



DOI: 10.29298/rmcf.v15i85.1473

Artículo de investigación

Valor cultural de especies arbóreas con potencial para restaurar sistemas agroforestales con *Agave* en Oaxaca

Cultural value of tree species with potential to restore agroforestry systems with *Agave* in the state of Oaxaca

Rafael Rodríguez-Hernández¹, Juan Francisco Castellanos-Bolaños^{1*}, José Rafael Contreras-Hinojosa¹, Teresa Nashiely Ruiz-Ríos², Martha García-Sibaja²

Fecha de recepción/Reception date: 15 de marzo de 2024

Fecha de aceptación/Acceptance date: 1 de julio del 2024

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. México.

²Prestador de Servicios Técnicos Profesionales. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: castellanos.juan@inifap.gob.mx

*Corresponding author; e-mail: castellanos.juan@inifap.gob.mx

Resumen

La superficie que se cultiva con maguey en Oaxaca se ha incrementado en más de 500 ha por año. En la "región del mezcal" se observan cambios en el uso del suelo, ya que las nuevas plantaciones de maguey se establecen como monocultivos en terrenos donde antes había vegetación natural, con la consecuente transformación de los ecosistemas hacia unos con menor biodiversidad y mayor fragilidad del suelo a la erosión. El objetivo del presente trabajo fue identificar especies arbóreas nativas con potencial para restaurar áreas cultivadas con *Agave* en el estado de Oaxaca, y estimar su valor cultural desde la perspectiva de los actores. Para ello, se realizaron 108 entrevistas a productores de maguey en la "región del mezcal" y se determinó el Índice de Importancia Cultural para priorizar las especies mencionadas, así como cuatro taxa sugeridos por los autores, a partir de su importancia en la restauración. Los resultados mostraron 23 especies con potencial de uso, entre las que resaltan, por su valor cultural y potencial para restaurar áreas cultivadas con *Agave*, *Pithecellobium dulce* (guamúchil), *Neltuma juliflora* (mezquite), *Dodonaea viscosa* (jarilla) y *Eysenhardtia polystachya* (cuatle); además de las cuatro sugeridas: *Bursera bipinnata* (copal), *Leucaena esculenta* (guaje), *Amphipterygium adstringens* (cuachalalate) y *Bursera linanoe* (linaloe). Los productores indicaron estar conscientes del problema y plantearon la posibilidad de asociar árboles con maguey en el contorno del cultivo.

Palabras clave: *Agave angustifolia* Haw., asociación de especies, especies arbóreas nativas, Índice de Importancia Cultural, priorización de especies, restauración productiva.

Abstract

The surface area cultivated with *maguey* in the state of *Oaxaca* has increased by more than 500 ha per year. In the "*mezcal* region", changes in land use are observed, as new *maguey* plantations are established as monocultures on land where there used to be natural vegetation, and, therefore, these ecosystems become less diverse and more fragile and liable to erosion. The objective of this work was to identify native tree species with the potential to restore areas cultivated with *Agave* in *Oaxaca*, and to estimate their cultural value from the

perspective of the stakeholders. For this purpose, 108 interviews were conducted with *maguey* producers in the "mezcal region", and the Cultural Importance Index was determined to prioritize the species mentioned, as well as four taxa suggested by the authors, based on their importance for restoration. The results showed 23 species with potential use, among which the following stand out for their cultural value and potential to restore areas cultivated with *Agave*: *Pithecellobium dulce* (*camachile*), *Neltuma juliflora* (*mesquite*), *Dodonaea viscosa* (broadleaf hopbush) and *Eysenhardtia polystachya* (kidneywood), in addition to the four suggested species: *Bursera bipinnata* (*copal*), *Leucaena esculenta* (leadtree), *Amphipterygium adstringens* (*cuachalalate*) and *Bursera linanoe* (*linaloe*). The producers indicated that they were aware of the problem and suggested the possibility of associating trees with maguey in the crop contour.

Key words: *Agave angustifolia* Haw., species association, native tree species, Cultural Importance Index, prioritization of species, productive restoration.

Introducción

En el estado de Oaxaca, uno de los cultivos emblemáticos es el de *Agave* spp. (maguey mezcalero), ya que es la fuente de materia prima para producir la bebida espirituosa denominada mezcal, la cual tiene auge económico no solamente en la entidad, sino en el ámbito nacional y se ha situado como el tercer producto de exportación, después de la cerveza y el café (Palma *et al.*, 2016); situación que ha contribuido al creciente involucramiento de productores y empresas en la producción de *Agave* y su transformación en mezcal.

En 2021, Oaxaca registró 10 818 ha plantadas con maguey, con un aumento anual, en los últimos años, de 548 ha en promedio; la superficie cosechada en ese mismo año fue de 2 986 ha con un rendimiento promedio de 59.5 t ha⁻¹ y un precio medio rural de MXN \$3 283.00 por tonelada (SIAP, 2021).

La "región del mezcal" está conformada por los distritos de Zimatlán de Álvarez, Tlacolula de Matamoros, San Carlos Yautepec, Sola de Vega, Ejutla de Crespo, Miahuatlán de Porfirio Díaz y Ocotlán de Morelos (Bautista y Ramírez, 2008); debido a las condiciones climáticas y geográficas que los caracterizan, el maguey prospera muy bien en ellos, ya que los requerimientos de lluvia son, en promedio, de 600

mm anuales, en terrenos con pendientes pronunciadas de hasta 100 % y baja fertilidad; además, el costo-beneficio que este cultivo genera es positivo y con buena rentabilidad (Rodríguez *et al.*, 2022).

