



Tipificación socioagronómica y diversidad vegetal del agroecosistema café en Chiapas, México †

[Socio-agronomic classification and plant diversity of the coffee agroecosystem in Chiapas, Mexico]

Luis Alberto Somá-Álvarez¹, Francisco Guevara-Hernández^{*1},
Manuel Alejandro La O-Arias¹, Luis Reyes-Muro² and Flora Bonazzi-Piasentin³

¹ Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) - Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V. Carretera Ocozocoautla – Villaflores km 84.5. Apartado postal #78, C.P. 30470, Villaflores, Chiapas, México. E-mail: luis.soma@unach.mx;

francisco.guevara@unach.mx *; manuel.arias@unach.mx

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) – Centro de Investigación Regional Norte – Centro, Campo Experimental Pabellón. Km 32.5 Carretera Aguascalientes – Zacatecas. C.P. 20670 Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. E-mail: reyes.luis@inifap.gob.mx

³ Federal University of Recôncavo da Bahia (UFRB) R. Rui Barbosa, Cruz das Almas C.P. 44380-000, Bahia, Brasil. E-mail: fpiasentin@ufrb.edu.br

* Corresponding author

SUMMARY

Background: The coffee agroecosystem (*Coffea arabica* L.) in Chiapas has traditionally been based on the conservation of natural resources. However, the introduction of new varieties and the use of agrochemicals have altered both the biological diversity and the productivity of the agroecosystem. **Objective:** To typify the coffee agroecosystem of the municipality of Villa Corzo, Chiapas, Mexico, using a socio-agronomic approach, and to assess plant diversity and the use value of plant species. **Methodology:** Eighty semi structured interviews were conducted with coffee producers using the snowball sampling technique. For agroecosystem typification, data were analyzed through factorial analysis using the principal components method and hierarchical cluster analysis. Plant diversity was assessed using the Shannon and Weaver diversity index, and the use of plant species was evaluated through the Use Value Index (UVI). **Results:** Various types of production systems were identified within the coffee agroecosystem in Villa Corzo, Chiapas, resulting in four groups defined by the socio-agronomic characteristics of the producers managing them, structured around five principal components that explain 72.9 % of the total variability. The typical coffee agroecosystem exhibited the highest plant diversity ($H' = 1.95$) and managed 31 species. The highest Use Value Index was recorded for species such as caspirola (*Inga laurina* S.), cedar (*Cedrela odorata* L.), chalum (*Inga micheliana* H.), chayote (*Sechium edule* L.), mango (*Mangifera indica* L.), medlar (*Mespilus germanica* L.), and the Musaceae family, with uses ranging from food, timber, shade, and firewood. Implications: Identifying producer types within the coffee agroecosystem from a socio-agronomic perspective enables the development of targeted management strategies and conservation actions according to the specific characteristics of producers in Villa Corzo, Chiapas. **Conclusions:** Four profiles of coffee producers were identified in Villa Corzo, Chiapas, with typical and technified producers predominating. Overall plant diversity in the agroecosystems was low, although the typical system registered the highest number of species. Shade and subsistence species stood out as those with the highest use value for producers. **Key words:** *Coffea arabica*; agroforestry systems; use value index; coffee producers.

RESUMEN

Antecedentes: El agroecosistema café (*Coffea arabica* L.) en Chiapas se sustenta en la conservación de los recursos naturales. Sin embargo, la introducción de nuevas variedades y el uso de agroquímicos han alterado tanto la diversidad biológica como la productividad del agroecosistema. **Objetivo:** Tipificar el agroecosistema café del municipio de Villa Corzo, Chiapas, México bajo un enfoque socioagronómico y conocer la diversidad vegetal y el valor de uso de las especies vegetales. **Metodología:** Se aplicaron 80 entrevistas semiestructuradas a través de la técnica “bola de nieve”

† Submitted March 7, 2026 – Accepted May 27, 2026. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6890>



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

ISSN: 1870-0462.

ORCID = L.A. Somá-Álvarez: [0000-0003-0669-6478](https://orcid.org/0000-0003-0669-6478); F. Guevara-Hernández: [0000-0002-1444-6324](https://orcid.org/0000-0002-1444-6324); M.A. La O-Arias: [0000-0002-6491-2063](https://orcid.org/0000-0002-6491-2063); L. Reyes-Muro: [0000-0001-7110-6361](https://orcid.org/0000-0001-7110-6361); F. Bonazzi-Piasentin: [0000-0003-1536-4010](https://orcid.org/0000-0003-1536-4010)

a productores de café. Posteriormente, para la tipificación, los datos se analizaron a través del análisis factorial por el método de componentes principales y conglomerados jerárquicos, también se utilizó el índice de Shannon y Weaver para medir la diversidad del agroecosistema y, finalmente, el Índice de Valor de Uso (IVUs) para conocer el uso de las especies vegetales. **Resultados:** Se identificaron diversos tipos de producción dentro del agroecosistema-café en Villa Corzo, Chiapas, con los cuales se formaron cuatro grupos, definidos a partir de las características socioagronómicas de los productores que los manejan, construidos sobre la base de cinco componentes principales que explican el 72.9 % de la variabilidad total. El agroecosistema cafetalero típico obtuvo la mayor diversidad vegetal con un índice de H: 1.95 y el manejo de 31 especies, los mayores valores del Índice de Valor de Uso correspondieron a especies como la caspirola (*Inga laurina* S.), cedro (*Cedrela odorata* L.), chalum (*Inga micheliana* H.), chayote (*Sechium edule* L.), mango (*Mangifera indica* L.), níspero (*Mespilus germanica* L.) y la familia de las musáceas, con usos que van desde alimento, madera, sombra y leña. **Implicaciones:** La identificación de tipos de productores del agroecosistema café, desde la perspectiva socioagronómica permite orientar estrategias de manejo precisas y acciones de conservación del agroecosistema café, en función de las características de los productores del municipio de Villa Corzo, Chiapas. **Conclusiones:** Se identificaron cuatro perfiles de productores cafetaleros en Villa Corzo, Chiapas, en los que predominan típicos y tecnificados. La diversidad vegetal en los agroecosistemas fue baja, aunque el agroecosistema típico registró el mayor número de especies. Destacan especies de sombra y de autoconsumo como las de mayor valor de uso para los productores.

Palabras clave: *Coffea arabica*; sistemas agroforestales; índice de valor de uso; productores cafetaleros.

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos agrícolas de mayor demanda a nivel mundial, no solo por su valor como bebida, sino también por su impacto económico, social y cultural en las regiones productoras. En territorios cafetaleros como la Frailesca, Chiapas, este cultivo también forma parte de la identidad rural, la memoria productiva familiar y la transmisión intergeneracional de saberes asociados al manejo del cafetal (Fonseca-Castillo *et al.*, (2025); Wienhold *et al.*, (2023). Diversos estudios han documentado que el consumo de café se asocia con beneficios para la salud, como la reducción del riesgo de enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares y metabólicas (Han *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2026). Además, la cadena productiva del café genera empleos e ingresos para millones de familias, contribuyendo al desarrollo rural y a la conservación de paisajes agroforestales en distintas partes del mundo (International Coffee Organization [ICO], 2023). En el mundo, el principal productor de café es Brasil con 36.8 por ciento, le siguen, en orden decreciente, Vietnam con 17.5 por ciento, Indonesia con 7 por ciento, Colombia con 6.6 por ciento y Etiopía con 4.9 por ciento (USDA, 2023). Actualmente México ocupa el 11° lugar, con una producción promedio anual de 1 millón 11 mil toneladas de café cereza, y representa el 0.66 % del PIB agrícola nacional (SADER, 2018). Los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca aportan 34.9 %, 20.5 % y 18.8 % respectivamente, en conjunto suman el 74.2 % de la superficie nacional, en Chiapas se tienen 243, 947 hectáreas y 111, 528 toneladas plantadas con café (SIAP, 2023).

La importancia del agroecosistema café trasciende el aspecto económico, ya que los cafetales bajo sombra proporcionan múltiples servicios ambientales, como la conservación de la biodiversidad (Wright *et al.*, 2024), regulan el ciclo del agua, ayuda a la estabilización de

la fertilidad de los suelos y, además, almacena grandes cantidades de carbono (Vallejos-Torres *et al.*, 2024; Tilden *et al.*, 2024). Los cafetales bajo sombra promueven el balance entre conservar y producir (Moguel y Toledo, 2004), por lo que este sistema agroforestal representa niveles de biodiversidad cercanos a bosques y selvas (Perfecto *et al.*, 2019). Sin embargo, existen condicionantes actuales que ejercen presión sobre el agroecosistema, lo que ha forzado a los productores a cambiar la estructura y funcionamiento de este y ha incidido en la baja diversidad vegetal, la distribución geográfica, acceso limitado a servicios y tecnologías agrícolas (Quiroga *et al.*, 2020).

