

Especies arbóreas forrajeras de la península de Yucatán: una opción para diversificar los agroecosistemas

Forage tree species of the Yucatan Peninsula: an option to diversify agroecosystems

Fernando Casanova-Lugo^{1*} , Ana Gutiérrez-López¹ , Héctor Jiménez-Hernández¹ ,
Guadalupe Quezada-Raya¹ , Justo Enríquez-Nolasco² , William Cetzal-Ix² 

¹Tecnológico Nacional de México/IT de la Zona Maya. Carretera Chetumal-Escárcega Km 21.5, Ejido Juan Sarabia, CP. 77965. Othón P. Blanco, Quintana Roo, México

²Tecnológico Nacional de México/IT de Chiná. Calle 11 S/N entre 22 Y 28, CP. 24520. Chiná, Campeche, México.

*Autor para correspondencia: fkzanov@gmail.com

Artículo científico

Recibido: 07 de abril 2024

Aceptado: 09 de octubre 2024

RESUMEN. El objetivo de este estudio fue identificar las especies arbóreas forrajeras (EAF) presentes en la península de Yucatán (PY), para documentar sus usos y contribución a la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria regional. Con una revisión bibliográfica exhaustiva se integró y actualizó las especies forrajeras presentes y se clasificaron sus usos y beneficios asociados; a través de los estudios de la flora de la PY y la lista de árboles del Mayab se determinó el origen biogeográfico y las formas de crecimiento de las especies. A la información obtenida se le realizaron análisis descriptivos con el software Origin Pro® 2023b. Se registró un total de 518 especies de flora con diversos usos (16 categorías), de cuales 82 son EAF. Además, poseen otros usos como leña, medicinas, artesanías y madera con 59, 56, 46 y 45 especies, respectivamente. Las EAF provienen de 27 familias botánicas, siendo las más importante Fabaceae que representa el 40% de las especies. En cuanto al origen botánico, el 64% de las EAF son nativas. Cada especie presenta al menos dos formas de aprovechamiento, lo que señala su relevancia en la economía local y su empleo potencial para la alimentación animal. Sin embargo, para aprovechar plenamente estos recursos, es crucial documentar la composición nutricional y promover prácticas sostenibles para su uso forrajero para los productores ganaderas de la PY.

Palabras clave: Agrobiodiversidad, fertilidad del suelo, ganadería, leguminosas, conservación, agroforestería.

ABSTRACT. The objective of this study was to identify the forage tree species (FTS) present in the Yucatan Peninsula (YP), to document their uses and contribution to agrobiodiversity and regional food security. With an exhaustive bibliographic review, the forage species present were integrated and updated and their uses and associated benefits were classified; Through studies of the flora of the YP and the list of trees of the Mayab, the biogeographic origin and growth forms of the species were determined. Descriptive analyzes were carried out on the information obtained with the Origin Pro® 2023b software. A total of 518 species of flora with various uses (16 categories) were recorded, of which 82 are FTS. In addition, they have other uses such as firewood, medicines, crafts and wood with 59, 56, 46 and 45 species, respectively. The FTS come from 27 botanical families, the most important being Fabaceae, which represents 40% of the species. Regarding botanical origin, 64% of FTS are native. Each species presents at least two forms of use, which indicates its relevance in the local economy and its potential use for animal feed. However, to fully take advantage of these resources, it is crucial to document the nutritional composition and promote sustainable practices for their forage use for livestock producers in the YP.

Keywords: Agrobiodiversity, agroforestry, conservation, legumes, livestock, soil fertility.

Como citar: Casanova-Lugo F, Gutiérrez-López A, Jiménez-Hernández H, Quezada-Raya G, Enríquez-Nolasco J, Cetzal-Ix W (2025) Especies arbóreas forrajeras de la península de Yucatán: una opción para diversificar los agroecosistemas. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(1): e4138. DOI: 10.19136/era.a12n1.4138.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con una amplia diversidad biológica, particularmente las zonas tropicales y húmedas donde se encuentran los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Veracruz, Quintana Roo y Yucatán. Sin embargo, estas áreas son vulnerables ya que son utilizadas por sus características agroclimáticas para el manejo y desarrollo agropecuario local (Montejo-Martínez *et al.* 2020). En este sentido, Quintana Roo se caracteriza por una gran diversidad de especies arbóreas forrajeras (EAF), pero su potencial de uso y de alimentación animal es limitado por la falta de conocimiento (Pozo-Leyva *et al.* 2022).

Algunos productores utilizan especies forrajeras en potreros, como complemento alimentario, ya que sus características morfológicas las hacen adaptables dentro de los sistemas ganaderos. Asimismo, estas especies cuentan con diferentes usos ya sea como maderable, cercas vivas, árboles dispersos, banco de forraje, construcción, medicinal, melífera, ornamental o como sombra, lo cual las hace ideales para mantener un equilibrio térmico en los animales (Casanova-Lugo *et al.* 2022).

Actualmente, los estudios de estos sistemas productivos han recibido atención debido a la problemática ambiental, derivado de la deforestación y el incorrecto manejo técnico de los sistemas de alimentación animal. Lo anterior ha provocado una baja productividad o escasez de las gramíneas forrajeras, además, ha contribuido al calentamiento global, el cual repercute en largos periodos de sequías. Por lo que las especies arbóreas son usadas en algunos sistemas ganaderos para compensar la escasez de forrajes (Pozo-Leyva *et al.* 2022) debido a que muchas de las EAF poseen raíces pivotantes que les permite desarrollar más raíces finas en los estratos de suelo más profundos para acceder al agua durante la estación seca, en comparación con los arbustos y hierbas (Jiang *et al.* 2023).

La información sobre el uso y beneficio de las especies forrajeras es muy limitada, se han registrado en diversas familias botánicas (como *Boraginaceae*, *Burseraceae*, *Malvaceae*, *Meliaceae*, *Moraceae*, *Moringaceae*), pero encontrándose su mayor diversidad en *Fabaceae* (Villanueva-Partida *et al.* 2019). Las especies de *Fabaceae* se caracterizan por ser fijadoras de nitrógeno, siendo ideales para mantener la fertilidad del suelo (Pérez-Sarabia *et al.* 2017). Sin embargo, aún faltan estudios específicos sobre el comportamiento, calidad y uso de cada especie para valorar su inclusión en los sistemas de producción animal (Pozo-Leyva *et al.* 2024). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar las especies arbóreas forrajeras presentes en la península de Yucatán, para documentar sus usos, así como su contribución a la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria en el sureste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La PY está ubicada en el sureste de los Estados Unidos Mexicanos y compuesta por los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán (Duno-de-Stefano *et al.* 2012). Con una extensión territorial de aproximadamente 181 000 km², la región presenta una variada geografía y climatología, su precipitación anual varía considerablemente, desde menos de 125 mm en el extremo occidental hasta los 1 500 mm en la costa opuesta (Vidal-Zepeda *et al.* 1989). Esta diversidad climática influye

en la flora y fauna y ecosistemas presentes, generando una riqueza biológica única en la región. Este territorio destaca no solo por su importancia geográfica, sino también por su relevancia ambiental y cultural.

