

Descripción del estrato arbóreo en combinación con café rustico en una selva mediana subperennifolia, Jocotepec, Oaxaca

Description of the tree stratum in combination with rustic coffee in a medium subperennifolia rainforest, Jocotepec, Oaxaca

Víctor Moreno-Guerrero¹ , Verónica Ortega-Baranda^{2‡} ,
Edgar Iván Sánchez-Bernal²  e Irma Gisela Nieto-Castañeda² 

¹ Egresado de la Universidad Politécnica de Madrid en Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Ambiente. Ramiro de Maeztu, Ciudad Universitaria. 728040 Madrid, España.

² Instituto de Ecología, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Carretera Sola de Vega km 1.5, Puerto Escondido. 71980 San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México.

[‡] Autora para correspondencia (ortegabarandav@gmail.com)

RESUMEN

Los sistemas agroforestales (SAF) de café son consideradas áreas que incrementan la biodiversidad de especies tanto de flora y fauna, son fuentes de ingresos económicos para las comunidades que los trabajan, así como de múltiples servicios ambientales. Con el objetivo de conocer la influencia del manejo en los SAF de café en la diversidad de especies arbóreas, se describió la composición, estructura y diversidad del estrato arbóreo en dos cafetales rusticanos, bajo condiciones de manejo: cafetal activo (CA) y cafetal abandonado (CAb), en Jocotepec, región Costa de Oaxaca. En cada condición de manejo se situaron cuatro unidades de estudio de 20 × 30 m (0.06 ha). A todos los individuos arbóreos a partir de 1.30 m del suelo se les registró el diámetro normal (DN) ≥ 2.5 cm, altura total y cobertura de copa. Se evaluó la riqueza, estructura vertical, horizontal, Índices de Valor de Importancia y Forestal (IVI e IVF); diversidad con los Índices de Simpson modificado por Pielou (*I-D*) y Shannon-Weaver (*H'*) y la equidad (*E*), dominancia (*D*) y Similitud. Se obtuvo una riqueza de 35 especies para el CA y 31 en CAB; las principales familias taxonómicas fueron Fabaceae, Lauraceae y Moraceae. En ambas condiciones de manejo la categoría diamétrica 5 (2.5-7.5 cm) superó en número de individuos arbóreos, con una distribución de alturas que reveló la existencia de dos estratos verticales. Las especies que presentaron

un alto IVI e IVF en CA fueron: *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea* y *Quercus crispifolia* y para el CAB: *Quercus* sp., *Ficus tecolutensis* y *Ocotea helicterifolia*. Entre CA y CAB no se presentaron diferencias en las variables evaluadas, *I-D*, *H'*, *E* y *D*. La similitud florística entre condiciones fue del 52%.

Palabras clave: agroforestería, cafetal abandonado, dominancia, índice de valor forestal, manejo.

SUMMARY

Agroforestry systems (SAF) of coffee are considered areas that increase the biodiversity of species of both flora and fauna, are sources of economic income for the communities that work them, as well as multiple environmental services. In order to know the influence of coffee SAF management on the diversity of tree species, the composition, structure and diversity of the tree stratum in two rustica coffee plantations was described, under management conditions: active coffee (CA) and abandoned coffee plantation (CAb), in Jocotepec, region Coast of Oaxaca. In each driving condition four study units of 20 × 30 m (0.06 ha) were placed. All trees individuals from 1.30 m above the ground were registered with the normal diameter (DN) ≥ 2.5 cm, total height and canopy cover. Wealth, vertical, horizontal structure, Importance and Forest Value Indices (IVI and IVF) were evaluated; diversity

Cita recomendada:

Moreno-Guerrero, V., V. Ortega-Baranda, E. I. Sánchez-Bernal e I. G. Nieto-Castañeda. 2020. Descripción del estrato arbóreo en combinación con café rustico en una selva mediana subperennifolia, Jocotepec, Oaxaca. Terra Latinoamericana Número Especial 38-2: 413-423. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.626>

Recibido: 21 de agosto de 2019.

Aceptado: 27 de marzo de 2020.

Publicado en Terra Latinoamericana 38: 413-423.

with the Simpson Indices modified by Pielou ($I-D$) and Shannon-Weaver (H') and equity (E), dominance (D) and Similarity. A wealth of 35 species was obtained for the CA and 31 in CAB; The main taxonomic families were Fabaceae, Lauraceae and Moraceae. In both driving conditions, the diameter category 5 (2.5-7.5 cm) exceeded the number of tree individuals, with a distribution of heights that revealed the existence of two vertical strata. The species that presented a high IVI and IVF in CA were: *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea* and *Quercus crispifolia* and for the CAB: *Quercus* sp., *Ficus tecolutensis* and *Ocotea helicterifolia*. Between CA and CAB there were no differences in the evaluated variables, $I-D$, H' , E and D . The floristic similarity between conditions was 52%.

Index words: agroforestry, abandoned coffee plantation, dominance, forest value index, management.

INTRODUCCIÓN

Oaxaca es uno de los estados con mayor riqueza florística de México, la cual está directamente relacionada con la fisiografía originada por la actividad volcánica y la formación de montañas asociadas al movimiento de grandes fallas (Centeno-García, 2004). Tanto los rasgos topográficos, geológicos y el arreglo fisiográfico de los elementos orográficos e hidrológicos hacen que la entidad presente una serie de niveles (subprovincias) de pisos altitudinales con diferentes tipos de vegetación (Ortiz *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2009). Estas resguardan a un elevado número de especies de flora, en este sentido García-Mendoza (2004) recopiló una serie de datos y pudo concluir que se tiene un estimado de 251 familias, 1824 géneros y 8431 especies de plantas vasculares (Salas-Morales *et al.*, 2007), concentradas en 26 tipos de vegetación (Torres-Colín, 2004) en el estado.