Lo anterior ha propiciado una configuración socio-productiva y ambiental que requiere ser analizada para comprender mejor las dinámicas del agroecosistema y sus posibles alternativas de mejora. En este sentido, la tipificación de los agroecosistemas ha demostrado ser una herramienta eficaz para caracterizar la organización y dinámica de los sistemas productivos y las familias rurales que los practican (Guevara-Hernández *et al.*, 2024; Gómez *et al.*, 2025). Esta investigación tuvo como objetivo tipificar el agroecosistema café en Villa Corzo, Chiapas; mediante un enfoque socioagronómico, y a la vez, evaluar la diversidad vegetal y el valor de uso de las especies asociadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Villa Corzo, Chiapas, México. Este municipio se localiza al sureste del estado de Chiapas (Figura 1), en la región económica Frailesca. Limita al norte con Villaflores y El Parral, al este con Venustiano Carranza y La Concordia, al sur con Pijijiapan y al oeste con Tonalá.

Las coordenadas son: 16°11'05" de latitud norte y 93°16'03" de longitud oeste y se ubica a una altitud de 581 metros sobre el nivel del mar. Con una superficie territorial de 2, 389.33 km² (CEIEG, 2021).

El suelo se destina principalmente a la agricultura de temporal, pastizal cultivado y agricultura de riego. Se cultiva principalmente maíz de temporal y de riego, frijol “aventurero” y “de nortes”, café en las partes altas y montañosas, producción de ganado bovino de doble propósito y en menor escala la producción de ovinos, caprinos, porcinos y aves de traspatio (CEIEG, 2024).

Metodología

La investigación fue del tipo no experimental, se utilizó un enfoque descriptivo-analítico, se combinaron variables cuantitativas y cualitativas, desde una perspectiva socioagronómica (Guevara-Hernández *et al.*, 2024). Se diseñó y aplicó una entrevista semiestructurada a 80 productores de café en comunidades serranas del municipio, mediante el uso de la técnica “bola de nieve”. El instrumento permitió recabar información de campo sobre el conocimiento local del manejo del agroecosistema en el contexto socio-productivo y ambiental del municipio de acuerdo con criterios metodológicos previamente validados.

Tipificación de productores de café

Para la tipificación de los productores de café se utilizó la metodología propuesta por Escobar y Berdegú

(Jurado Mejía *et al.*, 2023), la cual consta de tres momentos:

1. Selección de la muestra y de variables
2. Reducción de variables
3. Tipificación de grupos

Para la tipificación socioagronómica, se empleó un enfoque multivariado en dos etapas. Primero, se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) a los datos con la finalidad de reducir su dimensionalidad y eliminar la redundancia entre variables originales. Posteriormente se utilizaron los componentes principales con mayor varianza explicada como variables de entrada para un Análisis de conglomerados jerárquico mediante el método de Ward y distancia euclidiana. Todos los análisis se realizaron con el software Statistica (Versión 2004; StatSoft Inc.®) y Minitab (Versión 2018; Minitab LLC®).

Análisis de la estructura y funcionamiento

Para analizar la estructura y la función del agroecosistema café, se aplicaron entrevistas semiestructuradas y se realizó un inventario de las especies vegetales presentes en cada una de las parcelas. Esta información permitió obtener los datos necesarios para calcular el Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (Seid *et al.*, 2022), y el Índice de Valor de Uso (IVUs) (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2024).



Figura 1. Ubicación del municipio de Villa Corzo, Chiapas, México. Fuente. Elaboración propia a partir de CEIEG (2020).

El Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (H') se basa en la suposición de que los individuos son muestreados de manera aleatoria y que todas las especies presentes en el sistema están representadas en la muestra. Adquiere el valor $H'=0$ cuando únicamente hay una especie y alcanza un valor máximo S cuando todas las especies poseen el mismo número de individuos. La literatura señala que en la mayoría de las comunidades biológicas los valores H' se ubican típicamente entre 1.5 y 3.5 y solo algunas excepciones superan los 4.5 (Tefera *et al.*, 2024). Es decir, el H' expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra y se estima con la siguiente ecuación:

$$H' = -i = 1 \sum S p_i \ln(p_i)$$

Donde:

H' = índice de diversidad de Shannon.

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total.

S = número total de especies.

\ln = logaritmo natural.

$\sum_{i=1}^S$ = sumatoria desde $i = 1$ hasta S .

Por otro lado, el Índice de Valor de Uso (IVUs) se basa en la frecuencia con la que los informantes mencionan los usos de cada especie. Para su estimación se aplicaron entrevistas semiestructuradas a informantes clave seleccionados mediante muestreo intencional. Los criterios de selección incluyeron: ser productor de café con al menos 10 años de experiencia, conocimiento tradicional de los cafetales y disposición para participar en el estudio. Se registró la información sociodemográfica básica de los informantes, así como la experiencia con el agroecosistema café. Durante las entrevistas se enfatizó el uso dado a cada especie dentro de los cafetales como sombra, alimento, maderable, medicinal, según correspondiera y permitiera sistematizar el conocimiento y todos los aspectos necesarios para la estimación del IVUs. El índice estima la importancia del valor cultural de una especie que se produce y mantiene en el agroecosistema, y para ello se usa la ecuación (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2024):

$$IVUs = \sum_{i=1}^N \frac{UV_{is}}{N}$$

Donde:

$IVUs$ = índice de valor de uso de la especie s .

UV_{is} = número de usos mencionados por cada informante i para la especie s .

N = número total de informantes entrevistados.

$\sum_{i=1}^N$ = sumatoria de los valores de uso reportados por todos los informantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de Componentes Principales (ACP) redujo la dimensionalidad de 41 a 21 variables significativas (carga factorial ≥ 0.45) y generó cinco componentes que explican en conjunto el 72.9 % de la varianza total (Tabla 1).

El análisis mostró que las variables originaron en orden de prioridad, cinco componentes que explicaron el 72.9 % de la variabilidad total de los datos. La aplicación de este análisis factorial multivariado permitió reducir la dimensionalidad de los datos y se identificaron cinco componentes principales que explican el 72.9 % de la varianza total. Los componentes son: 1) Área y producción, 2) Condiciones de vida, 3) Tecnología, 4) Autosubsistencia y diversidad y 5) Prácticas ecológicas y densidad de siembra (Tabla 1).

El componente 1, “Área y producción”, explica el 19.4 % de la varianza, agrupó variables relacionadas con la escala productiva (producción anual, venta, superficie total y cultivada), con cargas factoriales fuertes (≥ 0.80). Esto indica que los productores con mayor superficie están intrínsecamente vinculados a mayores rendimientos y ventas. Este hallazgo coincide con estudios que señalan la influencia directa del área cultivada en la productividad y el acceso a mercados (Grandez-Alberca *et al.*, 2025).

Así también, el componente 2, “Condiciones de vida”, se caracteriza por cargas factoriales altas de 0.63 y 0.86 lo cual indica que los productores con mejores servicios y vivienda presentan menores niveles de marginación y mayor acceso a insumos y asesoría técnica existe una relación directa entre el nivel socioeconómico y la participación en asesorías con el fin de adoptar nuevas tecnologías. Tilden *et al.* (2024) indican que la adopción de prácticas sostenibles y el acceso a recursos están influenciados por las condiciones socioeconómicas de los productores.

El componente 3, “Tecnología”, explica que los sistemas más alejados, con cobertura vegetal más alta tienden a ser manejados bajo un enfoque más tradicional y mínimo uso de insumos externos, por otro lado, aquellos que se encuentran más cercanos a zonas habitadas presentan mayor uso de insumos externos, es decir, en el manejo del agroecosistema por el factor de distancia. El uso de insumos técnicos y fertilizantes están correlacionados con la distancia a infraestructura y mercados y de alguna manera influyen en los sistemas de producción (Muñoz-Villers *et al.*, 2020).

Tabla 1. Componentes principales y porcentaje de la varianza extraída y la acumulada.

