

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
SUBSEDE VILLA CORZO**

**Selección de recursos forestales en la
agricultura tradicional: Importancia de los
rasgos funcionales de árboles**

TESIS PROFESIONAL

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROFORESTAL**

PRESENTA

Jorge Antonio Ruíz Mendoza

Villa Corzo, Chiapas; Febrero de 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

**FACULTAD DE INGENIERÍA
SUBSEDE VILLA CORZO**

Selección de recursos forestales en la agricultura tradicional: Importancia de los rasgos funcionales de árboles

TESIS PROFESIONAL

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGROFORESTAL**

PRESENTA

Jorge Antonio Ruíz Mendoza

Director

Dr. Rubén Martínez Camilo

Co-Director

Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi



Villa Corzo, Chiapas; Febrero de 2026

**Selección de recursos forestales en la agricultura
tradicional: Importancia de los rasgos funcionales de
árboles**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Villa Corzo, Chiapas
10 de Febrero del 2026

C. **Jorge Antonio Ruiz Mendoza**

Pasante del Programa Educativo de:

Ingeniería Agroforestal

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Selección de recursos forestales en la agricultura tradicional: Importancia de los rasgos funcionales de árboles

En la modalidad de: **Tesis Profesional**

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dra. Rady Alejandra Campos Saldaña

Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi

Dr. Rubén Martínez Camilo

Firmas:

C.c.p. Expediente



Índice

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Etnoecología: definición e importancia	6
1.2 Herramientas analíticas en la etnoecología	8
II. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo general	11
2.2 Objetivos específicos	11
III. HIPÓTESIS	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1 Área de estudio	13
4.2 Entrevistas	14
4.3 Caracterización de los rasgos funcionales	16
4.4 Análisis estadísticos	18
V. RESULTADOS	21
5.1 Caracterización general	21
5.2 Importancia cultural y de uso de las especies forestales	29
5.3 Diferencias de uso por grupo generacional	35
5.4 Relaciones entre preferencias de uso y rasgos funcionales	36
VI. DISCUSIÓN	44
VII. CONCLUSIÓN	49
VIII. LITERATURA CITADA	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de especies forestales que son usadas para la elaboración de herramientas agrícolas tradicionales.....	21
Tabla 2. Índice de Valor de Uso (IVU) para las especies forestales encontradas en dos localidades del municipio de Villaflores, Chiapas.	30
Tabla 3. Índice de Valor Cultural (IVC) de las especies utilizadas en la fabricación de herramientas agrícolas tradicionales en dos localidades del municipio de Villaflores, Chiapas.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejidos Benito Juárez y Unión y Progreso del municipio de Villaflores, Chiapas, México.....	14
Figura 2. Curvas de acumulación de especies que son utilizadas en la agricultura tradicional para la elaboración de herramientas agrícolas.	29
Figura 3. Matriz de correlación entre los índices etnobotánicos y los rasgos funcionales de las especies forestales utilizadas en herramientas agrícolas tradicionales	37
Figura 4. Análisis de Componentes Principales que muestra la relación entre los índices etnobotánicos, los rasgos funcionales y las especies forestales.	39
Figura 5. Análisis de Componentes Principales para observar la relación entre los rasgos funcionales y las especies forestales.....	40
Figura 6. Relación entre la densidad de la madera y los índices etnobotánicos asociados al uso y valor cultural de las especies forestales.....	43

RESUMEN

La agricultura tradicional integra conocimientos y prácticas ecológicas que aún requiere ser documentada y valorada. Principalmente los saberes tradicionales relacionados con el uso de especies forestales y como éstas se relacionan con los rasgos funcionales de las especies. El objetivo fue analizar la relación de los rasgos funcionales de las especies forestales con el uso de herramientas como tecnología agrícola tradicional en dos comunidades rurales de la Frailesca, Chiapas. Se caracterizó el conocimiento biocultural y la riqueza de especies forestales mediante entrevistas semiestructuradas y la evaluación de rasgos funcionales (e.g. densidad de la madera y área foliar específica). Se realizaron análisis para medir el valor de uso y cultural de las especies, así como análisis de componentes principales y modelos de regresión lineal para observar patrones de uso relacionados con los rasgos funcionales. Se enlistaron 50 especies forestales para elaborar un total de 31 herramientas agrícolas. Las familias más importantes por el número de especies utilizadas fueron Fabaceae, Myrtaceae y Bignoniaceae. Las personas mayores poseen un conocimiento más amplio sobre las especies utilizadas (48 especies) en comparación con los más jóvenes (36). Los análisis confirmaron una relación positiva y significativa entre la densidad de la madera y los índices etnobotánicos, respaldando la hipótesis de que las especies con maderas más densas son preferidas por su durabilidad y versatilidad tecnológica. El estudio destaca la importancia de los saberes tradicionales y la resiliencia de estas prácticas en contextos de modernización agrícola, proponiendo su integración en estrategias de conservación y desarrollo sostenible.

Palabras clave: Agricultura tradicional, conocimiento local, etnoecología, herramientas agrícolas, procesos bioculturales.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura tradicional se refiere a los sistemas agrícolas que se han desarrollado de manera local durante largos periodos de tiempo, mediante la experiencia y experimentación campesina (Cervantes-Herrera et al., 2015; Hernández-Xolocotzi, 1983). Se caracteriza por un prolongado y detallado origen empírico que incluyen la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, prácticas de manejo del suelo y del agua, además de la diversificación de la biodiversidad en los sistemas agrícolas (Altieri & Nicholls, 2019; Rodríguez & Arias de Reyna, 2014). La agricultura tradicional es una expresión biocultural de las comunidades campesinas, de sus estilos de vida y la percepción e interacción con el ambiente, convergiendo en el desarrollo económico, local y ambiental (Cruz Hernández et al., 2020; Moreno-Calles et al., 2013).

La agricultura tradicional tiene un enfoque holístico. A la vez que se interesa por la gestión y producción de un cultivo, se comprende los procesos ecológicos que favorecen el sistema productivo y se conserva un stock de material genético, que son la base adaptativa ante la vulnerabilidad de la cosecha (Altieri & Nicholls, 2019; Moreno-Calles et al., 2016). También, en la agricultura se desarrollan conocimientos, herramientas y un conjunto de técnicas que facilitan su práctica basados en el aprovechamiento de los recursos naturales en favor de la agricultura, que se conocen como tecnología agrícola tradicional (TAT) (Cervantes-Herrera et al., 2015). Las TAT son fundamentales en tanto son la manera de trabajar y hacer producir la tierra, basada en conocimiento empírico generado a lo largo del tiempo y transmitido de generación en generación (Toledo, 2005). Hernández-Xolocotzi

(1983) la refiere al conocimiento empírico que ha sido acumulado durante el proceso de desarrollo de la agricultura. Algunos ejemplos de los TAT son la variabilidad genética de las plantas cultivadas (e.g. variedades locales, razas), el diseño de los sistemas agrícolas y el uso de tecnologías y herramientas tradicionales para realizar las actividades en los sistemas agrícolas (Cervantes-Herrera et al., 2015). Cada uno de estos elementos posee una dimensión específica que complementa de manera integral y holística a la agricultura tradicional, promoviendo un enfoque sostenible. Además, están interrelacionados con la conservación de la diversidad biológica y cultural (Toledo & Alarcón-Cháires, 2012).

El valor y la relevancia de las tecnologías, particularmente de las herramientas que apoyan la agricultura, son esenciales para el desarrollo del sector agropecuario. Estas innovaciones optimizan los procesos, aumentan la eficiencia y mejoran la calidad de los cultivos. La incorporación de herramientas tecnológicas en la agricultura no solo potencia la productividad, sino que también fomenta prácticas más sostenibles y responsables en la producción de alimentos (Ramírez-Santos et al., 2023). Hablar de métodos agrícolas tradicionales implica también referirse a las tecnologías agrícolas tradicionales utilizadas en las diversas actividades del campo. Como parte de un proceso empírico, estas también surgieron a partir de la experimentación basada en la prueba y error, y adquirieron relevancia para las comunidades campesinas a medida que resultaban fundamentales para sus actividades agrícolas (Cruz León et al., 2015; Moreno-Calles et al., 2016). La implementación de las herramientas agrícolas tradicionales permite realizar las actividades del campo. En ocasiones éstas tienen una semejanza o, incluso,

resultan en mejores resultados en comparación con las tecnologías modernas, debido a que su funcionalidad no se limita a cuestiones técnicas (e.g. pendiente del suelo, dureza, humedad) (Cruz León et al., 2015). A pesar de los cambios drásticos en el uso de herramientas modernas que han sustituido a las herramientas agrícolas, aún persisten algunas en la agricultura gracias a la extracción y gestión de los recursos naturales para su fabricación por parte de las comunidades rurales (Cervantes-Herrera et al., 2015; Phillips et al., 1994). Por otro lado, en el contexto de las crisis ambientales dadas entre otras cosas por los estilos de vida y las formas en que los sistemas agrícolas operan, se ha venido realizando un rescate de saberes agrícolas tradicionales, con el objetivo de integrarlas a las currículas educativas y difundir estos saberes con la finalidad de seguir preservando estas prácticas que son a menudo muy planteadas en los modelos de sustentabilidad y con un bajo impacto ecológico (Gómez Espinoza & Gómez González, 2006).

El desarrollo de las herramientas agrícolas implica, en el caso del uso de especies forestales, el identificar cualidades de las especies que las hacen prácticas para los requerimientos del agricultor y de la actividad a realizar. Dando como resultado un conocimiento ecológico local (Albuquerque et al., 2015; Reyes-García, 2010). El reconocimiento de esas cualidades implica discriminar y favorecer especies en el tiempo, hasta detectar aquellos que respondan a esas necesidades (Toledo et al., 1995). Por ejemplo, la dureza de la madera es una cualidad que con frecuencia es requerida para la elaboración de herramientas. Aunque es de esperarse que no todas las especies de árboles presentes en el bosque tengan una dureza adecuada para ciertas herramientas (Estrada-Castillón et al., 2021).

Investigaciones realizadas desde una perspectiva etnobiológica han demostrado la importancia que tiene las especies forestales en la vida de las comunidades campesinas. En donde el conocimiento tradicional generado a través de los años se manifiesta en el aprovechamiento de las especies forestales en base a las características como la dureza de la madera, rectitud de los troncos, uniformidad de la madera, entre otros (Casas et al., 2016; Moreno-Calles et al., 2016). Según como varíen estas propiedades y dependiendo de las características en su uso, se determinan las aptitudes de las especies forestales para determinar su uso como leña, cercas vivas, construcción de casas, herramientas de trabajo, medicinal, entre otros usos (Burgos Herrera et al., 2019; Turner et al., 2022).

Las características en la morfología u otros atributos de las especies forestales se relacionan con algo que se conoce como rasgos funcionales. Que son todas aquellas características biológicas de los organismos que están relacionados con la adaptación al entorno y sus funciones biológicas y ecológicas, que define las capacidades de los organismos y su funcionalidad dentro del ecosistema (Salgado-Negret, 2016). Los rasgos funcionales pueden ser características morfológicas (e.g. tamaño y forma de las hojas, sistema radicular, tamaño y forma del tallo), fisiológicas (e.g. eficiencia fotosintética, estrategias de manejo de agua como el cierre estomático, producción de metabolitos secundarios) y/o fenológicas (e.g. reproductividad de las plantas, desarrollo estacional, plasticidad fenotípica). Cada uno de los rasgos funcionales expresa diferente información debido a los cambios en gradientes espaciales, ambientales y temporales (Gómez-Ortiz et al., 2019). Los rasgos se pueden catalogar de dos formas, cualitativos o cuantitativos. Los cualitativos representan, por ejemplo, el tipo de alimentación y el hábitat (por

ejemplo, acuático, terrestre, epífita). En tanto que los cuantitativos son todos aquellos que se obtienen mediante una escala de medida establecida o de conteo (por ejemplo, biomasa, capacidad fotosintética, diámetro a la altura del pecho) (Salgado-Negret & Paz, 2016).

