



Universidad Veracruzana

Instituto de Investigaciones Forestales

Región Xalapa

Maestría en Ciencias en Ecología Forestal

Evaluación de la regeneración natural de la selva alta
perennifolia en cultivos abandonados de café (*Coffea arabica*
L.) en el municipio de Colipa, Veracruz

Tesis para obtener el grado de Maestra en
Ciencias en Ecología Forestal

Presenta:

Ana María Aquino Zapata

Directora:

Dra. Claudia Álvarez Aquino

Asesores:

Dr. Cesar I. Carvajal Hernández

Dr. Armando J. Martínez Chacón

Dra. Rosa Amelia Pedraza Pérez

Abril de 2022

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Universidad Veracruzana

Instituto de Investigaciones Forestales
Región Xalapa

Maestría en Ciencias en Ecología Forestal

*Evaluación de la regeneración natural de la selva alta perennifolia
en cultivos abandonados de café (Coffea arabica L.) en el
municipio de Colipa, Veracruz*

Tesis para obtener el grado de Maestra en
Ciencias en Ecología Forestal

Presenta:
Ana María Aquino Zapata

Directora:
Dra. Claudia Álvarez Aquino

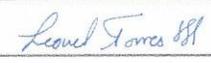
Asesores:
Dr. Cesar I. Carvajal Hernández
Dr. Armando J. Martínez Chacón
Dra. Rosa Amelia Pedraza Pérez



Aprobación del documento final de tesis de grado:

“Evaluación de la regeneración natural de la selva alta perennifolia en cultivos abandonados de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio de Colipa, Veracruz”

Realizada por la alumna Biól. Ana María Aquino Zapata, bajo la dirección del Comité particular de tesis y aprobada por el Comité Revisor. Ha sido aceptada como requisito parcial para obtener el grado de: **Maestra en Ciencias en Ecología Forestal.**

	Nombre	Firma
Director(a) de tesis	Dra. Claudia Álvarez Aquino	 _____
Asesores	Dr. Cesar I. Carvajal Hernández	 _____
	Dr. Armando J. Martínez Chacón	 _____
	Dra. Rosa Amelia Pedraza Pérez	 _____
Comisión Revisora	Dra. Celia Cecilia Acosta Hernández	 _____
	Dr. Armando Aparicio Rentería	 _____
	M. en C. Leonel Torres Hernández	 _____

Xalapa, Ver., abril del 2022

DECLARACIÓN

Excepto cuando es explícitamente indicado en el texto, el trabajo de investigación contenido en esta tesis fue efectuado por Ana María Aquino Zapata como estudiante de la Maestría en Ciencias entre agosto del 2019 y febrero del 2022, bajo la supervisión de la Dra. Claudia Álvarez Aquino.

Las investigaciones reportadas en esta tesis no han sido utilizadas anteriormente para obtener otros grados académicos, ni serán utilizadas para tales fines en el futuro.

Candidato: Biól. Ana María Aquino Zapata



Director de tesis: Dra. Claudia Álvarez Aquino



Dedicatoria y agradecimientos

Dedico y agradezco el presente trabajo especialmente al Dios todopoderoso, quien en su magnífica creación puso a las plantas en nuestro planeta tierra.

Dedico también este trabajo a mis padres, Nemorio Aquino Basurto y María Zapata González, quienes son el principal motivo que me impulsa. Así también a mis hermanos y hermanas: René, Virginia, Ismael, Julián, Irene, Miguel Ángel y Nemorio. Del mismo modo, dedico este trabajo a todos mis sobrinos.

Expreso mi reconocimiento y agradecimiento a mi papá por ser un gran apoyo, por ser un buen guía y por sus enseñanzas en campo. Mi reconocimiento y agradecimiento a mi mamá por su importantísimo apoyo y guía en mi vida. A ambos por todos los valiosos momentos de convivencia familiar.

Gracias a don Apolonio Escobedo Mujica, quien me acompañó en campo y a mis hermanos que en algún momento coincidimos en Colipa y me acompañaron también: Irene, Nemorio, Julián, y Miguel Ángel. Gracias a Jorge Torres Olmos por subir a los árboles por muestras. Manifiesto mi gratitud a los integrantes del comité y a los revisores de esta tesis: Dra. Claudia Álvarez Aquino, Dr. César I. Carvajal Hernández, Dr. Armando J. Martínez Chacón, Dra. Rosa Amelia Pedraza Pérez, Dra. Celia Cecilia Acosta Hernández, Dr. Armando Aparicio Rentería y al M. en C. Leonel Torres Hernández, quienes contribuyeron con valiosas sugerencias, sus aportaciones fueron sustanciales para la culminación de la tesis.

Agradezco a la Dra. Virginia Rebolledo Camacho y a la Dra. Beatriz del Socorro Bolívar Cimé, quienes fungían como directora del Inifor y como coordinadora del posgrado durante mi estancia. Gracias a la Dra. Claudia Álvarez Aquino, actual coordinadora del posgrado.

Expreso mis agradecimientos al Dr. S. Mario Vázquez Torres, a la Dra. Cecilia Cruz López, a la Dra. Olivia Márquez Fernández, al Dr. Héctor Viveros Viveros y al Dr. Edison Armando Díaz Álvarez. Al M. en C. L. Hermann Bojórquez Galván, por sus determinaciones.

Agradezco al Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana.

Gracias a la Dra. Samaria Armenta Montero la realización del mapa del sitio de estudio.

Agradezco a los cafecultores del municipio de colipa, Veracruz, quienes muy amablemente me proporcionaron información sobre los cafetales. Agradezco a José Pedro Portilla T., a Paola Domínguez E., a Susana Sánchez A. e Israel Huesca D.

Índice

Resumen	8
1. Introducción	9
2. Marco teórico	12
2.1 Problemática de la selva tropical	12
2.2 Regeneración de la selva alta perennifolia	13
2.3 Los cafetales y su importancia en la conservación y regeneración del bosque o selva tropical cuando son manejados bajo sombra....	14
3. Hipótesis	18
4. Objetivo general	19
4.1 Objetivos particulares	19
5. Método	19
5.1 Sitio de estudio	19
5.2 Muestreo de vegetación	21
5.3 Análisis de datos	23
6. Resultados	25
6.1 Esfuerzo del muestreo	25
6.2 Estructura de la vegetación del fragmento de selva y los cafetales abandonados	27
6.3 Composición florística del fragmento de selva y los cafetales abandonados	32
6.4 Regeneración de especies	35
6.5 Cobertura del suelo	37
7. Discusión	38
7.1 Estructura de la vegetación	38
7.2 Composición florística	40
7.3 Regeneración natural	43
7.4 Cobertura del suelo	47
8. Conclusión	48
Referencias	49

Figuras

1. Mapa de ubicación de los sitios de estudio en el municipio de Colipa, Veracruz, correspondientes a los cafetales abandonados y al fragmento de selva, en las localidades de Ixtacapan y La Monetaria	21
2. Representación esquemática del muestreo en transectos de 50 x 2 m	22
3. Representación esquemática del muestreo en cuadrantes de 2 x 2 m	22
4. Curvas de acumulación de especies del muestreo en el estrato arbóreo del fragmento de selva, del cafetal de Ixtacapan y del cafetal de La Monetaria	25
5. Curvas de acumulación de especies del muestreo en el estrato arbustivo del fragmento de selva, del cafetal de Ixtacapan y del cafetal de La Monetaria	26
6. Curvas de acumulación de especies del muestreo en plántulas del fragmento de selva, del cafetal de Ixtacapan y del cafetal de La Monetaria	27
7. Especies de árboles con mayor aporte de área basal en el fragmento de selva, en el cafetal de Ixtacapan y en el cafetal de La Monetaria	29
8. Especies de árboles con mayor altura (m) en el fragmento de selva, en el cafetal de Ixtacapan y en el cafetal de La Monetaria)	30
9. Distribución de los individuos del estrato arbóreo en clases diamétricas de cada uno de los sitios (fragmento de selva, cafetal de Ixtacapan y cafetal de La Monetaria)	31
10. Índice de valor de importancia en el fragmento de selva, en el cafetal de Ixtacapan y en el cafetal de La Monetaria. La gráfica tiene las diez especies con los valores más altos	34

Tablas

1. Fuente de variación para las variables de estructura de vegetación registradas en los tres sitios	28
2. Densidad (ind/800 m ²), área basal (m ² /800 m ²) y altura media (m) de los árboles con dap ≥ 5 cm registrados en los tres sitios. Los valores se presentan de acuerdo con el área muestreada (800 m ²)	28
3. Densidad (ind/96 m ²) de arbustos (individuos > 30 cm de altura y dap < 5 cm) y plántulas de especies leñosas (individuos ≤ 30 cm altura) en los tres sitios. Los valores se presentan de acuerdo con el área muestreada (96 m ²)	28
4. Concentrado de densidades de los tres estratos para los tres sitios. Datos extrapolados a una ha	28
5. Riqueza florística en el fragmento de selva y en los cafetales abandonados, se incluye el número de especies por estrato	32
6. Especies dejadas para sombra del café al inicio del cultivo y especies cultivadas encontradas al momento del estudio	33
7. Índices de biodiversidad de Shannon-Wiener y Simpson, para árboles, arbustos y plántulas en el fragmento de selva y en los cafetales abandonados	33
8. Coeficiente de similitud de Jaccard para el estrato arbóreo, comparaciones entre el fragmento de selva y los cafetales abandonados. Número de especies en común entre paréntesis	35
9. Especies únicas en cada sitio	35

10. Clasificación de las especies en las distintas categorías de regeneración con sus porcentajes. Las categorías son: buena, pobre, sin regeneración (SR) y nuevos (especies que llegan de otros sitios). Las especies están caracterizadas como silvestres, silvestres de sombra y cultivadas	36
11. Fuente de variación para las variables de cobertura de suelo registradas en los tres sitios	37
12. Cobertura de vegetación herbácea, hojarasca y piedras en selva y cafetales abandonados	38

Anexos

1. Concentrado de familias y especies registradas en los tres sitios de estudio: 1) fragmento de selva alta perennifolia, 2) cafetal de Ixtacapan y 3) cafetal de La Monetaria. Las especies están clasificadas como silvestres (S) y cultivadas (C)	57
2. Especies compartidas entre sitios	59
3. Especies que comparten los tres sitios	61
4. Listado de especies del fragmento de selva y los cafetales abandonados con sus respectivos valores de índice de valor de importancia (IVI) del estrato arbóreo (individuos ≥ 5 cm de diámetro)	62

Resumen

El estudio de la regeneración de la selva alta perennifolia en cafetales abandonados se planteó con la finalidad de conocer las especies vegetales que colonizan estos sitios y la estructura que presentan. La regeneración en estos sitios es de suma importancia ya que representan los resguardos de flora y fauna nativa cuyas poblaciones se ven amenazadas por la destrucción de sus hábitats. Se realizaron muestreos en dos cafetales abandonados en el municipio de Colipa, Veracruz; uno ubicado en la localidad de Ixtacapan y otro en la localidad de La Monetaria; con 25 y 30 años de abandono, respectivamente. Como sitio de referencia se incluyó un fragmento de selva alta perennifolia ubicado en la localidad de Ixtacapan. Para el muestreo de árboles se marcaron ocho transectos de 50 x 2 m en cada sitio (24 en total), en los que se registró la altura y el diámetro de los árboles (DAP) ≥ 5 cm. Para el registro de arbustos y plántulas se marcaron tres cuadrantes de 2 x 2 m en cada transecto. Para arbustos se tomaron en cuenta los individuos leñosos > 30 cm de alto y < 5 cm de DAP. En plántulas se consideraron los individuos de especies leñosas con altura ≤ 30 cm. De acuerdo con los resultados, se registraron en total 60 especies leñosas correspondientes a 56 géneros y a 29 familias. Por sitio, la composición florística se distribuye de la siguiente forma: en el cafetal de Ixtacapan, se registraron 47 especies (44 géneros y 25 familias); en el cafetal de La Monetaria 29 especies (28 géneros y 20 familias); y para el sitio de referencia 44 especies (43 géneros y 23 familias). Los promedios de altura fueron de 16.6 m, 13.2 m y 12.3 m, para el cafetal de Ixtacapan, para el cafetal de La Monetaria y para el sitio de referencia respectivamente. El área basal fue de 102.12 m²/ha, 82.62 m²/ha y 73.12 m²/ha en el cafetal de Ixtacapan, en el cafetal de La Monetaria y en el sitio de referencia respectivamente. En el cafetal de Ixtacapan entre las especies que muestran buena regeneración se encuentran: *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Castilla elastica*, *Dendropanax arboreu*, *Laurus* sp. y *Piper amalago*. En el cafetal de La Monetaria, entre las especies que presentan mayor regeneración están *Aphananthe monoica*, *Berrya cubensis*, *Brosimum alicastrum*, *Diospyros nigra*, *Pimenta dioica* y *Tapirira mexicana*. El conocimiento de las especies de la selva alta perennifolia que han colonizado los cultivos abandonados puede ser útil en la planeación de la recuperación de la selva en áreas con las mismas características.

I. Introducción

Los bosques o selvas tropicales cubren a nivel mundial aproximadamente 8 millones de km² y se ubican en las proximidades al ecuador (Singh, 1990; Brown y Lomolino, 1998; Tobin y Dusheck, 2005). En el continente americano estas selvas se encuentran distribuidas en parte de México, Centro América y Sudamérica (en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) cubriendo aproximadamente 4 millones de km² (Vandermeer y Perfecto, 2001). En México las selvas tropicales se dividen en húmedas y subhúmedas (Challenger y Dirzo, 2009; INEGI, 2015; SEMARNAT, 2016). En el primer grupo están las selvas altas perennifolias y subperennifolias, las selvas medianas perennifolias y subperennifolias, así como las selvas bajas perennifolias y subperennifolias, de las cuales las selvas altas perennifolias ocupan una superficie de 3'259,372 ha (Challenger y Dirzo, 2009; INEGI, 2015; SEMARNAT, 2016). En el segundo grupo están las selvas bajas caducifolias y subcaducifolias, las selvas medianas caducifolias y subcaducifolias, las selvas bajas espinosas caducifolias y subperennifolia, así como el matorral subtropical (SEMARNAT, 2016).

Entre las características de la selva alta perennifolia (SAP) está su precipitación promedio anual, la cual es mayor a 1600 mm, la presencia de sequías hasta por cuatro meses, así como la temperatura promedio anual que fluctúa entre 22 y 26 °C (Pennington y Sarukhán, 2005). Otra de las características sobresalientes son los tres estratos arbóreos que tienen alturas desde los 5 hasta los 40 m con árboles que pueden alcanzar diámetros de 3 m. Entre los géneros representativos de plantas leñosas se encuentran *Brosimum*, *Bursera*, *Ceiba*, *Dendropanax*, *Manilkara*, *Protium*, *Swietenia* y *Terminalia* (Pennington y Sarukhán, 2005). Además, estas selvas presentan un componente herbáceo donde son comunes las palmas como *Chamaedorea* spp. (Rzedowski, 1978).

En México la SAP se encuentra en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Tabasco y Veracruz; sin embargo, se encuentra mejor conservada en la selva Lacandona y en la Reserva de la Biosfera de Montes azules en Chiapas (Cruz-Lara *et al.*, 2004; Pennington y Sarukhán, 2005; Martínez-Ramos y García-Orth, 2007). En el estado de Veracruz la selva alta perennifolia se distribuye en municipios como Ángel R. Cabada, Catemaco, Mecayapan, Pajapan, San Andrés Tuxtla, Santiago Soteapan y Tatahuicapan de Juárez; que conforman la región de Los Tuxtlas, la cual es considerada como la zona del estado con mayor extensión

de este tipo de vegetación (Castillo-Campos *et al.*, 2011; Vázquez-Torres, 2011). Otros municipios como Acayucan, Uxpanapa, Córdoba, Misantla y Colipa, entre otros, aún conservan relictos y en conjunto con los Tuxtlas hacen un total de 251,505 ha de selva alta perennifolia en el estado, en donde hay registros de 2,230 especies de plantas (Gómez-Pompa, 1966; Castillo-Campos, 2011). Para el municipio de Colipa, Veracruz, se documenta la existencia de selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, así como encinar tropical de baja altitud dominado por *Quercus oleoides* (Gómez-Pompa, 1966, 1967; Gobierno del estado de Veracruz, 1998; INEGI, 2017). Sin embargo, en la actualidad es más común la presencia de vegetación secundaria, derivada de cultivos abandonados y de pastizales inducidos, ya que en el municipio de Colipa, al igual que en otros del estado y regiones del país, las selvas han sido severamente dañada por el cambio de uso de suelo principalmente para fines agropecuarios (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007; Challenger y Dirzo, 2009; Gibson *et al.*, 2011; INEGI, 2017; Hansen *et al.*, 2020). Cabe mencionar que las actividades productivas transforman, empobrecen, y en muchas ocasiones arrasan con los ecosistemas naturales; de modo que cultivos como el maíz y la caña de azúcar; así como la siembra de pastos, han causado el mayor impacto, derivando en altas pérdidas de superficie de selvas (Philpott y Dietsch, 2003; Manson *et al.*, 2008; Perfecto y Vandermeer, 2008; Gibson *et al.* 2011; Cruz-Lara *et al.*, 2012).

El manejo intensificado del cultivo de café ha tenido severas consecuencias como la pérdida de selvas y bosques en regiones de Indonesia (Gaveau *et al.*, 2009), Etiopía (Geeraert *et al.*, 2019), Brasil (Franco *et al.*, 2002) y Costa Rica (Arce, 2009). En particular, en México, el café se ha cultivado mayormente bajo sombra, es decir, se retira el estrato arbustivo y se preservan los árboles del dosel, lo cual hace a este cultivo de bajo impacto y ecológicamente importante por prestar una variedad de servicios ambientales y ofrecer refugio a especies silvestres de flora y fauna (Moguel y Toledo, 1996; Anta-Fonseca, 2006; Moreno-Guerrero *et al.*, 2020).

En este país actualmente varios cultivos de café se abandonaron principalmente por la caída de los precios; al respecto se documenta la conversión de estos cultivos a maizales o a pastizales (Philpott y Dietsch, 2003; Anta-Fonseca, 2006; Baruch y Nozawa, 2014; Chazdon y Guariguata, 2016; Raymundo *et al.*, 2018). Aun así, hay cultivos de café que tras el abandono están recuperando la cubierta vegetal debido a que el manejo fue de baja

intensidad; por lo tanto, en estos casos el abandono del cultivo es el primer determinante de la regeneración natural. En este contexto, hay estudios que mencionan la posibilidad de que ciertas especies leñosas de selva tropical puedan establecerse en cultivos abandonados por ser pioneras en eventos de sucesión, con lo cual se hace posible la recuperación de este tipo de vegetación (Stevenson y Rodríguez, 2007; Vargas, 2015).

Entre las variables que han sido asociadas al establecimiento de especies vegetales leñosas en cultivos abandonados están el clima, la presencia de suelos no degradados, ricos en nutrientes y humedad (Guariguata y Ostertag, 2001; Mejía-Domínguez *et al.*, 2011), la existencia de claros en el dosel (Sánchez *et al.*, 2007), la presencia de polinizadores y dispersores (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007), la cercanía a remanentes de vegetación como fuente de germoplasma (Chazdon, 2003, 2014) y el tiempo de abandono de los cultivos (Purata, 1986; Marcano-Vega *et al.*, 2002; Quintero-Nazario, 2007).

Hay evidencias que indican que el tiempo de abandono de cultivos de café, así como detener los disturbios influye en la recuperación de la estructura y composición de la selva tropical, lo que significa un incremento de este tipo de vegetación (Bandeira *et al.*, 2002; Marcano-Vega *et al.*, 2002; Evangelista-Oliva *et al.*, 2010). Referente a este evento, Baruch y Nozawa (2014), señalaron el establecimiento de *Dendropanax arboreus* y *Terminalia amazonia* en terrenos de café abandonados por 60 años en Venezuela. Para Puerto Rico, se reporta el establecimiento de especies como *Inga vera*, *Tabebuia heterophylla*, *Zanthoxylum martinicense*, *Piper glabrescens*, *Dendropanax arboreus* y *Casearia guianensis* en cafetales abandonados de 10 a 40 años (Marcano-Vega *et al.*, 2002).