Estrategia para la revisión de la información

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva con el objetivo de identificar las EAF presentes en la PY (Figura 1). Se tomó como base las especies registradas en la Lista de árboles del Mayab (Trejo-Torres y Gann 2016). Además, se recopilaron datos de diversas fuentes editoriales como: Elsevier, Springer, Taylor and Francis, así como bibliotecas digitales: El herbario digital Centro de Investigación Científica de Yucatán, (CICY), Naturalista México y El herbario virtual Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La identificación y actualización de los nombres científicos se realizó mediante referencias bibliográficas de la flora ilustrada de la PY (Carnevali *et al.* 2010), así como la consulta de páginas en línea, por ejemplo. Flora digital del CICY.

Identificación de usos, origen biogeográfico y forma de crecimiento de los taxa

Los usos y forma de crecimiento de las EAF fueron determinados con base a los estudios de la distribución de la flora de la PY (Carnevali *et al.* 2010) y la lista de árboles del Mayab (Trejo-Torres y Gann 2016). Así como fuentes editoriales y bibliotecas digitales antes mencionadas. Para definir el origen de las especies se empleó la clasificación propuesta por Trejo-Torres y Gann (2016), quienes clasifican a las especies de la PY en cuatro categorías: (i) nativas no endémicas (NNE), especies que crecen naturalmente en la región, en su mayoría de forma silvestre o espontánea; (ii) Nativas endémicas (NE): únicas en la región, algunas son comunes, mientras que otras son tan raras que apenas se han documentado; (iii) Introducidas naturalizadas (IN), son aquellas que, tras ser introducidas se han adaptada a sobrevivir sin la intervención humana, a menudo como remanentes de cultivos o introducciones accidentales; (iv) Introducidas cultivadas (IC), especies cultivadas activamente en huertos, jardines y poblaciones.

Análisis de la información

Para los análisis descriptivos específicos de los usos etnobotánicos de las EAF presentes en la PY, se empleó el software OriginPro® 2023b (64-bit) SR1 10.0.5.157 (OriginLab Corporation), lo que permitió analizar las principales relaciones entre usos y especies, así como los tipos de vegetación donde crecen. Los números de usos por especie, origen y familia botánica se analizaron mediante el empleo del programa de Excel 2021® de la paquetería de Microsoft Office LTSC Profesional Plus 2021.

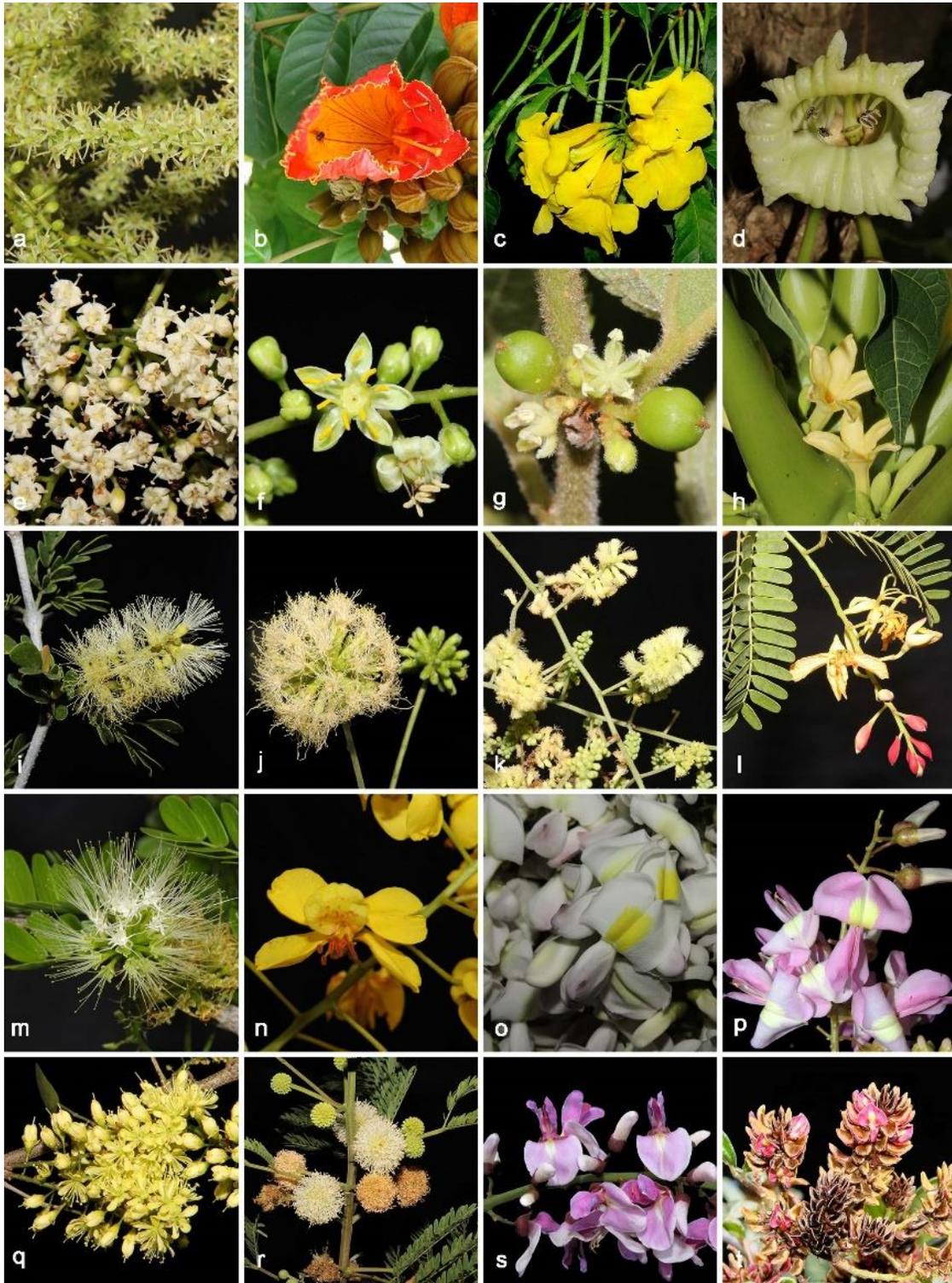


Figura 1. Representación de algunas especies forrajeras presentes en la península de Yucatán. a, *Sabal mexicana*; b, *Spathodea campanulata*; c, *Tecoma stans*; d, *Parmentiera aculeata*; e, *Ehretia tinifolia*; f, *Bursera simaruba*; g, *Trema micrantha*; h, *Carica papaya*; i, *Ebenopsis ebano*; j, *Enterolobium cyclocarpum*; k, *Senegalia gaumeri*; l, *Tamarindus indica*; m, *Albizia tomentosa*; n, *Caesalpinia gaumeri*; o, *Gliricidia maculata*; p, *Gliricidia sepium*; q, *Haematoxylum campechianum*; r, *Leucaena leucocephala*; s, *Lonchocarpus castilloi*; t, *Lonchocarpus rugosus*.