Dentro de este registro de tipos de vegetación están las selvas medianas subperennifolias (SMSP), poco estudiadas y con un alto nivel de deforestación, por el cambio de uso de suelo hacia la agricultura y ganadería (Caballero *et al.*, 2004; Pennington y Sarukhán, 2005). Sin embargo, las SMSP se han visto beneficiadas por el establecimiento de sistemas agroforestales de café, ya que esta práctica ofrece un incremento en la diversidad de flora y fauna, obteniendo beneficios ambientales, económicos y sociales por un uso sostenible de la tierra (Krishnamurthy y Ávila, 1999). En este sentido

el manejo del cultivo del café en asociación con especies forestales, nombrado como un sistema agroforestal de café rusticano (SAF-rusticano) tuvo sus inicios en la zona de Juquila en costa de Oaxaca en la última década del siglo XIX (Bartra *et al.*, 2013), desde ese entonces la práctica del cultivo del café se basa en aprovechar la sombra de la vegetación arbórea y mantener los elementos nativos en su mayoría e imitar la orientación del café silvestre (Moguel y Toledo, 1999; Toledo y Moguel, 2012).

En el cultivo de café rusticano las actividades de beneficio y comercio, se cataloga como un trabajo netamente familiar que carece de asistencia técnica (García-Alvarado *et al.*, 2017), solamente se basa en eliminar en gran parte el estrato arbustivo y herbáceo, sustituyéndolos por plantas de café, por lo que estas plantaciones se pueden considerar como un bosque natural aclarado con una mínima afectación del ecosistema forestal (Moguel y Toledo, 1996). Manteniendo bajo escasos trabajos culturales como control de maleza con machete, podas ocasionales y reposición de plantas.

Se considera que el café rusticano bajo sombra suele registrar una menor cantidad de especies arbóreas, por lo que habitualmente es modificado este sistema en cuanto a su diversidad arbórea (García-Mayoral *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2017), implementando nuevos sistemas como: el policultivo tradicional, el policultivo comercial y el especializado, en los que se integran diversos árboles de vegetación nativa y secundaria, así como árboles frutales (Escamilla *et al.*, 2005). Sin embargo, el sistema de producción agroforestal de café rusticano en la Costa de Oaxaca constituye verdaderos bancos de germoplasma, con alta diversidad biológica nativa, considerando al café como un elemento más de la estructura vegetal.

Con base en lo anterior se hace necesario el conocimiento de la descripción de la composición, estructura y diversidad del estrato arbóreo en combinación con cafetales rusticanos, bajo diferentes condiciones de manejo en Jocotepec, región Costa de Oaxaca. Esto permitirá determinar si el manejo del cultivo del café rusticano puede llegar a incrementar o disminuir la diversidad arbórea de manera natural y ser utilizado como una estrategia para el incremento en la calidad del ecosistema. Se espera que ambos sistemas agroforestales difieran en riqueza y diversidad de especies arbóreas como una respuesta a las condiciones de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se compararon dos sistemas agroforestales de café (SAF-café) rusticano bajo los llamados sistemas sombreados y diferenciados de acuerdo con los sistemas tradicionales con árboles de la vegetación original (Moguel y Toledo, 2004; García-Mayoral *et al.*, 2015). La diferenciación entre áreas cafetaleras fue de acuerdo con las condiciones de manejo: cafetal rusticano activo (CA) en cerro del Rayo, donde se realizaron actividades de chaponeo (eliminación de hierbas de manera manual con machete) de septiembre a octubre en las dos últimas décadas; y cafetal rusticano abandonado (CAb) en el cerro del Tigre, sin ningún manejo desde hace diez años. Los sistemas fueron localizados en la comunidad de Santiago Jocotepec, municipio Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, en la región Costa de Oaxaca, al noroeste del cerro del Rayo y cerro del Tigre, entre las coordenadas 16° 08' 00" - 16° 10' 30" N y 97° 27' 00" - 97° 28' 30" O, con altitudes comprendidas entre los 775 a 859 m (Figura 1). Con base en García-

Moreno (2004), el clima es Aw₂, caracterizándose por presentar temperaturas que oscilan entre los 24.1 °C, con precipitaciones de 1569 mm y periodos de lluvias que van de mayo a noviembre (Serrano *et al.*, 2005). La vegetación sobre la cual se encontraron establecidos los cafetales rusticanos es selva mediana subperennifolia (SMSP), caracterizada fenológicamente por presentar entre un 25-50% de individuos arbóreos caducifolios con alturas superiores entre los 25 - 35 m (Pennington y Sarukhán, 2005).

Establecimiento de Unidades de Estudio y Registro Dasométrico

Se localizaron cuatro unidades de estudio (UE) en cada condición de manejo, subdivididas en seis subunidades de 10 × 10 m. A todo individuo arbóreo con diámetros ≥ 2.5 cm a partir de 1.30 m de la superficie suelo, se le registró el diámetro normal (DN), altura total, diámetro mayor y menor de cobertura de copa.