Los cafetales que recuperan o se encuentran en proceso de recuperación de las especies arbóreas nativas y su estructura, significan importantes resguardos de flora y fauna nativa; sobre todo resultan relevantes en regiones y municipios donde la cobertura vegetal se encuentra muy fragmentada, como es el caso de Colipa, municipio donde se ubican los sitios de estudio. Por lo tanto, en este estudio se planeó evaluar la regeneración que se ha dado en cuanto a la composición florística y estructura en los dos cultivos de café abandonados. Los datos obtenidos nos permitirán conocer el proceso de regeneración natural en una condición que ocurre en la zona, es decir, cultivos abandonados. Esta información puede servir de base para posteriores estudios en sitios con características semejantes, lo cual puede ser de utilidad en la planeación de la recuperación de áreas con las mismas características.

2. Marco teórico

2.1 Problemática de la selva tropical

Las selvas tropicales al igual que otros tipos de vegetación están expuestas a eventos como la deforestación y cambio de uso de suelo para distintos fines, entre ellos la minería (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007; Gibson *et al.*, 2011; Bennett, 2017). Hay cifras que muestran la pérdida de la superficie de selva tropical a nivel mundial; por ejemplo, para el periodo comprendido de 2000 a 2015 se perdieron en la República Democrática del Congo 17,590 km², en Indonesia 34, 290 km² y en Brasil 77,750 km² (Turubanova *et al.*, 2018). En Costa Rica, el periodo de 1950 a 1983 se perdieron 1.7 millones de ha (Chaves, 2012).

En México, hasta el 2002 se tenía una pérdida neta de 10'328,900 ha de selvas húmedas (Galicia, 2016). Otra estimación se encuentra en el trabajo de Challenger y Dirzo (2009), en donde se menciona que este grupo de selvas originalmente cubría 18 millones de hectáreas y para el 2002 se había reducido a 3.15 millones de ha. Uno de los acontecimientos que ocasionó la pérdida de cobertura selvática fue el reparto agrario que ocurrió entre 1950 y 1980, con lo cual se fomentaron las actividades agrícolas y ganaderas en el trópico húmedo, principalmente en la zona costera del Golfo de México (Challenger y Dirzo, 2009). El cambio de uso de suelo para fines ganaderos y agrícolas ocasionó en los 90's la pérdida del 30 % de superficie de la selva lacandona en Chiapas, generando en la actualidad una serie de paisajes fragmentados con relictos de este tipo de vegetación rodeados de vegetación secundaria, plantaciones, cultivos o frutales (Estrada y Coates-Estrada, 1996; Martínez-Ramos y García-Orth, 2007).

En este país, la selva alta perennifolia constituye uno de los tipos de vegetación más dañado por eventos de perturbación como los incendios forestales (Cochrane, 2002; Maldonado-Méndez *et al.*, 2009; López-Barrera *et al.*, 2017). En este contexto, en el año 1998 se registraron incendios en estados como Chiapas, Oaxaca y Veracruz; en los que más de 800,000 ha de este tipo de selvas se perdieron; en su mayoría los incendios fueron causados por actividades agrícolas de roza-tumba y quema y por el mantenimiento de los pastizales (Cochrane, 2002; Maldonado-Méndez *et al.*, 2009; López-Barrera *et al.*, 2017). Otras situaciones adversas se han visto también asociadas a la cobertura y pérdida de biodiversidad de este tipo de vegetación, como son el saqueo de maderas preciosas, así como

extracción ilegal de orquídeas, palmas y bromelias (Caballero-Deloya, 2010; Koyoc-Ramírez *et al.*, 2015).

Para el estado de Veracruz se documenta que el 75 % del territorio está ocupado por pastizales para el ganado y agricultura, por lo que la cubierta de vegetación se encuentra altamente fragmentada (Gerez-Fernández y Pineda-López, 2011). Se ha reportado que tan solo de 1999 a 2000 se asignaron 1.5 millones de ha para la agricultura de café, maíz, caña de azúcar, tabaco, papaya, frijol, sandía, mango, plátano y otros (Mallén-Rivera y Esparza-Pérez, 2006). En cuanto a las actividades ganaderas, ocupan 3.7 millones de hectáreas del territorio veracruzano; mientras que para las plantaciones forestales se han destinado 3'562.22 ha de selvas para el aprovechamiento de especies maderables como el cedro y la caoba (Mallén-Rivera y Esparza-Pérez, 2006). En Los Tuxtlas, que es donde se concentra la mayor porción de selva alta perennifolia en el estado, se estima que de 1986 a 2010 este tipo de vegetación se redujo en un 61%, debido también a que la ganadería y la agricultura han ganado terreno a la cubierta forestal (Castillo-Campos *et al.*, 2011; Ávila-Bello, *et al.*, 2018).

En la zona de estudio que corresponde al municipio de Colipa, Veracruz, la selva alta perennifolia y otros tipos de vegetación han sido severamente perturbados por el cambio de uso de suelo para actividades ganaderas y agrícolas como el cultivo de maíz y café; ya que de los 129.60 km² que tiene de superficie, las actividades ganaderas ocupan 101.3 km² y las agrícolas 11.6 km² (INEGI, 2017). Además, recientemente, con el programa de gobierno “sembrando vida”, hay propietarios que han deforestado sus predios para obtener beneficios económicos mediante la siembra de limonares. Se ha observado que cafetales abandonados que ya habían recuperado notoriamente la cubierta vegetal, han sido también deforestados para el cultivo de limones.

2.2 Regeneración de la selva alta perennifolia

La regeneración de la selva alta perennifolia en México constituye un aspecto de gran relevancia ya que al recuperarse este tipo de ecosistema se asegura el mantenimiento de poblaciones silvestres de vegetales y animales; así como el germoplasma de especies ecológicamente útiles y servicios ecosistémicos como la captura de carbono, la captación de agua y la regulación climática (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007; Sánchez *et al.*, 2007; Norden, 2014). Tan solo de carbono, estas selvas absorben hasta un 60 % y concentran hasta un 30 % de este elemento en el suelo (Balvanera, 2012). En lo referente a la captación de

agua, se estima que las zonas selváticas captan aproximadamente tres cuartas partes del total de agua en las áreas arboladas de este país y las zonas templadas una cuarta parte (Torres-Rojo y Guevara-Sanginés, 2002).

La regeneración natural de un bosque o selva es la recuperación que se lleva a cabo de manera espontánea de aquellas especies de árboles nativos, los cuales colonizan y se establecen en campos abandonados o perturbados por eventos naturales (Crouzeilles *et al.*, 2017). Para que este evento inicie, es necesaria la presencia de propágulos, los cuales se encontrarán en los bancos de semillas del suelo, dependiendo de la intensidad del disturbio (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007). Cuando no hay un banco de semillas, es fundamental que haya polinizadores y dispersores, los cuales provendrán de los sitios cercanos, por lo que la vegetación circundante o los parches de vegetación juegan un rol importante en el establecimiento y en la regeneración de las especies del bosque (Guariguata y Ostertag, 2002; Chazdon, 2014). En este sentido los parches de vegetación son un importante refugio de aves dispersoras de semillas (Marín-Vásquez *et al.*, 2017). También, se ha documentado que los murciélagos desempeñan un papel fundamental en la dispersión de semillas de especies de la selva y también aumentan la germinación de algunas semillas al pasarlas por su tracto digestivo (Galindo-González, 1998). Otro factor necesario en la regeneración natural es la lluvia de semillas (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007).

En el estado de Veracruz algunos de los precursores en el estudio de eventos de regeneración son Gómez-Pompa y Ludlow (1976); Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1981), quienes estudiaron la regeneración de selvas en Los Tuxtlas; así también, Purata (1986), en la región de Los Tuxtlas, en terrenos agrícolas y de pastoreo documentó que la composición florística estaba influenciada por el tiempo de abandono de estos terrenos, así como por la vegetación circundante. Los estudios sobre regeneración de selvas a partir de cafetales abandonados resultan interesantes ya que pueden arrojar información útil para favorecer el incremento de la cobertura vegetal en otros sitios similares.

2.3 Los cafetales y su importancia en la conservación y regeneración del bosque o selva tropical cuando son manejados bajo sombra

El cultivo de café tuvo su origen en Africa (Moguel y Toledo, 1996). Este cultivo cubre 12 millones de ha a nivel mundial y es uno de los productos agrícolas más importantes de los trópicos; ya que se estima que alrededor de 25 millones de personas dependen de su

producción (Montagnini *et al.*, 2015). El café se cultiva en países asiáticos como Arabia Saudita y Vietnam; en países africanos como Etiopía, Kenia y Ruanda; así como en países americanos como Brasil, Colombia, Guatemala, Honduras, México, Puerto Rico y Perú (Osorio, 2002; Murgueitio, 2006; Jaramillo *et al.*, 2011; Krishnan, 2017; Khalid *et al.*, 2020).

En México el café llegó en 1795 proveniente de Europa, entrando por Veracruz, estado en el que se comenzó a exportar en la primera mitad del siglo XIX (Moguel y Toledo, 1996; Mallén-Rivera y Esparza-Pérez, 2006). Para 1882, la bolsa de valores de Nueva York posicionó a México entre los más importantes exportadores de este aromático y en 1909 ocupaba la tercera posición como productor (Cámara de diputados LXIII Legislatura y Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2018).

En este país el café se cultiva principalmente en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz; ocupando alrededor de 800,000 ha del territorio nacional, de las cuales el 83 % son cultivos de café bajo sombra (Manson *et al.*, 2008; Nava-Tablada, 2012). En Veracruz, el cultivo de café tiene una extensión aproximada de 153,000 ha, donde los municipios de Coatepec, Córdoba y Huatusco son los principales productores; sin embargo, existen otros municipios como Atzalan, Colipa, Misantla, Teocelo, Tezonapa, Teocelo, Xico entre otros, donde también se ha cultivado (Gobierno del estado de Veracruz, 1998; Torres-Rojo y Guevara-Sanginés, 2002; Ejea-Mendoza, 2009; Perea, 2010).

El cultivo de café bajo sombra es un sistema agrosilvícola en el que las plantas de café son sembradas bajo especies arbóreas del bosque o selva y además se introducen especies multipropósitos (Rappole *et al.*, 2003; Perfecto *et al.*, 2007; Román-Miranda *et al.*, 2016). Este cultivo crece idealmente en bosque mesófilo de montaña, así como en selvas altas y medianas (Macip-Ríos y Casas-Andreu, 2008). Entre las especies nativas de la selva utilizadas para sombra de café se encuentra *Brosimum alicastrum*, *Ficus insipida*, *Ficus padifolia* y *Ficus segoviae* (Román-Miranda *et al.*, 2016). Las especies multipropósitos pueden ser maderables como *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*; frutales como *Inga jinicuil* y una variedad de especies que se utilizan para leña (Román-Miranda *et al.*, 2016). El cultivo de café es perenne, en el cual la hojarasca de los árboles contribuye a la generación de nutrientes del suelo, a evitar la erosión y a mejorar la captación de agua (Beer *et al.*, 2003). Además, este manejo silvícola permite la conservación de la biodiversidad pues es refugio de una variedad de insectos, anfibios, aves, mamíferos y una diversidad de plantas entre epífitas, helechos y árboles (Beer, *et al.*, 2003; Manson *et al.*, 2008). Los cafetales pueden

contribuir con materia orgánica que enriquece el suelo y al ser abandonados favorecer la regeneración y establecimiento gradual de especies con bajos requerimientos de hábitat (Rudel *et al.*, 2000; Manson *et al.*, 2008).

Se estima que en el municipio de Colipa, Veracruz, el café se ha cultivado desde finales del siglo XIX, y a principios del siglo XX fue auspiciado por la Comisión Monetaria creada por Venustiano Carranza en 1916; tiempo después fue posible el sostenimiento de los cafetales al fundarse el Banco de México y el Banco de crédito agrícola (Aquino-Basurto, comunicación personal). Posteriormente, los agricultores tuvieron el apoyo del Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ), creado en 1958; el cual era una instancia federal que acopiaba la cosecha nacional, al tiempo que proveía fondos a los cafeticultores (Cámara de diputados LXIII Legislatura y Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2018).

En las últimas décadas la producción del café ha disminuido debido a la baja de los precios en el mercado, lo que ha llevado a que muchas fincas cafetaleras se encuentren actualmente abandonadas (Anta-Fonseca, 2006; Nava-Tablada, 2012). También, al desaparecer el INMECAFÉ en 1989, los productores ya no pudieron solventar los costos de producción (Cámara de diputados LXIII Legislatura y Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2018). El abandono de los cultivos de café ha permitido que esas fincas entren en un proceso de regeneración que conlleva a la recuperación de la vegetación (García-Mayoral *et al.*, 2015). Al respecto hay estudios que documentan que estos cultivos después del abandono son propicios para la regeneración de especies leñosas de la selva tropical; como ejemplo, en Puerto Rico demostraron que especies de la selva tropical como *Cecropia schreberiana*, *Cupania americana*, *Dendropanax arboreus*, *Guarea guidonia*, *Inga laurina*, *Ocotea leucoxylon* y *Tabebuia heterophylla* entre otras, se establecieron en cultivos de café bajo sombra de entre 10 y 40 años de abandono (Marcano-Vega *et al.*, 2002). En estos sitios luego de 30 años, la estructura de la vegetación en regeneración refleja similitud con bosques primarios (Marcano-Vega *et al.*, 2002).

En otro estudio en Puerto Rico, Quintero-Nazario (2007), analizó la recuperación de la vegetación después de cultivos de café abandonados desde 35 hasta 84 años. Entre las especies encontradas están *Guarea guidonia*, *Inga laurina*, *Ocotea leucoxylon*, *Spathodea campanulata* y *Zanthoxylon martinicense*. El autor revela que el tiempo de abandono tuvo un importante efecto en la composición de las especies, por lo que resultó relevante en la

recuperación de la vegetación del sitio estudiado, el cual después de 80 años de abandono ya se asemeja a un bosque maduro. En Venezuela, en cafetales bajo sombra con un tiempo de abandono aproximado de 60 años, Baruch y Nozawa (2014) registraron especies como *Cordia toqueve*, *Cupania americana*, *Croton megalodendron*, *Ocotea fendleri*, *Senna bacillaris* y *Syzigium jambos* entre otras. Así también, en Brasil, en un cultivo de café bajo sombra, después de aproximadamente 70 años de abandono se encontraron, entre otras especies, *Alchornea glandulosa*, *Artocarpus heterophyllus*, *Cupania oblongifolia*, *Nectandra nitidula*, *Piper arboreum*, *Piptadenia gonoacantha* y *Siparuna guianensis* (Raymundo *et al.*, 2018).

En México también se ha reportado la recuperación de la vegetación después del abandono de los cafetales; por ejemplo, en el estado de Puebla, Evangelista-Oliva *et al.* (2010) analizaron los cambios en la cobertura forestal después del abandono de cafetales bajo sombra en el periodo de 1988-2003, allí los cafetales como en otras regiones de México, comparten el paisaje con reducidos fragmentos de vegetación tanto primaria como secundaria. Los autores observaron que los cultivos de café bajo sombra, después de 15 años de abandono cambiaron a una cobertura vegetal que correspondía al bosque tropical. En Oaxaca, Moreno-Guerrero *et al.* (2020), analizaron un cultivo de café bajo sombra abandonado por diez años y lo contrastaron con el estrato arbóreo del bosque tropical. El estudio indicó que *Ocotea helicterifolia* fue la especie más representativa del cafetal en cuanto a la altura y al diámetro; así también especies como *Aphananthe monoica*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus tecolutensis*, *Guarea glabra*, *Ocotea helicterifolia*, *Quercus* sp., *Spondias* sp. y *Tabebuia rosea*, fueron las especies con el más alto valor de importancia.

El manejo del cultivo de café bajo sombra influye en la posterior regeneración natural, esto se reveló en un estudio realizado en Chiapas por Bandeira *et al.* (2002). En ese estudio se menciona que al dejar especies de rápido crecimiento como *Inga* spp. se promueve la dispersión de los frutos debido a que especies dispersoras como los murciélagos encuentran perchas en los cafetales, lo cual favorece el intercambio de germoplasma entre el cafetal y los parches de vegetación contiguos. En dicha investigación se registraron 42 especies de plantas, de las cuales 25 fueron del estrato leñoso de bosque tropical, entre las que se encontraban *Croton draco*, *Inga* sp., *Oecopetalum mexicanum*, *Persea americana* y *Persea schiedeana*.

En el municipio de Colipa, Veracruz, cuando se establecieron los cafetales, las especies que se dejaban para sombra del café eran aguacate (*Persea americana*), caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), cucharo (*Dendropax arboreus*), chalahuites (*Inga* spp.), guanábó (*Annona muricata*), guacamayo (*Cupania dentata*), higueras (*Ficus* spp.), ojite (*Brosimum alicastrum*), pahua (*Persea schiedeana*) pimiento (*Pimenta dioica*), tepetomate (*Pseudolmedia glabrata*) y zapote prieto (*Diospyros nigra*). Lo anterior se constató mediante una encuesta realizada a cafeticultores del municipio. Los encuestados señalaron que además de las especies silvestres que dejaban para sombra, incluían al cafetal plantas de plátano (*Musa paradisiaca*), árboles de mango (*Mangifera indica*), árboles de naranja china (*Citrus aurantiaca*); y en menor proporción árboles de melina (*Gmelina arborea*). El cultivo manejado de esta forma les proporcionó mayores beneficios al contar con especies frutales, maderables y fijadoras de nitrógeno (Sánchez-Hernández *et al.*, 2017).

Actualmente, en Colipa, los cafetales abandonados que recuperan la composición florística original son escasos, debido a que cuando estos cafetales no generan ingresos económicos son vendidos y posteriormente convertidos a potreros; esto lo señalaron los cafeticultores encuestados; quienes mencionaron que las principales causas de abandono de los cafetales fueron la baja de precios y la infestación de las plantas por la roya. La roya es una enfermedad provocada por el hongo *Hemileia vastatrix*, el cual, en este estado, al igual que en otros del país, ha generado pérdidas en la producción del cultivo (Mendel y Mendoza, 1994; Libert-Amico y Paz-Pellat, 2018). El tiempo de abandono de los cafetales puede ser uno de los factores importantes en la regeneración de la vegetación, ya que al ser un proceso complejo son varios los factores que lo determinan. Si bien, después del abandono se puede continuar con uso de baja intensidad (como extracción selectiva), el detener las actividades productivas pueden dar el impulso para que inicien los procesos de regeneración.

3. Hipótesis

En la zona de estudio, la regeneración que ocurre en los cultivos de café que son abandonados se relaciona, entre otros factores, con el tiempo de abandono, por lo que en este estudio se espera una mayor similitud en estructura y composición florística, entre el cafetal con más años de abandono y el fragmento de selva.

4. Objetivo general

Evaluar la regeneración de las especies nativas de la selva alta perennifolia en dos cafetales abandonados en el municipio de Colipa, Veracruz.

4.1 Objetivos particulares

1. Evaluar la estructura de la vegetación de especies leñosas en un fragmento de selva alta perennifolia y en dos cultivos de café abandonados; en términos de densidad, área basal y altura promedio.
2. Evaluar la composición florística de especies leñosas en un fragmento de selva alta perennifolia y en dos cultivos de café abandonados; en términos de riqueza, biodiversidad y especies dominantes.
3. Evaluar las condiciones de vegetación a nivel del suelo en términos de cobertura de herbáceas, hojarasca y pedregosidad en el fragmento de selva y los cafetales abandonados.