Los agricultores de la "región del mezcal" que viven de la economía de subsistencia, representan 70% y se dedican a la siembra de maíz, frijol, chile y calabaza con bajos rendimientos debido a los suelos pobres y a la escasez de agua; por lo que la actividad de cultivar maguey y producir mezcal en palenques artesanales les permite recibir y diversificar sus ingresos monetarios (Palma *et al.*, 2016).

El Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (Comercam, 2023) señala que Oaxaca destina, actualmente, al mercado 12.9 millones de litros de mezcal al año, lo que refleja el incremento de la superficie sembrada, al pasar de 8 077 ha en 2017 a 10 818 ha en 2021 (Moctezuma-López *et al.*, 2023); condición que está propiciando un cambio en el uso del suelo, al transformar superficies cubiertas con selva baja caducifolia y matorral espinoso en sembradíos de *Agave* en monocultivo, con evidentes perturbaciones en el ecosistema característico del área.

La especie más cultivada es *Agave angustifolia* Haw., comúnmente conocido como maguey espadín, de la que se obtiene mezcal de excelente calidad; sin embargo, este tipo de maguey necesita, para su buen desarrollo, la mayor cantidad de luz solar posible (Bravo *et al.*, 2007); razón por la cual para establecer nuevas plantaciones, los productores necesitan desmontar los terrenos, y con ello eliminan la vegetación natural, lo que altera el ecosistema y el suelo presenta una mayor fragilidad para la erosión.

El maguey cultivado bajo esas características tiene repercusiones en dos vertientes: una de ellas económica, puesto que se beneficia la economía local al lograr buen desarrollo, producción, empleo e ingresos monetarios familiares, que han representado un aporte significativo al producto interno bruto estatal; la segunda con implicaciones en el ambiente, ya que se transforman los ecosistemas

e incrementa el riesgo de erosión de suelo, además la biodiversidad disminuye, y los suelos se convierten, después de cultivar varios años el maguey, en recursos poco productivos para la agricultura, lo cual pone en riesgo la sustentabilidad de la producción (Moctezuma-López *et al.*, 2023).

En este contexto, surge la necesidad de buscar alternativas para revertir ese problema, y una de ellas se refiere a la restauración productiva; es decir, restaurar algunos elementos de la estructura y función del ecosistema original, al mismo tiempo que se recupera la productividad de manera sustentable mediante el uso, principalmente, de técnicas agroforestales y agroecológicas que generen beneficios económicos tangibles a las poblaciones (Cecon, 2013), dado que los sistemas agroforestales permiten frenar el deterioro de los recursos naturales, y a la vez aprovechar el cultivo de maguey (Burgos *et al.*, 2016).

Dada la necesidad de conocer, desde la perspectiva de los actores, que especies arbóreas pueden tener potencial de uso como parte de los sistemas de restauración productiva y que forman o han formado parte de los ecosistemas naturales, se aplicó el Índice de Importancia Cultural de las especies (*IIC*), dicha importancia está determinada por el valor de uso y aprovechamiento que tienen, y ello jerarquizó su importancia para asegurar su éxito, con fines de restauración, en las plantaciones de *Agave*.

El objetivo del presente estudio fue identificar y calcular la importancia cultural de las especies arbóreas con potencial de uso en posibles sistemas de restauración productiva agroforestal con maguey en la "región del mezcal" del estado de Oaxaca.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El ámbito del estudio fue la "región del mezcal", la cual se localiza en el Centro-Sur del estado de Oaxaca, geográficamente se ubica entre las coordenadas -96° y -98° longitud Oeste y entre 16° y 17° latitud Norte (Figura 1); en un estrato altitudinal de 800 a 1 700 m; con una temperatura media entre 20 y 25 °C, una precipitación anual entre 508 y 644 mm; los climas predominantes son Bs, Bs₀ y (A)c (Bravo *et al.*, 2007; Amoroz, 2011).

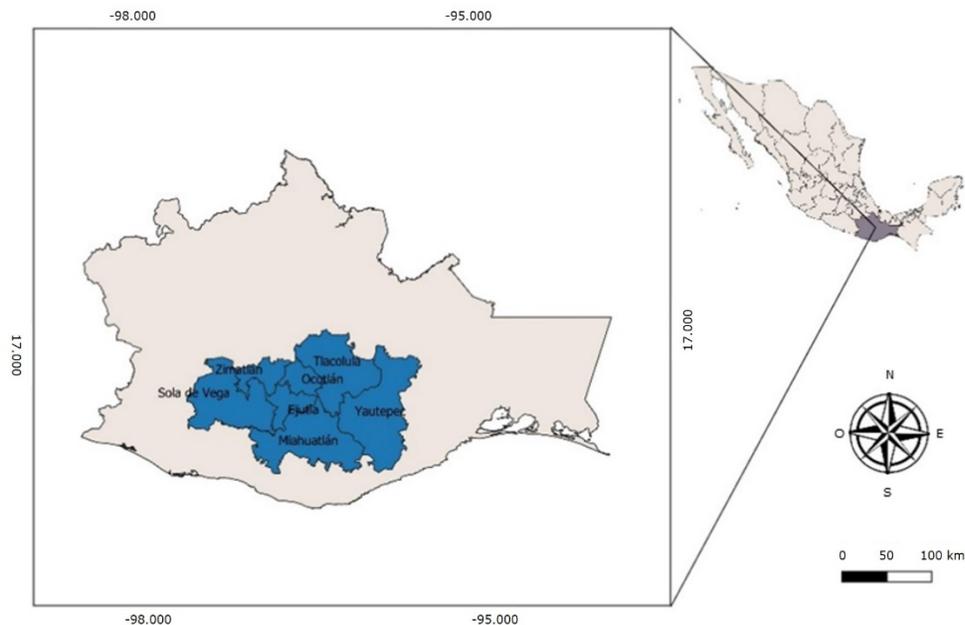


Figura 1. Localización de la "región del mezcal" en el estado de Oaxaca, México.