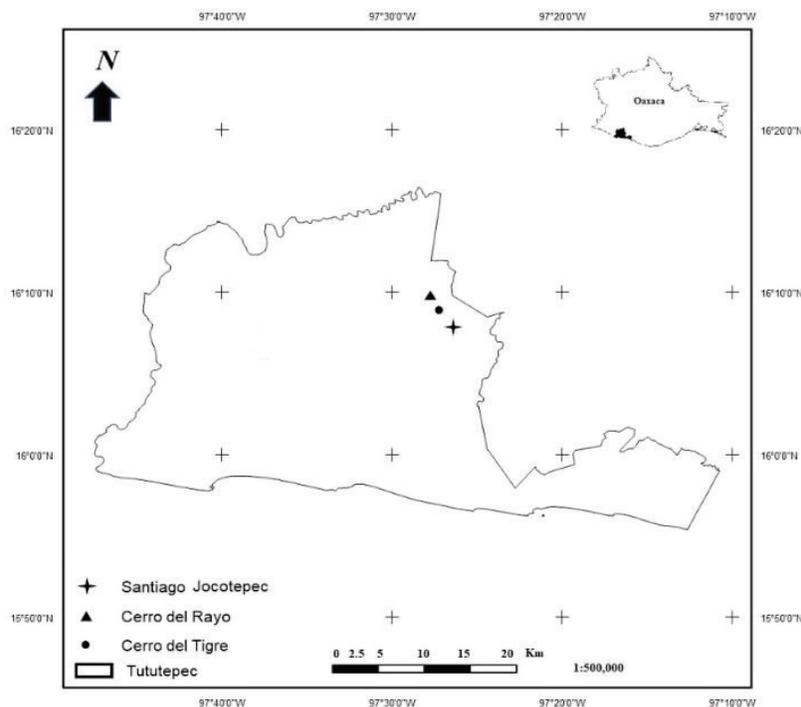


Figura 1. Localización de los SAF-café en el cerro del Rayo (CA) y el cerro del Tigre (CAb) en la comunidad de Santiago de Jocotepec, municipio de Villa de Tututepec, Oaxaca.

Figure 1. Location of the SAF-café in Cerro del Rayo (CA) and Cerro del Tigre (CAb) in the community of Santiago de Jocotepec, municipality of Villa de Tututepec, Oaxaca.

Composición de Especies

Se realizaron colectas de muestras botánicas de todos los taxones registrados basados en la metodología propuesto por Miranda y González (2002). Se determinaron taxonómicamente los individuos arbóreos en familia, género y especie. Los ejemplares fueron depositados en el laboratorio de colecciones biológicas y semillas forestales de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido.

Estructura Arbórea

Los individuos arbóreos fueron agrupados en categorías diamétricas de 5 cm (5 = 2.5-7.5, 10 = 7.6-12.5, 15 = 12.6-17.5 hasta la categoría > 45), con la finalidad de representar el acomodo horizontal en el área de estudio. La estructura vertical se determinó a partir de los puntos de inflexión presentes en las curvas individuo-altura (López-Toledo *et al.*, 2012), los cuales fueron agrupados en intervalos de 2.5-10, 10.1-20 y > 20.1 m.

Índices estructurales. Se calcularon por medio del Índice de Valor de Importancia (IVI) que mide el grado de dominancia de cada especie para áreas mezcladas (Ortega-Baranda *et al.*, 2017).

$$IVI = \text{Dominancia relativa} + \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

donde:

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Área basal} = \frac{\pi}{4} * DN^2$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia absoluta por cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Número de cuadrados en los que se presenta cada especie}}{\text{Número total de cuadrados muestreados}}$$

Para el caso del Índice de Valor Forestal (IVF), se estimó por la distribución del plano horizontal (diámetro), vertical (altura) y estrato superior horizontal (cobertura) de la vegetación arbórea en climas cálido-húmedas de México (Corella *et al.*, 2001).

$$IVF = \text{Diámetro relativo} + \text{Altura relativa} + \text{Cobertura relativa}$$

donde:

$$\text{Diámetro relativo} = \frac{\text{Diámetro absoluto de cada especie}}{\text{Diámetro absoluto de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Diámetro absoluto} = \frac{\text{Diámetro de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Altura relativa} = \frac{\text{Altura absoluta de cada especie}}{\text{Altura absoluta de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Altura absoluta} = \frac{\text{Altura de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura de copa absoluta de cada especie}}{\text{Cobertura de copa absoluta de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Cobertura de copa absoluta} = \frac{\text{Cobertura de copa de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Cobertura de copa} = \pi * a * b$$

donde: $\pi = 3.1416$; a = diámetro de cobertura de copa mayor; b = diámetro de cobertura de copa menor.

Estimación de Riqueza e Índices de Diversidad

En lo referente a la estimación de la riqueza registrada se realizó de acuerdo con el conteo de especies presentes en las UE. Con la información obtenida se realizó una curva de especie-área, para registrar las especies arbóreas encontradas en correspondencia con la superficie de estudio (Sánchez *et al.*, 2017).

Las métricas de diversidad de especies se determinaron mediante el Índice Simpson ($D = \sum p_i^2$) modificado por Pielou con su complemento ($1 - D_p$), que manifiesta la posibilidad que dos individuos elegidos al azar en una unidad de estudio (comunidad finita) puedan ser de diferentes especies (Pielou, 1967). Para determinar el grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad, se usó el índice de Shannon-Weaver (H') (Pla, 2006).

Equidad, Dominancia y Semejanza de Especies

En el caso de cuán homogéneamente están distribuidas las abundancias de las especies al interior de la comunidad, fue calculado mediante la Equidad (E) (Alcolado, 1998).

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

donde: H' = índice de Shannon-Weaver, S = número total de especies en la muestra.

Gotelli y Colwell (2001) propusieron que la dominancia (Dom) de una comunidad se puede estimar como la proporción de la muestra representada por la especie más común.

$$Dom = n_i / N$$

donde: n_i = total de individuos de la especie más abundante en la unidad de estudio; N = total de individuos en la unidad de estudio.

El Coeficiente de Sorensen (IS) fue calculado por la relación del número de especies presentes-ausentes entre comunidades (Godínez y López, 2002).

$$IS = \left(\frac{2C}{A + B} \right)$$

donde: A = especies halladas en la comunidad A , B = especies halladas en la comunidad B .