Los rasgos funcionales explican las respuestas que las especies manifiestan ante los cambios ambientales. Aunque también son elementos que frecuentemente, a veces de manera imperceptible, son parte de la generación del conocimiento empírico por las comunidades locales y en los sistemas agrícolas tradicionales. En algunos casos y dependiendo de las características de los rasgos funcionales, éstas pueden ser determinantes para su uso y manejo (López Camacho, 2007; Salgado-Negret & Paz, 2016). La caracterización de los rasgos funcionales es crucial para poder establecer categorías sobre el uso de los recursos naturales, pero también para conocer en qué situación ecológica se encuentran estos recursos (Salgado-Negret, 2016).

La modernización (tecnificación) de los sistemas productivos agrícolas han provocado la pérdida tanto de técnicas tradicionales como la transferencia de conocimiento tradicional, además de las políticas públicas que favorecen a los sistemas intensivos y no a la sostenibilidad (Etchevers et al., 2016; Martínez Herrera et al., 2024). Sin embargo, el uso de la tecnología tradicional está más arraigada en las comunidades rurales, principalmente en las marginadas a causa de las características ambientales, económicas e índole cultural (Cruz León et al., 2015). También, es evidente que en las comunidades rurales aún persiste el uso de la tecnología tradicional de forma mixta con la tecnificación de algunos procesos en

los sistemas productivos. Lo que muestra la resiliencia del conocimiento y tecnología tradicional a lo largo del tiempo y de su ajuste a las nuevas tendencias de producción en el campo (Moreno-Calles et al., 2016).

1.1 Etnoecología: definición e importancia

La etnoecología es una rama específica dentro de la etnobiología. Combina bases teóricas y aplicadas de la ecología para contextualizar el enfoque del ser humano en el manejo o uso de la biodiversidad y de los recursos naturales (Toledo & Alarcón-Cháires, 2012). Esta subdisciplina tiene un abordaje con un enfoque holístico, multifactorial e interdisciplinar que se centra en la comprensión de factores culturales, sociales y ecológicos, específicamente en la manera en que el hombre se apropia, usa y aprovecha los recursos naturales (Fosberg et al., 1991; Toledo & Barrera-Bassols, 2008). Principalmente en formas de vida tradicional originados por los grupos indígenas, quienes a lo largo del tiempo coexisten mediante el manejo de los ecosistemas, lo cual aporta un gran sinnúmero de recursos informativos para diseñar técnicas actuales que coadyuven en el anhelado desarrollo sustentable (Casas et al., 2014).

El campo de estudio de la etnoecología es muy amplio y complejo. Debido a que se centra en las relaciones humanas y la naturaleza, se ha creado un enfoque epistemológico de estudio, denominado metabolismo social (Fraňková et al., 2017; González de Molina & Toledo, 2014). El cual incluye cinco procesos muy específicos: apropiación, circulación, transformación, consumo y excreción (Pulido Silva & Cuevas-Cardona, 2021; De Molina & Toledo, 2023). Dicho de otra manera,

permite comprender la gestión de los recursos naturales por parte de las comunidades rurales, derivado de un proceso largo, intenso y recíproco con el ambiente en que se interactúa. Lo que ofrece una visión compleja que no solo se centra en la extracción y/o consumo de los recursos, sino también como el contexto ambiental y de los recursos naturales interviene en las dimensiones simbólicas, culturales y prácticos del ser humano, a la vez que se interviene en el diseño y arreglo espacial y temporal de los recursos naturales y del bosque. Con flujos de intervención que se mantienen y sostienen a lo largo del tiempo (Casas et al., 2017; Toledo & Alarcón-Cháires, 2012).

En el marco de la etnoecología, el metabolismo social adquiere gran relevancia debido a que permite analizar el cómo las comunidades gestionan, transforman y valoran a los recursos naturales. Permitiendo no solo cuantificar la extracción de madera, frutos, fibras, fauna, etc., sino que a su vez se entienda las lógicas culturales y simbólicas que estos representan (De Molina, 2023). De acuerdo con Toledo (2013), el metabolismo social no se puede explicar únicamente como una relación de extracción y consumo de recursos y energía, sino también como un sistema complejo simbólico y normativo que ayuda a orientar las prácticas tradicionales en el manejo de los recursos.

La etnoecología es considerada como un campo interdisciplinario, por tal motivo ofrece múltiples oportunidades en el ámbito científico y social. Brinda la oportunidad de documentar y sistematizar el conocimiento local sobre la biodiversidad, agricultura, y rituales, constituyendo así a la preservación de un patrimonio biocultural (Casas et al., 2017; Toledo, 2013). Por otro lado, la etnoecología aporta un marco teórico-metodológico indispensable para poder

entender las dimensiones espaciales, cognitivas y culturales de las interacciones, permitiendo abordar problemas como la pérdida de biodiversidad, degradación ecológica, cambio climático y la inequidad ambiental (Albuquerque, 2023).

1.2 Herramientas analíticas en la etnoecología

Una de las perspectivas recientes en los estudios etnoecológicos y de la etnobiología contemporánea, tiene sus bases en los procedimientos analíticos en la búsqueda de respuestas a preguntas o hipótesis de estudio. Que incluye que las metodológicas cualitativas, que permiten recabar, documentar y comprender niveles de conocimiento, cultura y prácticas de manejo de los recursos naturales, los cuales pueden ser transformadas bajo una perspectiva cuantitativa de análisis (Ellen & Berlin, 1994). La integración de técnicas de análisis cuantitativo, fortalece el conocimiento científico de la investigación etnobiológica, ya que permite las comparaciones, a la vez que identifica y valida la determinación de patrones en los datos o fenómenos de observación (Albuquerque et al., 2014; Phillips & Gentry, 1993). El uso de datos cualitativos bajo un enfoque analítico permite tener mayor objetividad, reduciendo sesgos en el análisis por parte de los investigadores, contrastar resultados de distintos grupos o regiones, identificación de especies y prácticas clave para la investigación además de la validación de la información (Pulido Silva & Cuevas-Cardona, 2021).

Uno de los primeros enfoques analíticos usados en la etnobiología fue propuestos por Phillips & Gentry (1993). En donde postularon los primeros índices de las preferencias de uso o el valor de uso que tienen las comunidades sobre el uso de

los recursos naturales, específicamente de las plantas leñosas en comunidades indígenas de la Amazonía. Estos enfoques analíticos se reconocen actualmente como índices sistemáticos que miden la importancia relativa de las especies. Lo que permite el planteamiento de hipótesis para determinar la importancia relativa sobre el stock de especies disponibles y su valoración (Phillips et al., 1994).

Los análisis cuantitativos han ido más allá de explicar las preferencias de uso de las especies por las comunidades y personas. Los estudios etnobiológicos han resurgido, ahora en un contexto que implica la modelación estadísticas y uso de herramientas analíticas avanzadas y que fueron desarrollados en otros enfoques de estudio, como los ecológicos y de biodiversidad. Algunos ejemplos, son la aplicación de índices de biodiversidad para comprender la diversidad de recursos usados por las comunidades y su variación en diferentes regiones (Begossi, 1996). Como también el uso de la modelación inferencial para plantear hipótesis de uso en diferentes contextos socioecológicos y de cambio climático (como el uso de modelos lineales generalizados, modelos mixtos) (Nyadzi et al., 2021; Ruíz et al., 2023). Así como el desarrollo de plataformas de análisis estadísticos utilizando la programación, como la librería *ethnobotanyR* (Whitney, 2021) para ser usada en R Software (R Core Team, 2025).

Finalmente, en este estudio se aborda con una perspectiva etnoecológica el uso de recursos forestales para la elaboración de tecnologías agrícolas tradicionales. Así como el planteamiento de una hipótesis para vincular los rasgos funcionales y los usos que los agricultores le dan a estos recursos. Para lograr esto

se hace uso de herramientas analíticas y de software especializados. Este estudio es posible por el uso de bases de datos como TRY Plant Trait Database o Wood Density Database que proporcionan información estandarizada sobre la dureza y otros atributos funcionales de las plantas (Chavé et al., 2009a; Zanne et al, 2009). Por otro lado, programas estadísticos como R Software permiten aplicar análisis estadísticos multivariados para explorar patrones entre rasgos funcionales y frecuencias de usos documentadas en campo (Oksanen et al., 2012).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar la relación de los rasgos funcionales de las especies forestales con el uso de herramientas como tecnología agrícola tradicional en comunidades rurales de la Frailesca, Chiapas (México).

2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el uso biocultural y la riqueza de especies forestales en la elaboración de herramientas agrícolas tradicionales en comunidades de la región Frailesca, Chiapas.

2. Determinar la relación entre el valor de uso y los rasgos funcionales de las especies forestales en la elaboración de herramientas agrícolas.

III. HIPÓTESIS

La hipótesis que se plantea es que el aprovechamiento de las especies forestales, para la elaboración de herramientas agrícolas tradicionales, está ligado a ciertos rasgos funcionales específicos como la dureza de la madera. La selección de las especies responde a criterios asociados a los rasgos funcionales de las plantas, en particular a la densidad y dureza de la madera. Estudios previos han demostrado que la densidad de la madera está estrechamente relacionada a la resistencia mecánica, durabilidad y tolerancia a estrés físico, lo cual determina en gran medida la aptitud de un recurso para fines tecnológicos (Chavé et al., 2009; Toledo, 2005). Estos atributos han sido asimilados por los agricultores a lo largo del tiempo, lo que ha permitido que haya una selección refinada de ciertas especies forestales para ser usadas en mayor medida, considerando un amplio stock o abanico de especies de plantas disponibles, principalmente en regiones de elevada biodiversidad como en el sitio de estudio.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El estudio se realizó en dos localidades de la región de la Frailesca, Chiapas. En los ejidos Benito Juárez y Unión y Progreso, ambos del municipio de Villaflores (Figura 1). El Ejido Benito Juárez se encuentra a una altitud de 607 m s.n.m., cuenta con una población de 3,570 habitantes, el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (AW) de acuerdo a la tabla climática de Köppen (INEGI, 2024). La zona se caracteriza por la presencia predominante de planicies y lomeríos, en su mayoría para uso agrícola y ganadero. La vegetación remante es de bosque seco en las partes bajas de las áreas de uso común y algunos remanentes en parcelas, además de bosques de encino-pino en las partes altas, matorrales y pastizales inducidos. Las actividades económicas se basan principalmente en el cultivo de maíz, frijol, sorgo, calabaza y cacahuete, además de la crianza de bovinos y porcinos para consumo local y comercio (INEGI, 2024).

El ejido Unión y Progreso se sitúa a 27.8 km de la cabecera municipal, a 586 m s.n.m. Es una localidad pequeña con 818 habitantes. La economía del ejido se basa principalmente en la agricultura y la ganadería. Los cultivos comunes son el maíz, frijol y sorgo, mientras que la ganadería se basa en la cría de bovinos y porcinos. Este ejido se encuentra en una zona de transición entre las tierras altas y bajas de Chiapas. La topografía es variada, con áreas planas y onduladas, así como algunas elevaciones menores. La vegetación predominante es similar a la del ejido Benito Juárez, con áreas remanentes de bosque seco. La matriz predominante son

los pastizales para la ganadería y zonas de cultivo. El clima en la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2024)



Figura 1. Ejidos Benito Juárez y Unión y Progreso del municipio de Villaflores, Chiapas, México.

4.2 Entrevistas

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas para identificar el uso de las especies forestales, principalmente de árboles en la elaboración de herramientas tradicionales. Se utilizó de manera modificada la metodología bola de nieve (Albuquerque et al., 2014). Las entrevistas se complementaron con recorridos en las áreas de trabajo de los campesinos. De manera adicional, se realizaron

recorridos en campo para reconocer las plantas que se mencionaron en las entrevistas y para complementar la información. Esto fue importante ya que los campesinos aportaron más información al estar en su entorno de trabajo o al observar a las especies forestales que utilizan (Albuquerque et al., 2014). Se definieron dos grupos de edad en los campesinos para determinar el nivel de conocimiento de las herramientas agrícolas tradicionales: personas con una edad mayor a 50 años y menor a 50. Esta comparación permite identificar diferencias y similitudes en el conocimiento y uso de herramientas tradicionales, así como las especies forestales que se ocupan para su elaboración. La finalidad fue realizar un contraste de la información en estas dos amplitudes generacionales sobre las posibles diferencias en el uso de especies forestales. Se entrevistaron a 40 personas distribuidas equitativamente entre los dos grupos de campesinos.