5. Método

5.1 Sitio de estudio

El municipio de Colipa se localiza en la zona centro norte del estado de Veracruz (figura 1), en las estribaciones de la sierra de Chiconquiaco, ocupa 129.60 km² de la superficie estatal y colinda con los municipios de Misantla, Vega de Alatorre, Juchique de Ferrer y Yecuatla (Gobierno del estado de Veracruz, 1998). El municipio está ubicado en la cuenca del Río Nautla (Gobierno del estado de Veracruz, 1998). El clima es principalmente cálido húmedo con lluvias todo el año (corresponde a los sitios estudiados) en el 64 % del territorio municipal, cálido húmedo con cuantiosas lluvias en verano en un 28 % del territorio y semicálido húmedo con lluvias todo el año en el resto del municipio (Gobierno del estado de Veracruz, 1988). La temperatura media anual es de 22 - 26 °C y el promedio de precipitación anual es de 1900-2100 mm (Gobierno del estado de Veracruz, 1988). Los suelos reconocidos en el municipio son luvisol y vertisol; los primeros presentan arcilla en el subsuelo, son ricos

en nutrientes y tienen un alto grado de erosión; los segundos son suelos arcillosos, duros para la labranza y en época de sequía se les forma grietas anchas y profundas (Gobierno del estado de Veracruz, 1998; Mallén-Rivera y Esparza-Pérez, 2006). Los tipos de vegetación registrados para el municipio de Colipa son selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y encinares de baja altitud con *Quercus oleoides* como especie dominante (Gómez-Pompa, 1966 y 1977; Gobierno del estado de Veracruz, 1998; INEGI, 2017).

Los cafetales abandonados están ubicados en las localidades denominadas Ixtacapan y La Monetaria (Figura 1). En Ixtacapan está situado también el fragmento de selva alta perennifolia y se ubica entre las coordenadas 19°55'45" LN y 96°44'32" LW, a 160 msnm. La localidad está a una distancia aproximada de 1.60 km de la cabecera municipal. El cafetal situado en Ixtacapan tiene 25 años de abandono y se encuentra adyacente al fragmento, sin delimitación física entre ambos, es decir una sola propiedad, por lo que se usaron como referencia las mismas coordenadas del fragmento. El predio está delimitado con un alambrado, por lo que los animales de pastoreo no tienen acceso. En este cafetal las especies que fueron dejadas para sombra de los cafetos fueron ojite (*Brosimum alicastrum*), guacamayo (*Cupania dentata*), Higuera (*Ficus* sp.), Chalahuite (*Inga vera*) y aguacate (*Persea americana*) (Aquino-Basurto, comunicación personal).

La localidad de La Monetaria está ubicada entre las coordenadas 19°57'9.50" LN Y 96°43'31.20" LW, a 220 msnm y a una distancia aproximada de 3 km de la cabecera municipal. En esta localidad se encuentra el cafetal con 30 años de abandono. El terreno en sus colindancias se encuentra sin delimitación física, ya que sólo una pequeña fracción tiene un alambrado, por lo que es de fácil acceso a personas y esporádicamente ingresan animales de pastoreo. En el cafetal de La Monetaria las especies que se dejaron para sombra del café fueron ojite (*Brosimum alicastrum*) zapote prieto (*Diospyros nigra*), higuera (*Ficus colubrinae*) calabazo (*Hernandia sonora*), aguacate (*Persea americana*) y jobo (*Spondias mombin*) (Aquino-Basurto, comunicación personal).

El fragmento de selva alta perennifolia, ubicado en la localidad de Ixtacapan, tiene aproximadamente 45 años sin disturbio. Según las observaciones previas, se puede predecir que se encuentra en un estado de sucesión avanzado por presentar especies de selvas primarias como *Brosimum alicastrum*, *Ceiba pentandra*, *Cupania dentata*, *Dendropanax arboreus*, *Licaria capitata*, *Pleuranthodendron lindenii* y *Pseudolmedia glabrata*. Este

fragmento está adyacente a uno de los cafetales abandonados, por lo que ambos sitios comparten especies arbóreas y arbustivas. Se seleccionó adjunto al cafetal debido a que son raros los remanentes de selva en la zona y por el acceso que se tuvo al sitio.

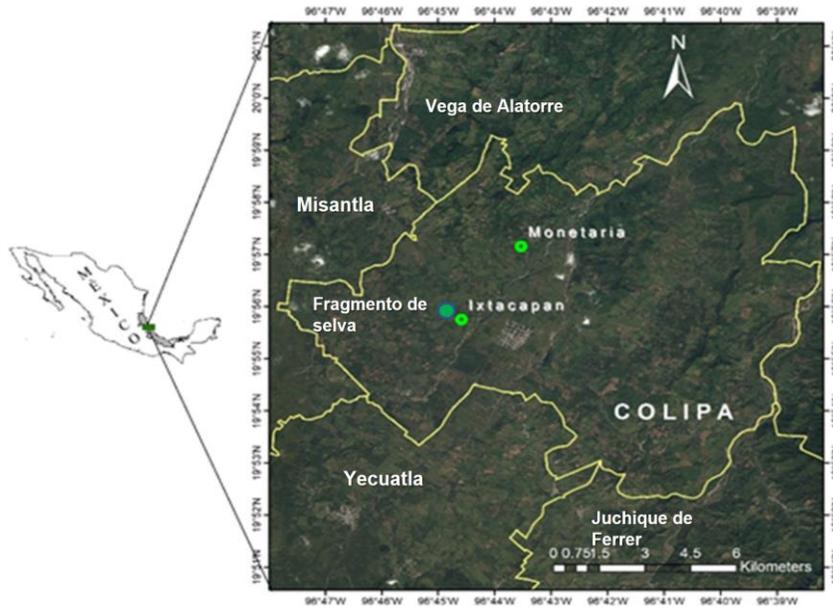


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de estudio en el municipio de Colipa, Veracruz, correspondientes a los cafetales abandonados y al fragmento de selva, en las localidades de Ixtacapan y La Monetaria.

5.2 Muestreo de vegetación

Se hicieron muestreos de vegetación en el fragmento de selva alta perennifolia y en los dos cafetales abandonados para estimar la estructura y composición de especies vegetales leñosas mediante el método de Gentry (1995) modificado por Boyle (1996). Este método consiste en marcar transectos de 2 x 50 m, en donde se miden alturas y diámetros de plantas leñosas. Para este estudio se marcaron 8 transectos de manera aleatoria en cada uno de los tres sitios (fragmento de selva, cafetal de Ixtacapan y cafetal de La Monetaria). A lo largo de cada transecto se registraron los individuos leñosos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 5 cm (Figura 2). Se midieron alturas de los árboles con una garrocha graduada y los diámetros con una cinta diamétrica. Además, en los transectos se realizó un conteo de palmas chamedor (*Chamaedorea* spp.) por ser elementos característicos de este tipo de vegetación (Rzedowski, 1978).

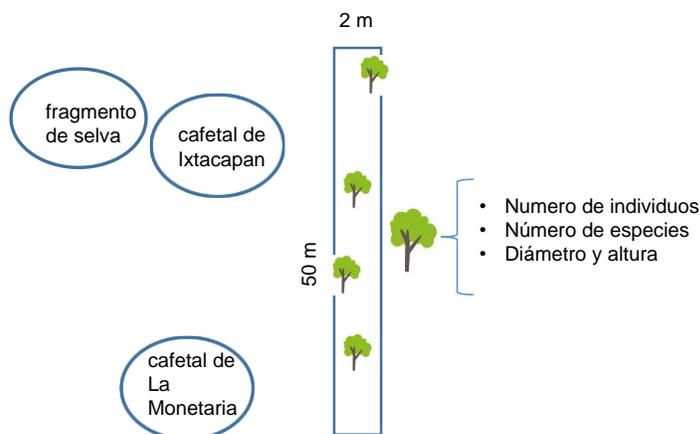


Figura 2. Representación esquemática del muestreo en transectos de 50 x 2 m

En cada uno de los transectos se marcaron de forma aleatoria tres cuadrantes de 2 x 2 m (con el método de Mostacedo y Fredericksen, 2000) para el registro de las especies del estrato arbustivo (individuos leñosos > 30 cm de alto y con un diámetro < 5 cm) y plántulas de especies leñosas (individuos ≤ 30 cm de alto) (Figura 3). Además, en los cuadrantes, mediante observaciones directas, se estimaron porcentajes de la cobertura de herbáceas, de pastos, de hojarasca y de piedras.

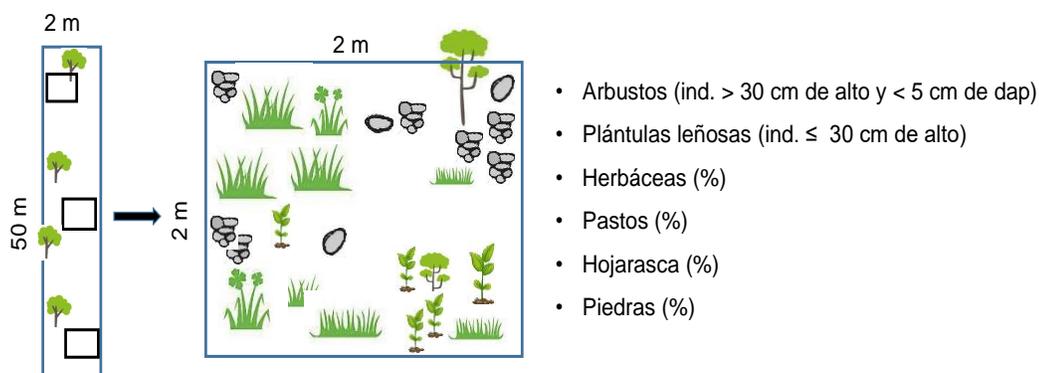


Figura 3. Representación esquemática del muestreo en cuadrantes de 2 x 2 m

Se realizó la colecta de ejemplares botánicos de acuerdo con las técnicas del manual de herbario de Lot y Chiang (1986); para lo cual se tomaron muestras de plantas con flor o fruto, se herborizaron, se colocaron en una prensa y se secaron en estufa eléctrica. Para la determinación de los nombres científicos se consultó bibliografía como los fascículos de la flora de Veracruz, flora de Mesoamérica, flora de Nicaragua y Flora del Bajío. También se consultó a taxónomos para la determinación de ejemplares. Los nombres de las especies están

escritos conforme a la base de datos nomenclatural W3Tropicos del Jardín Botánico de Missouri.

5.3 Análisis de datos

Para evaluar el esfuerzo del muestreo se hicieron curvas de acumulación de especies utilizando el programa de EstimateS para Windows versión 9 (Colwell, R.K. y J.E. Elsensohn, 2014). Las curvas muestran la acumulación de especies en función del número de muestras; es decir, evalúa si el muestreo realizado registra la mayoría de las especies del sitio. Se utilizó el estimador Chao 1 para el manejo de datos de abundancia que indica el número de especies esperado en cada muestra (Villarreal *et al.*, 2004).

En cada sitio con los datos registrados para árboles (individuos con $dap \geq 5$ cm) se calculó la densidad y el área basal por área muestreada (800 m^2), así como la altura promedio del dosel. Para los arbustos y plántulas se calculó la densidad por área muestreada (96 m^2). Se obtuvieron los datos de densidad extrapolados a una ha para los tres sitios en los tres estratos. En cuanto a la composición florística, para cada sitio se registró la riqueza total de los tres estratos (árboles, arbustos y plántulas). Para árboles se estimó la biodiversidad y el índice de Valor de Importancia (IVI).

Para obtener la biodiversidad de los sitios estudiados, se usaron los índices de Shannon-Wiener y Simpson mediante el programa Past 4.04 para Windows. El índice de Shannon-Wiener expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, usando la siguiente formula: $H' = -\sum p_i \ln p_i$, donde p_i = abundancia proporcional de la especie “i” y \ln = logaritmo natural (Moreno, 2001). El índice de Simpson se basa en la importancia de las especies más dominantes y utiliza la siguiente fórmula: $\lambda = \sum p_i^2$; donde p_i = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra (Moreno, 2001).

Para determinar las especies de árboles dominantes en cada sitio, se calculó el índice de valor de importancia relativa (IVI) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), el cual es la sumatoria de los valores relativos de la densidad, la dominancia y la frecuencia: $IVI = \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}$, en donde:

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

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \times 100$$

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

La similitud desde el punto de vista florístico entre los tres sitios (fragmento de selva y cafetales) se calculó mediante el Coeficiente de Similitud de Jaccard (Moreno, 2001) con la siguiente fórmula: $Ij = \frac{c}{a+b-c}$ donde a= número de especies presentes en el sitio A, b= número de especies presentes en el sitio B y c= número de especies presentes en ambos sitios A y B.

Para el análisis estadístico, las variables de respuesta (área basal, altura, densidad, cobertura de hierba y cobertura de hojarasca) fueron analizadas con un Modelo Lineal Generalizado (MLG), donde el diseño correspondió a un factor fijo y anidados para contrastar entre sitios. Los factores anidados fueron el transecto y el cuadro, de acuerdo con la variable de respuesta. Se verificó que las variables cumplieran con los supuestos de distribución de error normal (función gaussiana) y la homogeneidad de varianzas. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico JMP 9.0.1 y se verificaron los supuestos de las técnicas aplicadas JMP 9 (SAS Institute, Inc. Cary NC 1989-2010).

Para evaluar el estatus de regeneración de las especies se usó el método de Malik y Bhatt (2016), el cual se basa en la densidad de plántulas, juveniles y adultos de especies leñosas, expresándose de la siguiente manera:

- 1) Buena regeneración. Si la densidad de plántulas es mayor que la densidad de juveniles y la de juveniles es mayor que los adultos.
- 2) Pobre regeneración. Si solo se encuentran adultos y algunos juveniles.
- 3) Sin regeneración. Si una especie está presente sólo en forma adulta.
- 4) Nueva regeneración. Si la especie no tiene adultos, sólo plántulas o juveniles; es decir que llegaron de otros sitios.

6. Resultados

6.1 Esfuerzo de muestreo

En las gráficas de acumulación de especies, el eje Y muestra el número de especies acumuladas y el eje X muestra el número de unidades de muestreo o el incremento del número de individuos. La gráfica presenta el número de especies observadas y los valores esperados (estimador Chao 1). Se tiene un buen muestreo cuando la curva presenta asíntota. Para el estrato arbóreo del fragmento de selva, según el estimador Chao 1, se podrían encontrar hasta 47 especies, sin embargo, en el muestreo se observaron 34 especies. Para el cafetal de Ixtacapan la estimación en este estrato es de 44 especies y se observaron 32 especies. En el cafetal de la Monetaria se estimaron 41 especies y se registraron 23 especies. En el fragmento de selva y en el cafetal de Ixtacapan se observa una asíntota en la curva, a diferencia del cafetal de La Monetaria (Figura 4).

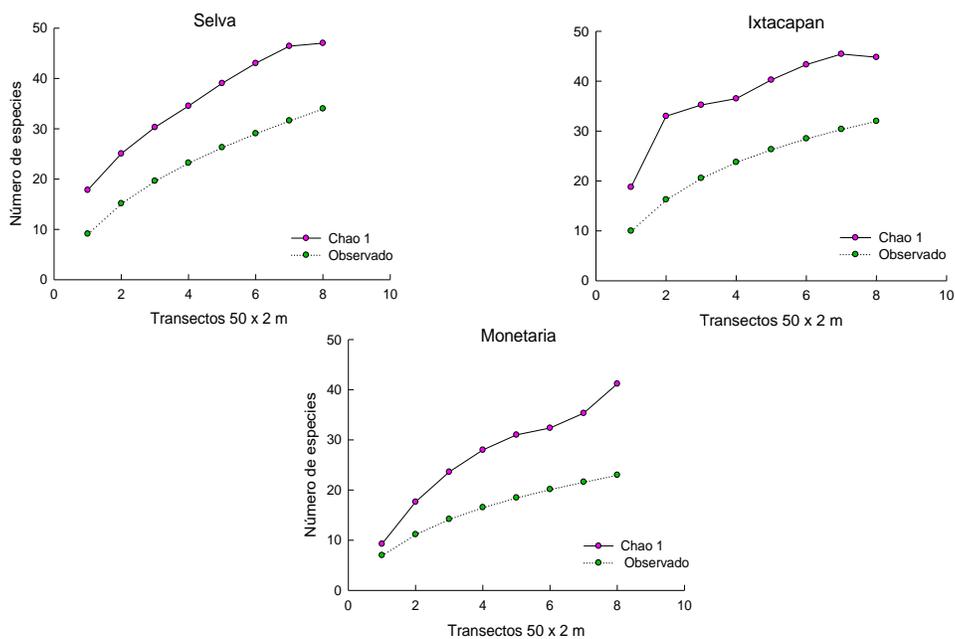


Figura 4. Curvas de acumulación de especies del muestreo en el estrato arbóreo del fragmento de selva, del cafetal de Ixtacapan y del cafetal de La Monetaria.

Para el estrato arbustivo se estima, según Chao 1, que el fragmento de selva puede tener 40 especies y el muestreo arrojó 25 especies. Para el cafetal de Ixtacapan se estimaron 47 especies y se observaron 32 especies; mientras que para el cafetal de La Monetaria las 16

especies estimadas para el estrato arbustivo, fueron registradas en el muestreo (Figura 5). En el muestreo del estrato arbustivo la asíntota se observa en la gráfica del cafetal de La Monetaria y se aproxima en la gráfica del Cafetal de Ixtacapan.

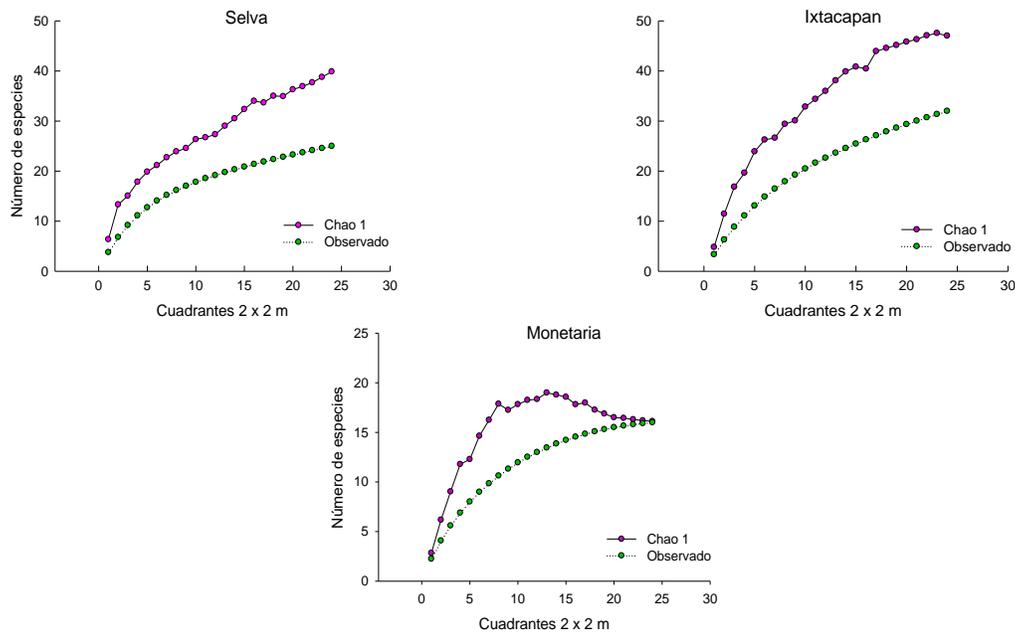


Figura 5. Curvas de acumulación de especies del muestreo en el estrato arbustivo del fragmento de selva, del cafetal de Ixtacapan y del cafetal de La Monetaria.

Las estimaciones para las plántulas muestran valores muy cercanos a lo observado para todos los sitios, ya que las tres gráficas muestran asíntota. Así se tiene que, según el estimador Chao 1, en el fragmento de selva se estiman 24 especies y se observaron 21 especies. Para el cafetal de Ixtacapan se estimaron 23 especies y se observaron 21 especies. Para el cafetal de La Monetaria la estimación fue de 19 especies y se observaron 18 especies (Figura 6).