Componente	Variable original	Correlación	Varianza explicada acumulada
Área y producción	Producción al año	0.91	19.4 %
	Venta en quintales	0.91	
	Total de hectáreas	0.83	
	Hectáreas cultivadas	0.82	
Condiciones de vida	Índice de marginación	0.86	36.5 %
	Vivienda	0.82	
	Cantidad de Servicios	0.81	
	Capacitaciones	-0.74	
	Adquisición de plantas	0.63	
Tecnología	Distancia al café	0.79	50.6 %
	Dependencia de insumos	0.75	
	Cobertura vegetal	0.69	
	Rotación de cultivo	0.53	
Autosubsistencia y diversidad	Disponibilidad de alimentos	0.89	63.9 %
	Autoconsumo	0.85	
	Diversificación	0.66	
	Diversidad de especies	0.56	
	Cantidad de prácticas ecológicas	0.75	
Prácticas ecológicas y densidad de siembra	Plantas ha ⁻¹	0.64	72.9 %
	Cantidad de variedades	0.56	
	msnm	0.51	

En “Autosubsistencia y diversidad” (componente 4), está compuesto de cuatro variables y existe correlación significativa factorial fuerte entre autoconsumo y disponibilidad de alimentos (0.85 – 0.89) lo que indica que las familias con mayor diversidad de especies en los cafetales tienden a tener mayor diversidad de alimentos, esto explica la seguridad alimentaria que está basada en la diversificación dentro del agroecosistema café. Los sistemas agroforestales diversificados demuestran que la integración de algunos cultivos complementarios contribuye significativamente a la seguridad alimentaria y resiliencia ante el cambio climático (Anderzén *et al.*, 2020).

El componente 5, “Prácticas ecológicas y densidad de siembra”, involucra variables altamente relacionadas con la parte de prácticas agroecológicas, densidad de siembra, cantidad de variedades y la altitud. La correlación es significativa, ya que varía de 0.51 a 0.75, lo cual indica que aquellos agroecosistemas cafetaleros situados a mayor altitud presentan mayor diversidad de variedades de café, mayores densidades de siembra y una tendencia hacia las prácticas agroecológicas.

El análisis de conglomerados aplicado a las puntuaciones de los cinco componentes principales generó una tipología de cuatro grupos de

agroecosistemas cafetaleros (Figura 2), definidos a partir de las características socioagronómicas de los productores (1) Típico, (2) Grande, (3) Tecnificado, y (4) Pequeños productores con estrategias diversificadas.

El agroecosistema “Café típico” (en azul), constituye el más numeroso (n=44, 55 %). Los productores manejan en promedio 2 hectáreas de café, con una cosecha promedio de 14 quintales de pergamino (805 kg), ligeramente inferior al promedio regional. Se caracterizan por una producción tradicional, fragilidad social, bajo uso de tecnología y una orientación marcada hacia prácticas ecológicas (Figura 3). Esta descripción se alinea con los perfiles de pequeños productores en Chiapas quienes suelen contar con superficies entre 1.2 y 6 hectáreas (Escamilla-Prado *et al.*, 2021) y enfrentan condiciones de bajo nivel de vida (López *et al.*, 2023; Paz-Pellat *et al.*, 2022).

La característica principal del cafetalero típico (Figura 3) es la producción tradicional, destaca el uso de prácticas ecológicas, manejo de densidades de siembra ligeramente superiores, además, bajo uso de tecnificación, la fragilidad se presenta en las condiciones de vida por los pocos recursos con que cuentan.

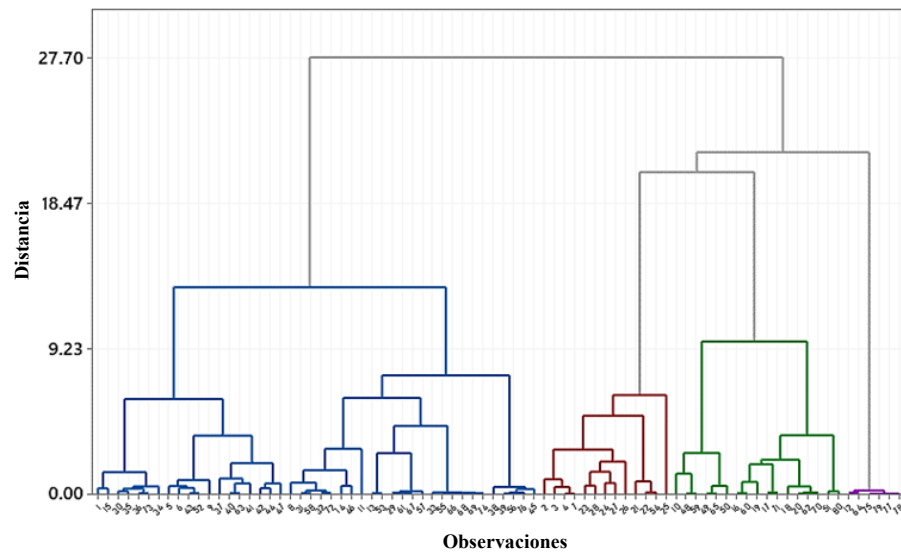


Figura 2. Dendrograma de tipificación de productores del agroecosistema cafetalero en Villa Corzo, Chiapas, México, basado en el método de Ward y distancia euclidiana.

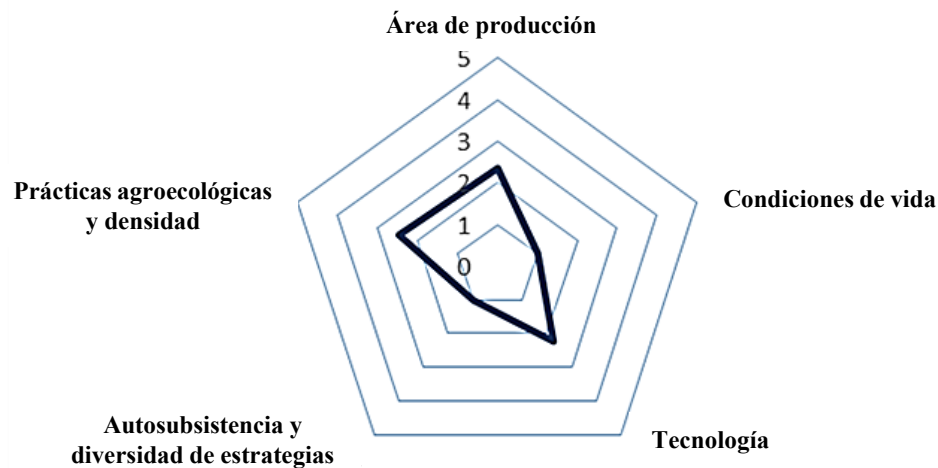


Figura 3. Características del productor de café típico de Villa Corzo, Chiapas.

La inversión en tecnología (principalmente agroquímicos y fertilizantes) es baja en este grupo: el 52 % destina solo el 20 % de sus costos a insumos. Esta baja adopción de insumos externos es consistente con lo reportado por López *et al.* (2023) en una región adyacente, donde un 42 % de los productores no realiza prácticas de fertilización.

El siguiente tipo de agroecosistema café denominado “Cafetaleros grandes” (Figura 4); está conformado por el 16 % del total de productores entrevistados, que destacan por una mayor superficie en el cultivo de café y, por consecuencia, mayor producción. Actualmente estos productores cuentan con 12 hectáreas en promedio, de las cuales, 5 están destinadas a la

producción de café; reportan una producción de café pergamino de 29 quintales en total (5.8 quintales por hectárea). Escamilla-Prado *et al.* (2021), reportan que los cafetaleros con mayores superficies cuentan con 4.7 a 6.0 ha en los municipios de Motozintla y Mapastepec (Chiapas), respectivamente.

Este grupo presenta una menor fragilidad social, ya que el 54 % cuenta con viviendas de adobe o ladrillo con acabados rústicos, mientras el 46 % presenta mejores condiciones en vivienda. En cuanto a los servicios públicos, el 69 % se encuentra entre dos y tres servicios, donde destaca el contar con energía eléctrica y caminos rurales.

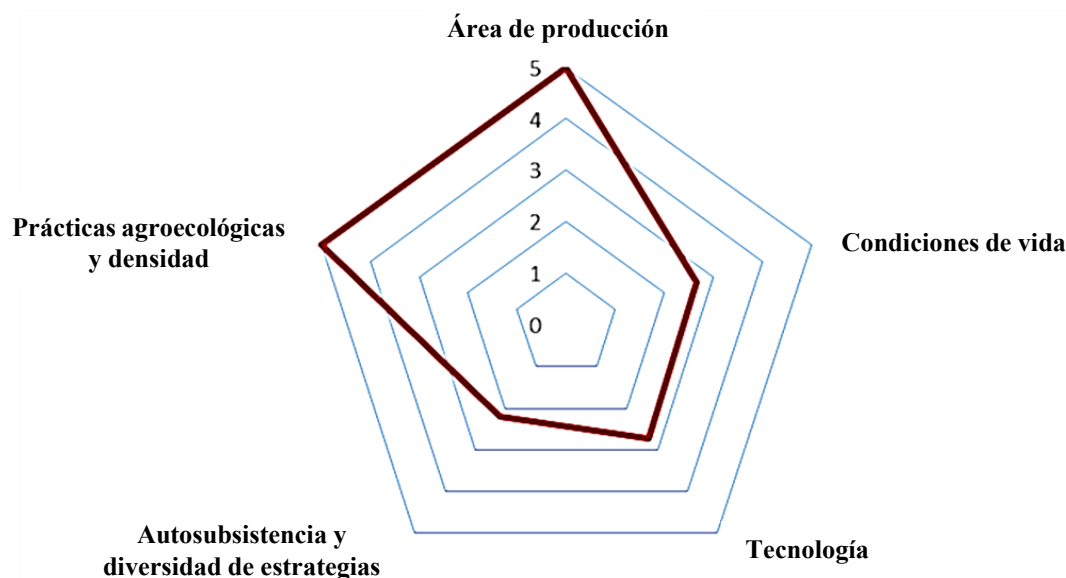


Figura 4. Características de cafetaleros grandes en el municipio de Villa Corzo, Chiapas.