Con las entrevistas se obtuvo de manera prioritaria la siguiente información: herramientas agrícolas tradicionales usadas, el uso de las herramientas, nombres comunes de los árboles y su uso en la elaboración de herramientas agrícolas tradicionales. La información sobre el nombre común facilitó la obtención de muestras de herbario para la identificación a nivel de especie de los árboles. El procesamiento y posterior determinación de las especies se llevó a cabo en el herbario OJBC de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. Se usaron bases de datos para la determinación de las especies y nomenclatura (GBIF.org, 2026; EncicloVida, 2025; POWO, 2026).

4.3 Caracterización de los rasgos funcionales

Para comprobar la hipótesis de la relación del uso y elaboración de las herramientas tradicionales con los rasgos funcionales de las plantas utilizadas, para cada especie se evaluaron los rasgos funcionales que expresaran el potencial de la importancia de su uso (Díaz-Forestier et al., 2019). Los rasgos funcionales que se evaluaron fueron: (1) densidad de la madera (g/cm^3), la cual se relaciona con la durabilidad de la misma, para determinar si existe algún patrón en cuanto a la dureza de la madera y la uniformidad de tallo; (2) área foliar específica cm^2/g (AFE) asociada a el crecimiento de las plantas y por ende a la disponibilidad del recurso; (3) masa foliar específica gr/cm^2 (MFE), al igual que el AFE, se suele asociar a la capacidad de adquisición de recursos como luz, agua y que se traduce en la capacidad de crecimiento; (4) contenido de agua foliar $\%(\text{CAF})$, que aporta indicios de la adaptación al hábitat, la madera con un alto contenido de agua suele deformarse o agrietarse, caso contrario de las plantas que tienen un $\%$ de agua bajo, estas suelen tener una madera más resistente ideal para la durabilidad las herramientas (Manohan et al., 2023). A continuación, se describen los procedimientos específicos para evaluar cada rasgo funcional:

Densidad de la madera: La determinación de densidad (g/cm^3) de la madera se obtuvo a partir de la revisión de bases de datos y de la literatura en donde se mencionan las especies encontradas en este estudio (Chavé et al., 2009; Chavé, 2006; Zanne et al., 2009).

Área foliar específica (AFE): Para calcular el área foliar específica se recolectaron cinco muestras de hojas por cada árbol (en total, cinco individuos adultos). Las muestras se obtuvieron de ramas jóvenes y hojas en buen estado, es decir, sin daños evidentes por herbívoros o patógenos. Para medir el área foliar específica se tomaron las muestras de cinco hojas por individuo (especie). Las hojas se les tomaron fotografías para posteriormente medir el AFE, las imágenes se procesaron usando ImageJ, un software de análisis de imágenes científicas (Rasband, s.f.). Las hojas se pesaron en peso fresco (PF) en una balanza analítica, posteriormente se sumaron los valores para obtener un promedio y se colocaron en una estufa a 80°C durante 72 horas o hasta obtener un peso constante. Luego se pesó para determinar el peso seco. El área foliar específica (AFE) se determinó dividiendo el área foliar de las hojas (AF) entre el peso seco (PS) y se expresa en $\text{cm}^2(\text{AF}) \text{ g}(\text{PS})^{-1}$.

$$\frac{AF}{PS}$$

Masa foliar específica (MFE): Para obtener el valor de MFE se utilizó el PS dividido entre el AFE: (g/cm^2)

$$\frac{PS}{AFE}$$

Contenido de agua foliar (CAF): Para determinar el CAF, se utilizaron los valores de PF dividido entre el PS y se expresa en porcentaje (%) de agua de la hoja:

$$CAF(\%) = \frac{PF - PS}{PS} \times 100$$

4.4 Análisis estadísticos

La información de las entrevistas se sistematizó en una hoja de cálculo (Excel). En los análisis se utilizó un enfoque cuantitativo para determinar la importancia de las especies forestales usadas en la elaboración de herramientas (Phillips & Gentry, 1993). Se utilizaron dos índices complementarios: Índice de Valor de Uso (IVU) e Índice de Valor Cultural (IVC) (Phillips & Gentry, 1993; Tardío & Pardo-De-Santayana, 2008). La intensidad y apreciación del uso de las especies se determinaron con la generación del Índice de Valor de Uso (UV), con la siguiente fórmula: UV_s

$$UV_{is} = \frac{\sum UV_{si}}{ni_s}$$

Donde UV_{is} es igual al número de usos mencionados en cada evento por el informante i , y ni_s es igual al número de eventos para la especie s con el informante i . Nuestra estimación del valor de uso general para cada especie s , UV_s es:

$$UV_s = \frac{\sum i UV_{si}}{n_s}$$

Donde n_s es igual al número de informantes entrevistados para la especie s .

Con este enfoque se generó un UV Índice de Valor Cultural (IVC).

$$CV_s = \left[\frac{NUs}{NC} \right] \times \left[\frac{FCs}{N} \right] \times \left[\sum_{u=u1}^{uNC} \sum_{i=i1}^{iN} \frac{UR_{ui}}{N} \right]$$

Para evaluar si existe una relación entre la edad de los productores y su nivel de conocimiento tradicional sobre el uso de especies, se implementó una

comparación de medias a través de la prueba *t de Student*. Este análisis se aplicó considerando como variable dependiente el número de especies reconocidas por los participantes y como variable independiente los dos grupos etarios previamente establecidos (< a 50 años y > 50 años). La elección de esta prueba se fundamenta en su capacidad para contrastar si las medias de dos grupos independientes difieren de manera estadísticamente significativa. Previo a la aplicación de la prueba *t de Student* se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza con la prueba de Shapiro-Wilk (recomendada para muestras pequeñas y medianas), con el fin de comprobar que la distribución de los datos no difiriera significativamente de una distribución normal. También se utilizó la prueba de Levene para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los grupos, requisito indispensable para la aplicación de la *t de Student*. En todos los casos se adoptó un criterio de decisión basado en un valor de $p < 0.05$.

Para estimar la intensidad del muestreo sobre la posibilidad de detectar un mayor número de herramientas y de especies, se realizaron curvas de acumulación de especies, siguiendo una perspectiva de análisis etnoecológica (Albuquerque et al., 2014; Tardío & Pardo-De-Santayana, 2008). Se construyeron tres curvas, una para todos los datos sin distinguir entre los grupos de edad, y las otras dos para cada grupo de edad. Las curvas de acumulación de especies se realizaron con el programa BiodiversityR (Kindt, 2025).

Para determinar las relaciones entre los índices de valor cultural y los rasgos funcionales de las especies forestales, se realizó un análisis de correlación bivariada con la prueba de Pearson. La información se sintetizó en una figura de una matriz de correlación (*correlation matrix plot*). Para explorar la estructura multivariante de

los datos y reducir la dimensionalidad del conjunto de rasgos funcionales y métricas etnobotánicas, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA). El PCA permite identificar los gradientes ecológicos y funcionales dominantes que explican la variabilidad en los patrones de uso. Esta aproximación multivariante se aplicó para evidenciar la existencia de una relación entre las especies, la importancia de uso y los rasgos funcionales (Díaz et al., 2016; Baraloto et al., 2010). Finalmente, para determinar el grado de influencia de los rasgos funcionales sobre los valores de uso y culturales, se realizaron modelos de regresión simples. Los modelos se ajustaron de manera separada para cada variable dependiente (Riqueza, IVU, IVC y UH) e ingresando en los modelos únicamente la variable asociada al rasgo funcional más relevante (variable independiente). En todos los procedimientos analíticos se utilizó un valor de referencia de $p < 0.05$. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron en R Software v.4.3.3 (R Core Team, 2025).

V. RESULTADOS

5.1 Caracterización general

La edad promedio de las personas entrevistadas fue de 66 años. La de menor edad tuvo 17 años y la máxima de 85. Se observó que la experiencia en el campo está ligada al nivel de conocimiento tradicional en el uso de herramientas y las especies con las que se fabrican. Se mencionaron en total 50 especies forestales que se utilizan para la elaboración de 31 herramientas agrícolas (Tabla 1). Del total de especies que se identificaron, estas se agrupan en 25 familias, siendo Fabaceae la de mayor riqueza con 17 especies, seguido de Myrtaceae con 4 y Bignoniaceae con 3. La curva de acumulación de especies sugiere que el total de entrevistas no indica una asíntota total sobre las especies forestales (Figura 2). Por lo que es previsible que si se incrementa el muestreo aumentaría el número de especies usadas para la elaboración de herramientas. Para cada rango de edad, el número de especies conocidas para la elaboración de herramientas agrícolas tradicionales fue distinta, el grupo de personas con una edad menor a 50 años mencionaron 36 especies, mientras que las personas con rango de edad mayor a 50 años mencionaron 48 especies. Las curvas de acumulación de especies para cada grupo también sugieren que es posible incrementar el número de herramientas si se incrementase el nivel de esfuerzo de muestreo (Figura 2).

Tabla 1. Lista de especies forestales que son usadas para la elaboración de herramientas agrícolas tradicionales. Se menciona el nombre común, la categoría de uso y los usos descritos en dos localidades del municipio de Villaflores, Chiapas.

Abreviaturas para las categorías de uso: Ara = Arar, Car = Carga, Des = Desgranar,
Dom = Domar, Leñar = Leñ, Lim = Limpieza, Sem = Sembrar.

Familia	Especie	Nombre común	Categoría de uso		Usos	
Fabaceae	<i>Acacia collinsii</i>	Ishcanal	Sem, Des		barreta,	
					majador	de
					frijol	
Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho	Car, Lim, Sem		barreta,	eje,
					garabato	
Fabaceae	<i>Albizia guachapele</i>	Pie de zope	Car		troza	
Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	Lombricera	Car		banco, troza	
Annonaceae	<i>Annona purpurea</i>	Chincuya	Lim, Sem		barreta, coa	
Annonaceae	<i>Annona reticulata</i>	Anona	Lim, Sem		barreta, coa	
Fabaceae	<i>Bauhinia ungulata</i>	Pie de venado	Lim, Des, Sem		barreta,	
					garabato,	
					majador	de
					frijol,	majador
					de maíz	
Fabaceae	<i>Caesalpinia velutina</i>	Madrecacao	Ara, Car, Des, Sem		azadón, banco,	
					barreta,	
					carreta, clavija,	
					eje, faldón,	
					majador	de

				maíz, maza, piso, pulín, rayo, sercha, telera, timón, yugo
Rubiaceae	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Canelo	Car, Des, Lim, Sem	azadón, barreta, clavija, coa, eje, majador de frijol, manigueta, pulin, timón
Salicaceae	<i>Casearia arguta</i>	Cafesito	Ara	manigueta
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Car	faldón, jato, mico, montura, piso
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i>	Nanchibejuco	Lim	garabato
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Carnero	Ara	timón, troza
Combretaceae	<i>Combretum fruticosum</i>	Peineta	Lim	garabato
Anacardiaceae	<i>Comocladia guatemalensis</i>	Cachimbo	Des	majador maíz

Cordiaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Hormiguillo	Ara, Lim	coa, manigueta, timón
Cordiaceae	<i>Cordia dentata</i>	Nanguipo	Car	Jato
Lauraceae	<i>Damburneya salicifolia</i>	Cerita	Des, Sem	barreta, majador de frijol
Thymaleaceae	<i>Daphnopsis americana</i>	Saucito	Car, Des, Leñ, Lim	hacha, majador de frijol, rayo
Annonaceae	<i>Desmopsis bibracteata</i>	Cerita	Lim	barreta
Fabaceae	<i>Diphysa americana</i>	Guachipilin	Ara, Car, Des, Dom, Leñ, Lim	hacha, banco, bramadero, majador de maíz, manigueta, maza, rayo, sercha, telera, troza
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastle	Car	faldón, montura, piso
Asteraceae	<i>Eremosis leiocarpa</i>	Malacate	Ara, Car	manigueta, pulin