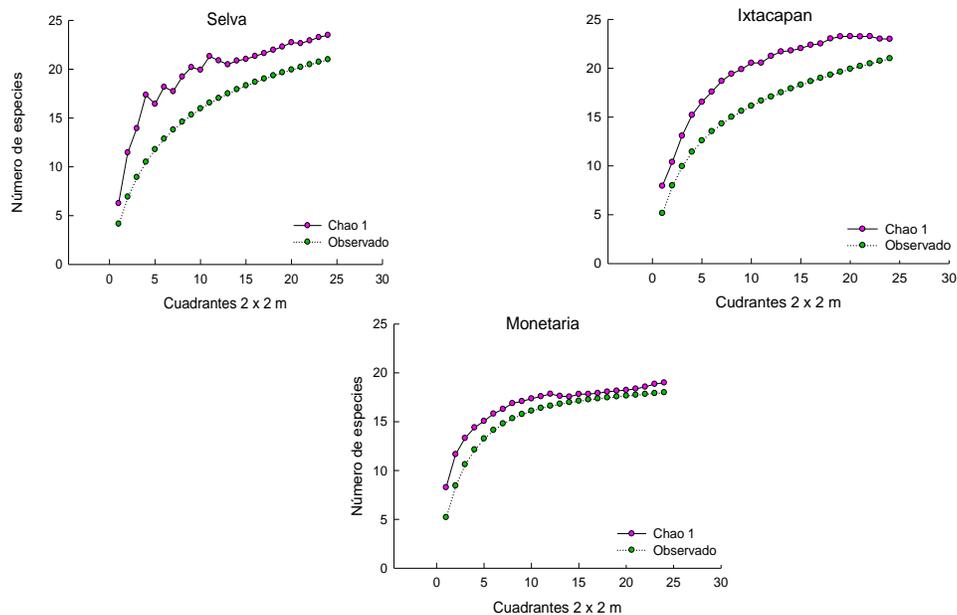


Figura 6. Curvas de acumulación de especies del muestreo en plántulas del fragmento de selva, del cafetal de Ixtacapan y del cafetal de La Monetaria .

6.2 Estructura de la vegetación del fragmento de selva y los cafetales abandonados

En cuanto a la densidad arbórea se contrastaron los valores promedio y en el cafetal de La Monetaria fue donde se registró el promedio más alto (Tabla 1). El cafetal de La Monetaria presenta la densidad mayor (118 ind/800 m²) seguido por el fragmento de selva (115 ind/800 m²) y el cafetal de Ixtacapan (112 ind/800 m²) (Tabla 2). La densidad de arbustos no contrastó en el comparativo entre sitios; en cambio, la densidad de plántulas sí fue diferente en los valores promedios, debido a que en el fragmento de selva fue donde se registró la mayor densidad (478 ind/96 m²), seguido del cafetal de Ixtacapan (355 ind/96 m²) y del cafetal de La Monetaria (276 ind/96 m²) (Tablas 1 y 3). Los datos extrapolados a una ha para los tres estratos en los tres sitios se encuentran en la tabla 4.

Respecto al área basal no hubo contraste entre los valores promedios (Tabla 1). El valor más alto se presentó en el cafetal de Ixtacapan (8.17 m²/800m²), seguido del cafetal de La Monetaria (6.61 m²/800m²) y del fragmento de selva (5.85 m²/800 m²) (Tabla 2). Lo anterior señala que en el cafetal de Ixtacapan, sitio con menor densidad en el estrato arbóreo, es donde se presentan los árboles con mayor diámetro. Al extrapolar los datos a una hectárea

quedan de la siguiente manera: fragmento de selva 73.12 m²/ha, cafetal de Ixtacapan 102.12 m²/ha y cafetal de La Monetaria 82.62 m²/ha, respectivamente.

Tabla 1. Fuente de variación para las variables de estructura de vegetación registradas en los tres sitios

Variables/Sitios	F Sitio [trans]	Fragmento de selva	Cafetal de Ixtacapan	Cafetal de La Monetaria	F Sitio
Densidad árboles	0.72	1.5± 0.13	1.4± 0.13	2.1± 0.15	5.69**
Densidad arbustos	0.73	1.4± 0.09	1.4± 0.10	1.2± 0.11	0.16
Densidad plántulas	3.09*	4.9± 1.03	2.9± 0.90	2.1± 0.88	7.74 **
Area basal (m ²)	1.58	0.049± 0.008	0.063± 0.008	0.043± 0.007	0.19
Altura (m)	0.23	12.44± 0.72	16.29± 0.73	13.26± 0.69	9.87 **

*P>0.01 ** P<0.001 valores correspondientes al modelo de factor fijo y anidado.

Tabla 2. Densidad (ind/800 m²), área basal (m²/800 m²) y altura media (m) de los árboles con dap ≥ 5 cm registrados en los tres sitios. Los valores se presentan de acuerdo con el área muestreada (800 m²)

Estructura/sitio	Fragmento de selva	Cafetal de Ixtacapan	Cafetal de La Monetaria
Densidad	115 ± 2.07	112 ± 1.50	118 ± 1.55
Área Basal	5.85 ± 0.17	8.17 ± 0.26	6.61 ± 0.23
Altura	12.33	16.68	13.28

Tabla 3. Densidad (ind/96 m²) de arbustos (individuos > 30cm de altura y dap < 5 cm) y plántulas de especies leñosas (individuos ≤ 30 cm de altura) en los tres sitios. Los valores se presentan de acuerdo con el área muestreada (96 m²)

Densidad de arbustos y plántulas			
Formas de vida/sitio	Fragmento de selva	Cafetal de Ixtacapan	Cafetal de La Monetaria
Arbustos	131	114	69
Plántulas	478	355	276

Tabla 4. Concentrado de densidades de los tres estratos para los tres sitios. Datos extrapolados a una ha

Estratos/Sitios	Fragmento de selva	Cafetal de Ixtacapan	Cafetal de La Monetaria
(Ind/ha)			
Árboles	1,437	1,400	1,475
Arbustos	13,645	11,875	7,187
Plántulas	47,791	36,979	28,750

En el fragmento de selva, *Dendropanax arboreus* (1.18 m²) y *Mangifera indica* (1.32 m²) presentan los valores más altos de área basal. En el cafetal de Ixtacapan, las especies con la mayor área basal son *Bursera simaruba* (1.51 m²), *D. arboreus* (1.04) y *M. indica* (2.76 m²). En tanto que, en el cafetal de La Monetaria las especies con la mayor área basal son *Castilla elastica* (1.83 m²) y *Ficus colubrinae*. (1.53 m², Figura 7).

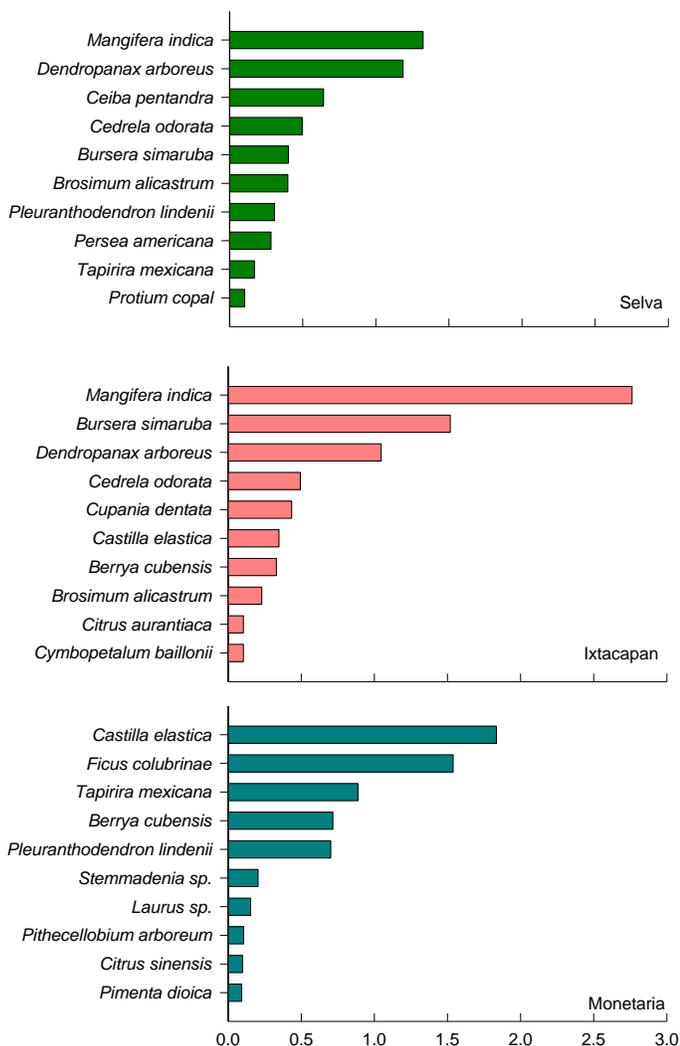


Figura 7. Especies de árboles con mayor aporte de área basal en el fragmento de selva, en el cafetal de Ixtacapan y en el cafetal de La Monetaria.

En cuanto a la altura del estrato arbóreo, hubo diferencias entre sitios, el cafetal de Ixtacapan tiene los árboles más altos (Tabla 1). En el fragmento de selva se obtuvo un promedio de altura de 12.33 m, en el cafetal de Ixtacapan el promedio fue de 16.68 m y en el cafetal de la Monetaria de 13.28 m respectivamente (Tabla 2). En la selva, las especies de

mayor altura fueron *Ceiba pentandra* (28 m), representada por un solo individuo y *Dendropanax arboreus* (23.81 m promedio). En el cafetal de Ixtacapan sobresalieron en altura las especies *Aphananthe monoica* con 26 m, *Berrya cubensis* (26 m promedio); así como *Bursera simaruba* (25 m promedio). En el cafetal de La Monetaria las especies con los árboles más altos fueron *Ficus colubrinae* de 27 m (un solo individuo), *Nectandra* sp. de 23 m (representada por un individuo) y *Castilla elastica* (21 m promedio), cuyos individuos llegaron a los 26 y 27 m (Figura 8).

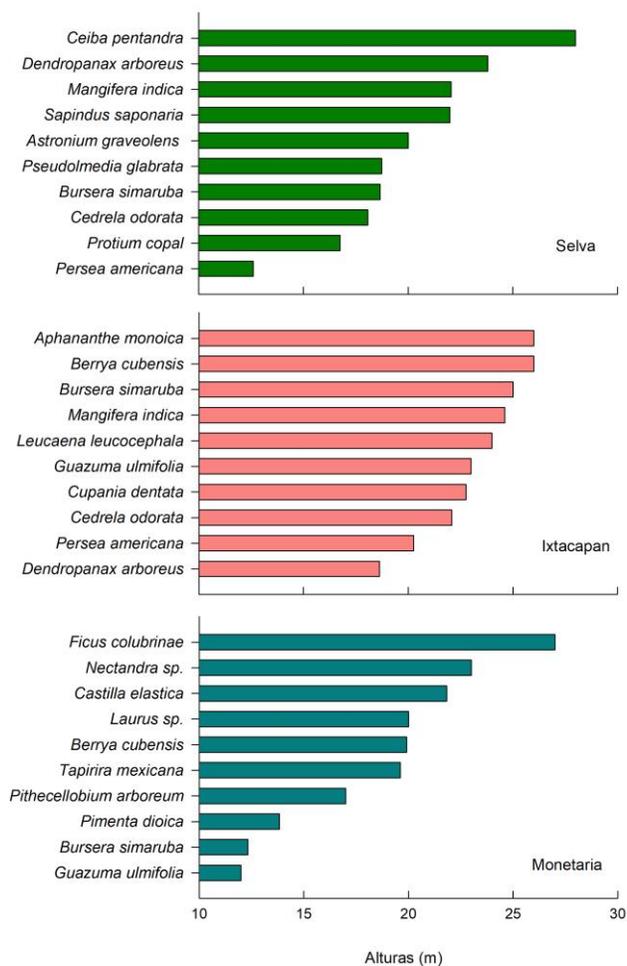


Figura 8. Especies de árboles con mayor altura (m) en el fragmento de selva, en el cafetal de Ixtacapan y en el cafetal de La Monetaria).

En lo referente a los diámetros, en los tres sitios la distribución de clases es similar. La mayoría de los individuos en los tres sitios se ubican en clases menores a 30 cm dap, el número de individuos en clases de 30 a 50 cm dap disminuye y hay pocos individuos con diámetros mayores a 50 cm. En el fragmento de selva especies como *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra* y *Dendropanax arboreus* tuvieron más de 50 cm de dap. En el cafetal de Ixtacapan, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Dendropanax arboreus* y *Mangifera indica* excedieron los 50 cm de dap. En el cafetal de La Monetaria las especies con más de 50 cm de dap fueron *Berrya cubensis*, *Castilla elastica*, *Ficus colubrinae* y *Tapirira mexicana*. En todos los sitios la curva es muy cercana a una “J” invertida (Figura 9).

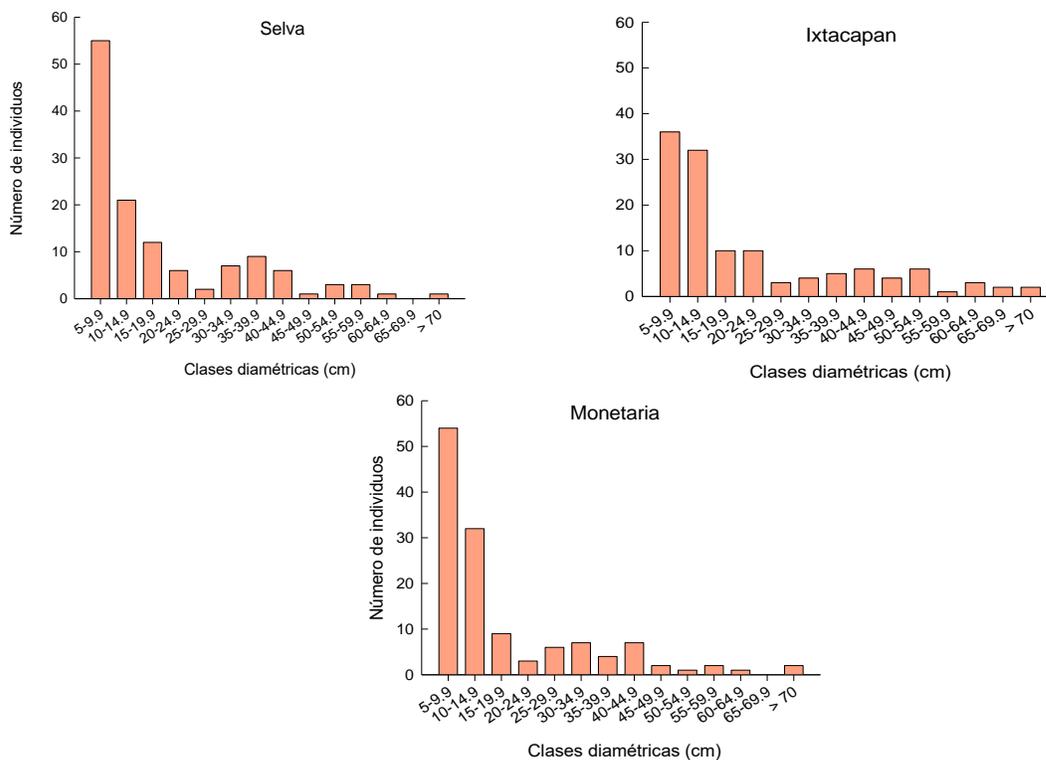


Figura 9. Distribución de los individuos del estrato arbóreo en clases diamétricas de cada uno de los sitios (fragmento de selva, cafetal de Ixtacapan y cafetal de La Monetaria).

6.3 Composición florística del fragmento de selva y los cafetales abandonados

La composición florística de los sitios estudiados comprende aquellas especies leñosas que se encontraron desde plántulas hasta árboles. Para el fragmento de selva se registraron 44 especies, 43 géneros y 23 familias (Tabla 5). Las familias mejor representadas fueron Malvaceae y Moraceae, con cuatro especies cada una; así como Anacardiaceae, Lauraceae, Myrtaceae y Sapindaceae, las cuales tuvieron tres especies cada una.

En el cafetal de Ixtacapan, con 25 años de abandono, se encontraron 47 especies, 44 géneros y 25 familias. Las familias más representativas fueron Fabaceae, con seis especies; Lauraceae, con cinco especies; Meliaceae, Moraceae, Myrtaceae y Rutaceae con tres especies cada una. En el cafetal de La Monetaria, con 30 años de abandono, se encontró un total de 29 especies, 28 géneros y 20 familias. Las familias más diversas fueron Moraceae con cuatro especies; así como Lauraceae y Myrtaceae que tuvieron tres especies cada una.

Tabla 5. Riqueza florística en el fragmento de selva y en los cafetales abandonados, se incluye el número de especies por estrato

Sitios	Familias	Géneros	Especies	Número de especies por estrato		
				Árboles	Arbustos y juveniles	Plántulas
Fragmento de selva	23	43	44	34	25	21
Cafetal de Ixtacapan	25	44	47	32	32	21
Cafetal de La Monetaria	20	28	29	23	16	18

En los tres sitios la mayoría de las especies presentes son nativas de la SAP y solo aproximadamente un 14 % son cultivadas. Algunas especies silvestres se dejaron como sombra para el café cuando se establecieron los cultivos, entre las más comunes se encuentran *Brosimum alicastrum* y *Persea americana*. Especies como *Mangifera indica* y *Syzygium jambos* fueron introducidas; en tanto que otras como *Carica papaya*, *Citrus aurantiaca* y *Citrus sinensis*, pudieron llegar de los cultivos cercanos (Tabla 6).

Dentro de los transectos de 50 x 2 también se registró presencia de palmas chamaedor, se encontraron 2 especies: *Chamaedorea elegans* y *Chamaedorea oblongata*. En conjunto, de estas palmas en el fragmento de selva se obtuvo una densidad de 7,350 ind/ha, en el cafetal de Ixtacapan 14,212 ind/ha y en el cafetal de La Monetaria 13,375 ind/ha.

Aunque no se planteó el registro de todas las formas de vida, consideramos importante reportar la presencia de *Vanilla planifolia*, por ser un elemento característico de la selva y

por mencionarse en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2019).
 La especie fue vista en el fragmento de selva y en el cafetal de Ixtacapan.

Tabla 6. Especies dejadas para sombra del café al inicio del cultivo y especies cultivadas encontradas al momento del estudio		
Sitios	Para sombra de café	cultivadas
Cafetal de Ixtacapan	<i>Brosimum alicastrum</i> (ojite) <i>Cupania dentata</i> (guacamayo) <i>Ficus</i> sp. (higuera) <i>Inga vera</i> (chalahuite) <i>Persea americana</i> (aguacate)	<i>Bauhinia variegata</i> var. <i>candida</i> (pata de cabra) <i>Carica papaya</i> (papayo) <i>Citrus aurantiaca</i> (naranja chino) <i>Citrus sinensis</i> (naranja de jugo) <i>Inga vera</i> (chalahuite) <i>Leucaena leucocephala</i> (guaje) <i>Mangifera indica</i> (mango) <i>Syzygium jambos</i> (poma rosa)
Cafetal de La Monetaria	<i>Brosimum alicastrum</i> (ojite) <i>Diospyros nigra</i> (zapote prieto) <i>Ficus colubrinae</i> (higuera) <i>Hernandia sonora</i> (calabazo) <i>Persea americana</i> (aguacate) <i>Spondias mombin</i> (jobo)	<i>Citrus aurantiaca</i> (naranja chino) <i>Citrus sinensis</i> (naranja de jugo) <i>Syzygium jambos</i> (poma rosa)

De acuerdo con los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, el estrato arbóreo en el fragmento de selva y en el cafetal de Ixtacapan son muy similares, ambos sitios presentaron los valores más altos de diversidad en este estrato (Tabla 7). En el estrato arbustivo, el valor más alto con estos índices se obtuvo para el cafetal de Ixtacapan. En plántulas los valores más altos de diversidad los presentó el cafetal de La Monetaria.