RESULTADOS

De las 518 especies de flora arbóreas en la lista de árboles del Mayab, se identificaron 83 EAF presentes en la PY (Tabla 1). Estas especies arbóreas se clasificaron en 16 categorías según sus usos y beneficios como: forrajera (principalmente), medicinal, artesanal, melífera, leña, madera, postes, gastronomía, cerca viva, sombra, ceremonial, ornamental, construcción, resina, frutas, antiemético.

Tabla 1. Listado florístico de las especies arbóreas con potencial forrajero de la Península de Yucatán, México.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Usos	Origen
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	1,2,4,5,6,8,10,13,15	IC
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo	1,3,5,6,7,12,13,16	NNE
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo de monte	1,3,5,7,15,16	IC
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i> Rose	Cojón de toro	1,3,6,7,9,13	NNE
Arecaceae	<i>Elaeis oleifera</i> (Kunth) Cortés	Palma aceitera	1,10,15	IC
Arecaceae	<i>Sabal mexicana</i> Mart.	Guano bon	1,4,14,16	NNE
Bignoniaceae	<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.	Pepino de árbol	1,2,4,5,9,10,15	NNE
Bignoniaceae	<i>Parmentierammillspaughiana</i> L.O. Williams	Pepino de monte	1,2,4,5,9,10,15	NNE
Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipán africano	1,6,7,16	IC
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth var. <i>stans</i>	Sauco amarillo	1,3,5,7,14	NNE
Boraginaceae	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	Roble	1,2,5	NNE
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Palo mulato	1,2,3,10,11,12	NNE
Cannabaceae	<i>Celtis trinervia</i> Lam.	Ta'an che'	1,2,3,4,5	NNE
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Pixoy k'aax	1,3,4,6,7	NNE
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	1,2,9,16	NNE
Caricaceae	<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	Bonete	1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15	NNE
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Ciruela blanca	1,2,3,5,6,8,10,13,14,16	NNE
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	Yaití	1,2,3,5,6,7,8,10,11,12,14	NNE
Fabaceae	<i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth.	Acacia amarilla	1,2,3,7,9,11	IC
Fabaceae	<i>Albizia tomentosa</i> (Micheli) Standl.	Arrocillo	1,2,3,5,7	NNE
Fabaceae	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.	Almendro	1,2,3,5,7	NNE
Fabaceae	<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.	Kitam che'	1,2,3,5,6,14	NNE
Fabaceae	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose var. <i>leucospermum</i> (Brandege) Barneby & J. W. Grimes	Cucharo	1,3,5,7	NNE
Fabaceae	<i>Cynometra retusa</i> Britton & Rose	Zapotillo	1,4,5,6	NNE
Fabaceae	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	Ebano	1,5	NNE
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Guanacaste	1,3,5,6,9,10,13,15	NNE
Fabaceae	<i>Erythrina berteroa</i> Urb.	Palo madre cacao	1,2	IC
Fabaceae	<i>Erythrina indica</i> Lam.	Coral	1,2,8	IC
Fabaceae	<i>Gliricidia maculata</i> (Kunth) Kunth ex Walp.	Palo de sol	1,2,5,6,7,8,13	NE
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Madre cacao	1,2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13	IC
Fabaceae	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Tinto	1,2,3,5,6,7,8,11,12,14,15	NE
Fabaceae	<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose	Chimay	1,2,3,4,5,6,7,10,11,14,15	NE
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Algarrobo	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,15	IC
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	Waaxim	1,2,4,5,8,9	NNE

Fabaceae	<i>Leucaena shannonii</i> Donn. Sm.	Guaje	1,2,3,6,10	NNE
Fabaceae	<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standl.	Machiche	1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15	NE
Fabaceae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	Frijolillo	1,2,3,5,6,7,11,13	NNE
Fabaceae	<i>Lonchocarpus hondurensis</i> Benth.	Jabin del agua	1,2,5,6,7,11,14	NNE
Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	K'asín	1,2,5,6,7,8,10,11,13,14	NE
Fabaceae	<i>Lonchocarpus yucatanensis</i> Pittier	Ba'al che'	1,2,3,4,5,6,7,10,11	NE
Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	Tepehuaje	1,2,4,5,6,7,8,10,11,12	NNE
Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	Tzalam	1,2,4,5,6,7,8,10,11,14	NE
Fabaceae	<i>Mimosa bahamensis</i> Benth.	Káatsim blanco	1,2,3,4,5,6,7,9,14	NNE
Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Jabín	1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,13,14	NNE
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guamúchil agarroso	1,2,4,5,6,8,10,12,14,15	NNE
Fabaceae	<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl	Bejuco prieto	1,5,6,7	NE
Fabaceae	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC. var. Juliflora	Mezquite	1,7,9	NNE
Fabaceae	<i>Senna atomaria</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby	lluvia de oro	1,3,6,7,13	NNE
Fabaceae	<i>Senegalia gaumeri</i> (S. F. Blake) Britton & Rose	Boox káatsim	1,2,3,5,6	NNE
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo, Pachuhuk	1,3,5,6,7,14,16	IC
Fabaceae	<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger ssp. parvicephala (Seigler & Ebinger) Seigler & Ebinger	Algarrobo	1,2,5,6,7	NNE
Hernandiaceae	<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i> Domin	Carne de perro	1,2,3,4,5,6,7,10,11	NNE
Lamiaceae	<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	Melina	1,2,3,5,6,7,10,11,12,14	IC
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.	Ya'ax nik	1,3,5,7,13	NNE
Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees	Laurelillo	1,2,5,6,10,13	NNE
Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i> L.	Nancén	1,4,15	NNE
Malpighiaceae	<i>Malpighia lundellii</i> C. V. Morton	Wayate'	1,2,4,5,15,	NE
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	1,2,3,4,5,6,7,12,13,14	NNE
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guacimo	1,2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,16	NNE
Malvaceae	<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart.	Algodoncillo	1,2,3,5,6,7,10,11,13,16	NNE
Malvaceae	<i>Luehea speciosa</i> Willd.	K'an kaat	1,2,3,4,5,6,7,10,11,13,14,16	NNE
Meliaceae	<i>Hyperbaena winzerlingii</i> Standl.	Naranjillo	1,4,5,15	NNE
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ramón	1,2,3,5,6,7,8,9,11,13,16	NNE
Moraceae	<i>Ficus pertusa</i> L. F	Amesquite	1,2,8,9,	NNE
Moraceae	<i>Ficus religiosa</i> L.	Higuera sagrada	1,2,3	IC
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex G. Don	Palo moral, Mora	1,2,4,5,6,9,10,13	NNE
Moraceae	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Ramón colorado	1,3,4,5,6,10	NNE
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	1,2,4,5,8,9,10,15	IC
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i> L.	Capulíncillo	1,2,4,5	IN
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba manza, pichi	1,2,3,4,5,6,7,9	IC
Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i> Hemsl.	Boob, boob ch'iich	1,4,10	NE
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i> Rolfe	Dzidzilché	1,2,3,4,5,6,10,11,12,13	NNE
Polygonaceae	<i>Neomillspaughia emarginata</i> (H. Gross) S.F Blake	Sak iitsa''	1,4,5,6,10	NE
Rhamnaceae	<i>Ziziphus yucatanensis</i> Standl.	Uayum	1,3,5,13	IN
Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	1,2,4,5,9,15	IC
Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i> L.	Limoncillo, kajaal k'aaax	1,3,5,6,8	NNE