Myrtaceae	<i>Eugenia acapulcensis</i>	Patán	Car, Des, Leñ, Lim	acha, barreta, coa, horcón, majador de frijol, majador de maíz, pulin
Myrtaceae	<i>Eugenia capuli</i>	Guayabillo	Car, Des, Sem	barreta, clavija, majador de frijol
Myrtaceae	<i>Eugenia rhombea</i>	Pimientillo	Des, Sem	barreta, majador de frijol
Fabaceae	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	Taray	Des, Leñ, Lim	hacha, barreta, majador de maíz
Oleaceae	<i>Fraxinus dubia</i>	Botasvara	Des, Lim, Sem	barreta, coa, horcón, majador de frijol
Asparagaceae	<i>Furcraea guatemalensis</i>	Ixtle	Des	Arnero
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón	Ara, Car, Des, Dom	Bramadero, majador de frijol, majador

				de maíz, maza, rayo, sercha, yugo, troza
Bignoniaceae	<i>Godmania aesculifolia</i>	Cacho de toro	Ara	telera, troza
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Cuahulote	Ara, Des, Lim, Sem	barreta, coa, garabato, majador de frijol, manigueta
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol	Car, Leñ, Lim	hacha, banco, faldón, piso, pulin
Cucurbitaceae	<i>Lagenaria siceraria</i>	Tol	Sem	sembrador
Fabaceae	<i>Leucaena</i> aff. <i>esculenta</i> (o <i>L.</i> <i>diversifolia</i>)	Amolillo	Ara, Des, Leñ, Lim	hacha, horcón, majador de frijol, majador de maíz, timón
Fabaceae	<i>Leucaena</i> <i>leucocephala</i>	Wash	Des, Sem	barreta, majador de frijol
Verbenaceae	<i>Lippia umbellata</i>	Alcanfor	Car	pulin

Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Matabuey	Ara, Car, Leñ, Lim	hacha, eje, troza, yugo
Malvaceae	<i>Luehea candida</i>	Cascabillo	Ara, Car, Des, Leñ, Lim, Sem	hacha, azadón, barreta, clavija, coa, eje, garabato, horcón, majador de frijol, majador de maíz, manigueta, pulin, timón
Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i>	Tepehuaaje	Ara, Car	maza, troza
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	Car	Yugo
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	Ara, Car, Des, Leñ, Lim,	Hacha, majador de maíz, manigueta, sercha, timón
Pinaceae	<i>Pinus maximinoi</i>	Ocote	Car	Piso
Nyctaginaceae	<i>Pisonia macranthocarpa</i>	Rompezapato	Lim, Sem	barreta, garabato

Fabaceae	<i>Poeppigia procera</i>	Corazón bonito	Ara, Car Leñ, Lim	hacha, barreta, telera, troza
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	Guayaba	Lim	garabato
Meliaceae	<i>Swietenia humilis</i>	Caoba	Car, Des	banco, majador de maíz
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Macuilis	Car, Dom, Lim, Sem	barreta, coa, concha, faldón, mico, piso, yugo
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Candoquis	Car	pulin
Fabaceae	<i>Vachellia pennatula</i>	Espino	Lim	garabato

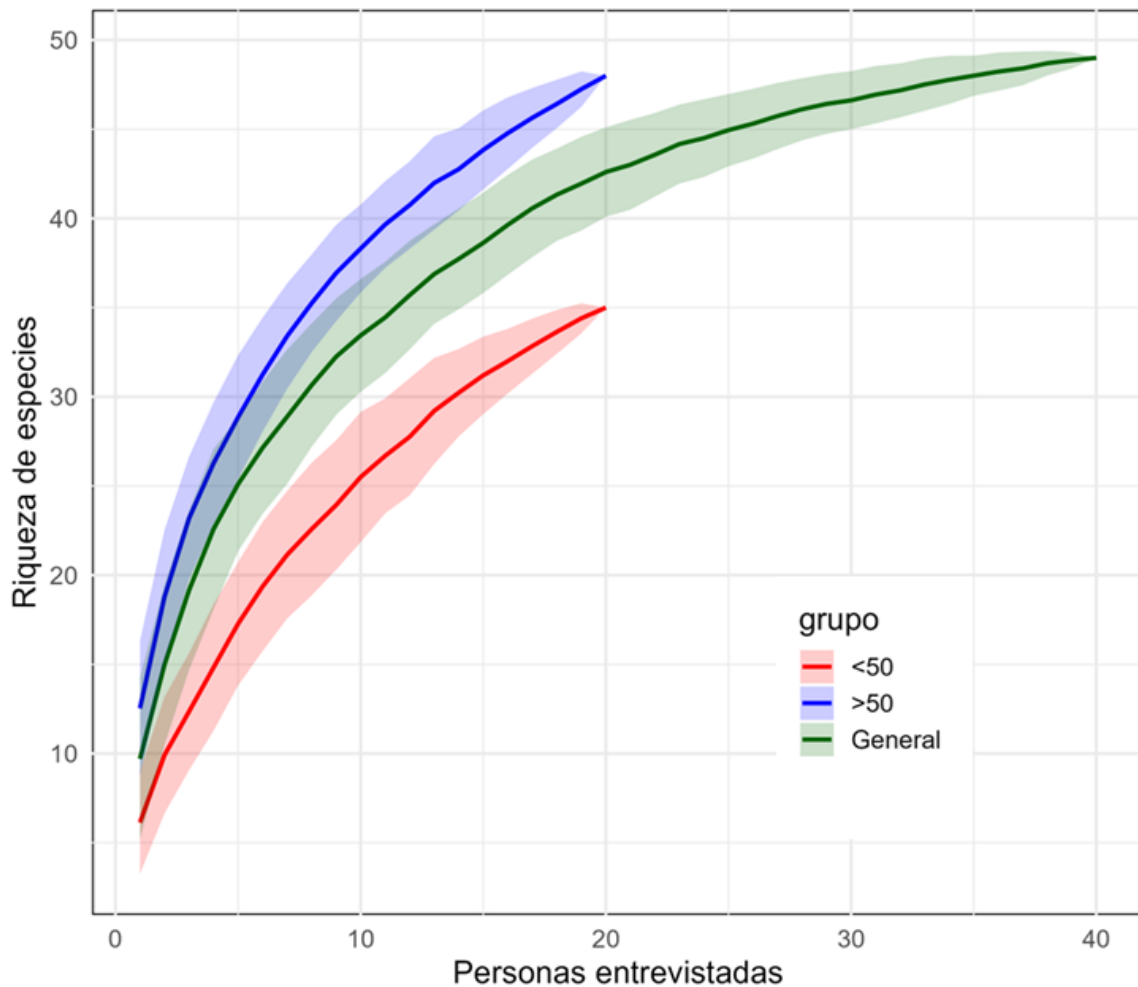


Figura 2. Curvas de acumulación de especies que son utilizadas en la agricultura tradicional para la elaboración de herramientas agrícolas. Se muestra la curva de acumulación en general y para cada cohorte generacional (>50 años y <50 años).

5.2 Importancia cultural y de uso de las especies forestales

Las especies más importantes de acuerdo al IVU, en orden de mayor a menor, fueron *Caesalpinia velutina* (Fabaceae), *Calycophyllum candidissimum* (Rubiaceae), *Diphysa americana* (Fabaceae), *Luehea candida* (Malvaceae) y *Lonchocarpus rugosus* (Fabaceae) (Tabla 2). Las especies más importantes fueron

más o menos parecidas con el IVC, en donde las especies con mayor valor según este índice fueron *Caesalpinia velutina*, *Calycophyllum candidissimum*, *Luehea candida*, *Diphysa americana*, *Lonchocarpus rugosus* (Tabla 3). Estos índices permiten comprender la relevancia de las especies forestales en un sentido práctico y simbólico; el IVU recalca el nivel de importancia de estas especies basándose en las menciones de aquellas especies con múltiples utilidades mencionadas por los agricultores, mientras que el IVC considera la versatilidad, frecuencia y de usos que les dan los agricultores, ya que mientras unas son utilizadas para una sola herramienta, otras tienen una mayor cantidad de usos.

Tabla 2. Índice de Valor de Uso (IVU) para las especies forestales encontradas en dos localidades del municipio de Villaflores, Chiapas. Los valores más elevados indican una mayor importancia relativa en su valor de uso.

Especie	Nombre común	IVU
<i>Caesalpinia velutina</i>	Madrecacao	4.975
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Canelo	1.975
<i>Diphysa americana</i>	Guachipilín	1.15
<i>Luehea candida</i>	Cascabillo	0.925
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Matabuey	0.9
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	0.75
<i>Eugenia acapulcensis</i>	Patán	0.625
<i>Lagenaria siceraria</i>	Tol	0.625

<i>Cordia alliodora</i>	Hormiguillo	0.5
<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón	0.475
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Cahulote	0.475
<i>Tabebuia rosea</i>	Macuilis	0.475
<i>Furcraea guatemalensis</i>	Ixtle	0.4
<i>Pisonia macranthocarpa</i>	Rompezapato	0.375
<i>Poeppigia procera</i>	Corazón bonito	0.375
<i>Daphnopsis americana</i>	Saucito	0.225
<i>Leucaena</i> aff. <i>esculenta</i> (o <i>L. diversifolia</i>)	Amolillo	0.2
<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	0.2
<i>Annona purpurea</i>	Chincuya	0.175
<i>Comocladia guatemalensis</i>	Cachimbo	0.175
<i>Eugenia capuli</i>	Guayabillo	0.175
<i>Fraxinus dubia</i>	Botasvara	0.175
<i>Bauhinia unguolata</i>	Pie de venado	0.15
<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	Taray	0.15
<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol	0.15
<i>Combretum fruticosum</i>	Peineta	0.125
<i>Eugenia rhombea</i>	Pimientillo	0.125
<i>Celtis iguanaea</i>	Nanchibajuco	0.1
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastle	0.1
<i>Mangifera indica</i>	Mango	0.1

<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho	0.075
<i>Coccoloba barbadensis</i>	Carnero	0.075
<i>Damburneya salicifolia</i>	Cerita	0.075
<i>Lysiloma acapulcense</i>	Tepehuaje	0.075
<i>Tecoma stans</i>	Candoquis	0.075
<i>Acacia collinsii</i>	Ishcanal	0.05
<i>Andira inermis</i>	Lombricera	0.05
<i>Annona reticulata</i>	Anona	0.05
<i>Eremosis leiocarpa</i>	Malacate	0.05
<i>Godmania aesculifolia</i>	Cacho de toro	0.05
<i>Leucaena leucocephala</i>	Wash	0.05
<i>Lippia umbellata</i>	Alcanfor	0.05
<i>Swietenia humilis</i>	Caoba	0.05
<i>Albizia guachapele</i>	Pie de zope	0.025
<i>Casearia arguta</i>	Cafesito	0.025
<i>Cordia dentata</i>	Nanguipo	0.025
<i>Desmopsis bibracteata</i>	Cerita	0.025
<i>Pinus maximinoi</i>	Ocote	0.025
<i>Psidium guineense</i>	Guayaba	0.025
<i>Vachellia pennatula</i>	Espino	0.025

Tabla 3. Índice de Valor Cultural (IVC) de las especies utilizadas en la fabricación de herramientas agrícolas tradicionales en dos localidades del municipio de Villaflores, Chiapas.