El uso de tecnología se mantiene en un nivel medio, la dependencia de insumos aún es considerada baja ya que el 7 % de los productores invierte un 20 % de los costos de producción en la compra de insumos, como fertilizantes y el 23 % invierte hasta un 40 % en ello.

El factor de prácticas ecológicas y densidad es bastante fuerte, pues se encontró que el 69 % de los productores realizan cinco o más prácticas ecológicas en beneficio del agroecosistema y el 31 % realiza cuatro prácticas. Es importante mencionar que este grupo enfoca el manejo del sistema a través de prácticas como empleo de cobertura vegetal, asociación de cultivos, conservación de áreas verdes, agua y suelo.

Morandín *et al.* (2023), Señalan que el sistema de producción cafetalero enfrenta diversas limitaciones estructurales, entre las que se destacan déficits en las políticas económicas, escaso desarrollo de capacidades en los productores, baja inversión pública y limitada infraestructura tanto dentro de las unidades productivas como en los servicios de apoyo al sector. En este contexto, se identifica un tercer tipo de agroecosistema denominado “Tecnificado” (Figura 5), caracterizado por una estructura de finca orientada a optimizar la eficiencia productiva del sistema cafetalero. Este modelo incorpora un mayor uso de insumos externos tales como fertilizantes y agroquímicos, así como instalaciones adecuadas para la cosecha y el manejo postcosecha del café. Este grupo representa el 21 % del total de productores entrevistados.

Galeana-Pizaña y Manson (2025) argumentan que el uso de insumos externos y las prácticas mecanizadas aumentan la productividad en los sistemas de café altamente intensificados y, además, cambian la estructura del sistema productivo.

Este grupo tecnificado cuenta en promedio con 2 hectáreas de café. La producción se mantiene en una escala relativamente baja y depende en gran medida de la eficiencia del sistema. Se caracteriza por una marcada diferenciación asociada al uso intensivo de tecnología. La cosecha promedio alcanza aproximadamente 13 quintales de café (≈ 589 kg) en total, lo que equivale a 6.5 quintales de café pergamino por hectárea (≈ 295 kg ha⁻¹).

El bienestar e infraestructura se encuentra en un nivel medio: no presentan precariedad ni ingresos altos, lo que indica cierta estabilidad económica y el acceso a servicios esenciales. Sin embargo, el uso de la tecnología ha provocado dependencia de insumos externos que representan entre el 40 % y el 60 % en los costos de producción, con la adquisición de agroquímicos, en particular fertilizantes.

Hersch-González y Riojas-Rodríguez (2025), mencionan que a mayor uso de insumos se puede incrementar la producción, sin embargo, esto implica depender totalmente de fertilizantes y plaguicidas lo que genera incrementos en los costos de producción.

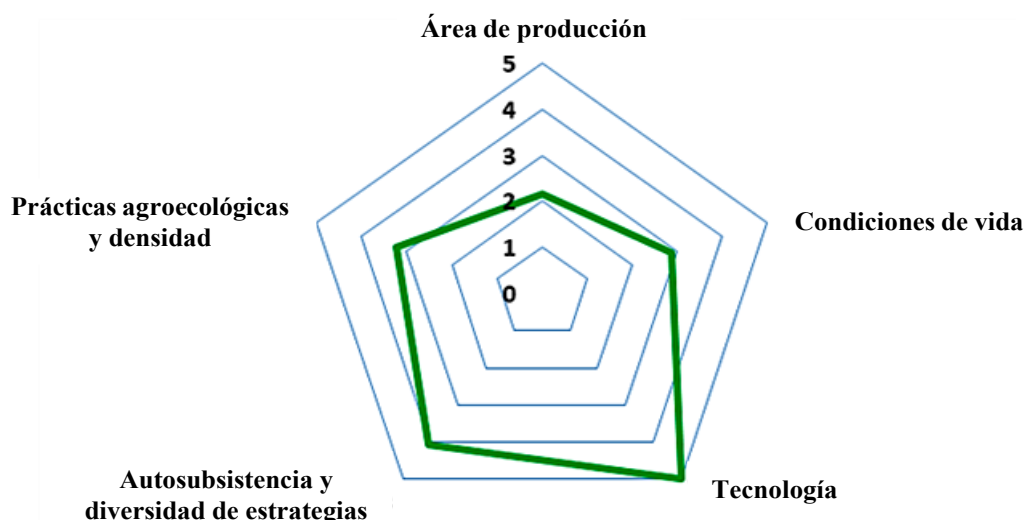


Figura 5. Características de cafetaleros tecnificados de café en Villa Corzo, Chiapas.

El componente de tecnología es el atributo que más caracteriza a este tercer grupo de cafetaleros, lo que indica un mayor uso de herbicidas, fungicidas, insecticidas, fertilizantes y maquinaria para labores, enmiendas, cosecha y postcosecha que se realizan en el cultivo de café.

En el componente de autosubsistencia y diversidad, la figura revela un modelo más equilibrado. Aunque su orientación es hacia la tecnología, mantiene una base de cultivos complementarios y sistemas de autoconsumo. Esta diversificación reduce los riesgos económicos y provee seguridad alimentaria y refuerza la resiliencia del sistema productivo. Finalmente, las prácticas ecológicas se sitúan en un nivel medio, adoptan medidas ambientales funcionales, los productores tecnificados cultivan tres especies para consumo familiar, entre ellas se encuentran el género *Musa* (grupo genómico ABB) y especies como mango (*Mangifera indica* L.) y limón (*Citrus limon* L.). En cuanto a la diversidad, esta es considerada baja, debido a que solo se utilizan tres especies para sombra. Asimismo, realizan tres prácticas ecológicas: manejo de cobertura vegetal, cuidado del agua y conservación de suelo con el uso de barreras vivas. Por su parte, Wright (2024) menciona que la diversificación de cultivos en el agroecosistema mejora la resiliencia de las familias y contribuye a una mayor seguridad alimentaria.

Finalmente, el agroecosistema café representado por “Pequeños productores con estrategias diversificadas”, está compuesto por productores de pequeña escala (Figura 6) que representan el 8 % del total de productores entrevistados. De acuerdo con los análisis factoriales previos, este grupo se identifica con un perfil socialmente resiliente, sin embargo, en términos

productivos y tecnológicos está estructuralmente limitado.

En cuanto al área y producción este grupo está conformado por unidades productivas pequeñas no mayores a 0.5 hectáreas con una producción de 5 quintales de café pergamino (≈ 227 kg). Este grupo está enfocado hacia otras alternativas de ingresos económicos.

Según Venegas *et al.* (2021), las estrategias que adoptan los campesinos fortalecen o debilitan la resiliencia del sistema, el cual está integrado principalmente por la familia y sus diferentes subsistemas. Esta resiliencia resulta del tipo de estrategias adoptadas.

Vázquez *et al.* (2022), mencionan que, en Pantepec, Chiapas en la zona norte del estado, los productores de café diversifican las actividades, lo que permite obtener ingresos económicos adicionales para solventar las necesidades familiares. Diversificar las actividades de los productores cafetaleros fortalece la seguridad alimentaria y mejora el nivel de vida de las familias campesinas (Anderzén *et al.*, 2020).

Referente a las condiciones de vida, este grupo presenta el puntaje máximo, debido a que tienen ingresos complementarios por actividades no agrícolas, remesas, programas sociales y empleos, cuentan con viviendas de buena calidad y mayor cantidad de servicios públicos básicos, tales como caminos, energía eléctrica, televisión, agua potable e incluso internet. El uso de las tecnologías agrícolas es muy bajo, ya que, al poseer poca superficie y producción, no utilizan insumos externos y las actividades se realizan de forma tradicional, donde la mano de obra familiar es indispensable.

