., Sánchez-García, C. and Zolla, C., 2008. Los pueblos indígenas y los indicadores de bienestar y desarrollo "Pacto del Pedregal". Informe preliminar. Documento de trabajo. VII sesión del Fondo Permanente para las Cuestiones Indígenas. México D.F. Organización para las Naciones Unidas.
- Depommier, D., 2003. The tree behind the forest: ecological and economic importance of traditional agroforestry systems and multiple uses of trees in India. *Tropical Ecology*, 44(1), pp. 63-71.
- Fredericksen, T. S. and Putz, F. E., 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. *Biodiversity and Conservation*, 12(7), pp. 1445-1453. <https://doi.org/10.1023/A:1023673625940>.
- Gadgil, M. and Vartak, V. D., 1975. Sacred groves of India—a plea for continued conservation. *Bombay Natural History Society* 72(2), pp. 312–320.
- Genin, D., Aumeeruddy-Thomas, Y., Balent, G. and Nasi, R., 2013. The multiple dimensions of rural forests: Lessons from a comparative analysis. *Ecology and Society*, 18(1), pp. 27. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05429-180127>.
- Hervé, B. and Vidal, S., 2008. Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management. *Biodiversity and Conservation*, 17(8), pp. 1821-1835. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9276-1>.
- Hrivnák, R., Gömöry, D., Slezák, M., Ujházy, K., Hédl, R., Jarčuška, B. and Ujházyová, M., 2014. Species richness pattern along altitudinal gradient in central European beech forests. *Folia Geobotanica*, 49, pp. 425-441. <https://doi.org/10.1007/s12224-013-9174-0>.
- INEGI., 2017. Anuario estadístico y geográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D. F. 1170 pp.
- INEGI., 2018. Carta de uso de suelo y vegetación, escala 1: 250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D. F.
- Isaac, M. E., Erickson, B. H., Quashie-Sam, S. J. and Timmer, V. R., 2007. Transfer of knowledge on agroforestry management practices: the structure of farmer advice networks. *Ecology and Society*, 12(2), pp. 1-23.
- Kethoilwe, M. J. and Kanene, K. M., 2018. Access to energy sources in the face of climate change: Challenges faced by women in rural communities. *Jàmbá: Journal of Disaster Risk Studies*, 10(1), pp. 1-8. <https://hdl.handle.net/10520/EJC-ecbad684c>.
- Khan, M. A., Tewari, J. C., Singh, R. and Narain, P., 2006. Structure, production attributes and management strategies in a traditional extensive agroforestry system in an arid region watershed of India. *Forests, Trees and Livelihoods*, 16(3), pp. 227-246. <https://doi.org/10.1080/14728028.2006.9752562>.
- Li, X., 2019. Study on Protection Ways of Biodiversity in Rural Environment Construction. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. 252 (4), pp. 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/252/4/042020>.
- Long, A. J. and Nair, P. R., 1999. Trees outside forests: agro-community, and urban forestry. *New Forest*, 17, pp. 145-174. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2689-4_12.
- López Binnqüist, C., Gerez-Fernández, P., Vega-Ortega, M. A., Martínez- Barrientos, C. C. and Cerdán-Cabrera, R., 2020. Manejo de sistemas agroforestales con dendroenergía en la Sierra de Zongolica, Veracruz. In A. I. Moreno-Calles M. L. Soto-Pinto M. M. Cariño-Olvera J. M. Palma-García S.

- Moctezuma-Pérez J. J. Rosales-Adame, P. I. Montañez-Escalante V. J. Sosa-Fernández y M. R. Ruenes-Morales (Eds.), Los sistemas agroforestales de México. Avances, experiencias, acciones y temas emergentes, Red Temática de Sistemas Agroforestales de México, Morelia, México: UNAM, CONACYT, INECOL, ECOSUR. 12(2), pp. 1-24. <https://www.jstor.org/stable/26267865>.
- Luna-José, A. D., Espinosa, L. M. and Aguilar, B. R., 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, Vol. 72, pp. 107-117. <https://doi.org/10.17129/botsci.1671>.