Rubiaceae	<i>Stenostomum lucidum</i> (Sw.) C. F. Gaertn.	Palo de rosa	1,5,13,	NNE
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito	1,2,3,16	IC
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegee ex Standl.	Caimitillo, chi'kéej	1,2,3,7,9,11,16	NNE
Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i> (L.) Lam.	Zapote faisán, chakal ja'as	1,5,7,14,16	NNE
Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumbo, k'ooch k'aax	1,2,3	NNE
Verbenaceae	<i>Citharexylum caudatum</i> L.	Naranjillo	1,2,3,5,7	NNE

1: forrajera. 2: medicinal. 3: artesanal. 4: melífera. 5: leña. 6: madera. 7: postes. 8: gastronomía. 9: cerca viva. 10: sombra. 11: ceremonial. 12: ornamental. 13: construcción. 14: resina. 15: frutas. 16: antiemético. IN: Introducida naturalizada. IC: introducida-cultivada. NE: nativa endémica. NNE: nativa no-endémica.

Las EAF identificadas provienen de 27 familias botánicas (Figura 2), destacándose entre estas Fabaceae, ya que representa un 40% de las especies, seguida de Moraceae (6%). Además, las familias Bignoniaceae y Malvaceae contribuyen con un 5% del total de las especies registradas. Otro grupo de familias como Anacardiaceae, Polygonaceae, Rubiaceae y Sapotaceae comprenden el 4% de las EAF. Por otro lado, un cuarto grupo de familias que incluye Arecaceae, Cannabaceae, Caricaceae, Lamiaceae, Malpighiaceae, Muntingiaceae, representan el 2%. Las especies restantes se distribuyen en 14 familias adicionales, contribuyen con el 17% de las especies identificadas.

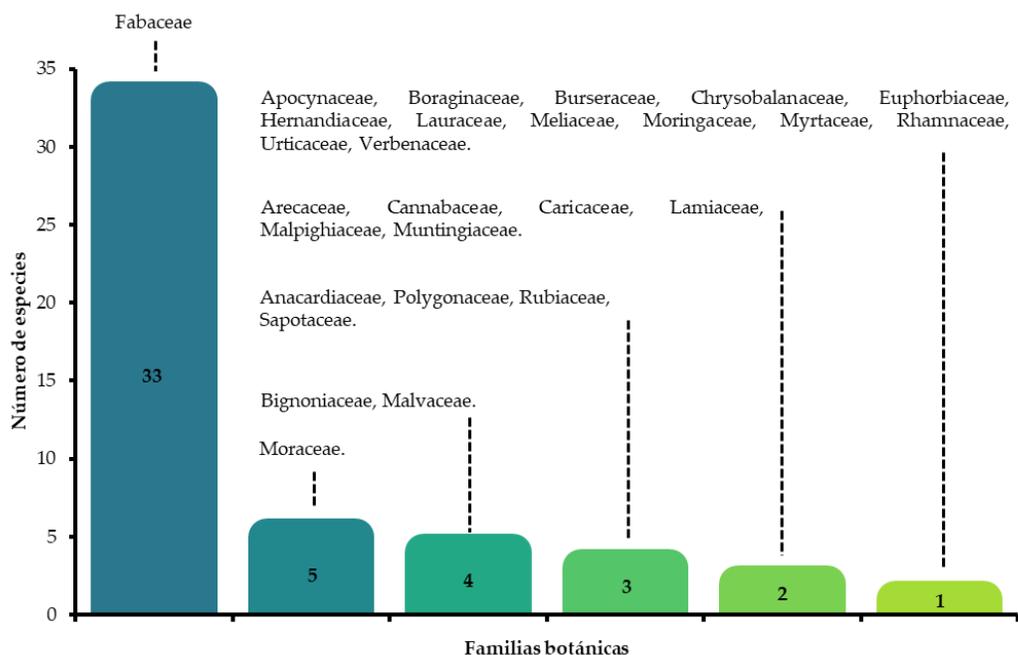


Figura 2. Número de especies por familia botánica de especies arbóreas con potencial forrajero en la Península de Yucatán, México.

Por otra parte, en el presente estudio se observó que las EAF de la PY poseen una gran diversidad de usos, dado que se registró 15 usos adicionales al forrajero. Entre los usos más destacados se encuentra la leña, medicinas, artesanías y madera con 59, 56, 46 y 45 especies, respectivamente (Figura 3).

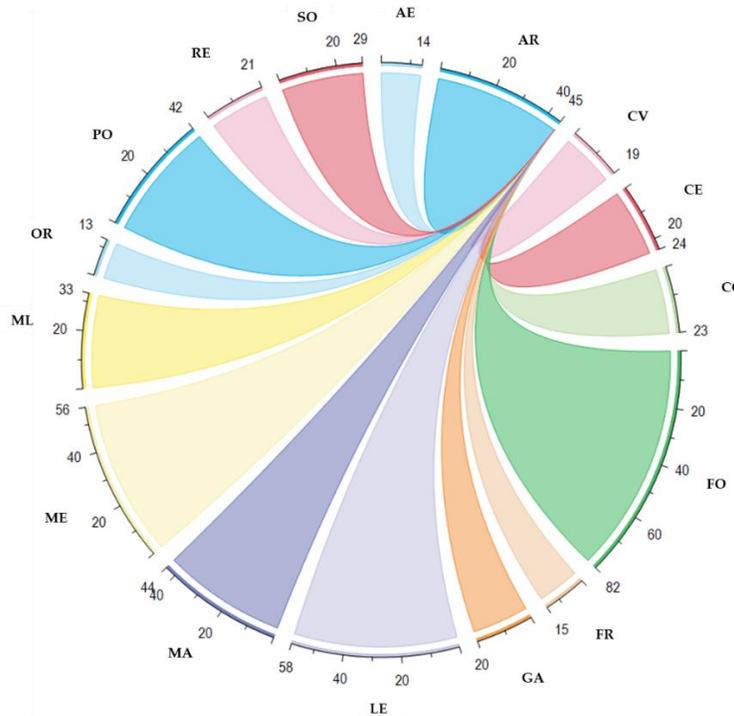


Figura 3. Principales usos de especies arbóreas con potencial forrajero en la Península de Yucatán, México. AE: antiemético. AR: artesanal. CV: cerca viva. CE: ceremonial. CO: construcción. FO: forraje. FR: frutas. GA: gastronomía. LE: leña. MA: madera. ME: medicinal. ML: melífera. OR: ornamental. PO: postes. RE: resina. SO: sombra.

También se enfatiza que del total de EAF registradas, el 91.5% de ellas posee de 3 a 11 usos diferentes, mientras que 6.1% poseen hasta 15 usos diferentes y sólo el 2.4% de ellas presentan al menos dos usos (Figura 4).