Tabla 7. Índices de biodiversidad de Shannon-Wiener y Simpson, para árboles, arbustos y plántulas en el fragmento de selva y en los cafetales abandonados						
Sitio	Shannon-Wiener			Simpson		
	Árboles	Arbustos	Plántulas	Árboles	Arbustos	Plántulas
Fragmento de selva	3.07	2.73	1.46	0.93	0.91	0.58
Cafetal de Ixtacapan	3.13	3.08	2.14	0.94	0.94	0.82
Cafetal de La Monetaria	2.37	2.39	2.43	0.84	0.87	0.88

Se calculó el índice de valor de importancia (IVI) para los individuos del estrato arbóreo en los tres sitios (Figura 10 y Anexo 2). En el fragmento de selva y en el cafetal de Ixtacapan, aproximadamente el 50 % del valor total del IVI se representó por seis especies. Estas especies son *Brosimum alicastrum*, *Castilla elastica*, *Dendropanax arboreus*, *Mangifera indica*, *Persea americana* y *Pleuranthodendron lindenii*, para el fragmento. Para el cafetal de Ixtacapan las seis especies que aportan aproximadamente el 50 % del valor total

del IVI son *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Cupania dentata*, *Dendropanax arboreus*, *Mangifera indica* y *Pleuranthodendron lindenii*. En el cafetal de La Monetaria el 50 % del valor del IVI se representó por 4 especies: *Castilla elastica*, *Ficus colubrinae*, *Pleuranthodendron lindenii* y *Tapirira mexicana*.

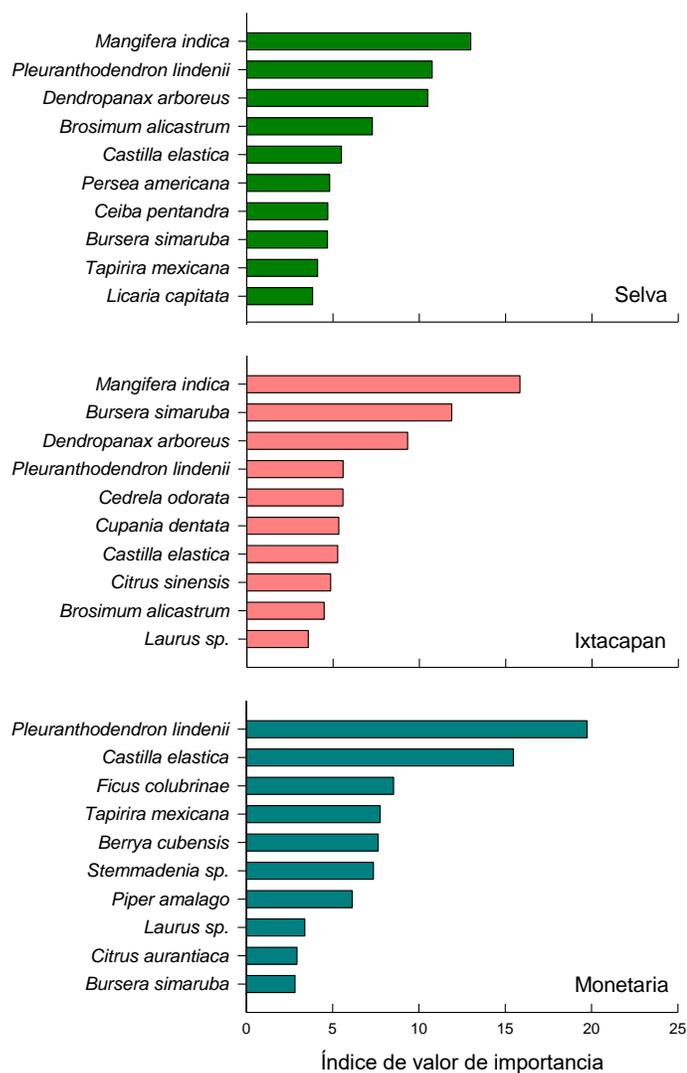


Figura 10. Índice de valor de importancia en el fragmento de selva, en el cafetal de Ixtacapan y en el cafetal de La Monetaria. La gráfica tiene las diez especies con los valores más altos.

Los sitios con mayor similitud de acuerdo con las especies presentes en el estrato arbóreo (según el Índice de Jaccard), son el fragmento de selva y el cafetal de Ixtacapan (Tabla 8). Se encontraron especies únicas en cada sitio, incluyendo los tres estratos tenemos que, en el fragmento de selva son siete especies únicas; en el cafetal de Ixtacapan son doce especies y en el cafetal de La Monetaria dos especies (Tabla 9).

Tabla 8. Coeficiente de similitud de Jaccard para el estrato arbóreo, comparaciones entre el fragmento de selva y los cafetales abandonados. Número de especies es común entre paréntesis.

Sitio	Fragmento de Selva	Cafetal de Ixtacapan	Cafetal de La Monetaria
Fragmento de selva		0.62 (30)	0.56 (27)
Cafetal de Ixtacapan			0.55 (24)

Tabla 9. Especies únicas en cada sitio

Fragmento de selva	Cafetal de Ixtacapan	Cafetal de La Monetaria
<i>Amphitecna apiculata</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Heliocarpus donnellsmithii</i> , <i>Astronium graveolens</i> , <i>Pseudolmedia glabrata</i> , <i>Sapindus saponaria</i> y <i>Tabebuia</i> sp.	<i>Annona</i> sp., <i>Coccoloba</i> sp., <i>Cymbopetalum baillonii</i> , <i>Inga vera</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Manilkara zapota</i> , <i>Persea schiedeana</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Swietenia macrophylla</i> , <i>Yucca guatemalensis</i> , <i>Zanthoxylum caribaeum</i> y <i>Baccharis</i> sp.	<i>Urera</i> sp. <i>Ficus colubrinae</i>

6.4 Regeneración de especies

Las especies que muestran una buena regeneración registran la presencia de árboles adultos y reclutas (como juveniles y plántulas). En los sitios estudiados, varias de las especies de la SAP que tienen valores altos de IVI presentan una buena regeneración; por ejemplo: *Brosimum alicastrum*, *Cupania dentata*, *Laurus* sp., *Pleuranthodendron lindenii* y *Tapirira mexicana*. Más del 25 % de las especies encontradas en cada uno de los sitios, muestran buena regeneración (Tabla 10).

Algunas especies con valores altos de IVI en el fragmento de selva, no se están regenerando; por ejemplo, *Cedrela odorata* y *Ceiba pentandra*. También *Berrya cubensis* con IVI alto en ambos cafetales, solo se está regenerando en el cafetal de La Monetaria. Aproximadamente un 30 % de las especies por sitio no se están regenerando (Tabla 10). Especies como *Carica papaya*, *Eugenia capuli*, *Exothea paniculata*, *Trichilia havanensis* y *Swietenia macrophylla* se consideran nuevas en los sitios ya que solo se encontraron juveniles o plántulas.

En el caso de los naranjos, mismos que llegaron por dispersión, ya que no fueron sembrados, se registraron ejemplares adultos en los tres sitios, pero únicamente se observó buena regeneración para *Citrus aurantiaca* en el cafetal de Ixtacapan. En cuanto a las especies dejadas para sombra en el cafetal de Ixtacapan, las que presentaron buena regeneración fueron *Brosimum alicastrum* y *Cupania dentata*; en cambio, en *Inga vera* y *Persea americana* la regeneración fue pobre. En el cafetal de La Monetaria, de las especies

dejadas para sombra, *Brosimum alicastrum* y *Diospyros nigra* observan buena regeneración; mientras que especies como *Ficus colubrinae* y *Persea americana* no se están regenerando (Tabla 10).

Tabla 10. Clasificación de las especies en las distintas categorías de regeneración con sus porcentajes. Las categorías son: buena, pobre, sin regeneración (SR) y nuevos (especies que llegan de otros sitios). Las especies están caracterizadas como silvestres, silvestres de sombra y cultivadas.

Fragmento de selva				
Caracterización de las especies/Categoría de regeneración	Buena 30 %	Pobre 16 %	SR 32 %	Nuevos 22 %
Silvestres	<i>Ardisia compressa</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Castilla elastica</i> , <i>Cupania dentata</i> , <i>Daphnopsis</i> sp., <i>Dendropanax arboreus</i> , <i>Laurus</i> sp., <i>Licaria capitata</i> , <i>Pleuranthodendron lindonii</i> , <i>Piper amalago</i> , <i>Tapirira mexicana</i>	<i>Aphananthe monoica</i> , <i>Persea americana</i> , <i>Protium copal</i> , <i>Sapindus saponaria</i>	<i>Berrya cubensis</i> , <i>Casearia</i> sp., <i>Cedrela odorata</i> , <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Diospyros nigra</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Heliocarpus donnellsmithii</i> , <i>Iresine arbuscula</i> , <i>Astronium graveolens</i> , <i>Pseudolmedia glabrata</i> , <i>Stemmadenia</i> sp., <i>Tabebuia</i> sp., <i>Trophis racemosa</i>	<i>Amphitecna apiculata</i> , <i>Bunchosia</i> sp., <i>Eugenia capuli</i> , <i>Exothea paniculata</i> , <i>Pimenta dioica</i> , <i>Piscidia piscipula</i> , <i>Pithecellobium arboreum</i> , <i>Trichilia havanensis</i> .
Cultivadas	<i>Mangifera indica</i>	<i>Citrus aurantiaca</i> , <i>Coffea arabica</i> , <i>Syzygium jambos</i>	<i>Citrus sinensis</i>	<i>Bauhinia variegata</i> var. <i>candida</i> <i>Carica papaya</i>
Cafetal de Ixtacapan				
Caracterización de las especies/Categoría de regeneración	Buena 26 %	Pobre 10 %	SR 29 %	Nuevos 35 %
Silvestres	<i>Bursera simaruba</i> , <i>Castilla elastica</i> , <i>Daphnopsis</i> sp., <i>Dendropanax arboreus</i> , <i>Laurus</i> sp., <i>Licaria capitata</i> , <i>Pleuranthodendron lindonii</i> , <i>Piper amalago</i>	<i>Aphananthe monoica</i> , <i>Nectandra</i> sp., <i>Pithecellobium arboreum</i>	<i>Annona</i> sp., <i>Berrya cubensis</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cymbopetalum baillonii</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Manilkara zapota</i> , <i>Piscidia piscipula</i> , <i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Protium copal</i> , <i>Stemmadenia</i> sp., <i>Bunchosia</i> sp.	<i>Ardisia compressa</i> , <i>Baccharis</i> sp., <i>Casearia</i> sp., <i>Coccoloba</i> sp., <i>Eugenia capuli</i> , <i>Exothea paniculata</i> , <i>Pimenta dioica</i> , <i>Swietenia macrophylla</i> , <i>Trichilia havanensis</i> , <i>Yucca guatemalensis</i> , <i>Zanthoxylum caribaeum</i>
Silvestres de sombra	<i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Cupania dentata</i>	<i>Persea americana</i>	<i>Ficus</i> sp.	<i>Persea schiedeana</i>
Cultivadas	<i>Bauhinia variegata</i> var. <i>candida</i> , <i>Mangifera indica</i> , <i>Citrus aurantiaca</i>	<i>Coffea arabica</i> , <i>Inga vera</i>	<i>Citrus sinensis</i> <i>Leucocephala leucocephala</i>	<i>Carica papaya</i> <i>Syzygium jambos</i>

Cafetal de La Monetaria				
Caracterización de las especies/Categoría de regeneración	Buena 31 %	Pobre 21 %	SR 27 %	Nuevos 21 %
Silvestres	<i>Aphananthe monoica</i> , <i>Berrya cubensis</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Laurus</i> sp., <i>Pleuranthodendron lindenii</i> , <i>Pimenta dioica</i> , <i>Tapirira mexicana</i>	<i>Castilla elastica</i> , <i>Piper amalago</i> , <i>Pithecellobium arboreum</i> , <i>Stemmadenia</i> sp., <i>Trichilia havanensis</i>	<i>Dendropanax arboreus</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Iresine arbuscula</i> , <i>Nectandra</i> sp., <i>Urera</i> sp.	<i>Ardisia compressa</i> , <i>Cupania dentata</i> , <i>Eugenia capuli</i> , <i>Trophis racemosa</i>
Silvestres de sombra	<i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Diospyros nigra</i>		<i>Ficus colubrinae</i> , <i>Persea americana</i>	
Cultivadas		<i>Citrus aurantiaca</i> , <i>Coffea arabica</i>	<i>Citrus sinensis</i>	<i>Syzygium jambos</i>

6.5. Cobertura del suelo

En cuanto a la cobertura del suelo, el porcentaje promedio de hierbas y hojarasca fue similar en los tres sitios (Tabla 11). Cabe mencionar que el ajuste de los modelos de factor fijo y anidados en la mayoría no delimitaron contraste para el juego de hipótesis, solo en el caso de la densidad de plántulas se obtuvo un efecto debido a la variación asociada al transecto (Tabla 1).

En los tres sitios la cobertura de herbáceas fue baja; ya que solo del 5 al 7 % estaba cubierto por algunas hierbas y no se registró presencia de pastos en ninguno de los sitios (Tabla 12). Aun cuando no fue estadísticamente significativo, se observaron diferencias en hojarasca, siendo ligeramente mayor en los cafetales que en la selva (Tabla 11). En cuanto a cobertura de piedras, en el fragmento de selva y en el cafetal Ixtacapan fue baja (9 % y 8 %) y en ambos sitios se agrupó en una pequeña área (Tabla 12). En el cafetal de La Monetaria se encontró un mayor porcentaje de piedras (17 %).

Tabla 11. Fuente de variación para las variables de cobertura de suelo registradas en los tres sitios.

	Sitio [cuadro, trans]	Fragmento de selva	Cafetal de Ixtacapan	Cafetal de La Monetaria	F Sitio
Hierbas (%)	0.98	6.8 ± 1.82	5.5 ± 1.82	5.6 ± 1.82	0.85
Hojarasca (%)	0.37	67 ± 6.32	80.1 ± 6.3	74.5 ± 6.32	1.0

*P>0.01 ** P<0.001 valores correspondientes al modelo de factor fijo y anidados.

Tabla 12. Porcentajes de cobertura vegetación herbácea, hojarasca y piedras en el fragmento de selva y en los cafetales abandonados.

Sitio	Cobertura del suelo (%)		
	Herbáceas	Hojarasca	Piedras
Fragmento de selva	7	68	9
Cafetal de Ixtacapan	5	80	8
Cafetal de La Monetaria	5	75	17

7. Discusión

7.1 Estructura de la vegetación

La densidad del estrato arbóreo en el fragmento de selva (1,437 ind/ha) es alta al compararla con una SAP en Tabasco, en donde se reportan 591 ind/ha (Martínez-Sánchez, 2016). En el mismo contexto, una selva mediana subperennifolia de Atoyac, Veracruz tuvo 1,094 ind/ha; (García-Mayoral *et al.*, 2015). En el estado de Hidalgo, en uno de los nueve fragmentos de selva mediana subperennifolia estudiados, específicamente en el que se encontraba en estado sucesional maduro después del abandono de plantaciones de naranja, café o plátano reportan 1,070.9 ind/ha (Granados-Victorino *et al.*, 2017). La densidad en el fragmento resulta menor si la comparamos con una selva mediana subperennifolia de Calakmul en Campeche con 3,688.88 ind/ha (García-Licona *et al.*, 2014). El cafetal de La Monetaria, con 30 años de abandono, presentó una densidad arbórea mayor (1,475 ind/ha) al fragmento de selva y al cafetal de Ixtacapan de 25 años de abandono, este último sitio, fue el que tuvo la menor densidad (1,400 ind/ha). Se han reportado densidades menores a las que se registran para los tres sitios aquí estudiados; por ejemplo, en sistemas agroforestales de café en Atoyac, Veracruz, García-Mayoral *et al.* (2015) reportaron 928 ind/ha y Granados-Victorino *et al.* (2017) en selva mediana subperennifolia en sucesión intermedia derivada de plantaciones de café o plátano en el estado de Hidalgo reportan 1,005.4 ind/ha; sin embargo, los mismos autores en otra localidad, en la cual observaron selva secundaria juvenil, reportan 1,417 ind/ha.

Entre cafetales, la densidad arbórea fue más alta en el cafetal de La Monetaria que en el cafetal de Ixtacapan; sin embargo, en el estrato arbustivo y en plántulas, el cafetal de Ixtacapan tuvo la mayor densidad. La densidad de arbustos y plántulas en el cafetal de Ixtacapan pudo ser favorecida por la cerca que delimita el terrero, con lo que se evita el ingreso de animales de pastoreo de los potreros adyacentes; situación que no se presenta en

el cafetal de La Monetaria, puesto que hay indicios que sugieren que el ganado ocasionalmente ingresa al cafetal buscando sombra, con lo cual no se descarta el ramoneo y el pisoteo de plántulas. Además, se ha observado a personas que entran a cortar árboles juveniles, los cuales ocupan en la fabricación de herramientas, disminuyendo con ello la densidad en el estrato arbustivo y la densidad en plántulas por el pisoteo.

Al comparar las densidades del fragmento de selva con los cafetales, se observa que el fragmento tiene una mayor densidad arbórea que el cafetal de Ixtacapan; sin embargo, la densidad arbórea del fragmento es menor a la densidad arbórea del cafetal de La Monetaria; situación un tanto similar a lo que reportan Granados-Victorino *et al.*, (2017) en el estado de Hidalgo, donde las selvas iniciales o juveniles tuvieron mayor densidad arbórea que las selvas sucesionales intermedias y maduras estudiadas. Dado que en el fragmento de selva se encontraron varios árboles caídos por eventos naturales como el viento; se sugiere que tal situación pudo tener efecto en la densidad arbórea en este sitio. Sin embargo, ese hecho ayudó a que especies heliófilas se establecieran en el fragmento como *Bursera simaruba* y *Castilla elastica*. Referente a las densidades en el estrato arbustivo y en plántulas, la densidad más alta se presentó en el fragmento de selva.

El área basal en el fragmento de selva (73.12 m²/ha) estudiado es alta al compararla con la SAP en Tabasco (Maldonado-Sánchez y Maldonado-Mares, 2010), con la selva mediana subperennifolia de Atoyac, Veracruz (García-Mayoral *et al.*, 2015) y con selva mediana subcaducifolia de Campeche (Dzib-Castillo *et al.*, 2014). Los valores del área basal del cafetal de Ixtacapan (73.12 m²/ha) y de La Monetaria (82.62 m²/ha) fueron más altos a los reportados en otros cafetales abandonados; por ejemplo, Baruch y Nozawa (2014) reportan un área basal que fluctúa entre 19.9 y 50.7 m²/ha en un cafetal abandonado por 60 años en Venezuela. A su vez, García-Mayoral *et al.* (2015) reportan un área basal de 34.53 m²/ha en cafetales activos de Atoyac, Veracruz. La diferencia de los patrones encontrados en el municipio de Colipa, en cuanto a densidad y área basal, al compararlos con otros estudios realizados en cafetales abandonados, puede deberse a las distintas edades de abandono, al tamaño de las áreas estudiadas o al manejo de las especies usadas como sombra del café.

En cuanto a la altura de los árboles, el promedio en el fragmento de selva (12.33 m) es mayor al compararlo con una SAP de Tabasco con 11.7 m promedio (Martínez-Sánchez, 2016). Los cafetales de Ixtacapan (16.68 m promedio) y de La Monetaria (13.28 m promedio) presentan mayor altura promedio que los árboles de sombra en cafetales activos

de Atoyac, Veracruz (García-Mayoral *et al.*, 2015). El fragmento de selva tuvo menor altura promedio que los cafetales, al igual que lo reportado por García-Mayoral *et al.* (2015) en Atoyac, Veracruz, donde la selva mediana subperennifolia presentó valores menores en altura que el estrato arbóreo de los sistemas agroforestales de café.

En cuanto a la distribución de clases diamétricas, en los tres sitios la distribución fue similar. La mayoría de los individuos se ubican en clases menores a 30 cm dap, el número en clases de 30 a 50 cm disminuye y hay pocos individuos con diámetros > de 50 cm. Al igual que otros estudios donde reportan que la distribución de clases diamétricas presenta una J invertida (Vázquez-Negrín *et al.*, 2011; Malik y Bhatt, 2016), por la disminución de individuos hacia las clases superiores, lo cual se considera como un buen estado de regeneración.