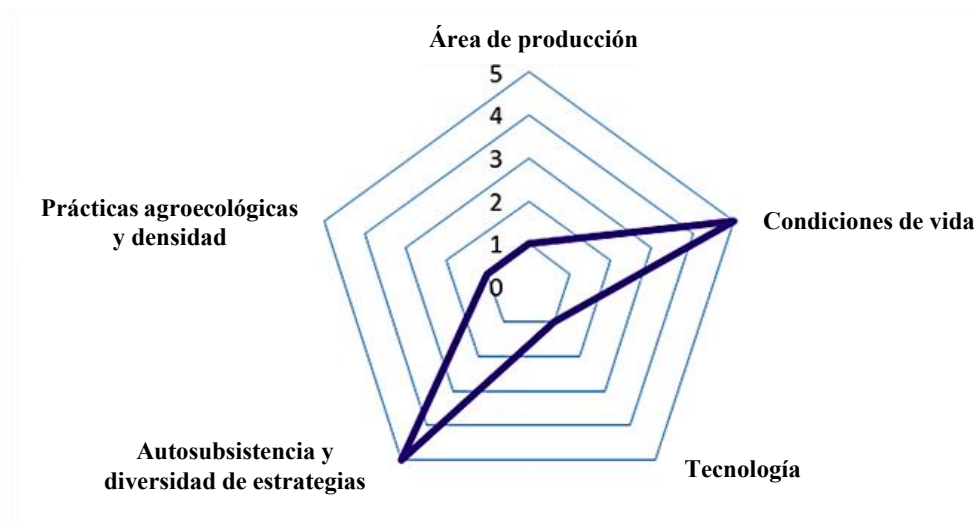


Figura 6. Pequeños productores de café en el municipio de Villa Corzo, Chiapas.

La autosubsistencia es el rasgo central de este grupo de productores. Esto refleja que la producción de café es un complemento a la diversidad de ingresos económicos, algunas actividades son el transporte, construcción, abarrotes o remesas de las cuales proviene la mayor parte de sus ingresos. Este grupo maneja tres cultivos dentro del agroecosistema café, como el mango (*Mangifera indica* L.), aguacate (*Persea americana* L.) y chayote (*Sechium edule* L.), principalmente; sin embargo, además del autoconsumo familiar, también se destinan algunos productos a la comercialización regional. Adicionalmente realizan otras actividades, como la producción y comercialización de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), chile (*Capsicum* spp.), aguacate (*Persea americana* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), berro (*Nasturtium officinale* W.) y animales de traspatio.

Carece de prácticas agroecológicas, ya que solamente siembran una variedad de café, Costa Rica 95, en densidad de 1,500 plantas establecidas y en producción. Este grupo de productores representa un modelo de subsistencia ampliada, donde la estabilidad social se construye a partir de la diversificación económica más que de la intensificación productiva.

Índice de diversidad vegetal y valor de uso del agroecosistema cafetalero típico

Se identificaron diversas especies de plantas que están integradas dentro del agroecosistema. Entre los usos de las especies está el proveer sombra para las plantaciones de café, alimentación humana y leña,

principalmente. En este grupo se registraron 31 especies vegetales (Tabla 2) que incluyen árboles de sombra, sombra-frutales, alimento, maderables y hierbas de consumo. Las especies de sombra con mayor valor de uso son: el chalum (*Inga micheliana* H.), caspirola (*Inga laurina* S.) y cedro (*Cedrela odorata* L.), otras especies y cultivares del género *Musa*, incluidos materiales del grupo genómico ABB, chayote (*Sechium edule* L.), pacaya (*Chamaedorea tepejilote*), mango (*Mangifera indica* L.), aguacate (*Persea americana* L.), limón (*Citrus limon* L.) y níspero (*Mespilus germanica* L.) tienen un uso como sombra y alimento familiar.

Venegas *et al.* (2021), refirieron en estudios realizados en la sierra sur de Chiapas, que las especies con mayor mención en orden de importancia son chalum (*Inga* sp.), plátano (*Musa* spp.), naranja (*Citrus sinensis* L.), aguacate (*Persea americana* M.) las cuales generalmente son para consumo y mercado local.

El Índice de diversidad de Shannon y Weaver (H') fue de 1.95 (Tabla 2), valor que sugiere una diversidad vegetal relativamente baja en el agroecosistema café típico. Ello indica que, aunque se registró un número apreciable de especies, la composición florística no presenta una distribución equitativa de individuos entre ellas. En consecuencia, la baja diversidad observada no depende únicamente de la riqueza de especies, sino también del grado de dominancia de unas sobre otras. Desde este punto de vista, se debería promover la introducción de especies nativas que, aparte de dar sombra al cafetal, aporten beneficios adicionales al productor.

Tabla 2. Índice de Diversidad Vegetal e Índice de Valor de Uso (IVUs) en el agroecosistema café típico.

No.	Especie	Nombre científico	Índice Shannon 1.95	IVUs
1	Chalum	<i>Inga micheliana</i> H.	0.17	0.70
2	Plátano	<i>Musa</i> spp. (grupo genómico ABB)	0.14	0.55
3	Caspirola	<i>Inga laurina</i> S.	0.14	0.52
4	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	0.14	0.52
5	Chayote	<i>Sechium edule</i> L.	0.12	0.43
6	Pacaya	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm	0.10	0.36
7	Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	0.10	0.32
8	Aguacate	<i>Persea americana</i> L.	0.09	0.30
9	Limón	<i>Citrus limon</i> L.	0.09	0.27
10	Níspero	<i>Mespilus germanica</i> L.	0.09	0.27
11	Quelite	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	0.08	0.25
12	Chile	<i>Capsicum</i> spp.	0.07	0.20
13	Hierba mora	<i>Solanum nigrum</i> L.	0.07	0.20
14	Lima	<i>Citrus aurantifolia</i>	0.07	0.20
15	Berro	<i>Nasturtium officinale</i> W.	0.05	0.14
16	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> L.	0.05	0.14
17	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.	0.05	0.14
18	Guayaba	<i>Psidium araca</i> Raddi	0.04	0.11
19	Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	0.04	0.09
20	Yuca	<i>Manihot esculenta</i> L.	0.04	0.09
21	Bledo	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0.03	0.07
22	Yaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.	0.03	0.07
23	Hierba Santa	<i>Piper auritum</i> Kunth	0.02	0.05
24	Mandarina	<i>Citrus nobilis</i> L.	0.02	0.05
25	Matiliguate	<i>Tabebuia rosea</i> B.	0.02	0.05
26	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i> L.	0.02	0.05
27	Corazón bonito	<i>Dalbergia tucurensis</i> L.	0.01	0.02
28	Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	0.01	0.02
29	Higuerilla	<i>Ricinus communis</i> L.	0.01	0.02
30	Machetón	<i>Inga paterno</i> Harms	0.01	0.02
31	Mezcalito	<i>Quercus crispipilis</i> Trel.	0.02	0.05

La mayoría de las especies registradas se asoció con un uso predominante, principalmente como sombra o alimento. De acuerdo con González (2006), el valor de una especie aumenta cuando se reconocen múltiples formas de aprovechamiento. Sin embargo, aunque se identificaron 31 especies vegetales con diversos usos, el valor del índice permaneció bajo, lo que sugiere que la diversidad funcional del sistema no necesariamente se traduce en una mayor diversidad estructural, ya que la abundancia de individuos se concentra en un conjunto reducido de especies. Por ello, una mayor equidad en la distribución de los individuos podría favorecer un incremento del índice.

Índice de diversidad vegetal y valor de uso en el agroecosistema café grande

En este grupo tienen aproximadamente 26 especies en los cafetales, la especie más común es el chalum (*Inga micheliana* H.) utilizada para sombra principalmente, la segunda especie dominante fue la hierba mora

(*Solanum nigrum* L.) utilizada como alimento, posteriormente la caspirola (*Inga laurina* S.), aguacate (*Persea americana* L.) y cedro (*Cedrela odorata* L.), quelite (*Amaranthus hybridus* L.), limón (*Citrus limon* L.), níspero (*Mespilus germanica* L.) y el género *Musa* (Tabla 3).

En Ángel Albino Corzo, Chiapas, los productores de café tienen uno o más árboles frutales entre los que destacan, la naranja (*Citrus sinensis* L.), plátano (*Musa* spp.), aguacate (*Persea americana* L.), limón (*Citrus limon* L.), mango (*Mangifera indica* L.), guanábana (*Annona muricata* L.), rambután (*Nephelium lappaceum* L.) y son para el consumo familiar (López et al., 2023). Sin embargo, en la escala de diversidad propuesta por Shannon y Weaver la diversidad vegetal en este grupo de productores se encuentra en una escala de $H' = 1$, lo que representa una diversidad baja a pesar de las 26 especies registradas, esto se debe a que el número de individuos por especie es bajo e incide en la diversidad efectiva del sistema.