En diferentes comunidades de esta región se han realizado investigaciones sobre el cultivo de maguey, entre ellas destacan los trabajos de Arredondo *et al.* (2001) y Espinosa *et al.* (2002).

Entrevistas

En 2023 se realizaron 108 entrevistas de tipo semiestructurada a productores de *Agave* de la "región del mezcal". Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula sugerida por Boza *et al.* (2016), con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N Z^2 \times p \times q}{e^2 (N-1) + Z^2 p \times q} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño de la población

Z = Nivel de confianza, para 98 % equivale a 2.32

p = Proporción de la población que pertenece al grupo de interés, se consideró 95 %

q = $(1-p)$

e = Nivel de precisión, refleja los errores de muestreo, se consideró 5 %

Con base en información de Inegi (2022), se consideró como marco de muestreo a los 16 municipios de la “región del mezcal” con mayor número de productores de maguey, para un total de 1 764 productores que constituyó la población total por muestrear (N). Las entrevistas se distribuyeron en forma proporcional en los municipios (Cuadro 1). Con esta información y la Ecuación citada se obtuvo una $n=97$ entrevistas como mínimo, con una confiabilidad de 98 % y una precisión de 5 %; para disminuir aún más el error se amplió el tamaño de muestra a 108, lo cual significó una intensidad de muestreo de 6.1 %.

Cuadro 1. Distribución de las entrevistas por municipio en la “región del mezcal”.

Distrito	Municipio	Número de productores	Número de entrevistas
Miahuatlán	Miahuatlán de Porfirio Díaz	385	26
Miahuatlán	San Luís Amatlán	150	8
Tlacolula	Santiago Matatlán	187	9
Tlacolula	San Pedro Quiatoni	149	8
Tlacolula	San Juan del Río	105	3
Tlacolula	San Lorenzo Albarradas	84	3
Tlacolula	San Juan Guelavía	35	4
Yautepec	Nejapa de Madero	145	7
Yautepec	San Carlos Yautepec	134	5
Yautepec	Santa María Ecatepec	83	4
Yautepec	San Pedro Totolapam	42	3
Ejutla	Ejutla de Crespo	90	7
Ejutla	La Compañía	55	5
Sola de Vega	Villa Sola de Vega	60	4
Ocotlán	San Baltazar Chichicapam	42	11
Zimatlán	Zimatlán de Álvarez	18	1
Total		1 764	108

El instrumento para la entrevista consideró los siguientes grupos de variables: datos generales sobre el productor, las características del predio, el manejo y aprovechamiento que se le brinda al mismo, percepción del problema y un apartado sobre la perspectiva que se tiene acerca de la factibilidad de transformar el cultivo de *Agave* a un sistema productivo agroforestal más sustentable, además de un espacio libre para la sugerencia de especies con potencial de asociación con *Agave*.

Asimismo, por sus antecedentes potenciales y bondades en sistemas agroforestales se pusieron a consideración de los participantes cuatro especies maderables para establecerse en asociación con el maguey: *Bursera linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina (linaloe), *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Schiede ex Standl. (cuachalalate), *Bursera bipinnata* Engl. (copal) y *Leucaena esculenta* (Moc. & Sessé ex DC.) Benth. (guaje).

Linaloe es una especie maderable, de importancia ecológica y económica presente en algunos sitios específicos del bosque tropical caducifolio en estados del Sur y Centro de México (Castellanos-Bolaños y Gómez-Cárdenas, 2022). *B. linanoe* se distribuye, principalmente, en altitudes de 650 a 1 500 m (Rzedowski *et al.*, 2004), es la única especie de *Bursera* cuyo aceite esencial, con fragancia a lima-limón, se compone, de manera predominante, de acetato de linalilo (Becerra y Noge, 2010). La pedregosidad es una condición que favorece el crecimiento de la planta, aparentemente por una alta capacidad de la raíz para absorber el agua del suelo rápidamente, como respuesta a las lluvias esporádicas y cortas que ocurren en los meses de junio a septiembre (Cruz-Cruz *et al.*, 2009).

El copal se distribuye desde el Sur de Chihuahua y Sinaloa hasta Morelos, Guerrero, Oaxaca y Chiapas; aunque químicamente variable, el principal componente volátil de su resina fresca es el α -pineno (Gigliarelli *et al.*, 2015). Es una especie dioica, de 6 a 10 m de alto, muy resinosa, con aroma agradable y penetrante; el tronco puede medir hasta 25 cm en su diámetro, prospera en bosque tropical caducifolio y en los encinares contiguos, así como en la vegetación secundaria derivada de los mismos,

a una altitud entre 1 650 y 2 200 m. Su madera se usa como leña, postes, para elaborar sillas de montar; la resina como incienso, y tanto a los frutos, como a la corteza se le atribuyen propiedades medicinales (Rzedowski *et al.*, 2004). El copal es un árbol sagrado, ya que posee valores culturales que se despliegan tanto en usos ceremoniales, como en aplicaciones medicinales (Martínez *et al.*, 2020).