Para comprobar si existen diferencias en cuanto al total de especies y las métricas de diversidad entre condiciones de manejo se llevó a cabo la prueba estadística de ANOVA de una vía por métrica de diversidad entre condiciones de manejo, y como variable respuesta el total de especies. Por otra parte, se efectuó un análisis de varianza de dos vías considerando como factores la condición de manejo y la especie; y como variables dependientes al IVI e IVF respectivamente, con la finalidad de probar si existen diferencias significativas entre condiciones de manejo para los índices estructurales. Ambas pruebas se realizaron con el programa R (R Core Team, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de Especies

Se registraron 384 árboles pertenecientes a 49 taxones, de los cuales 32 fueron identificados hasta especie, nueve a nivel de género y cuatro sin identificar. En cuanto a la acumulación de especies por área, la condición de manejo de CA fue mayor que el CAB; sin embargo, en ambos cafetales

la acumulación de especies fue en aumento conforme la superficie muestreada era mayor (Figura 2). Por lo tanto, es evidente que los SAF-café son sistemas muy heterogéneos (Soto-Pinto *et al.*, 2001), debido a una tasa alta de recambio (Williams-Linera y López-Gómez, 2008), lo anterior es resultado de la introducción de nuevas especies arbóreas con valor productivo por parte de los productores, incrementando así el número de especies por área; en donde difícilmente las curvas de especie-área alcanzan la asíntota. Lo anterior se corrobora para Oaxaca con Bandeira *et al.* (2005) en San Juan Bautista; Sánchez y Schwentesius (2015) en cafetales de San Vicente Yogondoy, Pochutla y Ortega-Baranda *et al.* (2017) en San Martín, Tututepec, donde la acumulación de especies fue en aumento conforme el área muestreada era mayor. Así mismo, en cafetales del estado de Veracruz con López-Gómez y Williams-Linera (2006) en Xalapa, García-Mayoral *et al.* (2015) en la Sierra de Atoyac.

Con base en la presencia de especies estas pertenecieron a 27 familias, de las cuales las más representativas fueron: Fabaceae con *Acacia cornigera* (L.) Willd., *Diphysa americana* (Mill.) M. Sousa, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., *Hymenaea courbaril* L., *Inga* sp., *Leucaena* sp. y *Lonchocarpus* sp.; para la familia Lauraceae fueron *Licaria* sp., *Nectandra globosa* (Aubl.) Mez, *Ocotea helicterifolia* (Meisn.) Hemsl y *Persea* sp.; en el caso de las Moraceae se registró *Brosimum alicastrum* Sw., *Ficus insipida* Willd., *Ficus tecolutensis* (Liebm.) Miq. y *Ficus* sp.

Lo anterior coincide con lo reportado en áreas naturales de selvas medianas subperennifolias (SMSP) en los estados de Tabasco (Maldonado y Maldonado,

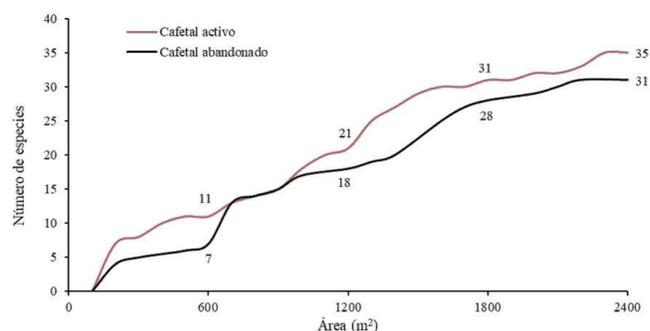


Figura 2. Curvas especie-área por condición de manejo en la comunidad de Jocotepec, Oaxaca.

Figure 2. Species-area curves by management condition in the community of Jocotepec, Oaxaca.

2010), Campeche (Gutiérrez *et al.*, 2015), Hidalgo (Granados *et al.*, 2017) y Veracruz (Godínez y López, 2002).

Estructura Arbórea

Estructura horizontal con referencia al diámetro. La condición de manejo CA tuvo una distribución hacia un alto número de individuos en las primeras categorías diamétricas y con una posterior reducción hacia las categorías mayores, esto concuerda con Bongers *et al.* (1988) en donde clasifica a esta condición como tipo I: referidas con una buena repoblación de selvas perturbadas. Este comportamiento también coincide con los resultados de García-Mayoral *et al.* (2015) en la Sierra de Atoyac en Veracruz y Ortega-Baranda *et al.* (2017) en Tututepec estado de Oaxaca en SAF-café rusticanos. En contraste, cuando el manejo no se ha realizado durante varios años, la abundancia en las clases diamétricas menores disminuye, con una tendencia hacia las superiores tal y como señalan Zamora *et al.* (2017) y como se observó en la condición de manejo CAb (Figura 3). Debido a la falta de manejo en la eliminación de hierba que propicia una disminución en la regeneración natural de algunas especies forestales, como una consecuencia por competencia de espacio y de luz.

Estructura vertical con referencia a la altura. Ambas condiciones de manejo presentaron dos estratos bien diferenciados. Un estrato inferior constituido por aquellos individuos con una altura < 20 m, que representaron el 94% del total en CA y el 82% en el CAb; el resto en un estrato superior por aquellos individuos con una altura > 20 m (Figura 4). Tal como lo reportó Martínez (2016) en una SMSP de Tabasco y SAF-café estudiados por Castillo *et al.* (2014) en Veracruz. En la condición de manejo del CAb la especie *Ocotea helicterifolia* (Meisn.) Hemsl. fue la más representativa en altura y DN, estos resultados se asemejan con Báez-Hernández *et al.* (2016) para *Ocotea dendrodaphne* Mez. la cual registró un alto coeficiente alométrico entre el DN y altura, determinando con esto que es una especie demandante de luz, en comparación con *Guarea glabra* Vahl y *Dendropanax arboreus* Decne. & Planch que registraron coeficientes alométricos bajos en DN y altura, por lo tanto, son especies con mayor tolerancia a la sombra (Báez-Hernández *et al.*, 2016) y por consiguiente especies consideradas en el estrato bajo.