Tabla 3. Índice de diversidad vegetal y valor de uso (IVUs) en el agroecosistema café grande.

No.	Especie	Nombre científico	Índice Shannon	1.00	IVUs
1	Aguacate	<i>Persea americana</i> L.	0.07		0.69
2	Chalum	<i>Inga micheliana</i> H.	0.09		1.00
3	Hierba Mora	<i>Solanum nigrum</i> L.	0.09		0.92
4	Caspirola	<i>Inga laurina</i> S.	0.07		0.77
5	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	0.07		0.69
6	Quelite	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	0.07		0.69
7	Limón	<i>Citrus limon</i> L.	0.06		0.62
8	Níspero	<i>Mespilus germanica</i> L.	0.06		0.62
9	Plátano	<i>Musa spp.</i> (grupo genómico ABB)	0.06		0.54
10	Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	0.04		0.38
11	Chayote	<i>Sechium edule</i> L.	0.04		0.31
12	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> L.	0.04		0.31
13	Toronja	<i>Citrus paradisi</i>	0.03		0.23
14	Yaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.	0.03		0.23
15	Yuca	<i>Manihot esculenta</i> L.	0.03		0.23
16	Camote	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	0.02		0.15
17	Lima	<i>Citrus x aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	0.02		0.15
18	Pacaya	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm	0.02		0.15
19	Berro	<i>Nasturtium officinale</i> W.	0.01		0.08
20	Chile	<i>Capsicum spp.</i>	0.01		0.08
21	Guayaba agria	<i>Psidium araca</i> Raddi	0.01		0.08
22	Hierba Santa	<i>Piper auritum</i> Kunth	0.01		0.08
23	Malanga	<i>Colocasia esculenta</i> L.	0.01		0.08
24	Pomarosa	<i>Syzygium jambos</i> L.	0.01		0.08
25	Zapote Negro	<i>Diospyros nigra</i> J.	0.01		0.08
26	Mezcalito	<i>Quercus crispipilis</i> Trel.	0.01		0.08

Reyes *et al.* (2022), documentaron que, en algunas zonas cafetaleras de Chiapas, los índices de diversidad son de 1.2 en el Soconusco y de 2.94 y 2.71 en Tuxtla Chico y Tapachula, respectivamente. Todas ellas superan a la diversidad de especies vegetales encontradas en este estudio. En comparación, el valor obtenido en este estudio fue menor, lo que evidencia una diversidad vegetal más limitada en el agroecosistema evaluado. En la misma línea, García *et al.* (2021) indicaron que en Oaxaca algunos cafetales corresponden a policultivos tradicionales, en los cuales se han registrado entre 14 y 32 especies con diversidad de usos, por lo que se consideran sistemas altamente diversificados.

Índice de diversidad vegetal y valor de uso en el agroecosistema café tecnificado

En el agroecosistema café tecnificado se registró la misma riqueza de especies que en el grupo anterior; sin embargo, el índice de diversidad vegetal fue de $H' = 0.91$, lo que evidencia una diversidad menor. Este resultado sugiere que, aunque el número de especies fue similar, la distribución de los individuos entre ellas fue menos equitativa, con predominio de un conjunto reducido de taxa.

Entre las especies dominantes destacaron chalum (*Inga micheliana* H.), el género *Musa* y el mango (*Mangifera indica* L.) utilizados fundamentalmente para sombra y alimentación. Aun así, las 26 especies registradas aportan a la configuración estructural y funcional del agroecosistema (Tabla 4).

En algunas regiones de Chiapas, como el Soconusco, la diversidad fue de $H' = 1.2$, la cual se considera bajo en riqueza, mientras que Tapachula fue de 2.71 y 2.94 en Tuxtla Chico, Chiapas, valores, aunque bajos en la escala de Shannon y Weaver, representan riqueza en la diversidad para el agroecosistema (Reyes *et al.*, 2022). Sin embargo, algunos autores como, Molina *et al.* (2024) en un estudio que analizó la diversidad de bosques en México, utilizaron el índice de diversidad de Shannon-Wiener con una escala interpretativa común, donde valores menores a $H' = 2$ indican diversidad baja, de $H' = 2 - 3.5$ diversidad media y mayores a 3.5 alta diversidad. A mayor diversidad existe una estructura más compleja que permite la generación de servicios ambientales y la conservación de la flora y fauna de estos agroecosistemas (Tefera *et al.*, 2024).

Tabla 4. Índice de diversidad vegetal e índice de valor de uso (IVUs) en el agroecosistema café tecnificado.

No.	Especie	Nombre científico	Índice Shannon 0.91	IVUs
1	Chalum	<i>Inga micheliana</i> H.	0.09	0.71
2	Plátano	<i>Musa spp.</i> (grupo genómico ABB)	0.08	0.65
3	Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	0.07	0.53
4	Caspirola	<i>Inga laurina</i> S.	0.06	0.41
5	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	0.06	0.41
6	Limón	<i>Citrus limon</i> L.	0.05	0.35
7	Níspero	<i>Mespilus germanica</i> L.	0.05	0.35
8	Pacaya	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm	0.05	0.35
9	Hierba Mora	<i>Solanum nigrum</i> L.	0.04	0.29
10	Aguacate	<i>Persea americana</i> L.	0.04	0.24
11	Canaco	<i>Trema micrantha</i> L.	0.04	0.24
12	Chayote	<i>Sechium edule</i> L.	0.03	0.18
13	Lima	<i>Citrus x aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	0.03	0.18
14	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> L.	0.03	0.18
15	Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	0.03	0.18
16	Quelite	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	0.03	0.18
17	Chile	<i>Capsicum spp.</i>	0.02	0.12
18	Yuca	<i>Manihot esculenta</i> L.	0.02	0.12
19	Bledo	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0.01	0.06
20	Camote	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	0.01	0.06
21	Guarumbo	<i>Cecropia peltata</i> L.	0.01	0.06
22	Guayaba	<i>Psidium araca</i> Raddi	0.01	0.06
23	Malanga	<i>Colocasia esculenta</i> L.	0.01	0.06
24	Matilishuate	<i>Tabebuia rosea</i> B.	0.01	0.06
25	Zapote negro	<i>Diospyros nigra</i> J.	0.01	0.06
26	zapote	<i>Pouteria sapota</i> J.	0.01	0.06

Índice de diversidad vegetal e índice de valor de uso (IVUs) en el agroecosistema café de pequeños productores con estrategias diversificadas.

Finalmente, el grupo de pequeños productores con estrategias diversificadas presentó el valor más bajo de diversidad vegetal entre los cuatro grupos analizados, con un índice de diversidad $H' = 0.25$. Este resultado indica una estructura vegetal simplificada dentro del cafetal, caracterizada por una fuerte dominancia de pocas especies. Esta condición se asocia principalmente con la incorporación de cafetales a pleno sol, los cuales requieren mayor disponibilidad de radiación solar y, en consecuencia, reducen la presencia de especies arbóreas utilizadas tradicionalmente para sombra.

Dentro de este grupo, las especies más dominantes fueron el mango (*Mangifera indica* L.) y la caspirola (*Inga laurina* S.), ambas ampliamente utilizadas por los pequeños productores. Aunque en el agroecosistema se registraron 11 especies (Tabla 5), la distribución desigual de su presencia dentro del agroecosistema contribuyó a un valor bajo del índice de Shannon. Además, estos sistemas se ubicaron en zonas de baja altitud y se caracterizaron por el uso de

variedades mejoradas de café establecidas bajo condiciones de plena exposición solar. En este sentido, los resultados sugieren la conveniencia de explorar, en estudios posteriores, la posible influencia de las condiciones ambientales y del tipo de variedad sobre la composición y diversidad vegetal del sistema.

La conservación de árboles de sombra en los cafetales es fundamental para favorecer la biodiversidad y regular procesos ecológicos del agroecosistema. En este sentido Paz-Pellat *et al.* (2022), señalaron que la cobertura arbórea en los cafetales contribuye a reducir los procesos de deforestación y degradación forestal, además de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar los impactos del cambio climático. Este patrón sugiere que la organización funcional del agroecosistema depende tanto de factores biofísicos, como la altitud y los requerimientos del cultivo, como de decisiones de manejo orientadas a la productividad. De manera complementaria, Chazdon *et al.* (2016) señalan que las modificaciones en la estructura del agroecosistema y las prácticas de manejo inadecuadas pueden comprometer la conservación de la diversidad biológica en los sistemas productivos tropicales.