El guaje es un árbol semicaducifolio, que varía entre arbustos muy ramificados de menos de 5 m de altura y árboles de 8 a 20 m de altura, con diámetros a la altura del pecho de hasta 50 cm y copas esparcidas, con una corteza lisa de color gris o marrón grisáceo (Hughes, 1998). La planta florece y fructifica en época de limitación de alimentos, como son los meses de agosto a mayo. Debido a su ambiente de crecimiento, se desarrolla en suelos pobres (regosoles calcáreos) (Peralta-Juárez *et al.*, 2017). En los sistemas agroforestales se emplea en cortinas rompevientos, sombra para cafetales, cercas vivas, cultivo en callejones, y en sistemas silvopastoriles como banco de proteína y mejoramiento de suelos a través de la fijación de nitrógeno, que el género *Leucaena* Benth. es capaz de realizar; también es importante como árbol ornamental, tutor y para abono verde (Olivares-Pérez *et al.*, 2011).

El cuachalalate es endémico de México y crece en el bosque tropical caducifolio, donde es dominante; es un árbol dioico con ramas ascendentes y torcidas, de color café rojizo a café oscuro; alcanza alturas de 10 m y posee un diámetro a la altura del pecho de hasta 40 cm (Pennington y Sarukhán, 2005). Su distribución se restringe a la vertiente del Pacífico, donde predomina el clima cálido subhúmedo con coeficiente de precipitación menor a 40 mm y una temperatura media anual de 24 °C (Solares y Gálvez, 2002). La especie presenta indicadores de escasez, aprovechamiento intensivo y destructivo debido a que la corteza se utiliza desde tiempos prehispánicos en la medicina tradicional; entre los padecimientos para los que se recomienda están la gastritis, eliminación de úlceras estomacales y la cicatrización de heridas; razones por

las cuales, la sitúan como una de las especies de mayor relevancia en la herbolaria mexicana (Solares *et al.*, 2012).

Índice de Importancia Cultural

El valor cultural de las especies arbóreas se determinó mediante el Índice de Importancia Cultural (*IIC*) mediante la siguiente expresión matemática (Burgos *et al.*, 2016):

$$IIC = \Sigma(Iu + Fm + Vut) \quad (2)$$

Donde:

IIC = Índice de Importancia Cultural, como la sumatoria de la intensidad de uso, frecuencia de mención y valor de uso

Iu = Intensidad de uso, número de usos de la especie *z*, expresada en porcentaje, con respecto al total de usos de todas las especies

Fm = Frecuencia de mención de la especie *z*, expresada en porcentaje con respecto a todas las entrevistas

Vut = Valor de uso total de la especie *z*, expresada como el número absoluto de usos de cada especie

Para el registro de las especies nombradas con importancia por los productores en las entrevistas, se asignaron 16 claves de usos con base en el análisis de pregunta incluida en la propia entrevista, en las cuales los productores podían englobar las diferentes utilidades que una especie arbórea tiene; a cada una se le asignó un número para su síntesis durante la encuesta: 1 leña, 2 medicinal, 3 postes, 4 madera, 5 alimenticio, 6 carbón, 7 postes para cercos, 8 fabricación de artesanías/herramientas de trabajo, 9 ornamental, 10 rituales, 11 forraje, 12 sombra, 13 etnoveterinaria, 14 abono verde, 15 cercas vivas, 16 otros (especificar).

El Índice de Importancia Cultural de los taxa está conformado por la intensidad de usos, frecuencia de mención de cada una de las especies y el número de usos. Por cada especie mencionada se calculó la intensidad de uso a partir del total de usos, es decir, 16 usos diferentes correspondieron a 100 %. La frecuencia de mención, expresada en porcentaje, de la especie *z* se obtuvo a partir del número de veces que fue mencionada por los entrevistados, independientemente del uso que le dieron. El valor de uso total de la especie *z*, es el número absoluto de usos de cada especie.

Los taxones señalados por los productores fueron fotografiados y se colectaron muestras botánicas para su identificación taxonómica y elaboración de un listado de especies de acuerdo con la familia botánica, el nombre científico y nombre común; además, se generó una base de datos en la cual se clasificaron las especies según el valor más alto registrado para el *IIC*. La nomenclatura de los taxa se verificó en la plataforma *World Flora Online* (WFO, 2024).

Resultados y Discusión

Tipo de terrenos y especies

De acuerdo con los resultados de las entrevistas se obtuvieron los datos que a continuación se describen. Conforme a la muestra, se registró un total de 613 ha cultivadas con maguey mezcalero, de las cuales 348 ha (57 %) se ubicaron en terrenos de ladera, es decir, con cierto nivel de inclinación, en donde se observó mayor riesgo de erosión debido al sistema de monocultivo y a la forma de siembra (las hileras establecidas en paralelo a la pendiente), y 264.7 ha (43 %) a terrenos en plano, cuyo riesgo de erosión por pendiente del terreno es menor, pero el suelo sigue estando descubierto.