7.2 Composición florística

En el análisis del esfuerzo del muestreo se observó que, en el estrato arbóreo el muestreo fue suficiente en el cafetal de Ixtacapan y en el fragmento de selva. En el estrato arbustivo el muestreo fue suficiente en el cafetal de Ixtacapan y en el cafetal de La Monetaria. El muestreo de plántulas fue suficiente en los tres sitios; lo cual se constató porque las curvas de acumulación de especies mostraron asíntota, lo que indica que, aunque se aumente el número de unidades de muestreo, no se incrementará significativamente el número de especies (Villarreal *et al.*, 2004). En los muestreos de árboles de La Monetaria y en arbustos del fragmento de selva, las curvas de acumulación de especies no mostraron asíntota, por lo que el muestreo pudo ser insuficiente; algo similar se ha encontrado en cafetales de sombra, abandonados y activos del centro de Veracruz (López-Gómez y Williams-Linera, 2006; Gómez-Martínez *et al.*, 2018; López-Gómez *et al.*, 2008; Moreno-Guerrero *et al.*, 2020). En ocasiones algunas especies no se registran en los muestreos y se subestima la riqueza, situación que es común en los ecosistemas tropicales biodiversos (López-Gómez y Williams-Linera, 2006), a diferencia de los censos donde se incluyen todas las especies del sitio estudiado.

De las familias más representativas en el fragmento de SAP, Fabaceae, Lauraceae Malvaceae y Moraceae, coinciden con las reportadas para SAP en Tabasco, Oaxaca (Romero-Romero, *et al.*, 2000, Sánchez-Pérez *et al.*, 2011; Vázquez-Negrín *et al.*, 2011), selva Lacandona en Chiapas (Durán-Fernández *et al.*, 2018) y selva mediana subperennifolia

en Atoyac, Veracruz (García-Mayoral *et al.*, 2015). Al igual que lo reportado en otra SAP por Durán-Fernández *et al.*(2018), se presentó un porcentaje alto de familias con solo una o pocas especies. Especies encontradas en el fragmento de selva como *Aphananthe monoica*, *Ardisia compressa*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Cupania dentata*, *Dendropanax arboreus*, *Piper amalago*, *Protium copal* y *Pseudolmedia glabrata*, también han sido reportadas en otras selvas de Tabasco, Chiapas y Veracruz (Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003; Sánchez-Pérez, *et al.*, 2011; Vázquez-Negrín, *et al.*, 2011; Durán-Fernández *et al.*, 2018). Por lo tanto, se constató que el fragmento de selva estudiado contiene especies típicas de selvas maduras presentes en otras partes del trópico mexicano. En cuanto al índice de biodiversidad en el estrato arbóreo, los valores obtenidos para selva y cafetal Ixtacapan (índice de Shannon-Wiener 3.1) son similares a reportes de otros estudios en selvas de Campeche, Tabasco y Veracruz (Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003; Sánchez-Pérez *et al.*, 2011; Vázquez-Negrín *et al.*, 2011; García-Mayoral *et al.*, 2015; Gutiérrez-Báez *et al.*, 2017).

En los cafetales abandonados de Ixtacapan y La Monetaria las especies nativas de la selva representan la mayoría; por ejemplo, *Aphananthe monoica*, *Ardisia compressa*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Castilla elastica*, *Cupania dentata*, *Dendropanax arboreus*, *Guazuma ulmifolia*, *Manilkara sapota*, *Pimenta dioica*, *Piper amalago*, *Pleuranthodendron lindenii*, *Protium copal* y *Swietenia macrophylla* (Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003; Sánchez-Pérez *et al.*, 2011; Vázquez-Negrín *et al.*, 2011; García-Mayoral *et al.*, 2015; Durán-Fernández *et al.*, 2018). En la selva lacandona Durán-Fernández *et al.* (2018), reportan como estructuralmente importantes a *Bursera simaruba*, *Dendropanax arboreus* y *Pleuranthodendron lindenii*; mismas que en este estudio también presentan valores altos de IVI en el fragmento de selva y en los cafetales abandonados.

Cerca del 15 % de las especies son cultivadas (*Carica papaya*, *Citrus sinensis*, *Citrus aurantiaca*, *Coffea arabica*, *Mangifera indica* y *Syzygium jambos*), mismas que generalmente son especies que crecen en cafetales activos (Soto-Pinto *et al.*, 2001; Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003). Al igual que en un estudio en SAP en Tabasco (Vázquez-Negrín *et al.*, 2011) el valor del IVI del mango fue alto no por su abundancia, si no por sus valores de área basal, es decir pocos individuos, pero de diámetro grande. Es importante enfatizar que aun cuando hubo especies conservadas para sombra del

café al inicio del cultivo, por ejemplo, *Ficus* spp. y *Persea americana*, actualmente no predominan en ninguno de los cafetales, a diferencia de especies que llegaron posterior al abandono como *Castilla elastica* y *Pleuranthodendron lindenii*, entre otras.

Los sitios con mayor similitud fueron el fragmento de selva y el cafetal de Ixtacapan; probablemente debido a su cercanía, lo cual pudo incidir en el mayor número de especies que se registraron en ese cafetal. Al respecto hay estudios que revelan que la vegetación circundante, así como los fragmentos de selva cercanos o aledaños a los sitios en regeneración, son fundamentales por ser los que proveerán los propágulos a los campos abandonados (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007; Chazdon y Guariguata, 2016). En una SAP en el estado de Tabasco, Vázquez-Negrín *et al.* (2011) reportan una mayor similitud entre dos unidades de muestreo debido a que se encontraban cerca una de la otra. Así también, Romero-Romero *et al.* (2000), en un estudio sobre vegetación secundaria derivada de SAP en Oaxaca, reportaron la importancia de que exista vegetación original cerca de los acahuales, ya que la regeneración será más rápida por la constante lluvia de propágulos provenientes de la vegetación original.

En el cafetal de La Monetaria se encontró el menor número de especies, lo cual pudo deberse a la baja provisión de semillas (está más alejado de posibles fuentes de propágulos y rodeado de potreros) o a que estas no encontraron los micrositios con los factores adecuados para su establecimiento, ya que es el sitio que más perturbación presenta por encontrarse sin una delimitación física. Los datos sugieren que la cercanía a la fuente de propágulos fue muy importante, ya que el cafetal de Ixtacapan, el cual está adyacente al fragmento de selva, tuvo el mayor número de especies, aunque tiene cinco años menos de abandono que el cafetal de La Monetaria; sin embargo, el cafetal de La Monetaria tiene el menor número de especies cultivadas. Hay estudios como el de Romero-Romero *et al.* (2000), en vegetación secundaria en selva húmeda de Oaxaca donde observaron que la riqueza florística de los acahuales fue independiente de la edad, mientras que otros estudios afirman que el tiempo de abandono es uno de los principales factores que afectan la vegetación y su trayectoria (Marcano-Vega *et al.*, 2002; Quintero-Nazario, 2007).

La presencia de especies nativas de SAP en ambos cafetales sugiere que la vegetación se está regenerando. Al igual que el estudio realizado por Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández (2003) en un sistema agroforestal con café, se presenta una mezcla de especies de vegetación secundaria (*Bauhinia divaricata*, *Guazuma ulmifolia*, *Piper amalago*, *Trichilia*

havanensis, entre otras) con especies de importancia maderable como *Cedrela odorata*, que son protegidas por personas de la localidad. Una de las especies más representativas de las selvas, *Brosimum alicastrum*, fue vista en los tres sitios y fue más abundante en el fragmento de selva, mostrando una alta densidad de plántulas bajo el árbol padre. Al respecto Flórez-P. y Raz (2019) mencionan que esta especie produce mucha semilla y que una vez que germinan, las plántulas pueden sobrevivir suficiente tiempo hasta que se forma un claro en la vegetación.

Tanto el fragmento de selva como los cafetales en regeneración tienen el potencial de conservar especies silvestres. En este estudio se registran dos especies arbóreas que aparecen en la lista roja de la IUCN (International Union for Conservation of Nature), que son *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*, ambas en la categoría de vulnerable. Además, *Cedrela odorata* se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de sujeta a protección especial (Diario Oficial de la Federación, 2019). También se registró *Astronium graveolens*, especie en la categoría de amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. En este estudio se registró una especie endémica a México: *Cymbopetalum baillonii* (Villaseñor, 2016). En el fragmento de selva y en el cafetal de Ixtacapan se observó de forma abundante la presencia de *Vanilla planifolia*, misma que también es endémica y se encuentra sujeta a protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2019). A *V. planifolia* se le ha reportado en SAP (Durán-Fernández *et al.*, 2018) y su presencia en uno de los cafetales abandonados demuestra que ya se ha adaptado a estos ecosistemas en recuperación. Además, en el cafetal de Ixtacapan se observaron individuos de *Zamia loddigesii*, especie reportada como amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2019). Si bien es cierto que estas dos últimas especies no fueron incluidas en los análisis, es importante resaltarlas ya que hay estudios de regeneración de selvas que mencionan la importancia de proteger sitios de vegetación secundaria, ya que son reservorios de la diversidad florística de la región, incluyendo especies en riesgo (García-Mayoral *et al.*, 2015; Romero-Romero *et al.*, 2000).

7.3 Regeneración natural

El estado de regeneración natural de la vegetación es uno de los factores que pueden cambiar la estructura y composición del bosque a lo largo del tiempo (Sudrajat y Dwiputro, 2019). El

potencial de regeneración de las especies arbóreas va a determinar la composición futura de los bosques, de ahí la importancia de una regeneración exitosa para lograr una sostenibilidad a largo plazo (Malik y Bhatt, 2016). Varias de las especies con valores altos de IVI en este estudio, estaban representadas como plántula, juvenil y adulto; lo que sugiere un proceso de regeneración satisfactorio (Malik y Bhatt, 2016). Muchas de estas especies son propias de SAP (Sánchez-Pérez *et al.* 2011), tal es el caso de *Aphananthe monoica* (chirisní), *Brosimum alicastrum* (ojite) y *Pleuranthodendron lindenii* (maicillo) presentes en el fragmento de selva y cafetales abandonados. La selva, registró la mayor densidad de plántulas, similar a lo reportado en un estudio en bosque tropical de Indonesia donde la densidad de plántulas fue mayor en bosque conservado que en bosques con cierto nivel de perturbación (Sudrajat y Dwiputro, 2019). En un bosque tropical de la India, Malik y Bhatt (2016) reportan una asociación negativa entre densidad de plántulas y arbustos, ya que los arbustos impidieron el establecimiento de plántulas de especies intolerantes a la sombra. En este caso el fragmento de selva registró la mayor densidad de plántulas y arbustos, probablemente debido a que varias de las especies establecidas como plántulas son intermedias en tolerancia a la sombra.

Es común que las plantaciones de café de sombra sean policultivos donde se mezclan especies leñosas útiles; muchas de ellas comestibles (López-Gómez *et al.*, 2008); como ejemplo se tiene a los cítricos, que al igual que en este estudio, han sido reportados en cafetales de Chiapas, Colima, Veracruz y Venezuela (Bandeira, *et al.*, 2002; Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003; López-Gómez *et al.*, 2008; Baruch y Nozawa, 2014; Román-Miranda *et al.*, 2016). En los sitios de estudio se encontró *Citrus aurantiaca* y *Citrus sinensis*, de las que aún se observan ejemplares adultos después de los años de abandono; sin embargo, únicamente *Citrus aurantiaca* se está regenerando en uno de los cafetales.

Al mango (*Mangifera indica*) también se le ha registrado en otros cafetales de zonas tropicales (Soto-Pinto *et al.*, 2001; Villavicencio-Enríquez y Valdéz-Hernández, 2003; Baruch y Nozawa, 2014). En el municipio de Colipa, *M. indica* sigue presente, con buena regeneración, tanto en el cafetal de Ixtacapan como en el fragmento de selva, sin embargo, no presenta un comportamiento invasor. En los cafetales también se registró la presencia de poma rosa (*Syzygium jambos*) la cual se ha considerado como invasora en otros cafetales abandonados (Marcano-Vega *et al.*, 2002; Baruch y Nozawa, 2014); sin embargo, en este estudio su densidad fue muy baja, por lo que puede suponerse que no representa un riesgo para las especies silvestres. En cafetales abandonados por 60 años en Venezuela, Baruch y

Nozawa (2014) reportaron dominancia de *S. jambos* en una de las parcelas muestreadas; la especie influyó en la sucesión al establecer una comunidad distinta a la original, por su potencial de colonización y rápido crecimiento.

La cercanía del fragmento de selva con el cafetal de Ixtacapan propició la aparición de individuos de *Coffea arabica* en el fragmento; sin embargo, su regeneración es pobre. Del mismo modo, en ambos cafetales abandonados se encontraron plántulas de *C. arabica* y algunos juveniles; por lo que se podría suponer que después de más de 20 años de abandono el café está desapareciendo. Hay reportes de cafetales con 60 y 70 años de abandono donde todavía se registran pequeños arbustos de café (Baruch y Nozawa 2014; Raymundo *et al.*, 2018). En general, en los sitios estudiados, las especies cultivadas (café, naranjos, poma rosa, chalahuite), se encuentran poco representadas, lo cual sugiere que las especies silvestres nativas podrían estar ganando terreno.

Especies dejadas para sombra en el cafetal de Ixtacapan como *Brosimum alicastrum* y *Cupania dentata*, mantienen buena regeneración en ese sitio; a diferencia de *Inga vera* y *Persea americana*, que tras el abandono presentan pobre regeneración. En el cafetal de La Monetaria especies como *Brosimum alicastrum* y *Diospyros nigra* se están regenerando satisfactoriamente; en cambio *Ficus colubrinae* y *Persea americana* también dejadas para sombra no presentan regeneración. En el caso de *Hernandia sonora*, que también fue dejada para sombra en La monetaria, fue observado el tallo muerto en pie del único árbol que quedaba en ese sitio. Especies como *Inga vera* y *Persea americana*, coinciden con las que generalmente se usan para sombra en los cafetales (Bandeira, *et al.*, 2002; Lopez-Gomez *et al.*, 2008; Baruch y Nozawa, 2014). El cafetal de Ixtacapan ha tenido un mínimo manejo en donde algunas especies se vieron favorecidas por su utilidad como el maicillo (*Pleuranthodendron lindenii*) que es útil para la construcción. En cambio, la chaca (*Bursera simaruba*), al no encontrarle un uso maderable, solo la dejaban crecer como cerca viva y esporádicamente dentro del arbolado; sin embargo, al ser una especie pionera (López-Jiménez *et al.*, 2019), en los tres sitios se encontró bien representada. Aun cuando el cafetal de La monetaria y el fragmento de selva no han tenido manejo como para favorecer especies como *Pleuranthodendron lindenii*, su densidad es alta también en esos sitios; situación también observada en una selva mediana subperennifolia en Vega de Alatorre, Veracruz (Godínez-Ibarra y López-Mata, 2002).

Algunas especies con valores altos de IVI en el fragmento de selva, como *Cedrela odorata* y *Ceiba pentandra*, no se están regenerando en ese sitio. En el cafetal de Ixtacapan también se registró *C. odorata* y no se está regenerando. Al respecto, fuentes locales informaron que las plántulas de *C. odorata* son atacadas por un barrenador y es posible que por ello no se esté regenerando en los sitios estudiados. El barrenador *Hypsipyla grandella* es la plaga más importante del cedro rojo, cuya larva daña los brotes de los individuos juveniles, consumiendo la médula en su totalidad (Ramírez-García, *et al.*, 2008). Esta situación es relevante al ser una especie sujeta a protección especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2019).

Especies silvestres como *Aphananthe monoica* (chilismín, chirisnín) y *Berrya cubensis* (hojancho), registradas en los tres sitios muestreados, sólo presentaron buena regeneración en el cafetal de La Monetaria. En este cafetal, especies como *Diospyros nigra* (zapote prieto) y *Pimenta dioica* (pimiento), también presentaron buena regeneración, mientras que *Ficus colubrinae* (higuera) y *Dendropanax arboreus* (cucharero) no se están regenerando en este sitio. En general, el proceso de regeneración tendrá lugar siempre que haya producción de semillas, dispersores, germinación y crecimiento de plántula. Así también, se requiere la existencia de factores relacionados con los micrositos necesarios para la supervivencia y crecimiento, como son la cobertura de los árboles, el contenido de materia orgánica del suelo y la humedad entre otros (Sudrajat y Dwiputro, 2019). La regeneración se refleja por la presencia de un número suficiente de plántulas y juveniles, mientras que su ausencia indica que no hay regeneración (Malik y Bhatt, 2016). En ocasiones este proceso se ve afectado por la depredación de las semillas, ataque de hongos patógenos y ausencia de condiciones climáticas.

De acuerdo con la metodología seguida por Malik y Bhatt (2016), algunas especies se consideran nuevas en los sitios ya que solo se encontraron juveniles o plántulas, estas pueden haber llegado mediante dispersión de otros fragmentos con vegetación en el área o bien de cultivos o potreros cercanos. En esta categoría se encuentran, entre otras especies, *Carica papaya*, *Eugenia capuli*, *Exothea paniculata*, *Trichilia havanensis*, *Ardisia compressa* y *Swietenia macrophylla*. Por ejemplo, a *Eugenia capuli* se le encontró como nueva en los tres sitios estudiados, la cual por su fruto que es una baya pequeña se deduce que pudo ser dispersada por aves (Ibarra-Manríquez y Cornejo-Tenorio, 2010). En el caso de *Swietenia macrophylla* cuya semilla es dispersada por el viento, pudo llegar de un cultivo

abandonado de milpa que está muy cerca al sitio de estudio, puesto que en ese lugar se observaron individuos adultos de esta especie. La regeneración de *Swietenia macrophylla* en cultivos de milpa ha sido reportada en selvas de Quintana Roo (Negreros-Castillo *et al.*, 2018). En general, en los tres sitios muestreados se obtuvo una tercera parte de las especies con buena regeneración, el resto presentaron pobre o nula regeneración, lo cual puede ser causado por la presencia de plagas y enfermedades; así como perturbaciones antropogénicas, ya que se ha documentado que la interferencia humana por pastoreo, recolección de leña y/o corte selectivo, tiene un efecto en la regeneración (Malik y Bhatt, 2016).

Las plantaciones de café de sombra abandonadas pueden apoyar la biodiversidad mediante los procesos de sucesión, sin embargo, estos sitios en ocasiones pueden ser colonizados por plantas introducidas alterando la vegetación y generando comunidades distintas a la vegetación original (Baruch y Nozawa, 2014). Si las plantaciones abandonadas permanecen sin disturbio y hay disponibilidad de propágulos de especies nativas, los procesos de sucesión secundaria mantendrán la riqueza de especies locales. En los sitios de estudio está ocurriendo algo similar, por lo que, si las condiciones permanecen como hasta ahora, estos sitios seguirán siendo importantes resguardos de flora nativa en la región.

7.4 Cobertura del suelo

En los tres sitios se observó una baja cobertura de herbáceas y ausencia de pastos, lo cual puede sugerirnos que el establecimiento de especies leñosas ha propiciado sombra en el sotobosque propiciando una baja densidad tanto de pastos como de otras especies herbáceas con hábitos heliófilos (Romero-Romero *et al.*, 2000). Por otro lado, para el caso de especies umbrófilas como las palmas (*Chamaedorea elegans* y *Chamaedorea oblongata*), exhibieron altas densidades en los tres sitios, lo que concuerda con lo reportado para el género *Chamaedorea* en selvas de Chiapas, Tabasco y Oaxaca (Sánchez-Pérez *et al.*, 2011; Vázquez-Negrín, *et al.*, 2011; Durán-Fernández *et al.*, 2018). Además, Romero-Romero *et al.*, (2000), en un estudio en una SAP de Oaxaca, menciona que el incremento en densidad de palmas se presenta en sitios de edad intermedia.