Tabla 5. Índice de diversidad vegetal e índice de valor de uso (IVUs) en el agroecosistema café de pequeños productores con estrategias diversificadas

No.	Especie	Nombre científico	Índice Shannon 0.25	IVUs
1	Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	0.05	1.00
2	Caspirola	<i>Inga laurina</i> S.	0.04	0.67
3	Aguacate	<i>Persea americana</i> L.	0.02	0.33
4	Chalum	<i>Inga micheliana</i> H.	0.02	0.33
5	Chayote	<i>Sechium edule</i> L.	0.02	0.33
6	Chile	<i>Capsicum</i> spp.	0.02	0.33
7	Limón	<i>Citrus limon</i> L.	0.02	0.33
8	Plátano	<i>Musa</i> spp. (grupo genómico ABB)	0.02	0.33
9	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	0.01	0.17
10	Lima	<i>Citrus x aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	0.01	0.17
11	Mandarina	<i>Citrus nobilis</i> L.	0.01	0.17

Los resultados sugieren que las estrategias productivas de los pequeños productores se reflejan en la configuración ecológica del agroecosistema cafetalero. En el grupo con estrategias diversificadas, la baja diversidad arbórea observada evidencia una simplificación estructural asociada al establecimiento de cafetales a pleno sol y al uso de variedades mejoradas, lo que influye en la reducción de especies de sombra y la heterogeneidad vegetal del sistema.

En consecuencia, las estrategias de diversificación campesina no implican por sí mismas una mayor complejidad ecológica del cafetal. Su expresión dentro del agroecosistema depende de la interacción entre condiciones biofísicas, como la altitud y la disponibilidad de radiación, y decisiones de manejo orientadas a la productividad. Así, pueden coexistir estrategias familiares diversificadas con sistemas ecológicamente simplificados cuando predomina la intensificación del cultivo.

Desde la perspectiva agroecológica, la diversidad vegetal constituye un componente central de la estabilidad funcional de los agroecosistemas, ya que favorece procesos como la regulación microclimática, el reciclaje de nutrientes y el control biológico de plagas. La literatura ha señalado que los cafetales con mayor diversidad arbórea suelen mostrar mayor estabilidad ecológica y una mejor capacidad de respuesta frente a eventos climáticos extremos (Mayorga et al., 2022).

Por ello, la baja diversidad registrada en este grupo sugiere una menor complejidad estructural del sistema, condición que podría comprometer su resiliencia ante perturbaciones ambientales y económicas. Si bien los cafetales a pleno sol pueden ofrecer ventajas productivas en el corto plazo, también tienden a depender más de insumos externos y a presentar menor capacidad de amortiguamiento frente a la variabilidad ambiental. En consecuencia, los resultados evidencian

la tensión entre la intensificación productiva y la conservación de la complejidad ecológica del agroecosistema cafetalero. A partir de ello, sería pertinente que futuras investigaciones analicen explícitamente el papel del clima, la altitud y las variedades cultivadas en la configuración ecológica y funcional de estos sistemas.

CONCLUSIONES

La tipología socioagronómica del agroecosistema cafetalero en Villa Corzo, Chiapas, permitió identificar cuatro perfiles de productores: típicos (55 %), grandes (16 %), tecnificados (21 %) y pequeños con estrategias diversificadas (8 %). Los grupos típico y tecnificado concentran el 76 % de los productores y representan las estructuras productivas predominantes en la región.

En conjunto, los agroecosistemas cafetaleros analizados presentaron baja diversidad vegetal, con valores del índice de Shannon-Weaver entre 0.25 y 1.95. Esto indica que la presencia de varias especies no se tradujo necesariamente en una mayor diversidad ecológica, debido a la distribución desigual de los individuos dentro del sistema. Entre los grupos evaluados, el agroecosistema típico presentó el mayor valor de diversidad vegetal ($H' = 1.95$) y registró 31 especies manejadas.

El índice de valor de uso (IVUs) identificó a *Inga micheliana* Harms, *Inga laurina* (Sw.) Willd. y *Cedrela odorata* L. como las especies de mayor importancia funcional por su aporte de sombra, mientras que *Persea americana* Mill., *Musa* spp., *Sechium edule* (Jacq.) Sw., *Solanum nigrum* L. y *Mangifera indica* L. destacaron por su contribución al autoconsumo familiar.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the Secretariat of

Science, Humanities, Technology and Innovation (SECIHTI) for the scholarship granted to the first author to pursue the Master of Science in Tropical Agricultural Production (MCPAT) and the Autonomous University of Chiapas (UNACH). They are also grateful to the Digital Technology Agency of the State of Chiapas (ADITECH) for the complementary support for this research.

Funding. This research was carried out with funding provided by the scholarship granted by the Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) as part of the Master Program in Tropical Agricultural Production Sciences (MCPAT) at the Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Additional support was provided by the Red de Estudios para el Desarrollo Rural A.C.

Conflict of interest statement. The authors of this work declare that they have no conflict of interest with the institution, or any person related to the proposed manuscript.

Compliance with ethical standards. Due to its characteristics, this study does not require the approval of a bioethics committee.

Data availability. Data are accessible through the author **Luis Alberto Somá-Álvarez**, luis.soma@unach.mx

Author contribution statement (CRediT). **L.A. Somá-Álvarez** – Investigation, data curation, formal analysis, visualization, writing – original draft, writing – review and editing. **F. Guevara-Hernández** – Conceptualization, methodology, supervision, project administration, writing – review and editing. **M.A. La O-Arias** – Methodology, formal analysis, supervision, writing – review and editing. **L. Reyes-Muro**– Visualization, writing – review and editing. **F. Bonazzi-Piasentin**– Visualization, writing.

REFERENCES

- Anderzén, J., Guzmán, L.A., Luna, G.D.V., Merrill, S.C., Caswell, M.V., Méndez, E.V., Hernández, J.R., Mier, M. and Giménez, C.T., 2020. Effects of on-farm diversification strategies on smallholder coffee farmer food security and income sufficiency in Chiapas, México. *Journal of Rural Studies*, 77, pp. 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.001>
- Chazdon, R.L., Brancalion, P.H.S., Laestadius, L., Bennett-Curry, A., Buckingham, K., Kumar, C., Moll-Rocek, J., Vieira, I. C. G. and Wilson, S.J., 2016. When is a forest a forest?

Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration. *AMBIO*, 45(5), 538-550. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0772-y>

- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG), 2020. Región VI Frailesca [Mapa]. Disponible en: https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPASTEMREG/REGION_VI_FRAILESCA_post.pdf [Consultado el 19 de enero de 2026].
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG), 2021. Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica. Disponible en: <https://www.ceieg.chiapas.gob.mx> [Consultado el 19 de enero de 2026].
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG), 2024. Datos geográficos del municipio de Villa Corzo. Disponible en: <https://ceieg.chiapas.gob.mx/info-geografica/107> [Consultado el 19 de enero de 2026].
- Escamilla-Prado, E., Tinoco-Rueda, J.Á., Pérez-Villatoro, H.A., Aguilar-Calvo, Á. de J., Sánchez-Hernández, R. and Ayala-Montejo, D., 2021. Transformación socioecológica en el agroecosistema café afectado por roya en Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), pp. 643-650. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.643>
- Fonseca-Castillo, I., Campos-Saldaña, R. A., Rodríguez-Larramendi, L. A., Prado-López, M. and La O-Arias, M. A., 2025. *Gender perspective in the uses and values regarding the diversity of resources associated with the coffee agroforestry system. Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 22(1). <https://doi.org/10.22231/asyd.v22i1.1672>
- Galeana-Pizaña, J.M. and Manson, R.H., 2025. Mapping coffee intensification in Mexico: a multivariate spatial analysis approach. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1649756>
- García-Domínguez, J.U., Villegas-Aparicio, Y., Durán-Medina, E., Carrillo-Rodríguez, J.C., Sangerman-Jarquín, D.M. and Castañeda-Hidalgo, E., 2021. Descripción y análisis de productores de café de la región Mixe,

- Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(7), pp. 1235-1247. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2781>
- Gómez-Padilla, E. J., Hernández, F. G. and La O-Arias, M. A., 2025. De prácticas aisladas a la perspectiva agroecosistémica: la transformación conceptual del rastrojo de maíz en la Región Frailesca, Chiapas. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 5. <https://doi.org/10.5154/r.rchsat.2024.05.04>
- González, T. and Yamith, J., 2006. Uso tradicional de plantas medicinales en la Vereda San Isidro, municipio de San José de Pare-Boyacá: un estudio preliminar usando técnicas cuantitativas. *Acta Biológica Colombiana*, 11(2), pp. 137-146. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2006000200012&lng=en&lng=es
- Grandez-Alberca, M. A., Cotrina-Sanchez, A., Haro, N., Zabaleta-Santisteban, J. A., Silva-Melendez, T. B., Sanchez-Vega, J. A., Medina-Medina, A. J., Tuesta-Trauco, K. M., Rivera-Fernandez, A. S., Granda-Santos, M., Oliva-Cruz, M., García, L. and Barboza, E. 2025. Agronomic and economic sustainability perspectives in coffee-based agroforestry systems (*Coffea arabica* L.) in: Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Peru. *Trees, Forests and People*, 21, pp.100924. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100924>
- Guevara-Hernández, F., Arias-Yero, I., La O-Arias, M. A., Fonseca-Flores, M. de los Á. and Pinto-Ruiz, R., 2024. Sustainability of native maize family farms in Mexico: Current trends from a socio-agronomic perspective. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 36, pp.1-9. <https://doi.org/10.3897/ejfa.2024.118595>
- Han, S., Qiu, Y., Zhang, G. Q., Lian, F. and Zhang, W., 2023. A meta-analysis and systematic review of randomized clinical trials on the effect of coffee consumption on heart rate. *Nutrition Reviews*, 82(8), pp.1046-1055. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad110>
- Hersch-González, E. and Riojas-Rodríguez, H., 2025. The planetary health impacts of coffee farming systems in Latin America: A review. *Challenges*, 16(4), pp.57. <https://doi.org/10.3390/challe16040057>
- International Coffee Organization [ICO]. (2023, May). *Coffee market report: May 2023*. <https://www.ico.org/documents/cy2022-23/cmr-0523-e.pdf>
- Jurado Mejía, A.G., Pardo Rozo, Y.Y. and Hernández Londoño, C.E., 2023. Tipificación de sistemas agropecuarios familiares y la seguridad alimentaria en el piedemonte amazónico colombiano. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 31(1), pp.31-51. <https://doi.org/10.18359/rfce.6239>
- López González, D., López Velasco, A., Aguilar Astudillo, E. and Aguilar Castillo, V.M., 2023. Factores socioeconómicos que limitan la producción de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio de Ángel Albino Corzo, Chiapas. *International Journal of Arts Humanities and Social Sciences Studies*, 8(6), pp. 52- 58. <https://www.ijahss.com>
- Magurran, A.E., 1988. Ecological diversity and its measurement. 1^a ed. Princeton: Princeton University Press, pp. 175
- Mayorga, I., Vargas de Mendonça, J.L., Hajian-Forooshani, Z., Lugo-Perez, J. and Perfecto, I., 2022. Tradeoffs and synergies among ecosystem services, biodiversity conservation, and food production in coffee agroforestry. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, 690164. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.690164>
- Moguel, P. and Toledo, V.M., 2004. Conservar produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas*, 55, pp. 2-7. http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/Biodiv55.pdf
- Molina-Marchan, E., Narvárez-Flores, R. y Mojica-Guerrero, A.S., 2024. Estructura horizontal y diversidad de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en México. *Polibotánica*, (57), pp. 63-80. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.4>
- Morandín Ahuerma, I., Contreras Hernández, A., Ayala Ortiz, D.A. and Pérez Maqueo, O., 2023. La sustentabilidad y la cultura cafetalera mexicana. *Madera y Bosques*, 29(1), pp.e2912132. <https://doi.org/10.21829/myb.2023.2912132>
- Muñoz-Villers, L.E., Geris, J., Alvarado-Barrientos, M.S., Holwerda, F. and Dawson, T., 2020. Coffee and shade trees show complementary use of soil water in a traditional agroforestry ecosystem. *Hydrology and Earth System*

- Sciences*, 24, pp. 1649-1668.
<https://doi.org/10.5194/hess-24-1649-2020>
- Paz-Pellat, F., Salas-Aguilar, V.M., Sánchez-Sánchez, C.D., Libert-Amico, A. and Bolaños-González, M.A., 2022. Caracterización de los almacenes de carbono, estructura y diversidad de los cafetales bajo sombra y vegetación natural en la Sierra Madre de Chiapas, México. *Elementos para Políticas Públicas*, 6(2), pp. 101-122.
<https://www.elementospolipub.org/ojs/index.php/epp/article/view/46>
- Perfecto, I., Jiménez-Soto, M.E. and Vandermeer, J., 2019. Coffee landscapes shaping the Anthropocene: Forced simplification on a complex agroecological landscape. *Current Anthropology*, 60 (S20), S236–S250
<https://doi.org/10.1086/703413>
- Quiroga, S., Suárez, C., Solís, J.D. and Martínez-Juárez, P., 2020. Framing vulnerability and coffee farmers' behaviour in the context of climate change adaptation in Nicaragua. *World Development*, 126, pp.104733.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104733>
- Reyes, J., Rodríguez Morales, J.A., Pimienta de la Torre, D.D.J., Fuentes Pérez, M.A., Marroquín Morales, P., Merino García, A. and Aguirre Medina, J.F., 2022. Diversidad y estructura de los árboles de sombra asociados a *Coffea arabica* L. en el Soconusco, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71), pp. 4-27.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1191>
- Rodríguez-Ramírez, E.C., García-Mendoza, A.J. and Reyes-García, V., 2024. Ethnobotanical knowledge and use value of medicinal plants in Oaxaca, Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 131, pp.e2287.
<https://doi.org/10.21829/abm131.2024.2287>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), 2018. México, onceavo productor mundial de café. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/mexico-onceavo-productor-mundial-de-cafe> [Consultado el 19 de enero de 2026].
- Seid, G., Kebebew, Z. and Ayele, M., 2022. Homegarden and coffee agroforestry systems plant species diversity and composition in Yayu Biosphere Reserve, southwest Ethiopia. *Heliyon*, 8(5), pp.e09413.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09413>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2023. Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [Consultado el 19 de enero de 2026].
- Tefera, Y., Leulekal, E. and Warkineh, B., 2024. Composition and structural diversity of woody species in the Wof Ayzurish forests, the dry Afromontane forest of the Northern Ethiopia. *Trees, Forests and People*, 16, pp.100562.
<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100562>
- Tilden, G.M., Aranka, J.N. and Curry, G.N., 2024. Ecosystem services in coffee agroforestry: Potential to improve labor efficiency among smallholder coffee farmers. *Agroforestry Systems*, 98, pp. 383-400.
<https://doi.org/10.1007/s10457-023-00917-0>
- United States Department of Agriculture (USDA), 2023. Coffee: World markets and trade. Disponible en: <https://fas.usda.gov/sites/default/files/2024-08/coffee-June2023.pdf> [Consultado el 19 de enero de 2026].
- Vallejos-Torres, G., Gaona-Jiménez, N., Pichis-García, R., Ordoñez, L., García-Gonzales, P., Quinteros, A. and Marín, C., 2024. Carbon reserves in coffee agroforestry in the Peruvian Amazon. *Frontiers in Plant Science*, 15, pp.1410418.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1410418>
- Vázquez-López, P., Espinoza-Arellano, J.D.J., González-Mancilla, A. and Guerrero-Ramos, L.A., 2022. Características de productores y plantaciones de café en la zona norte de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(SPE28), pp. 101-111.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3266>
- Venegas Sandoval, A., Soto Pinto, L., Álvarez Gordillo, G., Alayón Gamboa, A. and Díaz-Nigenda, E., 2021. La diversificación de estrategias socioambientales en la familia campesina: Mecanismo de resiliencia ante la crisis del café en Chiapas. *Pueblos y Fronteras Digital*, 16, pp.e510.
<https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2021.v16.510>

- Wienhold, K., Riisgaard, L., Ponte, S. and Barinaga, E., 2023. The embedded agroecology of coffee agroforestry: A contextualized review of smallholder farmers' adoption and resistance. *Sustainability*, 15(8), pp.6827. <https://doi.org/10.3390/su15086827>
- Wright, D.R., Gordon, A., Bennett, R.E., Selinske, M.J., Lentini, P.E., Garrard, G.E. and Bekessy, S.A., 2024. Biodiverse coffee plantations provide co-benefits without compromising yield. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, 3(3). <https://doi.org/10.1002/sae2.70005>
- Zhang, Y., Liu, Y., Li, Y., Li, Y., Gu, X., Kang, J. H., Eliassen, A. H., Wang, M., Rimm, E. B., Willett, W. C., Hu, F. B., Stampfer, M. J. and Wang, D. D., 2026. Coffee and Tea Intake, Dementia Risk, and Cognitive Function. *JAMA*, 335(11), pp.961. <https://doi.org/10.1001/jama.2025.27259>