Especie	Nombre común	IVC
<i>Caesalpinia velutina</i>	Madrecacao	7.7734375
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Canelo	2.43017578
<i>Luehea candida</i>	Cascabillo	0.89248047
<i>Diphyssa americana</i>	Guachipilín	0.85351563
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Matabuey	0.3515625
<i>Eugenia acapulcensis</i>	Patan	0.33769531
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	0.20507813
<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón	0.16328125
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Cahulote	0.15771484
<i>Tabebuia rosea</i>	Macuilis	0.14287109
<i>Cordia alliodora</i>	Hormiguillo	0.09375
<i>Lagenaria siceraria</i>	Tol	0.06103516
<i>Pisonia macranthocarpa</i>	Rompezapato	0.04101563
<i>Leucaena</i> aff. <i>esculenta</i> (o <i>L. diversifolia</i>)	Amolillo	0.03125
<i>Furcraea guatemalensis</i>	Ixtle	0.025
<i>Daphnopsis americana</i>	Saucito	0.02109375
<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	0.01953125
<i>Poeppigia procera</i>	Corazón bonito	0.01875
<i>Fraxinus dubia</i>	Botasvara	0.01367188

<i>Bauhinia unguolata</i>	Pie de venado	0.01171875
<i>Hymenaea courbaril</i>	Guapinol	0.01171875
<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	Taray	0.00878906
<i>Annona purpurea</i>	Chincuya	0.00820313
<i>Eugenia capuli</i>	Guayabillo	0.00527344
<i>Comocladia guatemalensis</i>	Cachimbo	0.00478516
<i>Eugenia rhombea</i>	Pimientillo	0.00390625
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastle	0.00351563
<i>Acacia pennatula</i>	Quebracho	0.00263672
<i>Combretum fruticosum</i>	Peineta	0.00244141
<i>Coccoloba barbadensis</i>	Carnero	0.00175781
<i>Celtis iguanaea</i>	Nanchibejuco	0.0015625
<i>Mangifera indica</i>	Mango	0.0015625
<i>Damburneya salicifolia</i>	Cerita	0.00117188
<i>Lysiloma acapulcense</i>	Tepehuaje	0.00117188
<i>Tecoma stans</i>	Candoquis	0.00087891
<i>Acacia collinsii</i>	Ishcanal	0.00078125
<i>Andira inermis</i>	Lombricera	0.00078125
<i>Annona reticulata</i>	Anona	0.00078125
<i>Eremosia leiocarpa</i>	Malacate	0.00078125
<i>Godmania aesculifolia</i>	Cacho de toro	0.00078125
<i>Leucaena leucocephala</i>	Wash	0.00078125
<i>Swietenia humilis</i>	Caoba	0.00078125

<i>Lippia umbellata</i>	Alcanfor	0.00039063
<i>Albizia guachapele</i>	Pie de zope	0.00009765
<i>Casearia arguta</i>	Cafesito	0.00009765
<i>Cordia dentata</i>	Nanguipo	0.00009765
<i>Desmopsis bibracteata</i>	Cerita	0.00009765
<i>Pinus maximinoi</i>	Ocote	0.00009765
<i>Psidium guineense</i>	Guayaba	0.00009765
<i>Vachellia pennatula</i>	Espino	0.00009765

5.3 Diferencias de uso por grupo generacional

La prueba *t de Student* indica diferencias estadísticas entre los dos grupos generacionales. Los informantes mayores de 50 años conocen, en promedio, más del doble de especies forestales utilizadas para la elaboración de herramientas en comparación con quienes tienen < 50 años ($t = -6.262$, $p < 0.001$; > 50 años = 12.7 ± 4.09 ; < 50 años = 6.2 ± 2.46). Este patrón es similar a lo que ocurre con el conocimiento de herramientas agrícolas, en donde el grupo > 50 años mantiene un stock de herramientas mucho mayor a las personas de menor edad ($t = 15.122$, $p < 0.001$; > 50 años = 19.55 ± 12.99 ; < 50 años = 4.55 ± 17.00). Estos resultados respaldan la idea de que el conocimiento etnoecológico se acumula con la edad y la experiencia práctica en el medio rural, y resalta la importancia del conocimiento tradicional como patrimonio biocultural.

5.4 Relaciones entre preferencias de uso y rasgos funcionales

El análisis de correlación muestra relaciones interesantes que requieren abordarse en dos niveles. Primero, una colinealidad elevada entre todas las métricas etnobotánicas (IVU, IVC, UH, Riqueza). Con valores superiores a $r > 0.70$ (Figura 3). Por ejemplo, la Riqueza se correlaciona perfectamente con el IVU ($r = 1.0$, $p < 0.001$) y con el IVC ($r = 0.97$, $p < 0.001$), mientras que la relación entre IVU y IVC también es significativa y elevada ($r = 0.97$, $p < 0.001$; Figura 3). Esto indica que la información provista por un índice puede ser representativa del resto de índices generados. Dicho de otra manera, hay duplicidad de la información que proveen. Incluso, esto se aprecia en los IVU e IVC, que son índices frecuentemente usados en estudios etnobiológicos.

Segundo, distintas relaciones entre las métricas etnobotánicas y los rasgos funcionales. En donde se separan dos grupos, aquellos rasgos funcionales que muestran una correlación importante y significativa, que incluye a la densidad de la madera, PF y PS con las cuatro métricas etnobotánicas. Mientras que los otros rasgos funcionales (MFE, CAF y AFE) tuvieron muy baja correlación, aunque en algunos casos hay indicios de una colinealidad significativa. En el caso de la densidad de la madera, es la que presentó correlaciones robustas y consistentes con las métricas etnobiológicas: principalmente la relación con UH que fue moderada y estadísticamente significativa ($r = 0.51$, $p < 0.001$). Estos valores indican que, con relación al stock de especies forestales usadas, aquellas especies con maderas más densas tienden a concentrar mayores valores de uso y de relevancia cultural.

En cuanto al resto de rasgos foliares, tanto PF y PS muestran relaciones más robustas que la densidad de la madera (Figura 3). Esta relación se explica en parte, porque las especies con tejidos más densos y pesados se relacionan con maderas duras. Sin embargo, para el resto de rasgos funcionales, como AFE no se encontraron relaciones consistentes y no significativas. Por ejemplo, con IVU ($r = 0.22$, $p > 0.05$) e IVC ($r = 0.20$, $p > 0.05$), mientras que MFE carece de correlación relevante con cualquiera de las métricas culturales (IVU, IVC, UH, Riqueza).

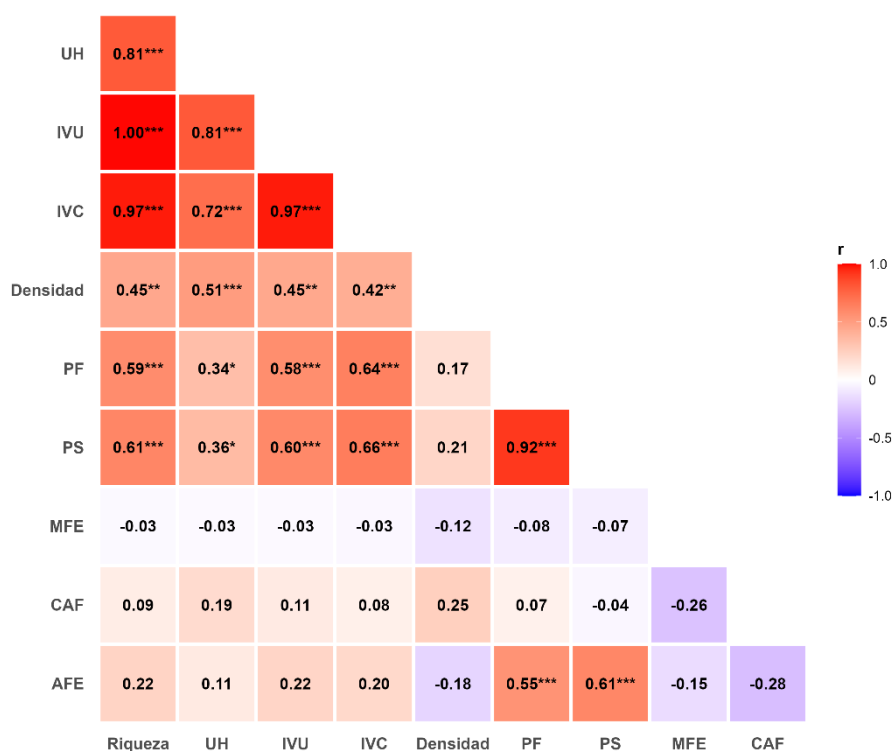


Figura 3. Matriz de correlación entre los índices etnobotánicos y los rasgos funcionales de las especies forestales utilizadas en la elaboración de herramientas agrícolas tradicionales. Las correlaciones positivas se muestran en tonos rojos y las negativas en azules. La intensidad del color refleja la fuerza de la correlación. Los

asteriscos indican el nivel de significancia estadística: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. Abreviaturas: Riqueza = Frecuencia de mención; IVU = Índice de Valor de Uso; IVC = Índice de Valor Cultural; UH = Número de Usos por Herramienta; Densidad = Densidad de la madera; AFE = Área Foliar Específica; MFE = Masa Foliar Específica; CAF = Contenido de Agua Foliar; PF = Peso Fresco; PS = Peso Seco.

En el PCA con la información de todas las variables (métricas etnobiológicas y rasgos funcionales) se observa una estructura en donde los dos ejes principales explican 67.7% de la varianza (eje 1 o PC1 = 49.3%, PC2 = 18.4%). Las métricas etnobiológicas (IVU, IVC, UH, Riqueza) presentan una fuerte proyección y de manera muy alineadas hacia el eje 1, casi en la misma dirección que la variable densidad de la madera. Al igual que el análisis de correlación, en este PCA se observa la fuerte relación entre las variables etnobiológicas. En el eje 2 (PC2), se encuentran en sentido opuesto los rasgos foliares como AFE y PS, que sugieren posiblemente niveles de elección distintas por parte de las personas, en cuanto a elegir, por ejemplo, rasgos asociados a la dureza y más bien, a las estrategias de vida de las especies.

En el segundo PCA, ambos ejes principales explican 65.8% de la varianza (PC1 = 40.6%, PC2 = 25.2%; Figura 5). El primer eje está relacionado con la densidad de la madera y CAF, posiblemente como un gradiente funcional que hace énfasis en la resistencia y durabilidad de la madera. No hay claridad sobre cómo se alinean las especies a estos rasgos funcionales, ya que la mayoría se concentra

hacia el centro. Sin embargo, hay especies como *Caesalpinia velutina* (Ca-ve) y *Comocladia guatemalensis* (Co-gu) que se alinean y relacionan en mayor medida con las variables PF y PS (Figura 5). Una tendencia similar se encuentra con *Enterolobium cyclocarpum* (En-cy) y *Cedrela odorata* (Ce-od), situadas en la misma dirección que AFE. En términos generales, las especies de mayor uso para la elaboración de herramientas agrícolas se relacionan con altos valores de densidad y baja humedad de la madera, hacia un eje funcional de selección tecnológica.

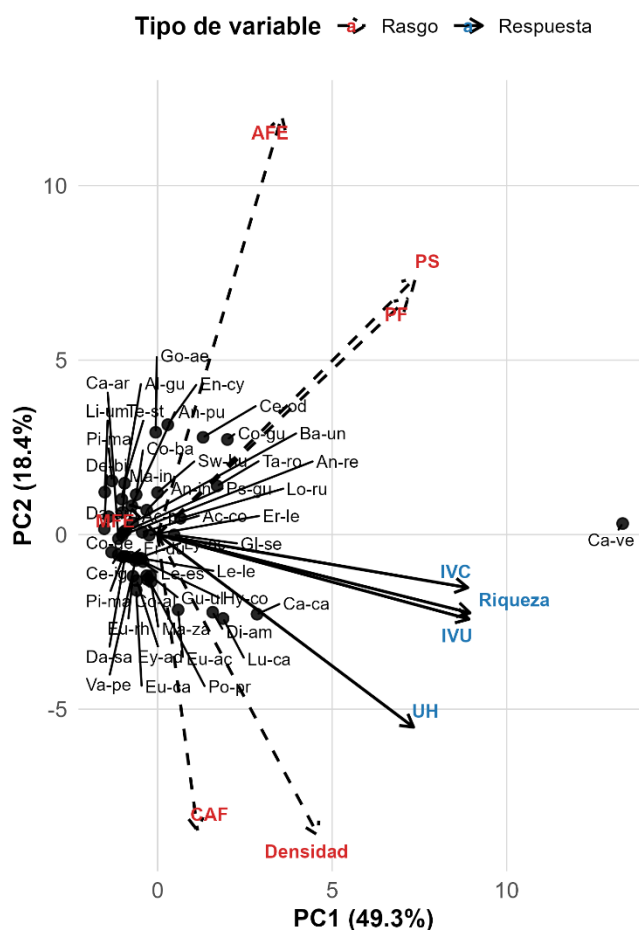


Figura 4. Análisis de Componentes Principales que muestra la relación entre los índices etnobotánicos, los rasgos funcionales y las especies forestales.