En lo que respecta a la hojarasca, la cobertura para los tres sitios fue del 68 al 80 %, sólo un 2 % menos en el fragmento que en los cafetales; esto se debe a que los bosques maduros tienen una menor caída de hojarasca que los bosques en etapas sucesionales más jóvenes (Rave-Oviedo *et al.*, 2013). No es claro cuál es el efecto de la hojarasca en el

establecimiento de individuos, ya que se ha reportado como un factor favorable para el establecimiento de plántulas de leñosas (Pérez-Ramos, 2007); por el contrario, como un factor que dificulta su establecimiento (Clark y Clark, 1991) y en otros trabajos no se ha encontrado relación entre ambos (Sánchez-Pérez *et al.*, 2011) como en este estudio donde la cobertura de hojarasca no parece tener ningún efecto.

8. Conclusión

De acuerdo con los resultados, lo que se estableció en este estudio como hipótesis se acepta parcialmente, puesto que se mencionó que el cafetal con más años de abandono tendría mayor similitud en estructura y composición florística al fragmento. El tiempo de abandono de las prácticas productivas intensas constituyen el componente principal en la regeneración de la vegetación de los sitios de estudio, pero los resultados sugieren que los años de abandono no lo son todo, pues otros factores podrían influir en la riqueza de especies, tales como la cercanía a fragmentos de vegetación, actividades productivas menores (esto es; tipo, intensidad y duración de disturbios diversos) después del abandono de la actividad productiva mayor, lo cual incluye la efectividad en el aislamiento o delimitación del área, entre otros. El cafetal de Ixtacapan, posiblemente está favorecido por la cercanía al fragmento, por lo que la dispersión de propágulos de especies arbóreas aumenta por efecto de colindancia. Además, la delimitación de la propiedad impide el paso a los animales de pastoreo. También, en este sitio, el uso de especies como cerca viva permite que la fauna dispersora promueva el establecimiento de nuevos individuos. El cafetal de La Monetaria, al no tener una delimitación física, ha estado expuesto a perturbación antropogénica más prolongada, lo que incide en los resultados. Este sitio, aunque fue el de mayor densidad arbórea, tuvo menor área basal promedio, sin embargo, resulta sobresaliente el área basal en este sitio al compararla con otros sistemas cafetaleros abandonados. El fragmento de selva tiene principalmente especies silvestres y algunas cultivadas, por su cercanía a cultivos de maíz y al cafetal abandonado, lo cual corrobora el movimiento de especies entre sitios. En suma, ambos cafetales son sitios de importancia ecológica, ya que presentan condiciones microambientales que permiten la germinación y establecimiento de semillas que llegan por diferentes medios de dispersión, lo cual se comprueba con la riqueza florística observada. Por lo tanto, en el actual escenario de deforestación en la región, los cafetales abandonados significan

reservorios de especies nativas y fuente de propágulos para otros sistemas agroforestales abandonados con dirección hacia la regeneración natural; aunado a que son áreas de refugio y alimentación para la fauna silvestre.

Referencias

- Anta-Fonseca, S. (2006). El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. *Gaceta Ecológica*, 80:19-31.
- Arce, V.J., Raudales, R., Trubey, R., King, D.I, Chandler, R.B, & C.C. Chandler. (2009). Measuring and managing the environmental cost of coffee production in Latin America. *Conservation & Society*, 7(2): 141-144. DOI: 10.4103/0972-4923.58645.
- Ávila-Bello, C. H., Hernández-Romero, A. H., Mendoza-Briseño, M. A., & D. Vázquez-Luna. (2018). Complex systems, agroecological matrices, and management of forest resources: An example of an application in Los Tuxtlas, Veracruz Mexico. *Sustainability*, 10(10):3496. DOI: 10.3390/su10103496.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2): 136-147.
- Bandeira, F. P., Blanco, I. & V. Toledo. (2002). Tzotzil Maya ethnoecology: Landscape perception and management as a basis for coffee agroforest design. *Journal of Ethnobiology*, 22(2): 247-272.
- Baruch, Z., & S. Nozawa. (2014). Abandoned coffee plantations: Biodiversity conservation or path for non-native species? Case study in a Neotropical montane forest. *Interciencia*, 39(8): 554:561.
- Bennett, L. (2017). Deforestation and Climate Change. *A publication of the Climate Institute*: 1-16.
- Beer, J., Harvey, C. A., Ibrahim, M. H., Harmand, I. M., Somarriba, E. & F. Jiménez. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10(37): 80-85.
- Boyle, B. L. (1996). Changes on altitudinal and latitudinal gradients in neotropical montane forests. Tesis doctoral. Washington University (pp.1-550).
- Brown, J. H., & Lomolino, M. V. (1998). *Biogeography*. USA: Sinauer Associates Inc.
- Caballero-Deloya, M., (2010). La verdadera cosecha maderable en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(1): 6-16.
- Cámara de diputados LXIII Legislatura & Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). (2018). Reporte: el café en México, diagnóstico y perspectiva. Palacio Legislativo de San Lázaro: 1-33.
- Castillo-Campos, G. S., Avendaño-Reyes S. & M.E. Medina-Abreo. (2011). Flora y vegetación. En Cruz-Aragón A. (Ed.), *La biodiversidad de Veracruz: estudio de estado*. (pp. 163-179). México: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz. Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- Cochrane, M. A., (2002). Se extiende como un reguero de pólvora. Incendios en bosques tropicales en América Latina y el Caribe: prevención, evaluación y alerta temprana. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Colwell, R. K. y I. E. Elsensohn. (2014). EstimateS turns 20: statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. *Ecography*, 37:609-613. DOI: 10.1111/ecog.00814.
- Crouzeilles, R., Ferreira, M. S., Chazdon, R. L., Lindenmayer, D. B., Sansevero, I. B. B., Monteiro L., Iribarrem, A., Latawiec, A. & B. Strassburg. (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances*, 3(11). DOI: 10.1126/sciadv.1701345.
- Cruz-Lara, L. E., Lorenzo, C., Soto, L., Naranio, E. & N. Ramírez-Marcial. (2004). Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(1): 63-81.

- Challenger, A., & R. Dirzo. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En *Capital Natural de México*, II (pp. 37-73). México: CONABIO.
- Chaves, O.M. (2012). Efficiency of the Strategies to Prevent and Mitigate the Deforestation in Costa Rica. *Deforestation Around the World*, (319-332). DOI: 10.5772/33527.
- Chazdon, R. L. (2003). Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6: 51-71. DOI:10.1078/1433-8319-00042.
- Chazdon, R. L. (2014). Second growth: the promise of tropical forest regeneration an age of deforestation. *Science*, 344. DOI: 10.1126/science.1252468.
- Chazdon, R. L. & M. R. Guariguata. (2016). Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica* 48(6): 716-730. DOI: 10.1111/btp.12381.
- Clark, D. B. & D. A. Clark. (1991). The impact of physical damage on canopy tree regeneration in tropical rain forest. *Journal of Ecology* 79(2): 447-457.
- Diario Oficial de la Federación. (2019). Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.
- Durán-Fernández, A., Aguirre-Rivera, I. R., Levy-Tacher, S. I., & J. A. De-Nova. (2018). Estructura de la selva alta perennifolia de Nahá, Chiapas, México. *Botanical Sciences*, 96(2): 218-245. DOI:10.17129/botsci.1919.
- Dzib-Castillo, B., Chanatásig-Vaca, C. & N. A. González-Valdivia. (2014). Estructura y composición en dos comunidades arbóreas de la selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia en Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85:167-178. DOI:10.7550/rmb.38706.
- Ejea-Mendoza, M. (2009). Café y cultura productiva en una región de Veracruz. *Nueva Antropología*, 22(70)33-56.
- Estrada, A., & R. Coates-Estrada. (1996). Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxtlas, Mexico. *International Journal of Primatology*, 17(759). DOI: 10.1007/BF02735263.
- Evangelista-Oliva, V., López-Blanco, I., Caballero-Nieto, I. & M. A. Martínez-Alfaro. (2010). Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso de suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. *Investigaciones Geográficas*, 72: 23-38.
- Flórez-P, M., & L. Raz. (2019). Estructura poblacional y patrón espacial de *Brosimum alicastrum* en el bosque seco de la región Caribe de Colombia. *Caldasia*, 41(1):152-164. DOI:10.15446/caldasia.v41n1.71307.
- Franco, F. S., Couto, L., de Carvalho, A. F., Jucksch, I., Fernandes-Filo, E. I., Silva, E., & J. A. A. Meira-Neto. (2002). Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Árvore*, 26(6), 751-760. DOI: 10.1590/S0100-67622002000600011.
- Galicia, L. (2016). Dinámica de cambio del uso de suelo y vegetación: patrones de cambio, causas directas e indirectas y prioridades futuras. *Instituto de Geografía UNAM y Programa Editorial del Gobierno de la República-SEP*.(pp.235-249), Moncada-Maya, J.O. & A. López-López (eds.).
- Galindo-González, J. (1998). Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*, 73: 57-74.
- García-Fernández E. (2018). Estudio de una prueba genética de *Cedrela odorata* L., establecida en “La Puhua”, Colipa, Veracruz. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Tropicales. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.
- García-Licona, J. B., Esparza-Olguín, L. G., & E. Martínez-Romero. (2014). Estructura y composición de la vegetación leñosa de selvas en diferentes estadios sucesionales en el Ejido El Carmen II, Calakmul, México. *Polibotánica*, 38:1-26.

- García-Mayoral, L. E., Valdez-Hernández, J. I., Luna-Cavazos, M., & R. López-Morgado. (2015). Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques*, 21(3): 69-82.
- Gaveau, D., Linkie, M., Suyadi, S., Levang, P., & N. Leader-Williams. (2009). Three decades of deforestation in southwest Sumatra: effects of coffee prices, law enforcement and rural poverty. *Biological Conservation*, 142(3): 597-605. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.22.024.
- Geeraert, L., Hulsmans, E., Helsel, K., Berecha, G., Aerts, R., & O. Honnay. (2019). Rapid diversity and structure degradation over time through continued coffee cultivation in remnant Ethiopian Afromontane Forest. *Biological Conservation*, 236: 8-16. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.05.014.
- Gentry, H. A., (1995). Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. En: S. H. Bullock, H. A. Mooney & E. Medina (Eds.). *Seasonally dry tropical forests* (pp.146-194). Cambridge: Cambridge University Press. DOI:10.1017/CB09780511753398.007.
- Gerez-Fernández, P., & M. R. Pineda-López. (2011). Los bosques de Veracruz en el contexto de una estrategia estatal REDD+. *Madera y Bosques*, 17(3): 7-27.
- Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., Peres, C.A., Bradshaw, C.J.A., Laurance, W.F., Lovejoy, T.E., & N.S. Sodhi. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, 478: 378-381. DOI: 10.1038/nature10425.
- Gobierno del estado de Veracruz. (1988). *Los municipios de Veracruz*. Colección Enciclopedia de los municipios de México. México, D.F.
- Gobierno del estado de Veracruz. (1998). *Colipa*. Enciclopedia municipal veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Godínez-Ibarra, O., & L. López-Mata (2002). Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 73(2): 283-314.
- Gómez-Martínez, M. J., Díaz-Padilla, G., Charbonnier, F., Sánchez-Viveros, G., & C. R. Cerdán-Cabrera. (2018). Ensamblajes arbóreos en sistemas agroforestales cafetaleros con diferente intensidad de manejo en Veracruz, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2): 16-37. DOI:10.15359/rca.52-2.2.
- Gómez-Pompa, A. (1966). *Estudios botánicos de la región de Misantla, Veracruz*. México: Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C.
- Gómez-Pompa, A. (1977). *Ecología de la vegetación del estado de Veracruz*. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, A. C. México: Compañía Editorial Continental.
- Gómez-Pompa, A., & B. Ludlow Wiechers (1976). Regeneración de los ecosistemas tropicales y subtropicales. en Gómez-Pompa, A., S. del Amo, C. Vázquez-Yanes & C. Butand-Cervera (eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. México: Continental, S. A. de C. V.
- Gómez-Pompa A., & C. Vázquez-Yanes (1981). Successional studies of a rain forest in México. In West D. C., H. H. Shugart., & D. B. Botkin(eds.). *Forest succession*. Springer Advanced Texts in Life Sciences. Springer, New York.
- Granados-Victorino, R. L., Sánchez-González, A., Martínez-Cabrera D. & P. Octavio-Aguilar. (2017). Estructura y composición arbórea de tres estadios sucesionales de selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88: 122-135. DOI: 10.1016/j.rmb.2017.01.024.
- Guariguata, M. R., & R. Ostertag. (2001). Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148: 185-206. DOI:10.1016/S0378-1127(00)00535-1.

- Guariguata, M. R., & R. Ostertag. (2002). Sucesión secundaria. En M. R. Guariguata & G. H. Cattán (eds.). *Ecología de bosques neotropicales*. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica.
- Gutiérrez-Báez, C., Folan, W. J., Folan, L., Gallegos, S., & P. Zamora-Crescencio. (2017). Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de Imí, Campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 19(1):1-8.
- Hansen, M. C., Wang L., Song, S. P., Tyukavina, A., Turubanova, S., Potapov, P. V., & S. V. Stehman. (2020). The fate of tropical forest fragments. *Science Advances*, 6(11): 1-9. DOI: 10.1126/sciadv.aax8574.
- Ibarra-Manríquez, G., & G. Cornejo-Tenorio. (2010). Diversidad de frutos de los árboles del bosque tropical perennifolio de México. *Acta Botánica Mexicana*: 90:51-104.
- INEGI. (2015). Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V. México.
- INEGI. (2017). Carta del Uso de Suelo y Vegetación Serie VI. Comunicado de Prensa núm. 535/17.
- IUCN. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2021-2. <https://www.iucnredlist.org>.
- Jaramillo, J., Muchugu, E., Vega, F. E., Davis, A., Borgemeister, C., & A. Chabi-Olaye. (2011). Some like it hot: the influence and implications of climate change of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in east Africa. *Plos One* 6(9): e24528. DOI:10.1371/journal.pone.0024528.
- Khalid M. AL-Asmari, Isam M. Abu Zeid, & Atef M. Al-Attar. (2020). Coffee arabica in Saudi Arabia: An Overview". *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 10(4): 71-78.
- Koyoc-Ramírez, L. G., Mendoza-Vega, J., Pérez Jiménez, J. C., & N. Torrescano-Valle. (2015). Efectos de la perturbación antrópica en petenes de selva en Campeche, México. *Acta Botánica Mexicana*, 110:89-103.
- Krishnan, S. (2017). Sustainable coffee production. *Environmental Science*. DOI: 10.1093/acrefore/9780199389414.013.224.
- Libert-Amico, A., & F. Paz-Pellat. (2018). Del papel a la acción en la mitigación y adaptación al cambio climático: la roya del cafeto en Chiapas. *Madera y Bosques*, 24 núm. Especial, e2401914. DOI: 10.21829/myb.2018.2401914.
- López-Barrera, F., Martínez-Garza, C., & E. Ceccon. (2017). Ecología de la restauración en México: estado actual y perspectivas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88: 97-112.
- 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. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78:7-15.
- López-Gómez, A. M., Williams-Linera, G., & R. H. Manson. (2008). Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, México. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 124: 160-172, DOI: 10.1016/j.agee.2007.09.08.
- López-Jiménez, L. N., Durán-García, R., & J. M. Dupuy-Rada. (2019.) Recuperación de la estructura, diversidad y composición de una selva mediana subperennifolia en Yucatán, México. *Madera y bosques*, 25:1.
- Lot, A., & F. Chiang. (1986). Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. UNAM, Instituto de Biología. México. 142 pp.
- Macip-Ríos, R., & G. Casas-Andreu. (2008). Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(2): 143-159.

- Maldonado-Méndez, M. L., Rodríguez, D. A., Guízar, E., Velázquez J., & S. Náñez. (2009). Reducción en riqueza de especies arbóreas por incendios en la Reserva Selva El Ocote, Chiapas. *Ciencia Forestal en México*, 34(106): 127-148.
- Maldonado-Sánchez, E. A., & F. Maldonado-Mares. (2010). Estructura y diversidad arbórea de una selva alta perennifolia en Tacotalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 26(3): 235-245.
- Mallén-Rivera C., & X. Esparza-Pérez. (2006). Diagnóstico ambiental y forestal del estado de Veracruz. En Vite-Garín T.M. y Mallén-Rivera C. (eds.). Documento del componente: evaluación del manejo forestal adaptado al trópico de México. Primera reunión del comité directivo del proyecto PD 351/05 Rev.I (F).
- Manson, R. H., Contreras-Hernández, A., & F. López-Barrera. (2008). Estudios de la biodiversidad en cafetales. *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Manson, R.H., Hernández-Ortiz, V., Gallina, S., & Mehlreter, K. (Eds). Instituto de Ecología A.C., Instituto Nacional de Ecología, INE-SEMARNAT.
- Malik, Z. A., & A. B. Bhatt. (2016). Regeneration status of tree species and survival of their seedling in Kedarnath Wildlife Sanctuary and its adjoining areas in Western Himalaya, India. *Tropical Ecology*, 57(4): 677-690.
- Marcano-Vega, H., Michel Aide, T., & D. Báez. (2002). Forest regeneration in abandoned coffee plantations and pastures in the Cordillera Central of Puerto Rico. *Plant Ecology*, 161(1): 75-87. DOI: 10.1023/A:1020365507324.
- Marín-Vásquez, A., Aguilar-González, A. y W. Herrera-Valencia. (2017). Diversidad de aves en un bosque fragmentado de la amazonia colombiana (Caquetá). *Agroecología: Ciencia y Tecnología*, 1(1): 31-36.
- Martínez-Ramos, M., & X. García-Orth. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Sociedad Botánica de México*, 80: 69-84.
- 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(2): 29-40. DOI: 10.21829/myb.2016.2221322.
- Mendel, L., A., & Z. C. Mendoza. (1994). Epidemiología de la roya del cafeto/*Hemileia vastatrix*/Berk y Br. en la región Córdoba, estado de Veracruz. Compendio Técnico Científico No. 1. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 70 pp.
- Mejía-Domínguez, N. R., Meave, J. A., Díaz-Ávalos, C. , & E. J. González. (2011). Individual canopy-tree species effects on their immediate understory microsite and sapling community dynamics. *Biotropica*, 43(5): 572-581. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2010.00739.x.
- Moguel, P., & V. M. Toledo. (1996). El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias*, 43: 40-48.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & B. Eibl. (2015). Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica. Informe Técnico, número 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Moreno, C.E., (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA, vol. I, Zaragoza, España. 84 pp.
- Moreno-Guerrero, V., Ortega-Baranda, V., Sánchez-Bernal, E. I., & 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: 10.28940/terra.v38i2.626.
- Mostacedo, B., & T.S. Fredericksen. (2000). *Manual de Métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia. BOLFOR.