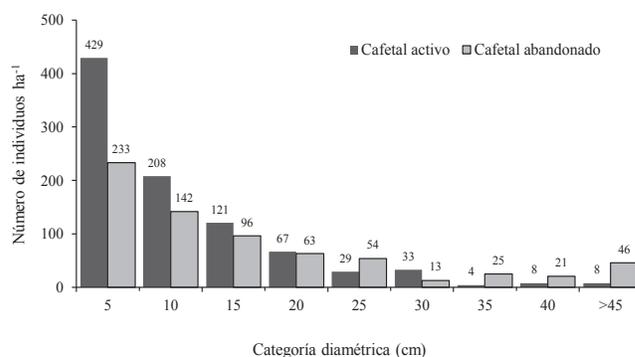


Figura 3. Estructura horizontal con referencia al diámetro por condición de manejo en la comunidad de Jocotepec, Oaxaca.
Figure 3. Horizontal structure with reference to diameter by management condition in the community of Jocotepec, Oaxaca.

Índices estructurales. En lo que se refiere al IVI e IVF entre condiciones de manejo no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Sin embargo, las especies con mayor valor de importancia para la condición de manejo de CA fueron: *Cedrela odorata* L., *Quercus crispifolia* Trel., *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., y *Guarea glabra* (Cuadros 1 y 2). En lo que se refiere a *C. odorata* y *T. rosea* presentaron una alta densidad relativa, son especies que se ven altamente favorecidas en la supervivencia, crecimiento en altura y diámetro, cuando se realizan actividades de remoción de suelo y eliminación de vegetación competidora (Mora *et al.*, 2006), por lo que sus raíces tienden a ser profundas contribuyendo a la retención y conservación de la fertilidad del suelo (Bandeira *et al.*, 2005), y

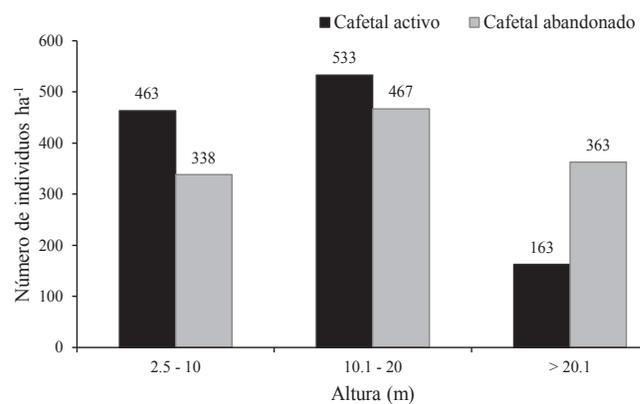


Figura 4. Distribución de alturas por condición de manejo en la comunidad de Jocotepec, Oaxaca.
Figure 4. Distribution of heights by management condition in the community of Jocotepec, Oaxaca.

se asocian a la vegetación secundaria en las SMSP (Niembro *et al.*, 2010). Por lo anterior son ampliamente usadas en SAF-café (Román *et al.*, 2012). Como lo es también *G. glabra* que solo se presentó en el CA, debido a que es una especie de lento crecimiento, por lo que no es buena competidora con hierbas y requiere un control intensivo de eliminación de competencia en los primeros años (Cordero y Boshier, 2003). La especie es tolerante a la sombra, conforma el estrato medio o superior de las SMSP y en algunos casos es especie dominante (Basáñez *et al.*, 2008; Aguilera *et al.*, 2016). En la condición de manejo CAb, las especies *Quercus* sp., *Ficus tecolutensis* (Liebm.) Miq. y *Ocotea helicterifolia*, presentaron valores superiores en el IVI e IVF (Cuadros 1 y 2). Para *O. helicterifolia* la densidad de individuos fue alta en CAb en comparación con CA, ya que es un género que tiende a mantenerse

mejor en áreas bajo poco disturbio, no prospera en vegetación secundaria, por lo que su subsistencia es crítica en áreas bajo manejo (Lorea-Hernández, 2002), esto se corrobora con los hallazgos de Ortega-Baranda *et al.* (2017) en Tututepec, Oaxaca. Sin embargo, cuenta con alta capacidad de regeneración natural, es una especie que se asocia con el género *Quercus* y es utilizada por su extensa cobertura de copa y uso maderable en los SAF (Cordero y Boshier, 2003; Lorea-Hernández, 2005). Al igual que las anteriores especies *F. tecolutensis* se encontró en áreas naturales de SMSP en combinación con SAF-café (Villavicencio y Hernández, 2003; Pennington y Sarukhán, 2005), presentó una alta dominancia, altura y cobertura de copa, es una especie proveedora de alimento por sus frutos para muchas especies de aves y mamíferos. En el caso de *Q. sp.*, *Q. crispifolia* y *O. helicterifolia*,

Cuadro 1. Índice de valor de importancia y forestal de especies con mayor representatividad por condición de manejo en la comunidad de Jocotepec, Oaxaca.

Table 1. Index of importance and forest value of species with greater representativeness by management condition in the community of Jocotepec, Oaxaca.