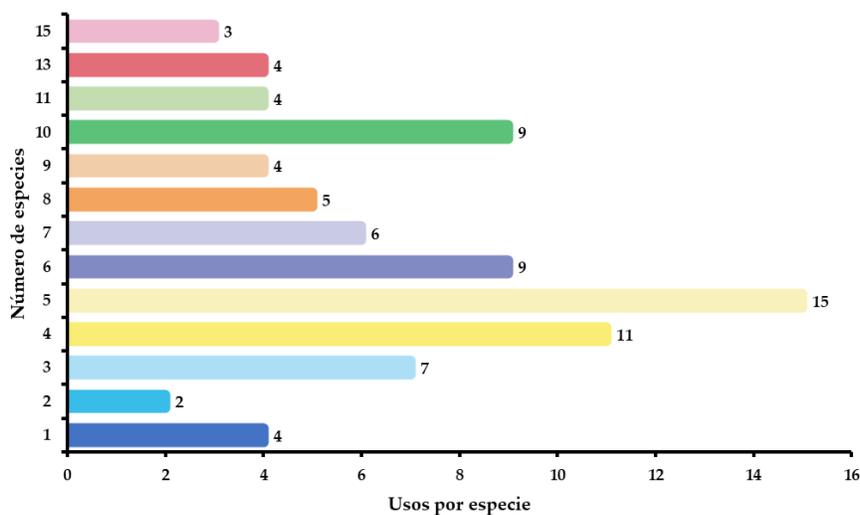


Figura 4. Número de usos atribuidos a las especies arbóreas forrajeras de la Península de Yucatán, México.

Además de lo anterior, nuestros resultados sugieren que del total EAF, 69 especies son de origen nativo (endémicas y no-endémicas) y en menor cantidad, son especies introducidas-naturalizadas, tal como se muestra en la Figura 5.

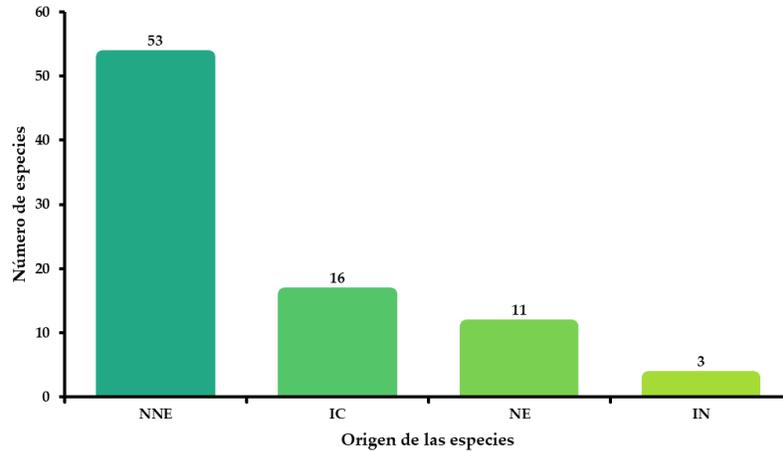


Figura 5. Origen de las especies arbóreas forrajeras de la Península de Yucatán, México. IN: introducida. Naturalizada. IC: introducida-cultivada. NE: nativa endémica. NNE: nativa no-endémica.

Asimismo, se observó que estas especies se distribuyen en 17 tipos distintos de hábitats, siendo la selva mediana subperennifolia y la selva baja subcaducifolia las de mayor diversidad con 48 y 46 especies (Figura 6).

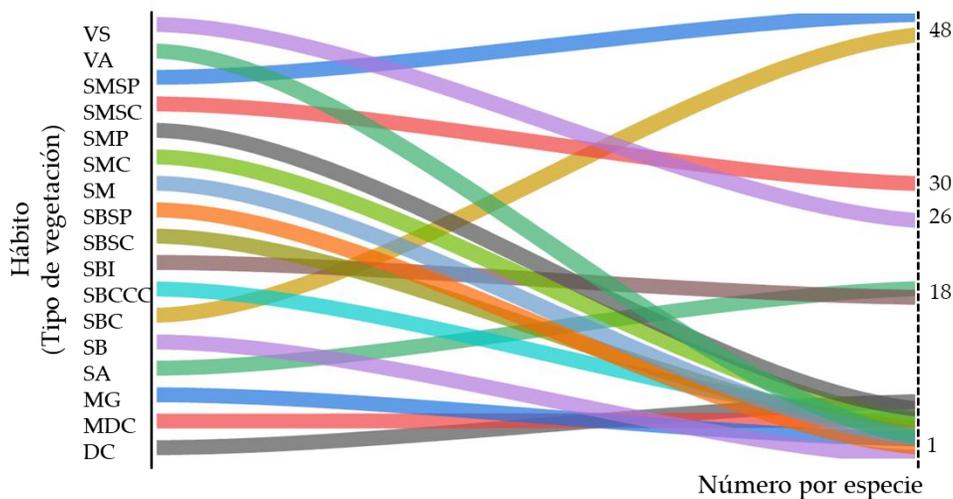


Figura 6. Hábito (tipo de la vegetación) de las especies arbóreas forrajeras de la Península de Yucatán, México. DC: dunas costeras. MDC: matorral desértico costero. MG: manglar. SA: sabana. SB: selva baja. SBC: selva baja caducifolia. SBCCC: selva baja caducifolia con cactáceas columnares. SBI: selva baja inundable. SBSC: selva baja subcaducifolia. SBSP: selva baja subperennifolia. SM: selva mediana. SMC: selva mediana caducifolia. SMP: selva mediana perennifolia. SMSC: selva mediana subcaducifolia. SMSP: selva mediana subperennifolia. VA: vegetación acuática. VS: vegetación secundaria.

DISCUSIÓN

De acuerdo con nuestros resultados, las EAF de la PY poseen una gran diversidad de funciones en los medios de vida de las comunidades rurales (Tabla 1); incluso, proporcionan un marco sólido para comprender la importancia y el valor de estas especies en los agroecosistemas de la región (Cabrera-Pérez *et al.* 2003). De hecho, se han realizado estudios de algunas EAF que son ampliamente utilizadas en los sistemas ganaderos, debido a la calidad y cantidad de forraje que aportan a la alimentación animal. Por ejemplo, Casanova-Lugo *et al.* (2014) reportaron que *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit posee rendimientos de 6.9 t MS ha⁻¹ año⁻¹ y concentraciones de proteína cruda (PC) de 22.8% en bancos de forraje en Yucatán (México), mientras que *Guazuma ulmifolia* Lam, mostró rendimientos de 9.0 t MS ha⁻¹ año⁻¹ y valores de PC de 14.5%. Por su parte, Ramos-Trejo *et al.* (2020) señalan que *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp, mostró rendimientos promedio de 4.92 t MS ha⁻¹, y concentraciones de PC de 19.6% en bancos de forraje en Yucatán. Bajo esas mismas condiciones biofísicas, Petit *et al.* (2011) reportaron que *Moringa oleifera* Lam tuvo rendimientos de 2.5 t MS ha⁻¹ año⁻¹ y 18.5% de PC. Además, se han reportado otras EAF con alto potencial como *Brosimum alicastrum* Sw, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg y *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, que muestran excelentes concentraciones de PC en sus hojas (13.6, 13.8 y 14.3%, respectivamente), comparadas con los alimentos comerciales (Ayala-Burgos *et al.* 2006). No obstante, a pesar de los atributos de las EAF de PY, aun son escasos los estudios referentes a su comportamiento agronómico y calidad nutricional o anti-nutricional que contribuyan a promover su uso en los sistemas de producción. Es importante mencionar que algunas especies de la lista fueron consideradas como forrajeras debido a que sus productos o subproductos (como frutos o sus derivados) han sido empleados con éxito en la alimentación animal. Por ejemplo, los frutos de *Mangifera indica* L. representan un buen recurso para la alimentación de rumiantes debido a sus características nutricionales (Guzmán *et al.* 2013) y los subproductos industriales de la extracción del aceite de *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés, son fuente de grasas (46-49%), fibra (10-12%) y proteína (8-9%), nutrientes esenciales en la alimentación de pollos de engorde, rumiantes, ovejas y cerdos (Montoya *et al.* 2023).