- Malizia, A., Blundo, C., Carilla, J., Osinaga Acosta, O., Cuesta, F., Duque, A., Aguirre, N., Aguirre, Z., Ataroff, M., Baéz, S., Calderón-Loor, M., Cayola, L., Cayuela, L., Ceballos, S., Cedillo, S., Farfán, W., Feeley, K. J., Fuentes, A. F., Gámez Álvarez, L. E., Grau, R., Homeier, J., Jadan, O., Llambi, L. D., Loza Rivera, M. I., Macías, M. J., Malhi, Y., Malizia, L., Peralvo, M., Pinto, E., Tello, S., Silman, M. and Young, K. R., 2020. Elevation and latitude drives structure and tree species composition in Andean forests: Results from a large-scale plot network. *PloSOne*, 15(4), pp.1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231553>.
- Martínez-Canales, L. A. M. (2013). Cultura y economía para la sobrevivencia: procesos y relatos desde el etnoterritorio nahua de Tehuipango, en la sierra de Zongolica, Veracruz. *Anales de Antropología*, 47(1), 73-108.
- McNeely, J. A., 2004. Nature vs. nurture: managing relationships between forests, agroforestry and wild biodiversity. In: *New Vistas in Agroforestry*, pp. 155-165. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2424-1_11.
- Medina-Chena, A., Salazar Chimal, T. E., & Álvarez Palacios, J. L. (2010). *Fisiografía y suelos*. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver. 15p.
- Michon, G. and De Foresta, H., 1999. Agro-Forests: Incorporating a Forest Vision in Agroforestry. In *Agroforestry in sustainable agricultural systems*. USA. CRC Press.
- Michon, De Foresta, H., Levang, P. and Verdeaux, F., 2007. Domestic Forests: A new paradigm for integrating local communities' forestry into tropical forest science. *Ecology and Society*, 12(2), pp. 1-24. <https://www.jstor.org/stable/26267865>.
- Moreno-Calles, A. I., Luna, V. J. G., Fernández, A. C., Toledo, V. M., Ramos, M. V., Fita, D. S. and Guerrero, A. C., 2014. Etnoagroforestería: El estudio de los sistemas agroforestales tradicionales de México. *Etnobiología*, 12(3), pp. 1-16.
- Müeller-Dombois D. and Ellenberg H., 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York, NY. USA. John Wiley and Sons.
- Nair, P. R. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry systems*, 3, 97-128.
- Negi, V. S., Pandey, A., Singh, A., Bahukhandi, A., Pharswan, D. S., Gaira, K. S., Wani, Z. A., Bhata, J. A., Siddiqui, S. and Yassin, H. M., 2024. Elevation gradients alter vegetation attributes in mountain ecosystems of eastern Himalaya, India. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7, pp. 1-13. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1381488>.
- Nerfa, L. and Rhemtulla, J. M., 2019. Changes in tree species diversity, composition and aboveground biomass in areas of fuelwood harvesting in miombo woodland ecosystems of southern Malawi. *Forests, Trees and Livelihoods*, 28(3), pp: 176-193. <https://doi.org/10.1080/14728028.2019.1621777>.
- Ormsby, A. A. and Bhagwat, S. A., 2010. Sacred forests of India: a strong tradition of community-based natural resource management. *Environmental Conservation*, 37(3), pp. 320-326. <https://doi.org/10.1017/S0376892910000561>.
- Pérez, D. and Matiz-Guerra, L. C., 2017. Use of plants by farming communities in rural areas of Bogota DC, Colombia. *Caldasia*, 39(1), pp. 68-118.
- Pérez-Olvera, C., Dávalos Sotelo, R. and Guerrero Cuaculi, E., 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosques*, 6(1), pp. 3-13. <https://doi.org/10.21829/myb.2000.611338>.
- Plieninger, T., Hui, C., Gaertner, M. and Huntsinger, L., 2014. The impact of land abandonment on species richness and abundance in the Mediterranean Basin: a meta-analysis. *PloS One*, 9(5), pp. 1-12.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098355>.