	Especie	Dominancia relativa	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVI
Cafetal activo	<i>Cedrela odorata</i> L.	7.89	23.50	8.33	39.72
	<i>Quercus crispifolia</i> Trel.	18.78	9.68	9.26	37.71
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	1.66	8.76	8.33	18.75
	<i>Guarea glabra</i> Vahl	9.67	3.23	4.63	17.53
	<i>Inga</i> sp.	5.83	5.07	6.48	17.38
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	6.22	6.91	3.70	16.83
	<i>Rapanea</i> sp.	1.65	7.83	4.63	14.11
	<i>Ocotea helicterifolia</i> (Meisn.) Hemsl.	4.51	4.15	3.70	12.36
	<i>Saurauia scabrida</i> Hemsl.	6.40	1.38	2.78	10.56
	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	4.20	2.30	3.70	10.20
	25 especies restantes	33.20	27.18	44.44	104.83
Cafetal abandonado	<i>Quercus</i> sp.	42.10	13.94	14.29	70.33
	<i>Ocotea helicterifolia</i> (Meisn.) Hemsl.	13.98	17.58	10.99	42.55
	<i>Ficus tecolutensis</i> (Liebm.) Miq.	8.66	3.64	2.20	14.50
	<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M. Sousa	1.82	5.45	5.49	12.77
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	0.53	4.85	6.59	11.97
	<i>Spondia</i> sp.	1.69	4.24	5.49	11.43
	<i>Guarea glabra</i> Vahl	1.12	5.45	4.40	10.97
	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Planch & Decne.	4.97	1.21	2.20	8.38
	<i>Aphanante monoica</i> (Hems.) Leroy	2.37	2.42	3.30	8.09
	21 especies restantes	22.75	41.21	45.05	109.01

Cuadro 2. Índice de valor forestal de especies con mayor representatividad por condición de manejo en la comunidad de Jocotepec, Oaxaca.**Table 2. Forest value index of species with the highest representativeness by management condition in the community of Jocotepec, Oaxaca.**

	Especie	Diámetro relativo	Altura relativa	Cobertura relativa	IVF
Cafetal activo	<i>Quercus crispifolia</i> Trel.	14.20	15.45	16.77	46.43
	<i>Cedrela odorata</i> L.	15.14	20.62	10.47	46.24
	<i>Guarea glabra</i> Vahl	6.46	3.51	9.80	19.78
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	7.53	6.15	5.32	19.01
	<i>Inga</i> sp.	6.39	6.70	5.09	18.19
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	4.30	4.80	4.54	13.64
	<i>Ocotea helicterifolia</i> (Meisn.) Hemsl.	4.21	3.97	5.26	13.46
	<i>Saurauia scabrida</i> Hemsl.	3.07	2.38	1.81	7.26
	<i>Rapanea</i> sp.	3.96	5.22	2.60	11.80
	<i>Lonchocarpus</i> sp.	3.04	2.31	4.55	9.91
		25 especies restantes	31.65	28.83	33.73
Cafetal abandonado	<i>Quercus</i> sp.	27.59	20.75	32.11	80.46
	<i>Ocotea helicterifolia</i> (Meisn.) Hemsl.	17.81	17.59	11.84	47.25
	<i>Ficus tecolutensis</i> (Liebm.) Miq.	7.31	11.76	7.98	27.05
	<i>Spondia</i> sp.	3.26	3.11	4.97	11.35
	<i>Ficus insipida</i> Willd.	2.62	1.79	6.48	10.89
	<i>Diphysa americana</i> (Mill.) M. Sousa	3.08	3.19	2.89	9.17
	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Planch & Decne.	3.36	1.93	3.58	8.87
	<i>Aphanante monoica</i> (Hems.) Leroy	2.70	2.46	2.75	7.92
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	2.04	2.32	3.02	7.39
	<i>Inga</i> sp.	2.56	2.77	1.72	7.06
		21 especies restantes	27.62	32.28	22.63

tuvieron un comportamiento semejante al modelo tipo I propuesto por Bongers *et al.* (1988), lo que significa que presentaron buena reproducción, establecimiento y regeneración natural, por lo que estas especies reflejaron en este estudio una alta dominancia relativa en ambas condiciones de manejo.

Riqueza y Diversidad de Especies

En cuanto a las métricas de diversidad de especies entre el CA y CAb no mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$), para S (35 y 31), $I-D$ (0.91 y 0.92), H' (2.88), E (0.81, 0.84) y Dom (0.36, 0.29) respectivamente. Para el estado de Oaxaca se han registrado estudios desde la región Costa en donde, Sánchez y Schwentesius (2015) registraron una riqueza

de 65 especies en un SAF-café en policultivo; Ortega-Baranda *et al.* (2017) en Jocotepec, municipio de Tututepec obtuvieron valores semejantes a este estudio ($S = 31$ especies, $H' = 3.03$, $E = 0.88$) y menores para una SMSP sin café ($S = 25$ especies, $H' = 1.70$ y $E = 0.53$). Sin embargo, Escamilla *et al.* (2005) en un sistema de producción de café especializado obtuvo una $H' = 0.08$, en Santo Domingo Coatlan. Para un SAF-café rusticanos en la región Chinanteca, Bandeira *et al.* (2005) el registro fue mayor ($S = 45$) en comparación con este estudio. A diferencia del estado de Veracruz García-Mayoral *et al.* (2015) reportaron una $S = 32$ especies, $H' = 2.81$ y $E = 0.81$; Villavicencio y Hernández (2003) tuvieron un registro de $S = 62$, un $H' = 3.17$ y una $E = 0.64$ en SAF-café rustico.

El IS de especies entre condiciones de manejo fue del 52%, por lo tanto, sólo 17 especies fueron compartidas en ambas condiciones de manejo. En cuanto a la Dominancia (*Dom*) los valores indicaron que no existe representatividad de las especies con mayor valor de importancia en las dos condiciones de manejo.