De los diferentes tipos de maguey que se cultivan se confirmó que el predominante es el maguey espadín que estuvo presente en las parcelas de 104 productores (96 %), le sigue *Agave potatorum* Zucc. (maguey tobalá) con 36 menciones, después el *Agave rhodacantha* Trel. (maguey mexicano) con 27, *Agave karwinskii* Zucc. (maguey *cuishe*) con 25 menciones, y en menor proporción *Agave karwinskii* subespecie sin identificar (maguey madre *cuishe*) con 17, *Agave americana* L. (maguey coyote) con 16 y *Agave karwinskii* subsp. *amatengo* (maguey barrilito) con 13. Además, se observó que el maguey espadín tiene buen desarrollo en terrenos totalmente descubiertos de vegetación y, por lo tanto, con alta luminosidad, situación que concuerda con lo señalado por Bravo *et al.* (2007).

Percepción sobre restauración con especies arbóreas

De acuerdo con las entrevistas, los productores evidenciaron diferentes grados de interés sobre la asociación de árboles con el cultivo de maguey. Un total de 86 productores (80 % de los entrevistados) afirmaron que es posible asociar el maguey con alguna especie arbórea y mostraron tal interés, que algunos especificaron también el tipo de asociación que sería ideal realizar según su experiencia y conocimientos; mientras que el resto (20 % de los entrevistados) comentaron que no es necesaria esa asociación, es decir, no plantar árboles con el cultivo de maguey. De los productores a favor, 44 % indicó que lo harían como cerca viva, en el contorno del cultivo; 34 % estuvo dispuesto a plantar árboles en algún tipo de asociación con el cultivo de maguey, entre ellas como hileras, árboles distanciados y con especies arbóreas que no proporcionen demasiada sombra (Figura 2).

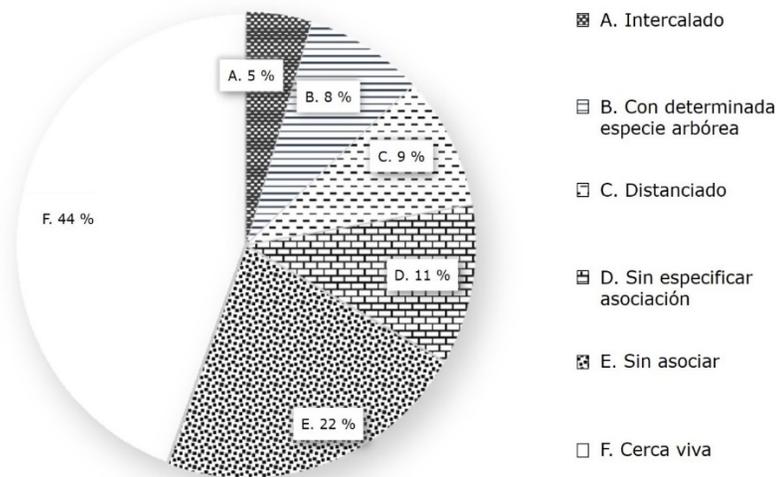


Figura 2. Tipo de asociación que están dispuestos a implementar los productores de *Agave L.* de la "región del mezcal", Oaxaca, México.

Importancia cultural de las especies mencionadas

Las 23 especies mencionadas en las entrevistas presentaron 16 usos; en 18 de ellas, el principal fue la obtención de leña, tres con fines alimenticios y dos para uso en medicina tradicional (Cuadro 2).

Cuadro 2. Usos de las especies arbóreas, intensidad de uso (*Iu*), frecuencia de mención (*Fm*), valor de uso total (*Vut*) e Índice de Importancia Cultural (*IIC*).

Familia	Nombre científico/Nombre común	Clave de uso	Menciones	<i>Iu</i>	<i>Fm</i>	<i>Vut</i>	<i>IIC</i>
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth. (guamúchil)	1, 2, 4, 7, 8, 11, 12, 14, 15	71	0.56	0.66	9	10.22
	<i>Neltuma juliflora</i> (Sw.) Raf. (mezquite)	1, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16 (melífera)	50	0.5	0.46	8	8.96
	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg. (cuatle o palo azul)	1, 2, 4, 7, 8, 11, 15	20	0.44	0.19	7	7.62
	<i>Erythrina americana</i> Mill. (tzompantle)	5, 7, 8, 9, 10, 15	8	0.38	0.07	6	6.45
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn (huizache)	1, 2, 11, 12, 15	21	0.31	0.19	5	5.51
	<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P. G. Ribeiro, Seigler & Ebinger (rabo de iguana)	1, 7, 11, 15, 16 (tinte)	16	0.31	0.15	5	5.46
	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth. (tepehuaje)	1, 5, 7, 11, 15	16	0.31	0.15	5	5.46
	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger (agarroble)	1, 7, 8, 15	12	0.25	0.11	4	4.36
	<i>Senna atomaria</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby (vainillo)	1, 11, 12	10	0.19	0.09	3	3.28
	<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst. (palo de Brasil)	1, 2, 15	6	0.19	0.06	3	3.24
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud. (enebro)	1, 4, 7, 12, 15	4	0.31	0.04	5	5.35
	<i>Taxodium mucronatum</i> Ten. (sabino)	1, 8, 12	5	0.19	0.05	3	3.23
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L. (pirúl)	2, 10, 12, 15	11	0.25	0.1	4	4.35
	<i>Spondias mombin</i> L. (hobo)	1, 4, 8, 12	2	0.25	0.02	4	4.27
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq. (jarilla)	1, 2, 4, 7, 9, 12, 15	30	0.44	0.28	7	7.72

Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten. & Baker f. (pochotle)	1, 4, 9, 10, 12, 15	10	0.38	0.09	6	6.47
Bignoniaceae	* <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don. (jacaranda)	1, 4, 9, 10, 12	27	0.25	0.25	5	5.5
Convolvulaceae	<i>Ipomea murucoides</i> Roem. & Schult. (cazahuate)	1, 2, 12, 16 (insecticida para arriera)	15	0.25	0.14	4	4.39
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum officinale</i> L. (guayacán)	1, 2, 4, 12	8	0.25	0.07	4	4.32
Cactaceae	<i>Opuntia</i> spp. (nopal)	5, 7, 15	32	0.19	0.3	3	3.48
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> L. Osbeck (limón)	1, 5, 15	12	0.19	0.11	3	3.3
Boraginaceae	<i>Ehretia tinifolia</i> L. (mandimbo)	1, 5, 12	8	0.19	0.07	3	3.26
Meliaceae	* <i>Melia azedarach</i> L. (paraíso)	1, 10, 12	4	0.19	0.04	3	3.22

*Especie introducida

Los taxa que se utilizan para leña, además tienen otros usos; es decir, son especies multipropósitos, y entre ellos están para cercas vivas, medicina tradicional, sombra y postes; destacan tres taxones de la familia Fabaceae: *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. (guamúchil), *Neltuma juliflora* (Sw.) Raf. (mezquite) y *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. (cuatle), y uno de la familia Sapindaceae, *Dodonaea viscosa* Jacq. (jarilla) (Cuadro 2).

Las especies nombradas, principalmente para uso alimenticio, fueron *Erythrina americana* Mill., Fabaceae (tzompantle), *Opuntia* spp., Cactaceae (nopal) y *Citrus limon* L. Osbeck, Rutaceae (limón). Los taxa cuyo uso principal es el medicinal fueron *Schinus molle* L., Anacardiaceae (pirúl) e *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult., Convolvulaceae (cazahuate).

El Índice de Importancia Cultural (*IIC*) de las especies se presenta en el Cuadro 2. El guamúchil destacó por tener el valor más alto de $IIC=10.22$, resultado de la suma de $Iu=56$ % obtenido como el porcentaje de nueve tipos de usos de un total de 16, más 66 % correspondiente a la frecuencia de menciones, más un valor de nueve que corresponde al número de usos (Cuadro 2). Al respecto, Monroy y Colín (2004) coinciden con la importancia del guamúchil por su diversidad de usos.

Importancia cultural de las especies sugeridas

Las especies que propusieron los autores de la presenta investigación, para su validación por los productores, se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Especies arbóreas sugeridas, usos, intensidad de uso (*Iu*), frecuencia de mención (*Fm*), valor de uso total (*Vut*) e Índice de Importancia Cultural (*IIC*).

Familia	Nombre científico/Nombre común	Clave de uso	Menciones	<i>Iu</i>	<i>Fm</i>	<i>Vut</i>	<i>IIC</i>
Burseraceae	<i>Bursera linanoe</i> (La Llave) Rzed., Calderón & Medina (linaloe)	2,7,10,13	14	0.3	0.1	4	4.4
	<i>Bursera bipinnata</i> Engl. (copal)	1,2,7,8,10,11,15,16	53	0.3	0.5	5	5.8
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Schiede ex Standl. (cuachalalate)	2,4,5,10,16	99	0.5	0.9	8	9.4
Fabaceae	<i>Leucaena esculenta</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Benth. (guaje)	1,5,11,15,16	100	0.4	0.9	6	7.3

Amphipterygium adstringens (cuachalalate) destacó por tener el valor más alto de $IIC=9.41$, resultado de la suma de $Iu=25\%$ obtenido como el porcentaje de ocho tipos de usos de un total de 16, más 12% correspondiente a la frecuencia de menciones, más un valor de ocho que corresponde al número de usos (Cuadro 3). *Leucaena esculenta* (guaje) presentó un $IIC=7.3$, posteriormente se ubicó *Bursera bipinnata* (copal) con un $IIC=5.8$ y por último *Bursera linanoe* (linaloe) con un IIC de 4.37.

Priorización de las especies

El valor ordenado del *IIC* de cada una de las especies mencionadas y sugeridas se muestra en la Figura 3, las que resultaron con mayor *IIC* pueden tener preferencia y potencial para establecerse como parte de la restauración productiva. En orden de importancia fueron: *Pithecellobium dulce* (guamúchil), *Bursera bipinnata* (copal), *Neltuma juliflora* (mezquite), *Dodonaea viscosa* (jarilla), *Eysenhardtia polystachya* (cuatle) y *Leucaena esculenta* (guaje).