Abreviaturas: AFE = Área foliar específica, CAF = Contenido de agua foliar, PF = Peso fresco, PS = Peso seco, Densidad = Densidad de la madera, MFE = Masa foliar específica, IVU= Índice de Valor de Uso, IVC = Índice de Valor Cultura, UH = Usos de herramientas, Riqueza = Frecuencia de mención.

;

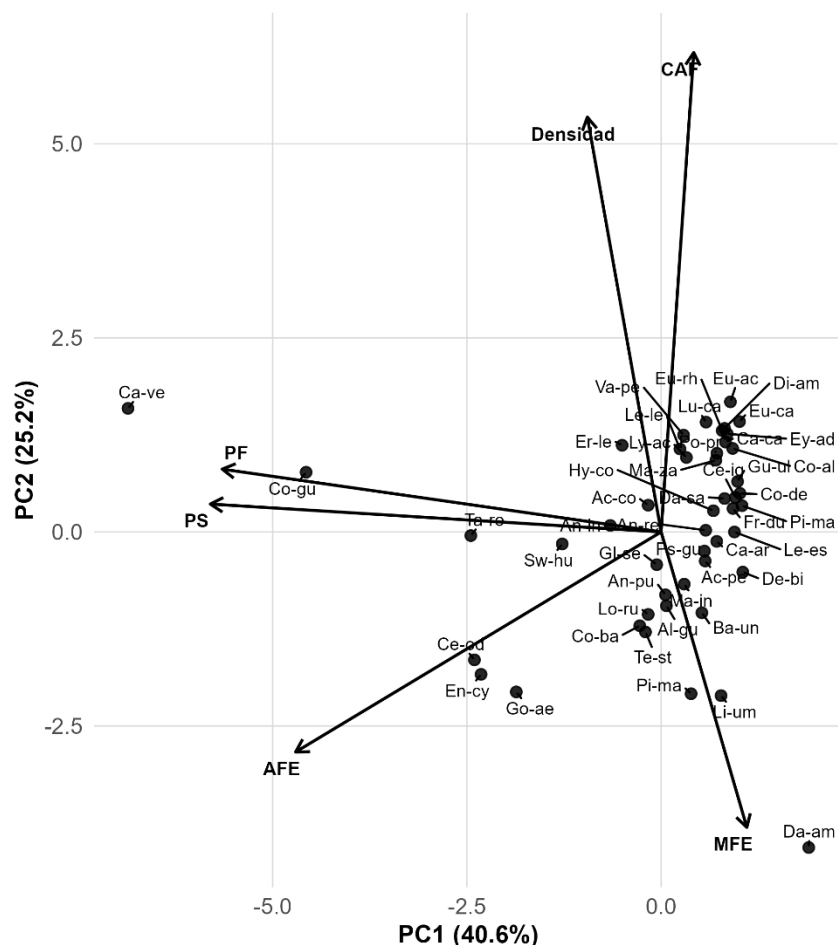


Figura 5. Análisis de Componentes Principales para observar la relación entre los rasgos funcionales y las especies forestales. Abreviaturas: Densidad = Densidad de la madera, AFE = Área Foliar Específica, MFE = Masa Foliar Específica, CAF = Contenido de Agua Foliar, PF = Peso Fresco, PS = Peso Seco. Las abreviaturas para las especies son: Ac-co = *Acacia collinsii*, Ac-pe = *Acacia pennatula*, Al-gu =

Albizia guachapele, An-in = *Andira inermis*, An-pu = *Annona purpurea*, An-re = *Annona reticulata*, Ba-un = *Bauhinia unguolata*, Ca-ve = *Caesalpinia velutina*, Ca-ca = *Calycophyllum candidissimum*, Ca-ar = *Casearia arguta*, Ce-od = *Cedrela odorata*, Ce-ig = *Celtis iguanaea*, Co-ba = *Coccoloba barbadensis*, Co-gu = *Comocladia guatemalensis*, Co-al = *Cordia alliodora*, Co-de = *Cordia dentata*, Da-sa = *Damburneya salicifolia*, Da-am = *Daphnopsis americana*, De-bi = *Desmopsis bibracteata*, Di-am = *Diphysa americana*, En-cy = *Enterolobium cyclocarpum*, Er-le = *Eremosis leiocarpa*, Eu-ac = *Eugenia acapulcensis*, Eu-ca = *Eugenia capuli*, Eu-rh = *Eugenia rhombea*, Ey-ad = *Eysenhardtia adenostylis*, Fr-du = *Fraxinus dubia*, Gl-se = *Gliricidia sepium*, Go-ae = *Godmania aesculifolia*, Gu-ul = *Guazuma ulmifolia*, Hy-co = *Hymenaea courbaril*, Le-es = *Leucaena esculenta*, Le-le = *Leucaena leucocephala*, Li-um = *Lippia umbellata*, Lo-ru = *Lonchocarpus rugosus*, Lu-ca = *Luehea candida*, Ly-ac = *Lysiloma acapulcense*, Ma-in = *Mangifera indica*, Ma-za = *Manilkara zapota*, Pi-ma = *Pinus maximinoi*, Pi-ma = *Pisonia macranthocarpa*, Po-pr = *Poeppigia procera*, Ps-gu = *Psidium guineense*, Sw-hu = *Swietenia humilis*, Ta-ro = *Tabebuia rosea*, Te-st = *Tecoma stans*, Va-pe = *Vachellia pennatula*.

Respecto a los modelos de regresión lineal, en todos los casos la única variable con la que se detectó una relación significativa fue la densidad de la madera ($p > 0.5$, en todos los casos). Por eso no se presentan en los resultados las demás variables (AFE, MFE, CAF, PF y PS). En todos los casos, la relación fue positiva, con un incremento en los niveles de cada métrica etnobiológica en relación a un

incremento en la densidad de la madera (Figura 6). Este patrón sugiere que las especies con maderas más duras son tecnológicamente más versátiles, capaces de cumplir múltiples funciones en distintas herramientas. Lo que es apreciado por los campesinos y por ello eligen especies para las cuales saben que tienen una durabilidad y eficiencia, algo que han comprobado empíricamente a lo largo del tiempo. Estos resultados validan la hipótesis en donde el uso de las herramientas se asocia con propiedades físicas derivados de los rasgos funcionales. En términos etnobiológicos, este hallazgo confirma que el conocimiento local integra una dimensión empírica, donde la valoración utilitaria de las especies responde a propiedades estructurales reales como la densidad, la dureza o la durabilidad.

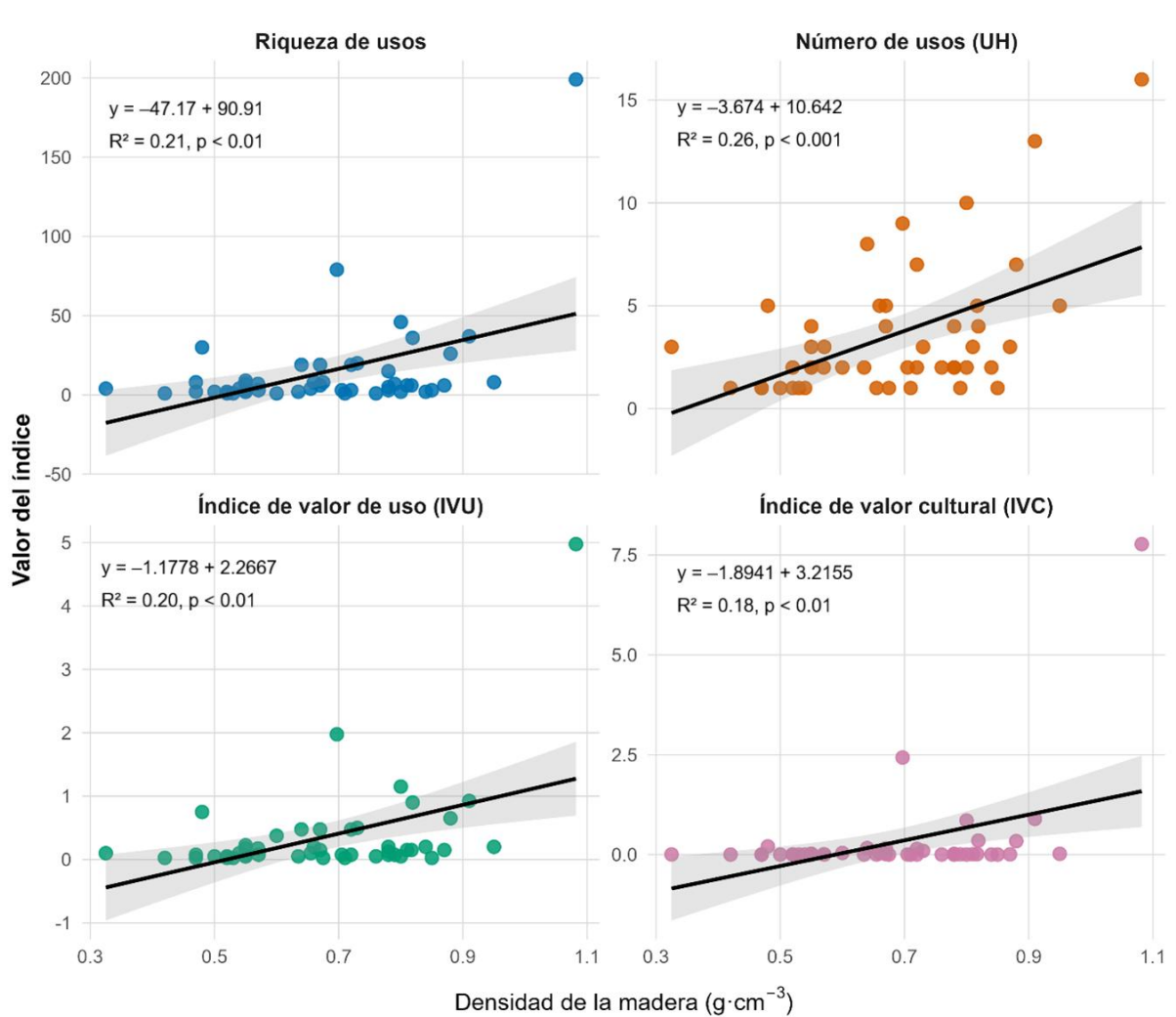


Figura 6. Relación entre la densidad de la madera y los índices etnobotánicos asociados al uso y valor cultural de las especies forestales utilizadas en herramientas agrícolas tradicionales en la región Frailesca, Chiapas (México).

VI. DISCUSIÓN

La discusión de los resultados enfatiza hipótesis que han sido ampliamente reportadas y que explican la relación entre el nivel de conocimiento tradicional, la edad y experiencia de las personas. Sin embargo, se aborda de manera emergente una hipótesis cultural y ecológica en donde las personas basan el uso e importancia de las especies forestales debido a sus rasgos funcionales. Por lo tanto, la selección de especies forestales para uso en la elaboración de herramientas agrícolas tradicionales es dirigida y parte de procesos empíricos que determinan la funcionalidad de las especies.

La pérdida de conocimiento tradicional y local en los sistemas agroproductivos tiene varios orígenes y se intensifica con las prácticas agrícolas tradicionales realizadas por las nuevas generaciones (Reyes-García, 2010). Tiene como base la implementación de sistemas tecnificados (como los usos de implementos agrícolas mecanizados y herbicidas), la poca rentabilidad económica de la agricultura, nuevas oportunidades laborales, estilos de vida diferentes y falta de interés (Altieri & Nicholls, 2019; Zimmerer, 2014). Esto provoca un sesgo generacional sobre los niveles de conocimiento tradicional. Lo que es corroborado por este estudio en donde las personas mayores (>50 años) poseen un nivel mayor de conocimiento tradicional en comparación con las personas jóvenes (<50 años). Este conocimiento implica, en términos numéricos, que los jóvenes utilizan poco menos que la mitad del stock de especies en comparación con los adultos (Reyes-García, 2010). Estudios realizados en aldeas de Bolivia, muestran mediante cortes de nacimiento a partir del 2000 al 2009 la pérdida de conocimiento etnobotánico de

plantas silvestres, así como sus usos mediante la implementación de índices y análisis de correlación entre sí (Reyes-García et al., 2013). Algo muy similar a la pérdida de conocimiento tradicional sucedió en una investigación realizada en China en las terrazas de arroz, donde los entrevistados se dividieron en tres grupos de edad; jóvenes (< 30 años), adultos (31- 50 años) y adultos mayores (> 50 años), tomando como referencia máxima de conocimiento tradicional lo mencionado por las personas > 50 años (100%) y mostrando que las personas con edades entre 31 y 50 años conservan un 85 % del conocimiento tradicional mientras que las personas de entre 0 - 30 años solo poseen un 45 % (Yuan et al., 2014).