CONCLUSIONES

- Entre las dos condiciones de manejo el cafetal activo (CA) y el cafetal abandonado (CAb), presentaron igualdad de valores en cuanto a los estimadores de diversidad. Sin embargo, la desigualdad estuvo presente tanto en la estructura horizontal y vertical, donde el CA presenta un mejor desarrollo en crecimiento en diámetro y altura, así como una buena repoblación de especies arbóreas como resultado de la condición de manejo.

- En cuanto a las especies compartida solo el 52% estuvo presente en ambas condiciones de manejo; fueron especies que sobresalieron por su alto IVI e IVF como: *Tabebuia rosea*, *Spondia* sp., *Dendropanax arboreus*, *Diphysa americana*, *Inga* sp., *Calophyllum brasiliense*, *Ocotea helicterifolia*, *Guarea glabra* y *Ficus tecolutensis*, usadas principalmente en el aprovechamiento de leña y madera para construcción.

LITERATURA CITADA

- Alcolado, M. P. 1998. Conceptos e índices relacionados con la diversidad. *Avicennia*. 8/9: 7-21.
- Aguilera-Gómez, L. I., I. V. Rivas-Manzano, I. Martínez-De La Cruz y C. J. Aguilar-Ortigoza. 2016. El bosque tropical subcaducifolio en dos cañadas de Tlatlaya, Estado de México. *Polibotánica* 41: 1-29. doi: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.41.1>.
- Báez-Hernández, A., G. Herrera- Meza, M. Vázquez-Torres, E. N. Aquino-Bolaños y A. J. Martínez. 2016. Relaciones alométricas de 19 especies de árboles de la selva alta perennifolia. *Bot. Sci.* 94: 209-220. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.252>.
- Bandeira, F. P., C. Martorell, J. A. Meave, and J. Caballero. 2005. The role of rustic coffee plantations in the conservation of wild tree diversity in the Chinantec region of Mexico. *Biodivers. Conserv.* 14: 1225-1240. doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-004-7843-2>.
- Bartra-Vergés, A., R. Cobo y L. Paz-Paredes. 2013. La hora del café: dos siglos a muchas voces. CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). México. ISBN: 9786077607564.
- Basáñez, J. A., J. L. Alanís y E. Badillo. 2008. Composición florística y estructura de la selva mediana subperennifolia del ejido "El remolino", Papantla, Veracruz. *Avances Invest. Apropoc.* 12: 3-22.
- Bongers, F., J. Popma, J. M. del Castillo, and J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 74: 55-80. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00045614>.
- Caballero, J. L., L. Cortés, M. A. M. Alfaro y R. L. Saade. 2004. Uso y manejo tradicional de la diversidad vegetal. pp. 541-564. In: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. México-World Wildlife Fund. México, D. F.
- Castillo-Capitán, G., C. H. Ávila-Bello, L. López-Mata, and F. de León-González. 2014. Structure and tree diversity in traditional Popoloca coffee agroecosystems in the Los Tuxtlas biospheres reserve, Mexico. *Interciencia* 39: 608-619.
- Centeno-García, E. 2004. Configuración geológica del estado. pp. 29-42. In: A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. México-World Wildlife Fund. México, D. F. ISBN: 970-32-2045-2.
- Cordero, J. y D. H. Boshier. 2003. *Arboles de Centroamerica: manual para extensionistas*. Oxford Forestry Institute (OFI), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Oxford. UK. ISBN: 0850741610.
- Corella-Justavino, F., J. I. Valdez-Hernández, V. M. Cetina-Alcalá, F. V. González-Cossio, A. Trinidad-Santos y J. R. Aguirre-Rivera. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco. México. *Rev. Cien. For. Méx.* 26: 73-102.
- Escamilla P., E., O. Ruiz, G. Díaz P., C. Landeros S., D. E. Platas R., A. Zamarripa C. y V. A. González H. 2005. El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integr. Plagas Agroecol.* (Costa Rica) 76: 5-16.
- García Alvarado, M. E., G. O. Díaz Zorrilla, E. Castañeda Hidalgo, S. Lozano Trejo y M. I. Pérez León. 2017. Caracterización del agroecosistema de café bajo sombra en la cuenca del río Copalita. *Rev. Mex. Agroneg.* 40: 635-648. doi: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.262052>.
- García-Moreno, E. 2004. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de geografía. UNAM. N° 6. México, D. F. ISBN: 970-32-1010-4.
- García-Mendoza, A. J. 2004. Integración del conocimiento florístico del estado. pp. 305-325. In: A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. México-World Wildlife Fund. México, D. F. ISBN: 970-32-2045-2.
- García-Maroyal, L. E., J. I. Valdez-Hernández, M. Luna-Cavazos y R. López-Morgado. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques* 21: 69-82.