En el presente estudio se observó que las EAF poseen hasta 15 usos diferentes, lo que contrasta con reportado por Villanueva-Partida *et al.* (2017), en el estado de Tabasco, México, donde reportan hasta nueve usos para las especies estudiadas en esa región. Cabe destacar que esta variabilidad en los usos resalta la importancia de comprender la versatilidad y el valor de estas especies en los ecosistemas, donde ocupan nichos ecológicos fundamentales, que influyen en la riqueza biológica regional y, por ende, en los medios de vida de las comunidades locales.

Por otra parte, en la PY se registra entre 2 329 taxas en 956 géneros y 161 familias, siendo Fabaceae una de las familias más dominantes entre todas las especies identificadas en la PY (Carnevali *et al.* 2010). Al respecto, Fabaceae o leguminosae es la tercera familia de plantas terrestres con flores más grande en términos de número de especies, con más 730 géneros y de 19 400 especies en el mundo (Gepts *et al.* 2005, Janarny *et al.* 2022). Esta familia es de gran importancia económica, ambiental y cultural, incluye árboles, arbustos y plantas herbáceas perennes o anuales más comunes de las selvas tropicales y bosques secos de América y África (Mahbubur-Rahman y Ismot Ara-Parvin 2014). También, las leguminosas capturan carbono, dado que proporcionan madera, protección al

suelo y estimulan la regeneración natural de los ecosistemas (Delgado *et al.* 2003). Las leguminosas son de gran importancia cultural en las comunidades rurales desde tiempos remotos, los asentamientos indígenas han empleado estas plantas para el tratamiento de enfermedades, la atención de salud y desarrollo de medicamentos para la población (Mahbubur-Rahman y Ismot Ara-Parvin 2014, Delgado *et al.* 2003). Por ejemplo, los cogollos de las hojas de *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., se utilizan en la medicina tradicional para tratar la tos, también como analgésico, antiespasmódico, sedante y narcótico. Asimismo, se ha documentado que las hojas de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., alivian la inflamación del bazo (Jaenson *et al.* 2005), mientras que los frutos verdes de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., son astringentes y se usan en caso de diarrea o para ayudar la digestión (Vargas-Radillo *et al.* 2023).

En la actualidad se les brinda mayor importancia a las contribuciones de la vegetación al mantenimiento, conservación y recuperación de la diversidad biológica, el ordenamiento territorial y la planificación del uso del paisaje, su intervención en los ciclos locales de agua y nutrientes donde se destacan la movilización del fósforo en suelos ácidos y la fijación de minerales (Mora-Donjuán *et al.* 2013). Las especies de Fabaceae presentan asociaciones con una gran diversidad microorganismos, como las bacterias y los hongos, que les confiere una mayor capacidad de fijar el nitrógeno, fósforo y carbono, esta capacidad es facilitada por la actividad microbiana en sustratos heterogéneos, que incluyen biomasa microbiana, residuos de cultivos recientes y humus (El-Sabagh *et al.* 2020). Los microorganismos estimulan el crecimiento vegetal mediante la solubilización de nutrientes esenciales y la producción de fitohormonas, aumentando su tolerancia al estrés abiótico al inducir la producción de compuestos protectores, al mejorar la estructura del suelo, permitiendo adaptarse a condiciones adversas como la sequía (Hartmann y Six 2023). En el caso de la fijación del nitrógeno, estas plantas producen nódulos en su sistema radicular, en los cuales se presentan bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* o diazotrofos de vida libre como *Azospirillum* y *Azotobacter* (Canfield *et al.* 2010), capaces de convertir el nitrógeno atmosférico en compuestos nitrogenados asimilables como el amonio y nitrato (Clarck *et al.* 2021). Sin embargo, no se han descubierto los mecanismos moleculares y genéticos que controlan todos los pasos (como reconocimiento, colonización, fijación de nitrógeno y promoción del crecimiento de las plantas) de la asociación entre estos organismos (El-Sabagh *et al.* 2020). A su vez, otro de los nutrientes más limitantes en los agroecosistemas es el fósforo, el cual depende de bacterias y hongos solubilizadores de fosfatos como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Burkholderia*, *Penicillium* y *Aspergillus* (Li *et al.* 2021). Los hongos micorrízicos arbusculares, como *Rhizophagus*, absorben y translocan el fósforo solubilizado a la planta huésped (Kobae 2019). Por lo anterior, es necesario conservar la diversidad de microorganismos del suelo para mantenimiento del ciclaje de dichos nutrientes.

Estudios realizados por Casanova-Lugo *et al.* (2014), indican que entre 20 y 83% de las especies que conforman los sistemas silvopastoriles pertenecen a la familia Fabaceae; tal como lo señalan Rivera *et al.* (2010), en tres zonas de Yucatán, reafirmando que las Fabaceae representan el mayor número de especies beneficiosas para el ganado. De hecho, el alto contenido de nitrógeno presente en dichas EAF es esencial para promover crecimiento de las comunidades microbianas del rumen (i.e. bacterias, protozoos y hongos), lo que contribuye de manera significativa a la síntesis de proteínas microbianas, fundamentales para el mantenimiento y la productividad del ganado (Pozo-Leyva *et*

al. 2024). La presencia de esta familia, se justifica por su diversidad en la región, donde se identifican entre 228 y 230 especies, equivalente a casi el 10% de la flora en la PY (Carnevali *et al.* 2010) y distribuidas en todos los tipos de vegetación de la región (Duno-de-Stefano y Cetzal-Ix 2006). Además, su notable capacidad de adaptación las convierte en una elección frecuente en la práctica agrícola y ganadera, lo que contribuye significativamente a enriquecer la diversidad regional y a promover la sostenibilidad de agroecosistemas locales.

Los efectos que se generan en los ecosistemas por la ganadería son múltiples, incluye el ramoneo que puede ser positivo para algunas especies, dado que genera compensación en el crecimiento, la producción de flores, frutos y semillas respecto a plantas no consumidas por los animales. Por lo que restringir el pastoreo puede ser negativo para algunas especies sugiriendo que, el pastoreo y las actividades que ahí se realizan impactan de manera importante en la estructura y funcionalidad de la diversidad arbóreo-arbustiva (García-Fragoso *et al.* 2021). En las zonas rurales de México la ganadería es la actividad productiva más común. Esta se lleva a cabo en todas las regiones ecológicas, sin importar que las condiciones climáticas sean adversas. La ganadería es la base de los medios de subsistencia y de la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas, representado 40% del valor mundial de la producción agrícola (Mora-Donjuán *et al.* 2013). En México, la ganadería contribuye significativamente a la economía rural, con una aportación de aproximadamente 30% del valor de la producción agropecuaria nacional (SIAP 2020). Por ello, la identificación y caracterización nutricional de especies con usos forrajeros es fundamental para optimizar su funcionamiento y sostenibilidad.