- Rai, Y. K., Chettri, N., & Sharma, E. (2002). Fuel wood value index of woody tree species from Mamlay watershed in South Sikkim, India. *Forests, Trees and Livelihoods*, 12(3), pp. 209-219. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14728028.2002.9752425>.
- Reyes, T., Quiroz, R. and Msikula, S., 2005. Socio-economic comparison between traditional and improved cultivation methods in agroforestry systems, East Usambara Mountains, Tanzania. *Environmental Management*, 36(5), pp. 682-690. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-7269-3>.
- Robson, J. P. and Berkes, F., 2011. Exploring some of the myths of land use change: can rural to urban migration drive declines in biodiversity? *Global Environmental Change*, 21(3), pp. 844-854. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.009>.
- Rodríguez-Sabiote, C., 2003. Nociones y destrezas básicas sobre el análisis de datos cualitativos. El proceso de Investigación en educación, algunos elementos claves. República Dominicana. CLACSO.
- Roncal-García, S. M., Soto-Pinto, L., Castellanos-Albores, J., Ramírez-Marcial, N., & de Jong, B. H. (2008). Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*, 33(3), pp. 200-206.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. Ira. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Saha, N. and Azam, M. A., 2005. Betel leaf-based forest farming by Khasia Tribes: a sustainable system of forest management in Moulvibazar district, Bangladesh. *Forests, Trees and Livelihoods*, 15(3), pp. 275-290. <https://doi.org/10.1080/14728028.2005.9752528>.
- Shovon, T. A., Auge, H., Haase, J. and Nock, C. A., 2024. Positive effects of tree species diversity on productivity switch to negative after severe drought mortality in a temperate forest experiment. *Global Change Biology*, 30(3), pp. 1-14. <https://doi.org/10.1111/gcb.17252>.
- SPSS, I. I. B. M., 2019. IBM SPSS statistics for Windows, version 25.0. New York: IBM Corp.
- Starke, A. P., Geldenhuys, C. J., O'Connor, T. G., & Everson, C. S. (2020). Forest and woodland expansion into forestry plantations informs screening for native agroforestry species, Maputaland South Africa. *Forests, Trees and Livelihoods*, 29(1), pp. 1-15. https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2063/72464/Starke_Forest_2019.pdf?sequence=1.
- Valencia-Ávalos S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75: pp. 33-53.
- Valencia-Ávalos S, Gual-Díaz M. 2014. La familia Fagaceae en el bosque mesófilo de montaña de México. *Botanical Sciences*, 92: pp. 193-204.
- Vallejo, M., Casas, A., Moreno-Calles, A. I. and Blancas, J., 2016. Los sistemas agroforestales del Valle de Tehuacán: una perspectiva regional. En Moreno Calles, A. I., Casas, A., Toledo, V. M. and Vallejo Ramos, M., 2017. Etnoagroforestería en México. Morelia, México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vega-Ortega, M.Á., Llanderal-Mendoza, J., Gerez-Fernández, P. and López Binnquist, C., 2021. Genetic diversity in oak populations under intensive management for fuelwood in the Sierra de Zongolica, Mexico. *Annals of Applied Biology*, [online] 178(1), pp.80-97. <https://doi.org/10.1111/aab.12639>.
- Ventura-Aquino, Y., Rendón, B., Rebollar, S. and Hernández, G., 2008. Use and conservation of forest resources in the municipality of San Agustín Loxicha, Sierra Madre del Sur, Oaxaca, Mexico. *Agroforestry Systems*, 73(3), pp. 167-180. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9107-8>.
- Wajja-Musukwe, T. N., Wilson, J., Sprent, J. I., Ong, C. K., Deans, J. D. and Okorio, J., 2008. Tree growth and management in Ugandan agroforestry systems: effects of root pruning on tree growth and crop yield. *Tree Physiology*, 28(2), pp. 233-242. <https://doi.org/10.1093/treephys/28.2.233>.
- Wiersum, K. F., 2004. Forest gardens as an 'intermediate' land-use system in the nature-

culture continuum: Characteristics and future potential. *Agroforestry Systems*, 61, pp. 123–134. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2424-1_9.

Williams, G., 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO. México, DF.