- Godínez-Ibarra, O. y L. López-Mata. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Ser. Botánica* 73: 283-314.
- Gotelli, J. N. and R. K. Colwell. 2001. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4: 379-391. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>.
- Granados-Victoriano, R. L., A. Sánchez-González, D. Martínez-Cabrera y P. Octavio-Aguilar. 2017. Estructura y composición arbórea de tres estadios sucesionales de selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 88: 122-135. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.024>.
- Hernández-Santana, J. R., M. A. Ortiz-Pérez y M. F. Mah-Eng. 2009. Análisis morfoestructural del estado de Oaxaca, México: un enfoque de clasificación tipológica del relieve. *Invest. Geog.* 68: 7-24.
- Krishnamurthy, L. y M. Ávila. 1999. Agroforestería básica. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental No. 3. PNUMA. FAO. México, D. F.
- López-Gómez, A. M. y G. Williams-Linera. 2006. Evaluación de métodos no-paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 78: 7-15.
- López-Toledo, J. F., J. I. Valdez-Hernández, M. A. Pérez-Farrera y V. M. Cetina-Alcalá. 2012. Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la reserva de la biósfera la sepultura, Chiapas. *Rev. Mex. Cienc. Forest.* 3: 43-56.
- Lorea-Hernández, F. G. 2002. La familia Lauraceae en el Sur de México: Diversidad, distribución y estado de conservación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 71: 59-70. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.1663>.
- Lorea-Hernández, F. G. 2005. Nuevas especies de Licaria, Ocotea y Persea (Lauraceae) de México. *Acta Bot. Mex.* 71: 61-87. doi: <https://doi.org/10.21829/abm71.2005.995>.
- Maldonado-Sánchez, E. A. y F. Maldonado-Mares. 2010. Estructura y diversidad arbórea de una selva alta perennifolia en Tacotalpa, Tabasco, México. *Univ. Cienc.* 26: 235-245.
- Martínez-Sánchez, J. L. 2016. Comparación de la diversidad estructural de una selva alta perennifolia y una mediana subperennifolia en Tabasco, México. *Madera y Bosques.* 22: 29-40. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2016.2221322>.
- Miranda-Jiménez, M. E y M. A. González-Ortiz. 2002. El herbario comunal: Una herramienta útil en el manejo de recursos biológicos. *Col. Manejo de recursos naturales. Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental.* México, D. F. ISBN: 9707031514; 9789707031517.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1996. El café en México: Ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* 43: 40-51.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conserv. Biol.* 13: 11-21. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x>.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55: 2-7.
- Mora-Santacruz, A., J. I. Valdez-Hernández, G. Ángeles-Pérez, M. A. Musálem-Santiago y H. Vaquera-Huerta. 2006. Establecimiento y desarrollo de plántulas de *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) en una selva caducifolia manejada de la costa Pacífica de México. *Rev. Biol. Trop.* 54: 1215-1225.
- Niembro-Rocas, A., M. Vázquez-Torres y O. Sánchez-Sánchez. 2010. Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Centro de Investigaciones Tropicales. México, D. F. ISBN: 978-607-33-0000-1.
- Ortega-Baranda, V., J. I. Valdez-Hernández, E. García-Moya, and D. A. Rodríguez-Trejo. 2017. Structure and diversity of tree vegetation in three reliefs on the Oaxaca coast. *Rev. Chapingo Cienc. Forest. Amb.* 23: 173-184. doi: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2016.02.009>.
- Ortiz, P. M. A., J. R. H. Santana y J. M. F. Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. pp. 43-54. *In:* A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. México-World Wildlife Fund. México, D. F. ISBN: 970-32-2045-2.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia* 31: 8.
- Pennington, D. T. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. UNAM-FCE. México, D. F. ISBN: 9789703216437.
- Pielou, E. C. 1967. The use of information theory in the study of the diversity of biological populations. pp. 163-177. *In:* Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 4: Biology and Problems of Health. University of California Press. Berkeley, CA, USA. <https://projecteuclid.org/euclid.bsmpp/120051379>
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Román, F., R. De Liones, A. Sautu, J. Deago y J. S. Hall. 2012. Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el neotrópico. Environmental Leadership and Training Initiative – ELTI, Yale School of Forestry & Environmental Studies. New Haven, CT, USA.
- Salas-Morales, S., L. Schibili, A. Nava-Zafra y A. Saynes-Vásquez. 2007. Flora de la costa de Oaxaca, México (2): Lista florística comentada del Parque Nacional Huatulco. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 81: 101-130. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.1769>.
- Sánchez-Hernández, S. y R. E. Schwentesius-Rindermann. 2015. Diversidad arbórea en cafetales de San Vicente Yagondoy, Pochutla, Oaxaca. *Rev. Geogr. Agríc.* 54: 25-34. doi: <https://doi.org/10.5154/r.rga.2015.54.003>.
- Sánchez-Hernández, S., M. A. Mendoza-Briseño y R. V. García-Hernández. 2017. Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. *Rev. Mex. Cienc. Forest.* 8: 7-17. doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.32>.
- Serrano-Altamirano, V., M. M. Silva-Serna, M. A. Cano-García, G. Medina-García y A. Ruiz-Coral. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de Oaxaca (Periodo 1961-2003). INIFAP, SAGARPA. Libro técnico N°4. ISBN: 970-43-0007-7.

- Soto-Pinto, L., Y. Romero-Alvarado, J. Caballero-Nieto, and G. Segura Warnholtz. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 49: 977-987.
- Toledo, V. M. and P. Moguel. 2012. Coffee and sustainability: The multiple values of traditional shaded coffee. *J. Sust. Agric.* 36: 353-377. doi: <https://doi.org/10.1080/10440046.2011.583719>.
- Torres Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. pp. 106-117. *In*: A. García Mendoza, M. J. Ordóñez Díaz y M. Á. Briones-Salas (ed.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund. México D. F. ISBN: 970-32-2045-2.
- Villavicencio-Enríquez, L. y J. I. Valdez-Hernández. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel. Veracruz. México. *Agrociencia* 37: 413-423.
- Williams-Linera, G y A. López-Gómez. 2008. Estructura y diversidad de la vegetación leñosa. pp. 55-63. *In*: R. H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (eds.). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT) México, D. F. ISBN: 970-709-112-6
- Zamora-Crescencio, P., V. Rico-Gray, R. C. Barrientos-Medina, E. C. Puc-Garrido, P. Villegas, M. R. Domínguez-Carrasco y C. Gutiérrez-Báez. 2017. Estructura y composición florística de la selva mediana subperennifolia en Bethania, Campeche, México. *Polibotánica* 43: 67-86. <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.43.3>.