El uso de los recursos naturales también está determinado por la funcionalidad y practicidad, no solo por aspectos culturales y de disponibilidad del recurso (especies) en la agricultura como se observó en los índices etnobotánicos (IVC e IVU) (Phillips & Gentry, 1993; Reyes-García et al., 2013; Tardío & Pardo-De-Santayana, 2008). Estas implicaciones están determinadas por las condiciones sociales-económicas-ecológicas del área de estudio (actividad económica, economía familiar, topografía, funcionalidad, disponibilidad de los recursos), ya que, si bien existen maquinarias para actividades agrícolas específicas, en ocasiones hay limitantes económicas por los costos altos para su implementación y/o la poca eficiencia de estos por condiciones ambientales y topográficas (pendientes pronunciadas, compactación alta, pedregosidad) (Aksoy & Öz, 2020; Toledo, 2013). Por ello la persistencia de los usos de herramientas agrícolas tradicionales por parte de los agricultores, por varios motivos; (1) conocimiento del manejo de las herramientas, (2) mayor eficiencia en condiciones específicas de cultivo, (3) costos menores de producción. Todos estos aspectos se citan en los campos de la

sustentabilidad, agricultura orgánica y soberanía alimentaria por mencionar los más importantes (Hernández-Xolocotzi, 1983; Toledo, 2013).

En base a las necesidades específicas de los agricultores en las labores agrícolas, se obtuvieron mediante índices etnobotánicos (IVU, IVC) aquellas especies que resultan ser más importantes en base a las menciones y versatilidad funcional, como por ejemplo *Caesalpinia velutina*, *Calycophyllum candidissimum*, *Luehea candida* y *Diphysa americana*. Autores que han realizado estudios en la costa amazónica, también han mencionado que la densidad de la madera es un rasgo funcional clave que se vincula con el uso y la resistencia mecánica y rigidez: por ejemplo, *Rhizophora mangle* con una densidad de 1.031 kg/m³ (Galvão et al., 2024). Estas especies tienen la característica de poseer maderas con una densidad alta, lo cual se relaciona con la durabilidad y dureza de la madera (Pedrosa et al., 2023), donde se refieren a que las propiedades de la madera están vinculadas con el uso de especies para la fabricación de mangos para algunas herramientas y utensilios. Dichas características ligadas a la densidad de la madera, no son arbitrarias, sino que estos conocimientos han sido perfeccionados mediante la experiencia y experimentación campesina (Cervantes-Herrera et al., 2015; Hernández-Xolocotzi, 1983).

Los análisis en este estudio corroboran que los rasgos funcionales de las plantas son tomados en cuenta para la selección de especies útiles como herramienta agrícola tradicional (Kallarackal & Ramírez, 2024; Ramos et al., 2024). Principalmente la densidad de la madera, como rasgo funcional, está ligado a otros factores como: el contenido de agua, crecimiento de la planta y resistencia mecánica (Hacke et al., 2001; Poorter et al., 2010). La correlación detectada entre los índices

de uso y cultural y los rasgos funcionales-densidad de la madera- valida que las especies con una densidad alta son las más aprovechadas para herramientas agrícolas tradicionales. Además, esto también es útil para categorizar mediante procesos de sucesión ecológica cuales especies son las más utilizadas, lugar de extracción y condiciones ambientales de las especies para su crecimiento y estrategias de vida (Phillips & Gentry, 1993; Preston et al., 2006; Tardío & Pardo-De-Santayana, 2008).

El aprovechamiento de los recursos naturales no es una actividad meramente extractiva, sino que forma parte de interacciones ecológicas complejas, donde intervienen el conocimiento tradicional y las prácticas de manejo local (Casas et al. 2014, 2017). El manejo (selección, propagación, protección) es una estrategia adaptativa sostenible que junto con la domesticación de algunas especies representan a los procesos de coevolución biocultural (Casas et al. 2007, 2017). En el contexto de la agricultura tradicional, el uso de herramientas para llevar a cabo las tareas (preparación del terreno, arar, sembrar, cosechar, desgranar, almacenar, etc.) es de suma importancia e indispensable en el contexto del área de estudio (Al-Fatimi, 2024; Moreno-Calles et al., 2016). Estudios realizados en la Amazonia, así como en otros sitios (Albuquerque et al., 2015; Phillips & Gentry, 1993) enfatizan que los recursos forestales juegan un rol sumamente indispensable en los estilos de vida de las personas, la identificación de las especies más importantes, así como las características que estas tienen que las vuelven aptas para ser seleccionadas y transformadas en herramientas.

Los resultados del estudio respaldan la hipótesis de que la selección de especies forestales para la fabricación de herramientas agrícolas tradicionales está

fuertemente relacionada a propiedades físicas derivadas de los rasgos funcionales, principalmente la densidad de la madera. Esto concuerda con trabajos donde se han identificado la densidad de la madera como un indicador principal de su uso tecnológico en contextos rurales, ya que maderas más densas poseen mayor tolerancia a desgaste mecánico y durabilidad (Arriaga et al., 2023; Zanne, 2009). También, que hay un amplio stock de especies utilizadas, con requerimientos específicos según las necesidades de los agricultores para la elaboración de las herramientas. Esto coincide con los trabajos en donde se documentan el manejo del agroecosistema, así como los usos que le dan a los recursos que en él se encuentran en base a sus necesidades (alimento, leña, medicinal, construcción, religioso) (Casas et al., 2016; Moreno-Calles et al., 2016).

VII. CONCLUSIÓN

En este estudio se demuestra que la selección de especies forestales para la fabricación de herramientas agrícolas tradicionales es un proceso complejo que involucra criterios utilitarios, ecológicos y culturales. Se demuestra que los rasgos funcionales -como la densidad de la madera- es un atributo de las especies de plantas que determina las decisiones de uso. Que tienen como soporte el conocimiento empírico basadas en propiedades mecánicas, como la resistencia, rigidez y durabilidad, aspectos directamente vinculados con el rendimiento tecnológico de las herramientas. Sin embargo, se observa una brecha generacional en el stock de conocimiento empírico sobre el uso de herramientas agrícolas y de las especies forestales, que sugiere un proceso acelerado de erosión del conocimiento biocultural en los campesinos jóvenes, vinculados al incremento de la tecnificación agrícola y la transformación de los modos de vida rurales. Esta pérdida compromete la transmisión de saberes y debilita las estrategias adaptativas que históricamente han permitido a los sistemas agrícolas tradicionales sostenerse en paisajes dinámicos y ambientalmente heterogéneos. Además de la caracterización de los patrones de uso, se propone un marco interpretativo que vincula la selección tecnológica campesina con procesos más amplios de coevolución biocultural, con un amplio stock de especies utilizadas y un conocimiento refinado y específico basado en información ecológica empírica. Esta perspectiva resulta indispensable ante los desafíos contemporáneos, pues permite reconocer a las herramientas agrícolas tradicionales como expresiones materiales de una racionalidad ecológica

sofisticada, cuya vigencia es clave para promover sistemas agrarios resilientes ante el cambio global.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aksoy, Z., & Öz, Ö. (2020). Protection of traditional agricultural knowledge and rethinking agricultural research from farmers' perspective: A case from Turkey. *Journal of Rural Studies*, 80, 291–301.
<https://doi.org/10.1016/J.JRURSTUD.2020.09.017>
- Albuquerque, U. P. (2023). Directions In Brazilian Ethnobiology. *Ethnobiology Letters*, 14(1), 69–79. <https://doi.org/10.14237/eb1.14.1.2023.1862>
- Albuquerque, U. P., Cruz da Cunha, L. V. F., & Lucena, R. F. P. (2014). Methods and techniques ethnobiology and ethnoecology. In U. P. Alburquerque, L. V. F. Cruz da Cunha, R. F. Paiva de Lucena, R. R. Nobrega Alves (Eds.), *Methods and Techniques Ethnobiology and Ethnoecology* (pp. 15–37). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7_2
- Albuquerque, U. P., de Lucena, R. F. P., & de Freitas Lins Neto, E. M. (2014). Selection of Research Participants. In U. P. Alburquerque, L. V. F. Cruz da Cunha, R. F. Paiva de Lucena, R. R. Nobrega Alves (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology* (pp. 1–13). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7_1
- Albuquerque, U. P., Soldati, G. T., Ramos, M. A., De Melo, J. G., De Medeiros, P. M., Nascimento, A. L. B., & Júnior, W. S. F. (2015). The influence of the environment on natural resource use: Evidence of apparency. In U. P. Albuquerque, P. De Medeiros, A. Casas (Eds.) *Evolutionary Ethnobiology* (pp. 69–79). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19917-7_10
- Al-Fatimi, M. (2024). Traditional knowledge of wild plants on traditional tools, materials, products and economic practices in southern Yemen. *Journal of*

- Ethnobiology and Ethnomedicine*, 20(1), 1–30. <https://doi.org/10.1186/S13002-024-00698-5/TABLES/4>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2019). Agroecología y diversidad genética en la agricultura campesina. *LEISA Revista de Agroecología*, 35(2), 22–25.
- Arriaga, F., Wang, X., Íñiguez-González, G., Llana, D. F., Esteban, M., & Niemz, P. (2023). Mechanical properties of wood: A review. *Forests*, 14(6), 1202. <https://doi.org/10.3390/f14061202>
- Begossi, A. (1996). Use of ecological methods in ethnobotany: Diversity indices. *Economic Botany*, 50(3), 280–289. <https://doi.org/10.1007/BF02907333>
- Burgos Herrera, B., Saldaña Fernández, M. C., & López Medellín, X. (2019). Importancia cultural de especies forestales útiles, en tres comunidades de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Ambiente y Desarrollo*, 23(45). <https://doi.org/10.11144/javeriana.ayd23-45.icef>
- Casas, A., Aguirre-Dugua, X., Parra, F., & Rangel-Landa, S. (2017). Manejo y domesticación de plantas en Mesoamérica. Una estrategia de investigación y estado del conocimiento sobre los recursos genéticos. In A. Casas, J. Torres-Guevara, F. Parra. *Domesticación en el continente americano, Tomo 2: Investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el Nuevo Mundo* (pp. 69–102). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Casas, A., Blancas, J., & Lira, R. (2016). Mexican ethnobotany: Interactions of people and plants in Mesoamerica. In R. Lira, A. Casas, & J. Blancas (Eds.), *Ethnobotany of Mexico: Interactions of People and Plants in Mesoamerica* (pp. 1–19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_1

- Casas, A., Camou, A., Otero-Arnaiz, A., Rangel-Landa, S., Cruse-Sanders, J., Solís, L., Torres, I., Delgado, A., Moreno-Calles, A. I., Vallejo, M., Guillén, S., Blancas, J., Parra, F., Farfán-Heredia, B., Aguirre-Dugua, X., & Arellanes, Y. (2014). *Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública*, 6, 23–44
- Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Perez-Negron, E., & Valiente-Banuet, A. (2007). In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*, 100(5), 1101–1115. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm126>
- Cervantes-Herrera, J., Castellanos, J. A., Pérez-Fernández, Y., & Cruz-León, A. (2015). Tecnologías tradicionales en la agricultura y persistencia campesina en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(1), 381–389.
- Chavé, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G., & Zanne, A. E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12(4), 351–366. <https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2009.01285.X>
- Cruz Hernández, S., Torres Carral, G. A., Cruz León, A., Salcedo Baca, I., & Victorino Ramírez, L. (2020). Saberes tradicionales locales y el cambio climático global. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1917–1928. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2748>
- Díaz-Forestier, J., León-Lobos, P., Marticorena, A., Celis-Diez, J. L., & Giovannini, P. (2019). Native useful plants of Chile: A review and use patterns. *Economic Botany*, 73(1), 112–126. <https://doi.org/10.1007/s12231-019-09447-2>