De las 83 EAF identificadas en la PY, 59 se emplean para la obtención de leña y solo 13 se emplean con propósitos ornamentales (Figura 4). Estos resultados concuerdan con Casanova-Lugo *et al.* (2014), quienes observaron en Michoacán, que 80% de las especies se destinan al pastoreo, con un 30% adicional utilizado para obtener leña. Sin embargo, otros estudios indican una tendencia diferente, como el realizado por Villanueva-Partida *et al.* (2017), donde se reporta que 83% de las especies forrajeras se utiliza principalmente para obtener leña, mientras que solo 16% se emplea específicamente como forraje. Lo anterior, señala un desconocimiento de las EAF, incluso las cuales son identificadas por los productores con potencial forrajero, debido a que existe incertidumbre sobre sus formas de aprovechamiento, su valor nutricional y anti-nutricional, con relación a los forrajes tradicionales.

La identificación y empleo de insumos locales para la alimentación animal, aumenta los márgenes de ganancia de los productores, pues disminuye la adquisición de productos ajenos a los sistemas productivos. Pero una de las limitantes es los escasos de estos recursos en la temporada de sequía. Por lo que la implementación de estrategias de conservación como el ensilado o la henificación pueden ser viables en la temporada de escasos (Pozo-Leyva *et al.* 2022, 2024). Estas diferencias en los resultados y categorías de uso pueden explicarse por las variaciones en los sistemas estudiados, las condiciones específicas de cada región y el conocimiento empírico transgeneracional (Villanueva-Partida *et al.* 2017). Por ejemplo, Couttolenc-Brenis *et al.* (2005) documentaron que las categorías de usos más comunes fueron combustible, leña, madera, para obtención de vigas, tablas y polines, forraje, alimenticio, consumo de flores y frutos, medicinal, industrial, tintes y resinas, postes y cercos vivos y por último sombra para el ganado. Además, señalaron que en los cercos vivos destaca el palo mulato (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), cocohite (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth

ex Walp.), tehuixtle (*Caesalpinia cacalaco* Bonpl.) y palo brasil (*Haematoxylum brasiletto* H. Karst.). Mientras que las especies arbóreas dispersas en potreros más abundante fueron cañamazo (*Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth.), maculis (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.) e higuera (*Ficus cotinifolia* Kunth).

En el presente estudio se observó que la mayor proporción de EAF son nativas (Figura 5). Estos resultados son similares a las observaciones de Dzib-Castillo *et al.* (2012), quienes mencionan que la diversidad en la PY está compuesta por especies arbóreas nativas (Figura 5). Las especies identificadas abarcan un amplio espectro de 27 familias botánicas, una riqueza única. Además, se observó que la selva mediana subperennifolia y la selva baja subcaducifolia son los tipos de vegetación que albergan la mayor diversidad EAF de la PY (Figura 6). Esta riqueza y diversidad, resalta la importancia única de la PY, donde las especies nativas encuentran un hábitat propicio para prosperar y contribuir a la riqueza natural de la región.

Las plantas nativas juegan un palpen importante dentro de las comunidades, dado que ofrecen productos maderables y no maderables como taninos, frutos, fibras, tintas y lianas, entre otros. Por lo que en la actualidad la revalorización del conocimiento tradicional y uso de las especies nativas es la base para posibilitar su integración a los sistemas agropecuarios (Couttolenc-Brenis *et al.* 2005), donde el uso de recursos naturales es fuente de ingreso y sustenta a los habitantes de comunidades.

CONCLUSIONES

En la actualidad, la ganadería se encuentra en la búsqueda de la sustentabilidad del recurso biótico de las especies arbustivas forrajeras y la seguridad alimentaria. Se identificó una amplia diversidad de EAF, destacándose entre estas Fabaceae, que incluye el 40% de las especies. Las EAF como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg, *Guazuma ulmifolia* Lam, *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp, *Senna atomaria* (L.) H. S. Irwin & Barneby., *Brosimum alicastrum* Sw y *Moringa oleifera* Lam., ofrecen una amplia gama de usos alternativos, tales como la leña, miel, medicina, artesanía, madera, postes, sombra, ceremonias, resina, frutas, cercas vivas, beneficios para las comunidades rurales, sobre todo en ganadería. Cada especie registradas presenta al menos dos usos potenciales, lo que indica su relevancia en la seguridad alimentaria y la economía local.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestra gratitud al Tecnológico Nacional de México por las facilidades brindadas para desarrollar el presente estudio. Asimismo, agradecemos a los revisores anónimos que contribuyeron a mejorar este manuscrito.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Ayala-Burgos A, Cetina-Góngora R, Capetillo-Leal C, Zapata-Campos C, Sandoval-Castro C (2006) Composición química-nutricional de árboles forrajeros. Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mérida, Yucatán, México. 56p.
- Canfield DE, Glazer AN, Falkowski PG (2010) The evolution and future of Earth's nitrogen cycle. *Science* 330: 192-196. <https://doi.org/10.1126/science.1186120>
- Carnevali FCG, Tapia-Muñoz JL, Duno de Stefano R, Ramírez Morillo I (2010) Flora Ilustrada de la Península de Yucatán: Listado Florístico. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C., Mérida, Yucatán, México. 328 pp.
- Casanova-Lugo F, Díaz-Echeverría V, Sosa-Madariaga J, Oros-Ortega I (2015) Los árboles y arbustos en la ganadería tropical como estrategia agroecológica para el desarrollo sustentable. *Desde El Herbario CICY* 7: 81-85.
- Casanova-Lugo F, González-Gómez JC, Flores-Estrada MX, López-Santiago G, García-Gómez M (2014) Structure, composition and use of trees of the deciduous forest in Apatzingan, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17: 255-259.
- Casanova-Lugo F, Petit-Aldana J, Solorio-Sánchez FJ, Parsons D, Ramírez-Avilés L (2014) Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico. *Agroforestry Systems* 88: 29-39. <https://doi.org/10.1007/s10457-013-9652-7>
- Clark IM, Hughes DJ, Fu Q, Abadie M, Hirsch PR (2021) Metagenomic approaches reveal differences in genetic diversity and relative abundance of nitrifying bacteria and archaea in contrasting soils. *Scientific Reports* 11: 15905. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95100-9>
- Couttolenc-Brenis E, Cruz-Rodríguez JA, Cedillo-Portugal E, Musálem MA (2005) Uso local y potencial de las especies arbóreas en camarón de Tejeda, Veracruz., *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11: 45-50.
- Delgado A, Montero M, Murillo O, Castillo M (2003) Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27: 63-78.
- Duno-de-Stefano R, Cetzal-Ix WR (2016) Fabaceae (Leguminosae) en la Península de Yucatán, México. *Desde El Herbario CICY* 8: 111-116.t
- Dzib-Castillo BB, Van-der-Wal H, Chantásig-Vaca CI, Macario-Mendoza PA, Pat-Fernández JM (2012) Emergencia de plántulas de especies maderables nativas de la Península de Yucatán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(10): 77-87. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i10.527>
- EL-Sabagh A, Hossain A, Islam MS, Fahad S, Ratnasekera D, Meena RS, Wasaya A, Yasir TA, Ikram M, Mubeen M, Fatima M, Nasim W, Çığ A, Çığ F, Erman M, Hasanuzzaman M (2020) Nitrogen fixation of legumes under the family Fabaceae: Adverse effect of abiotic stresses and Mitigation Strategies. In: Hasanuzzaman, M. Araújo, S. Gill, S. (eds) *The plant family Fabaceae*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4752-2_4
- García-Fragoso AL, Guerrero-Rodríguez JD, Ortiz-Torres E, Vaquera-Huerta H, Rosas-Rosas OC, Quero-Carrillo AR (2021) Comportamiento de la diversidad arbórea-arbustiva en zonas de pastoreo en un área natural protegida del trópico seco poblano. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8: e2879. <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2879>