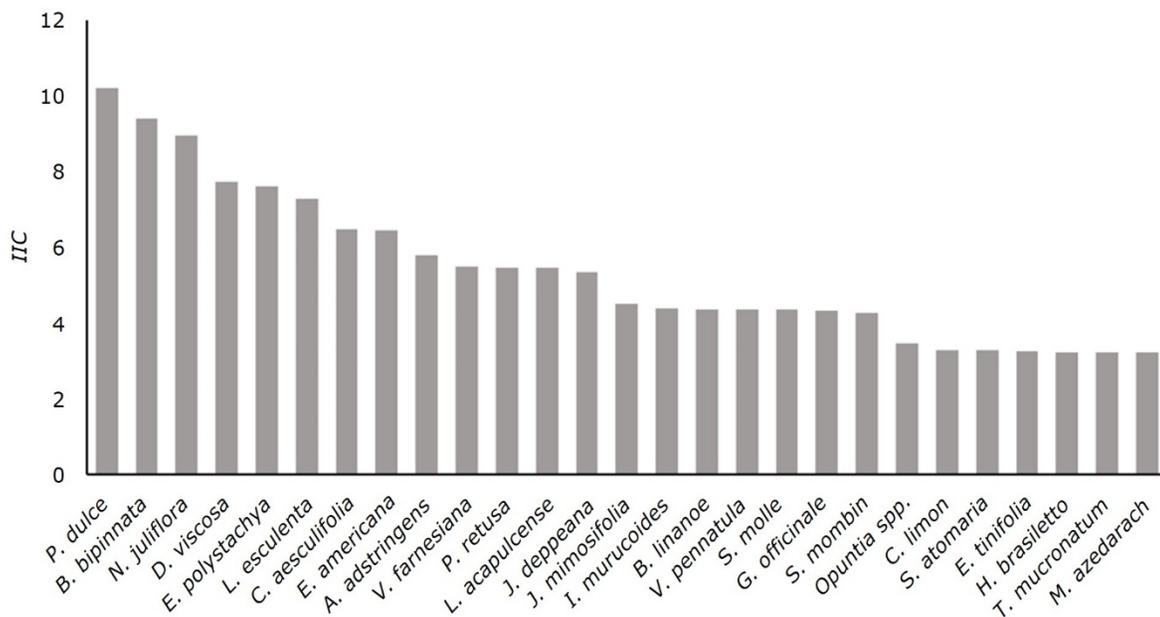


Figura 3. Priorización de las especies arbóreas de acuerdo al *IIC*.

B. bipinnata (copal) como especie sugerida se ubicó, solamente, en segundo lugar y *L. esculenta* (guaje) en sexto lugar, *A. adstringens* (cuachalalate) ocupó el noveno lugar y *B. linanoe* (linaloe) se ubicó en el lugar 16 de las 27 especies; por lo que las

especies de árboles mencionadas por los productores tuvieron mayor importancia que algunas de las propuestas por los investigadores.

Conclusiones

La asociación de especies arbóreas para restauración productiva de áreas con el cultivo de maguey es posible según la opinión de los productores, y la forma más factible es como cercos vivos en contorno al cultivo del agave.

Con base en el Índice de Importancia Cultural, las especies promisorias para la restauración productiva de áreas cultivadas con *Agave* mezcalero son, en orden de importancia: *Pithecellobium dulce*, *Bursera bipinnata*, *Neltuma juliflora*, *Dodonaea viscosa*, *Eysenhardtia polystachya* y *Leucaena esculenta* que tienen diversos usos y aprovechamientos como leña, alimentario y en medicina tradicional, principalmente.

Es importante considerar el conocimiento tradicional de los productores, en combinación con el conocimiento técnico-científico de los investigadores sobre el uso y características de las especies por establecerse con fines de restauración productiva.

Agradecimientos

A los productores de maguey de las diversas comunidades que fueron entrevistados y colaboraron de manera entusiasta con información y puntos de vista, a las autoridades administrativas y agrarias de las comunidades por su valioso apoyo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con empresa o institución relacionada con el presente trabajo.

Contribución por autor

Rafael Rodríguez-Hernández y Juan Francisco Castellanos-Bolaños: idea del estudio, recopilación de información en campo, análisis de los resultados y redacción del manuscrito; José Rafael Contreras-Hinojosa: recopilación de información de campo y revisión del manuscrito; Teresa Nashiely Ruíz-Ríos y Martha García-Sibaja: recopilación de información de campo, codificación de la información y formulación de la base de datos.

Referencias

Amoroz S., I. (Coord.). 2011. M4. Proyecto piloto: Alfabetización con mujeres indígenas y afrodescendientes del Estado de Oaxaca. Informe Final. Instituto Nacional de las Mujeres e Instituto de la Mujer Oaxaqueña. Oaxaca de Juárez, Oax., México. 103 p.

- Arredondo V., C., R. Contreras H. y A. M. Canseco L. 2001. Fertilización del maguey mezcalero. INIFAP-CIRPAS-CE Valles Centrales de Oaxaca. Villa de Etna, Oax., México. 2 p.
- Bautista, J. A. y J. Ramírez J. 2008. Agricultura y pluriactividad de los pequeños productores de agave en la región del mezcal, Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México* 34(4):443-451. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60811120007>. (20 de mayo de 2024).
- Becerra, J. X. y K. Noge. 2010. The Mexican roots of the Indian lavender tree. *Acta Botánica Mexicana* 91:27-36. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57412477005>. (11 de noviembre de 2023).
- Boza C., J., J. V. Pérez-Rodríguez y J. de León L. 2016. Introducción a las técnicas de muestreo. Ediciones Pirámide. Madrid, MD, España. 208 p.
- Bravo M., E., H. Espinosa P. y P. López L. 2007. Tecnología para la producción de maguey mezcalero en Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Villa de Etna, Oax., México. 160 p.
- Burgos H., B., A. Cruz L., M. Uribe G., A. Lara B. y R. Maldonado T. 2016. Valor cultural de especies arbóreas en sistemas agroforestales de la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (16):3277-3286. Doi: 10.29312/remexca.v0i16.396.
- Castellanos-Bolaños, J. F. y M. Gómez-Cárdenas. 2022. Caracterización silvícola de poblaciones naturales de *Bursera linanoe* en los estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero. *E-CUCBA* 9(18):57-65. Doi: 10.32870/ecucba.vi18.241.
- Ceccon, E. 2013. Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos. Benito Juárez, D. F., México. 290 p.
- Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (Comercam). 2023. Informe Estadístico 2023. Comercam. Oaxaca de Juárez, Oax., México. 20 p.
- Cruz-Cruz, E., V. Mariles-Flores, M. Gómez-Cárdenas y D. Vargas-Álvarez (Comps.). 2009. Fundamentos técnicos para el manejo de poblaciones naturales de linaloe