- Ellen, R., & Berlin, B. (1994). Ethnobiological classification: Principles of categorization of plants and animals in traditional societies. *Man*, 29(1), 223–224. <https://doi.org/10.2307/2803557>
- EncicloVida. (s.f.). *EncicloVida: biodiversidad de México*. <https://enciclovida.mx/>
- Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Encina-Domínguez, J. A., Jurado-Ybarra, E., Cuéllar-Rodríguez, L. G., Garza-Zambrano, P., Arévalo-Sierra, J. R., Cantú-Ayala, C. M., Himmelsbach, W., Salinas-Rodríguez, M. M., & Gutiérrez-Santillán, T. V. (2021). Ethnobotanical biocultural diversity by rural communities in the Cuatrociénegas Valley, Coahuila; Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 17, 21. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00445-0>
- Etchevers, J. D., Saynes, V., & Sánchez, M. (2016). *Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola*. En Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México (pp. 63–79). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN 978-607-715-314-6
- Fosberg, F. R., Schultes, R. E., & Raffauf, R. F. (1991). *The healing forest: Medicinal and toxic plants of the Northwest Amazonia*. Dioscorides Press.
- Fraňková, E., Haas, W., & Singh, S. J. (Eds.). (2017). *Socio-Metabolic Perspectives on the Sustainability of Local Food Systems*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69236-4>
- Galvão, M. L., Bessa-Silva, A., Batista, A. S., Balboni, B. M., Santos, I. S., & Fernandes, M. E. B. (2024). Effects of wood density on mechanical properties

- of mangrove wood from the Amazon coast. *PLOS ONE*, 19(11), e0313824.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313824>
- GBIF.org. (2026). *GBIF – Global Biodiversity Information Facility*.
<https://www.gbif.org/>
- Gómez Espinoza, J. A., & Gómez González, G. (2006). Saberes tradicionales agrícolas indígenas y campesinos: rescate, sistematización e incorporación a la IEAS. *Ra Ximhai*, 2(1), 97–126. <https://doi.org/10.35197/rx.02.01.2006.06.jg>
- Gómez-Ortiz, Y., Martín-Regalado, N., & Xinum Pérez Hernández, C. (2019). *Diversidad funcional de las comunidades ecológicas*. In Moreno, C. E. (Ed) La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio (pp. 237-264). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex.
- González de Molina, M., & Toledo, V. M. (2023). *The social metabolism: A socio-ecological theory of historical change* (2.^a ed., Vol. 14, Environmental History Series). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-48411-7>
- Hacke, U. G., Sperry, J. S., Pockman, W. T., Davis, S. D., & McCulloh, K. A. (2001). Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia*, 126(4), 457–461.
<https://doi.org/10.1007/s004420100628>
- Hernández-Xolocotzi, E. (1983). La Etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Cuaderno de Divulgación 5. In *La Etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Cuaderno de Divulgación 5*.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *Información estadística municipal: Villaflores, Chiapas*.
<https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/>
- Moreno-Calles, A., Toledo, V., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375–398. <https://doi.org/10.17129/botsci.419>
- Chavé, J., Muller-Landau, H. C., Baker, T. R., *et al.* (2006). Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecological Applications*, 16(6), 2356–2367. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[2356:RAPVOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[2356:RAPVOW]2.0.CO;2)
- Kallarackal, J., & Ramírez, F. (2024). *Functional correlations of wood density*. In Jose Kallarackal & Fernando Ramírez (Eds.), *Wood Density: Functional Trait in Plants* (pp. 21–40). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-61030-1_3
- López Camacho, R. (2007). Productos Forestales no Maderables: Importancia e Impacto de su Aprovechamiento. *Colombia Forestal*, 11(1), 215–231.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2008.1.a14>
- Luna-Morales, C. del C. (2002). Ciencia, conocimiento tradicional y etnobotánica. *Etnobiología*, 2(1), 120–136.
<https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/download/51/51>
- Manohan, B., Shannon, D. P., Tiansawat, P., Chairuangsi, S., Jainuan, J., & Elliott, S. (2023). Use of Functional Traits to Distinguish Successional Guilds of Tree Species for Restoring Forest Ecosystems. *Forests*, 14(6), 1075.
<https://doi.org/10.3390/F14061075>

- Martínez Herrera, J., Ovando Ramírez, E., Córdoba Carballo, P., & Hernández del Ángel, A. (2024). Escuelas Campesinas: Estrategia para Transitar de una Agricultura Convencional a una Agricultura Sustentable en Veracruz, México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 4818–4830.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13932
- Moreno-Calles, A., Toledo, V., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375–398. <https://doi.org/10.17129/botsci.419>
- Moreno-Calles, A. I., Casas, A., Rivero-Romero, A. D., Romero-Bautista, Y. A., Rangel-Landa, S., Fisher-Ortíz, R. A., Alvarado-Ramos, F., Vallejo-Ramos, M., & Santos-Fita, D. (2016). Ethnoagroforestry: integration of biocultural diversity for food sovereignty in Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12(1), 54. <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0127-6>
- Nyadzi, E., Ajayi, O. C., & Ludwig, F. (2021). *Indigenous knowledge and climate change adaptation in Africa: A systematic review*. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 16(29).
<https://doi.org/10.1079/PAVSNNR202116029>
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Sólymos, P., Stevens, M. H. H., & Wagner, H. (2012). *vegan: Community Ecology Package*.
<https://researchportal.helsinki.fi/en/publications/vegan-community-ecology-package>
- Pedrosa, K. M., Ramos, M. B., de los Ángeles La Torre-Cuadros, M., & de Faria Lopes, S. (2023). Plant parentage influences the type of timber use by

- traditional peoples of the Brazilian Caatinga. *PLOS ONE*, 18(10), e0286434.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286434>
- Phillips, O., & Gentry, A. H. (1993). The useful plants of Tambopata, Peru: I. Statistical hypotheses tests with a new quantitative technique. *Economic Botany*, 47(1), 15–32. <https://doi.org/10.1007/BF02862203>
- Phillips, O., Gentry, A. H., Reynel, C., Wilkin, P., & Galvez-Durand B, C. (1994). Quantitative Ethnobotany and Amazonian Conservation. *Conservation Biology*, 8(1), 225–248. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08010225.x>
- Poorter, L., McDonald, I., Alarcón, A., Fichtler, E., Licona, J., Peña-Claros, M., Sterck, F., Villegas, Z., & Sass-Klaassen, U. (2010). The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. *New Phytologist*, 185(2), 481–492.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03092.x>
- POWO. (2026). *Plants of the World Online*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. <https://powo.science.kew.org/>
- Preston, K. A., Cornwell, W. K., & DeNoyer, J. L. (2006). Wood density and vessel traits as distinct correlates of ecological strategy in 51 California coast range angiosperms. *New Phytologist*, 170(4), 807–818.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01712.x>
- Ramirez-Santos, A. G., Ravera, F., Rivera-Ferre, M. G., Calvet-Nogués, M., & ... (2023). Gendered traditional agroecological knowledge in agri-food systems: A systematic review. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 19, Article 11.
<https://doi.org/10.1186/s13002-023-00576-6>

- Ramos, M. B., de Almeida, H. A., da Cunha, S. S., Maciel, M. G. R., Pedrosa, K. M., Meave, J. A., & de Faria Lopes, S. (2023). Functional traits drive the selection of plant species used by agropastoralists in the Brazilian semiarid region. *Economic Botany*, 78(1), 81–98. <https://doi.org/10.1007/s12231-023-09596-5>
- Reyes-García, V. (2010). The relevance of traditional knowledge systems for ethnopharmacological research: theoretical and methodological contributions. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6, 32. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-6-32>
- Reyes-García, V., Guèze, M., Luz, A. C., Paneque-Gálvez, J., Macía, M. J., Orta-Martínez, M., Pino, J., & Rubio-Campillo, X. (2013). Evidence of traditional knowledge loss among a contemporary indigenous society. *Evolution and Human Behavior*, 34(4), 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2013.03.002>
- Rodríguez, A., & Arias de Reyna, L. (2014). La milpa y el maizal: Retos al desarrollo rural en México y Perú. *Etnobiología*, 12(3), 76–89. ISSN-e: 1665-2703; ISSN: 2448-8151
- Ruíz, J. S., López, O. A. M., Ramírez, G. H., & Hiriart, J. C. (2023). Generalized Linear Mixed Models with Applications in Agriculture and Biology. *Generalized Linear Mixed Models with Applications in Agriculture and Biology*, 1–425. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-32800-8>
- Salgado-Negret, B., & Paz, H. (2016). Escalando de los rasgos funcionales a procesos poblacionales, comunitarios y ecosistémicos. En B. Salgado-Negret (Ed.), *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y*

conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones (pp. 13–35).

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

ISBN 978-958-8889-68-9.

Pulido Silva, M., & Cuevas-Cardona, C. (2021). *La etnobiología en México vista a la luz de las instituciones de investigación*.

<https://www.revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/376/398>

R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing*

(versión 4.5.2) [Software]. R Foundation for Statistical Computing.

<https://www.r-project.org/>

Rasband, W. S. (s.f.). *ImageJ* (versión 1.54p) [Software]. U.S. National Institutes of Health. <https://imagej.net/ij/>

Toledo, V. M. (2005). La memoria tradicional: La importancia agroecológica de los saberes locales. *LEISA Revista de Agroecología*, 20(4), 16–19. <https://leisa-al.org/web/revista/volumen-20-numero-04/la-memoria-tradicional-la-importancia-agroecologica-de-los-saberes-locales/>

Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica.

Relaciones Estudios de Historia y Sociedad, 34(136), 41–71.

<https://doi.org/10.24901/REHS.V34I136.163>

Toledo, V. M., & Alarcón-Cháires, P. (2012). *La Etnoecología hoy: Panorama, avances, desafíos*.

Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: La*

importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria Editorial.

- Toledo, V. M., Batis, A. I., Becerra, R., Martínez, E., & Ramos, C. H. (1995). La selva útil: Etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia*, 20(4), 177–187.
- Turner, N. J., Cuerrier, A., & Joseph, L. (2022). Well grounded: Indigenous Peoples' knowledge, ethnobiology and sustainability. *People and Nature*, 4(3), 610–626. <https://doi.org/10.1002/pan3.10321>
- Toledo, V. M., Alarcón-Cháires, P., & Barrera-Bassols, N. (2018). *Ethnoecología mesoamericana / Mesoamerican ethnoecology*.
https://www.researchgate.net/profile/Narciso-Barrera-Bassols/publication/327050859_ETNOECOLOGIA_MESOAMERICANA_MESOAMERICAN_ETHNOECOLOGY/links/5b74fecba6fdcc87df803f62/ETNOECOLOGIA-MESOAMERICANA-MESOAMERICAN-ETHNOECOLOGY.pdf
- Turner, N. J., Cuerrier, A., & Joseph, L. (2022). Well grounded: Indigenous Peoples' knowledge, ethnobiology and sustainability. *People and Nature*, 4(3), 610–626. <https://doi.org/10.1002/pan3.10321>
- Yuan, Z., Lun, F., He, L., Cao, Z., Min, Q., Bai, Y., Liu, M., Cheng, S., Li, W., & Fuller, A. (2014). Exploring the state of retention of Traditional Ecological Knowledge (TEK) in a Hani rice terrace village, Southwest China. *Sustainability*, 6(7), 4497–4513. <https://doi.org/10.3390/su6074497>
- Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C., & Chavé, J. (2009). Global wood density database [Data set]. Dryad. <https://doi.org/10.5061/dryad.234>

Zimmerer, K. S. (2014). Conserving agrobiodiversity amid global change, migration, and nontraditional livelihood networks: The dynamic uses of cultural landscape knowledge. *Ecology and Society*, 19(2), Article 1. <https://doi.org/10.5751/ES-06316-190201>