- Gepts P, Beavis WD, Brummer EC, Shoemaker RC, Stalker HT, Weeden NF, Young ND (2005) Legumes as a model plant family. Genomics for food and feed report of the cross-legume advances through genomics conference. *Plant Physiology* 137: 1228-1235. <https://doi.org/10.1104/pp.105.060871>
- Guzmán O, Lemus C, Bugarin J, Bonilla J, Ly J (2013) Composición y características químicas de mangos (*Mangifera indica* L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 47: 273-277.
- Hartmann M, Six J (2023) Soil structure and microbiome functions in agroecosystems. *Nature Reviews Earth & Environment* 4: 4-18. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00366-w>
- Jaenson T, Palsson K, Karlson B (2005) Evaluation of extracts and oils of tick repellent plants from Sweden. *Medical and Veterinary Entomology* 19: 345-352.
- Janarny G, Ranaweera KKDS, Gunathilake KDPP (2022) Digestive recovery of polyphenols, antioxidant activity, and anti-inflammatory activity of selected edible flowers from the family Fabaceae. *Journal of Food Biochemistry* 46: e14052. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14052>
- Jiang P, Yan J, Liu R, Zhang X and Fan S (2023) Patterns of deep fine root and water utilization amongst trees, shrubs and herbs in subtropical pine plantations with seasonal droughts. *Frontiers in Plant Sciences* 14: 1275464. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1275464>
- Kobae Y (2019) Dynamic phosphate uptake in arbuscular mycorrhizal roots under field conditions. *Frontiers in Environmental Science* 6: 159. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00159>
- Li JT, Lu JL, Wang HY, Fang Z, Wang XJ, Feng SW, Wang Z, Yuan T, Zhang SC, Ou SN, Yang XD, Wu ZH, Du XD, Tang LY, Liao B, Shu WS, Jia P, Liang JL (2021) A comprehensive synthesis unveils the mysteries of phosphate-solubilizing microbes. *Biological Reviews*, 96(6), 2771-2793. <https://doi.org/10.1111/brv.12779>
- Mahbubur-Rahman AHM, Ismot Ara-Parvin M (2014) Study of medicinal uses on Fabaceae family at Rajshahi, Bangladesh. *Research in Plant Sciences* 2: 6-8. <http://dx.doi.org/10.12691/plant-2-1-2>
- Montoya C, Daza E, Romero HM, Ayala IM, Rincón-Numpaqué AH (2023) Los híbridos interespecíficos OxG de palma de aceite. En: Romero-Angulo HM (ed). *Biología y botánica de *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés y de los cultivares híbridos interespecíficos OxG*. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. pp. 31-70. <https://doi.org/10.56866/9789588360959.02>
- Mora-Donjuán CA, Jiménez-Pérez J, Alanís-Rodríguez E, Rubio-Camacho EA, Yarena-Yamallel JI, González-Tagle MA (2013) Effect of livestock in the composition and diversity of trees and shrubs in the tamaulipan thornscrub. *Revista Mexicana de Ciencias Biología y botánica de *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés y de los cultivares híbridos interespecíficos OxG* Forestales 4: 124-137.
- Pérez-Sarabia JE, Duno de Stefano R, Fernández-Concha CG, Ramírez Morillo I, Méndez-Jiménez N, Zamora-Crescencio P, Gutiérrez-Báez C, Cetzal-Ix W (2017) El conocimiento florístico de la Península de Yucatán, México. *Polibotánica* (44): 39-49. <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.44.3>
- Petit J, Uribe G, Casanova F, Solorio F, Ramírez L (2011) Composición química y rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleifera* asociadas y en monocultivo en Yucatán, México. *Revista Forestal Latinoamericana* 26: 35-65.
- Pozo-Leyva D, Chay-Canul AJ, Piñeiro-Vázquez AT, López-González F, Casanova-Lugo F (2021) Productive and economic analysis of the supplementation with corn silage in double-purpose livestock systems. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8: e3092. <http://dx.doi.org/10.19136/era.a8n3.3092>
- Pozo-Leyva D, Lopes-Dias da Costa R, De Andrade-Gimenes FM, Casanova Lugo F (2024) Use of sugarcane crop residue silage with different levels of inclusion in dual-purpose cow diets. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana* 22: 3177-3191. <http://dx.doi.org/10.55905/oelv22n1-167>
- Ramos-Trejo OS, Canul-Solís JR, Alvarado-Canché ADR, Castillo-Sánchez LE, Sandoval-Gío JJ, Campos-Navarrete MJ, Piñeiro-Vázquez AT, Chay-Canul AJ, Casanova-Lugo F (2020) Growth, forage yield

- and quality of *Morus alba* L. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. in mixed and pure fodder bank systems in Yucatan, México. *Agroforestry Systems* 94: 151–157. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00378-4>
- Rivera LJA, Suárez CA, Ramírez CL, Salomón BA (2010) Especies nativas con potencial forrajero y multipropósito. Editores: Durán GR y Méndez (eds) Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. GM CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. Mérida, Yucatán, México. 496p.
- SIAP (2020) Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Agricultura protegida. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430fecha=30/06/2021>. Fecha de consulta: 20 de enero de 2024.
- Trejo-Torres JC, Gann GD (2016) Los Árboles del Mayab (Campeche, Quintana Roo y Yucatán): una Lista para Usarse. Desde El Herbario CICY 8: 136-138, 2016.
- Vargas-Radillo JJ, Ruíz-López MA, Vera-Fuentes BC, Briano-Elías MA, Barrientos-Ramírez L (2023) Obtención de compuestos bioactivos de plantas medicinales. *Revista CENIC Ciencias Químicas* 54: 122-134.
- Villanueva-Partida CR, Casanova-Lugo F, González-Valdivia NA, Villanueva-López G, Oros-Ortega I, Cetzal-Ix W, Basu SK (2019) Traditional uses of dispersed trees in the pastures of the mountainous region of Tabasco, Mexico. *Agroforestry Systems* 93: 383-394. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0125-2>