- (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina) en México. INIFAP-CIRPAS-CE Valles Centrales de Oaxaca. Villa de Etila, Oax., México. 289 p.
- Espinosa P., H., C. Arredondo V., M. A. Cano G., A. M. Canseco L. y F. Vázquez Q. 2002. La materia prima para producir el mezcal oaxaqueño: Catálogo de la diversidad de agaves. INIFAP-CIRPAS-CE Valles Centrales de Oaxaca. Villa de Etila, Oax., México. 67 p.
- Gigliarelli, G., J. X. Becerra, M. Curini and M. C. Marcotullio. 2015. Chemical composition and biological activities of fragrant Mexican Copal (*Bursera* spp.). *Molecules* 20(12):22383-22394. Doi: 10.3390/molecules201219849.
- Hughes, C. E. 1998. *Leucaena*. Manual de Recursos Genéticos. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, Department for International Development. Oxford, OX, Reino Unido. 280 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2022. Censo agropecuario (CA) 2022 (2023). <https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/#tabulados>. (23 de enero de 2024).
- Martínez V., G., A. Espinosa Y. y M. S. Galván M. 2020. La cultura y los procesos de ecoinnovación en San Martín Tilcajete, Oaxaca. *In: Carrillo G., G. y R. S. Ríos E. (Coords.). Una mirada a la ecoinnovación en organizaciones locales en México. Nuevos marcos explicativos. Universidad Autónoma Metropolitana. Coyoacán, Cd. Mx., México. pp.107-141.*
- Moctezuma-López, G., R. Pérez M., A. González H., M. E. Romero S., E. Velazco B. y G. Ramírez O. 2023. Agave mezcalero: Importancia del contexto económico a nivel estado de Oaxaca y su comparación a escala país México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 53:535-549. Doi: 10.22004/ag.econ.339266.
- Monroy, R. y H. Colín. 2004. El guamúchil *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, un ejemplo de uso múltiple. *Madera y Bosques* 10(1):35-53. Doi: 10.21829/myb.2004.1011278.

- Olivares-Pérez, J., F. Avilés-Nova, B. Albarrán-Portillo, S. Rojas-Hernández y O. A. Castelán-Ortega. 2011. Identificación, usos y medición de leguminosas arbóreas forrajeras en ranchos ganaderos del sur del Estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(2):739-748. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93918231039>. (22 de noviembre de 2023).
- Palma, F., P. Pérez y V. Meza. 2016. Diagnóstico de la Cadena de Valor Mezcal en las Regiones de Oaxaca. Gobierno del Estado de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oax., México. 83 p.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. Coyoacán, D. F., México. 523 p.
- Peralta-Juárez, I., A. Gómez-Campos, P. A. Romero-Castillo y A. Reyes-Dorantes. 2017. Uso antropocéntrico del guaje *Leucaena esculenta* (Moc. & Sessé ex. Dc.) Benth, en dos comunidades de la Mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Polibotánica* (43):1-16. Doi: 10.18387/polibotanica.43.15.
- Rodríguez H., R., E. Bravo M., H. Espinoza P., P. López L., P. Cadena I. and A. Rodríguez C. 2022. Economic evaluation of three fertilization options and their impact on the competitiveness of the mezcalero agave. *International Journal of Agriculture, Environment and BioResearch* 7(6):153-164. Doi: 10.35410/IJAEB.2022.5781.
- Rzedowski, J., R. Medina L. y G. Calderón de Rzedowski. 2004. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la Cuenca Superior del Río Papaloapan (México). *Acta Botánica Mexicana* (66):23-151. Doi: 10.21829/abm66.2004.970.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquero (SIAP). 2021. Producción agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. (15 de diciembre de 2023).
- Solares A., F., J. M. P. Vázquez A. y M. C. Gálvez C. 2012. Canales de comercialización de la corteza de cuachalalate (*Amphipterigium adstringens* Schiede

ex Schlecht.) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(12):29-42. Doi: 10.29298/rmcf.v3i12.506.

Solares A., F. y M. C. Gálvez C. 2002. Manual para una producción sustentable de corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Mor., México. 13 p.

World Flora Online (WFO). 2024. World Flora Online, Published on the Internet (2024). Global Strategy for Plant Conservation (GSPC) and Convention on Biological Diversity. <http://www.worldfloraonline.org>. (24 de junio de 2024).



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0* [Atribución-No Comercial \(CC BY-NC 4.0 Internacional\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.