- Mueller-Dombois, D., & H. Ellenberg. (1974). The count-plot method and plotless sampling techniques. *Aims & methods of vegetation ecology*. (pp.93-135).
- Murgueitio, C. (2006). Estrategias comerciales de los principales productores de café. Brasil y Colombia, antes y después de la crisis económica mundial de 1929. *Historia y Espacio*, 26. Departamento de Historia de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Nava-Tablada, M. E., (2012). Migración internacional y cafecultura en Veracruz, México. *Migraciones Internacionales*, 6(3) DOI: 10.17428/rmi.v6i22.742.
- Negreros-Castillo, P., Martínez-Salazar, I., Álvarez-Aquino, C., Navarro-Martínez M. A. & C. W. Mize. (2018). Survival and growth of *Swietenia macrophylla* seedlings from seeds sown into slash and burn fields in Quintana Roo, Mexico. *Bois et Forêts des Tropiques*. 3637:17-26.
- Niembro-Rocas, A., Vázquez-Torres, M., & O. Sánchez-Sánchez. (2010). *Árboles de Veracruz*. Veracruz, México: Comisión Organizadora del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana/Secretaría de Educación-Gobierno del Estado de Veracruz.
- Norden, N., (2014). Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17.
- Osorio, N., (2002). La crisis mundial del café: una amenaza al desarrollo sostenible. Organización Internacional del Café. Comunicación a la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, 2002.
- Pennington, T., & J. Sarukhán. (2005). *Árboles tropicales de México, manual para la identificación de las especies*. México: UNAM, FCE.
- Perea, J., (2010). El café orgánico, una ventaja competitiva para los productores cafetaleros del estado de Veracruz. *Investigación administrativa*, 39(105).
- Pérez-Ramos, I. M. 2007. Factores que condicionan la regeneración natural de especies leñosas en un bosque mediterráneo del sur de la Península Ibérica. *Ecosistemas* 16(2): 131-136.
- Perfecto, I., Armbrecht, I., Philpott, S. M., Soto-Pinto, L., & T. V. Dietsch. (2007). Shaded coffee and the stability of rainforest margins in northern Latin America. In Tscharrntke T., Leuschner C., Zeller M., Guhardja E., Bidin A. (eds), *Stability of tropical rainforest margins, linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation*. (pp.227-263). Environmental Science and Engineering (Environmental Science). Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-30290-2_12.
- Perfecto, I., & J. Vandermeer. (2008). Biodiversity conservation in tropical agroecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1134: 173-200. DOI: 10.1196/annals.1439.0011.
- Philpott, S. M., & T. Dietsch. (2003). Coffee and conservation: a global context and the value of farmer involvement. *Conservation Biology*, 17(6):1844-1846.
- Purata, S.E. (1986). Floristic and structural changes during old-field succession in the Mexican tropics in relation to site history and species availability. *Journal of Tropical Ecology*, 2(3): 257-276. DOI: 10.1017/S0266467400000882.
- Quintero-Nazario, B.A., (2007). Forest recovery on abandoned farms of the Añasco River Watershed of western Puerto Rico. Thesis of Master of Science in Biology. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus.
- Ramírez-García, C., Vera-Castillo, G., Carrillo-Anzures, F., & O. Salvador-Magaña. (2008). El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión de terrenos agrícolas en el sur de Tamaulipas. *Agricultura Técnica en México*, 34(2).

- Rappole, J. H., King, D.I., & J. H. Vega-Rivera. (2003). Coffee and conservation. *Conservation Biology*, 17(1): 334-336. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2003.01548.x.
- Rave-Oviedo, S. Y., Montenegro-Ríos, M., & L. J. Molina-Rico. (2013). Caída y descomposición de hojarasca de *Juglans neotropica* Diels (1906 (Juglandaceae) en un bosque montano andino, Pijao (Quindío), Colombia. *Actulidades Biológicas*, 35(98): 33-43.
- Raymundo, D., Prado, J. De Oliveira-Neto, N. E., Santana, L. D., Do Vale, V. S., Jacobson, T. B., De Oliveira, P. E., & F. A. Carvalho. (2018). Persistence of *Coffea arabica* and its relationship whit the structure, species diversity and composition of a secondary forest in Brazil. *Plos One*, 13(3):e0194032 DOI: 10.1371/journal.pone.019403.
- Román-Miranda, M. L., Mora-Santacruz, A., & G. A. González-Cueva. (2016). Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 20(2): 52-72.
- Romero-Romero, M. A., Castillo, S., Meave, J., & H. van der Wal. (2000). Análisis florístico de la vegetación secundaria derivada de la selva húmeda de montaña de Santa Cruz Tepetotutla (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 67:89-106. DOI: 10.17129/botsci.1627.
- Rudel, T. K., Pérez-Lugo, M., & H. Zichal. (2000). When Fields Revert to Forest: Development and Spontaneous Reforestation in Post-War Puerto Rico. *The Professional Geographer*, 52(3): 386-397. DOI: 10.1111/0033-0124.00233.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México. Ed. Limusa.
- Sánchez-Hernández, S., Mendoza, M .A., & R. V. García. (2017). Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40): 7-17.
- Sánchez, O., Islebe, G., & M. Valdez-Hernández. (2007). Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados sucesionales de la selva mediana de Quintana Roo. *Foresta Veracruzana*, 9(2):17-26.
- Sánchez-Pérez, B. R., Castillo-Acosta, O. & L.C. Cámara-Cabrales. (2011). Regeneración natural de la selva alta perennifolia en el parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. *Polibotánica*, 32: 63-88.
- SEMARNAT. (2016). Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. Edición 2015. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf. consultado en 5 de diciembre de 2020.
- Singh, O. P., (1990). Vegetational Regions of the World. *Patterns of regional geography An International Perspective*, 3: 5-15 World Regions. Editor R. B. Mandal.
- Soto-Pinto, L., Romero-Alvarado, Y., Caballero-Nieto, & J. Segura-Warnholtz. (2001). Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, Mexico. *Biología Tropical*, 49(3-4): 977-87.
- Stevenson, P. R., & M. E. Rodríguez, M. E., (2007). Determinantes de la Composición Florística y Efecto de Borde en un Fragmento de Bosque en el Guaviare, Amazonía Colombiana. *Colombia Forestal*, 11(1): 5-17.
- Sudrajat, S., & D. Wiputro. (2019). A comparative study of tree community structure and natural regeneration status in Bontang urban forest and conservation for the LNG Industrial Plant Area, East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(10): 2841-2847. DOI: 10.13057/biodiv/d201009.
- Tobin, A., & J. Dusheck. (2005). *Asking about life*. 3ra. edición. Ed. Thomson. Belmont. U.S.A.

- Torres-Rojo, J. M., & Guevara-Sanginés, A. E. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica*, 63.
- Turubanova, S., Potapov, P. V., Tyukavina, A., & M. C. Hansen. (2018). Ongoing primary forest loss in Brazil, Democratic Republic of the Congo, and Indonesia. *Environmental Research Letters*, 13: 074028.
- Vandermeer, J., & I. Perfecto. (2001). A spider web or a house of cards. En S. E. Place(ed.), *Tropical Rainforests Latin American Nature and Society in Transition* (pp. 7-26). Ed. Scholarly Resources.
- Vargas, W.G. (2015). Una breve descripción de la vegetación, con especial énfasis en las pioneras intermedias de los bosques secos de La Jagua, en la cuenca alta del río Magdalena en el Huila. *Colombia Forestal*, 18(1): 47-70. DOI: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a03.
- Vázquez-Negrín, I., Castillo-Acosta, O., Valdez-Hernández, J. I., Zavala-Cruz, J., & J.L. Martínez-Sánchez. (2011). Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes Tenosique, Tabasco, México. *Polibotánica*, 32:41-61.
- Vázquez-Torres, M. (2007). Los árboles cultivados de Veracruz. Veracruz: Secretaría de Educación de Veracruz, Secretaría de Turismo y Cultura, Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología, Universidad Veracruzana.
- Vázquez-Torres, M., (2011). El bosque tropical perennifolio. En Cruz-Aragón A. (Ed.), *La biodiversidad de Veracruz: Estudio de estado* (pp. 195-206). México, D.F.: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz. Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & A.M. Umaña. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3): 559-902.
- Villavicencio-Enríquez, L. & 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.

Anexo I. Concentrado de familias y especies registradas en los tres sitios de estudio: 1) fragmento de selva alta perennifolia, 2) cafetal de Ixtacapan y 3) cafetal de La Monetaria. Las especies están clasificadas como silvestres (S) y cultivadas (C).

Familia	N. científico	N. común	sitio			Clasif. de especies	
			1	2	3	S	C
Amaranthaceae							
	<i>Iresine arbuscula</i> Uline & W.L. Bray	Carne de gallina	x		x	*	
Anacardiaceae							

	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Granadillo, gateado	x			*	
	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	x	x			*
	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	Bienvenido	x		x	*	
Annonaceae							
	<i>Annona</i> sp.	Anona		x		*	
	<i>Cymbopetalum baillonii</i> R.E. Fr.	Platanillo		x		*	
Apocynaceae							
	<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevo de gato	x	x	x	*	
Araliaceae							
	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decné. & Planch.	Cucharo, Temalcahuite	x	x	x	*	
Asparagaceae							
	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	Izote		x		*	
Asteraceae							
	<i>Baccharis</i> sp.	Azomiate		x		*	
Bignoniaceae							
	<i>Amphitecna apiculata</i> A.H. Gentry	Jicarillo	x			*	
	<i>Tabebuia</i> sp.	Roble	x			*	
Burseraceae							
	<i>Bursera simaruba</i> L. (Sarg.)	Chaca	x	x	x	*	
	<i>Protium copal</i> (Schltdl. & Cham.) Engl.	Copal	x	x		*	
Cannabaceae							
	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Chirisní, Chilismín	x	x	x	*	
Caricaceae							
	<i>Carica papaya</i> L.	Papayo	x	x			*
Ebenaceae							
	<i>Diospyros nigra</i> Blanco	Zapote prieto	x		x	*	
Fabaceae							
	<i>Bauhinia variegata</i> var. <i>candida</i> Buch.-Ham.	Pata de cabra	x	x			*
	<i>Inga vera</i> Willd.	Chalahuite		x			*
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Guaje		x			*
	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Chijol	x	x		*	
	<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb.	Frijolillo	x	x	x	*	
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Palo de humo		x		*	
Lauraceae							
	<i>Laurus</i> sp.	Laurel	x	x	x	*	
	<i>Licaria capitata</i> (Schltdl. & Cham.) Kosterm	Misanteco	x	x		*	
	<i>Nectandra</i> sp.	Aguacatillo		x	x	*	
	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	x	x	x	*	
	<i>Persea schiedeana</i> Nees	Pagua		x		*	
Malpigiaceae							
	<i>Bunchosia</i> sp.	Zapotillo	x	x		*	
Malvaceae							
	<i>Berrya cubensis</i> (Griseb.) M. Gómez	Hojancho	x	x	x	*	
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba, Pochota	x			*	
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guázamo	x	x	x	*	
	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	Jonote	x			*	
Meliaceae							
	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	x	x		*	
	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba		x		*	
	<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Rama tinaja	x	x	x	*	
Moraceae							
	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ojite	x	x	x	*	
	<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Hule	x	x	x	*	
	<i>Ficus colubrinae</i> Standl.	Higuera			x	*	
	<i>Ficus</i> sp.			x		*	

	<i>Pseudolmedia glabrata</i> (Liebm.) C.C. Berg	Tepetomate	x			*	
	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Ramón	x		x	*	
Myrtaceae							
	<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn.	Capulín agarroso	x	x	x	*	
	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Pimiento	x	x	x	*	
	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Poma rosa	x	x	x		*
Piperaceae							
	<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo	x	x	x	*	
Polygonaceae							
	<i>Coccoloba</i> sp.	Uvero		x		*	
Primulaceae							
	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Capulín de mayo	x	x	x	*	
Rubiaceae							
	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	x	x	x		*
Rutaceae							
	<i>Citrus aurantiaca</i> (L.) Swingle	Naranja chino	x	x	x		*
	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja de jugo	x	x	x		*
	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	Ombigo de puerco		x		*	
Salicaceae							
	<i>Casearia</i> sp.	Capulín corona	x	x		*	
	<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	Maicillo	x	x	x	*	
Sapindaceae							
	<i>Cupania dentata</i> DC	Guacamayo	x	x	x	*	
	<i>Exothea paniculata</i> (Juss.) Radlk.	Frutillo	x	x		*	
	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Chololote	x			*	
Sapotaceae							
	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Zapote chico		x		*	
Thymelaeaceae							
	<i>Daphnopsis</i> sp.	Sufricallo	x	x		*	
Urticaceae							
	<i>Urera</i> sp.	Apante, Chiguapa			x	*	

Anexo 2. Especies compartidas entre sitios.

Especies compartidas entre sitios Cafetal de Ixtacapan y cafetal de La Monetaria		
Familia	Especie	Nombre común
Apocynaceae	<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevo de gato
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decn. & Planch.	Cucharo, temalcahuite

Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L. (Sarg.)	Chaca
Cannabaceae	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Chirisní, chilismín
Fabaceae	<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb.	Frijolillo
Lauraceae	<i>Laurus</i> sp. <i>Nectandra</i> sp. <i>Persea americana</i> Mill.	Laurel Aguacatillo Aguacate
Malvaceae	<i>Berrya cubensis</i> (Griseb.) M. Gómez <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Hojancho Guázamo
Meliaceae	<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Rama tinaja
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw. <i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Ojite Hule
Myrtaceae	<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn. <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Capulín agarroso Pimiento Poma rosa
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo
Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Capulín de mayo
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café
Rutaceae	<i>Citrus aurantiaca</i> (L.) Swingle <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja chino Naranja de jugo
Salicaceae	<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	Maicillo
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> DC	Guacamayo
Cafetal de Ixtacapan y fragmento de selva		
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
Apocynaceae	<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevo de gato
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreum</i> (L.) Decné. & Planch.	Cucharo, temalcahuite
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L. (Sarg.) <i>Protium copal</i> (Schltdl. & Cham.) Engl.	Chaca Copal
Canabaceae	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Chirisní, chilismín
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papayo
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp. <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. <i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb.	Pata de cabra Chijol Frijolillo
Lauraceae	<i>Laurus</i> sp. <i>Licaria capitata</i> (Schltdl. & Cham.) Kosterm <i>Persea americana</i> Mill.	Laurel Misanteco Aguacate
Malpigiaceae	<i>Bunchosia</i> sp.	Zapotillo
Malvaceae	<i>Berrya cubensis</i> (Griseb.) M. Gómez <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Hojancho Guázamo
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L. <i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Cedro Rama tinaja
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw. <i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Ojite Hule
Myrtaceae	<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn. <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Capulín agarroso Pimiento Poma rosa
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo
Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Capulín de mayo
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café
Rutaceae	<i>Citrus aurantiaca</i> (L.) Swingle <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja chino Naranja de jugo
Salicaceae	<i>Casearia</i> sp. <i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	Capulín corona Maicillo

Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> DC <i>Exothea paniculata</i> (Juss.) Radlk.	Guacamayo Frutillo
thymelaeaceae	<i>Daphnopsis</i> sp.	Sufricallo
Cafetal de La Monetaria y fragmento de selva		
Amaranthaceae	<i>Iresine arbuscula</i> Uline & W.L. Bray	Carne de gallina
Anacardiaceae	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	Bienvenido
Apocynaceae	<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevo de gato
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decné. & Planch.	Cucharo, temalcahuite
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L. (Sarg.)	Chaca
Canabaceae	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Chirisní, chilismín
Ebenaceae	<i>Diospyros nigra</i> Blanco	Zapote prieto
Fabaceae	<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb.	Frijolillo
Lauraceae	<i>Laurus</i> sp. <i>Persea americana</i> Mill.	Laurel Aguacate
Malvaceae	<i>Berrya cubensis</i> (Griseb.) M. Gómez <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Hojancho Guázamo
Meliaceae	<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Rama tinaja
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw. <i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv. <i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Ojite Hule Ramón
Myrtaceae	<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn. <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Capulín agarroso Pimiento Poma rosa
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo
Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Capulín de mayo
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café
Rutaceae	<i>Citrus aurantiaca</i> (L.) Swingle <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja chino Naranja de jugo
Salicaceae	<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	Maicillo
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> DC	Guacamayo

Anexo 3. Especies que comparten los tres sitios

Especies compartidas entre el fragmento de selva y los dos cafetales abandonados		
Familia	Especie	Nombre común
Apocynaceae	<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevo de gato

Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decné. & Planch.	Cucharo, temalcahuite
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L. (Sarg.)	Chaca
Canabaceae	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Chirisní, chilismín
Fabaceae	<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb.	Frijolillo
Lauraceae	<i>Laurus</i> sp. <i>Persea americana</i> Mill.	Laurel Aguacate
Malvaceae	<i>Berrya cubensis</i> (Griseb.) M. Gómez <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Hojancho Guázamo
Meliaceae	<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Rama tinaja
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw. <i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Ojite Hule
Myrtaceae	<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn. <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Capulín agarroso Pimiento Poma rosa
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo
Primulaceae	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Capulín de mayo
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café
Rutaceae	<i>Citrus aurantiaca</i> (L.) Swingle <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja chino Naranja de jugo
Salicaceae	<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	Maicillo
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> DC	Guacamayo

Anexo 4. Listado de especies en la selva y cafetales abandonados con sus respectivos valores de Índice de Valor de Importancia (IVI) del estrato arbóreo (individuos \geq 5 cm de diámetro).

Espece	Nombre común	IVI
Selva		

<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	12.98
<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	Maicillo	10.75
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decné. & Planch.	Cucharo	10.49
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ojite	7.28
<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Hule	5.49
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	4.81
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba, Pochota	4.70
<i>Bursera simaruba</i> L. (Sarg)	Chaca	4.68
<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	Bienvenido	4.11
<i>Licaria capitata</i> (Schltdl. & Cham.) Kosterm.	Misanteco	3.82
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	3.81
<i>Cupania dentata</i> DC.	Guacamayo	3.40
<i>Daphnopsis</i> sp.	Sufricallo	1.95
<i>Pseudolmedia glabrata</i> (Liebm.) C.C. Berg	Tepetomate	1.80
<i>Protium copal</i> (Schltdl. & Cham.) Engl.	Copal	1.66
<i>Iresine arbuscula</i> Uline & W. L. Bray	Carne de gallina	1.52
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Ramón	1.50
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	Jonote	1.42
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Chololote	1.36
<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo	1.08
<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevo de gato	1.07
<i>Diospyros nigra</i> Blanco	Zapote prieto	0.87
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guázamo	0.84
<i>Casearia</i> sp.	Capulín corona	0.83
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Granadillo, gateado	0.83
<i>Laurus</i> sp.	Laurel	0.80
<i>Citrus aurantica</i> (L.) Swingle	Naranja chino	0.80
<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Chirisní, chilismín	0.79
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Pomarosa	0.79
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja de jugo	0.76
<i>Berrya cubensis</i> (Griseb.) M. Gómez	Hojancho	0.75
<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Capulín de mayo	0.75
<i>Tabebuia</i> sp.	Roble	0.75
<i>Coffea arabica</i> L.	Café	0.75
Ixtacapan		
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	15.835
<i>Bursera simaruba</i> L. (sarg.)	Chaca	11.875
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decné. & Planch.	Cucharo	9.324
<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	Maicillo	5.585
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	5.574
<i>Cupania dentata</i> DC.	Guacamayo	5.330
<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Hule	5.271
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja de jugo	4.868

<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ojite	4.483
<i>Laurus</i> sp.	Laurel	3.963
<i>Berrya cubensis</i> (Griseb.) M. Gómez	Hojancho	3.563
<i>Citrus aurantica</i> (L.) Swingle	Naranja chino	2.879
<i>Bauhinia variegata</i> var. <i>candida</i> sp.	Pata de cabra	1.932
<i>Cymbopetalum baillonii</i> R.E.	Platanillo	1.900
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guázamo	1.884
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	1.685
<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevo de gato	1.611
<i>Daphnopsis</i> sp.	Sufricallo	1.508
<i>Inga vera</i> Willd.	Chalahuite	1.058
<i>Ficus</i> sp.	Higuera	1.039
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Guaje	0.907
<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Chirisní, Chilismín	0.894
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Zapote chico	0.845
<i>Bunchosia</i> sp.	Zapotillo	0.799
<i>Annona</i> sp.	Anono	0.795
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Chijol	0.787
<i>Protium copal</i> (Schltdl. & Cham) Engl.	Copal	0.787
<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb.	Frijolillo	0.775
<i>Nectandra</i> sp.	Aguacatillo	0.754
<i>Licaria capitata</i> (Schltdl. & Cham.) Kosterm.	Misanteco	0.750
<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo	0.741
Monetaria		
<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.) Sleumer	Maicillo	19.74
<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Hule	15.47
<i>Ficus colubrinae</i> Stand.	Higuera	8.53
<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	Bienvenido	7.75
<i>Berrya cubensis</i> (Griseb.) M. Gómez	Hojancho	7.63
<i>Stemmadenia</i> sp.	Huevo de gato	7.36
<i>Piper amalago</i> L.	Cordoncillo	6.13
<i>Laurus</i> sp.	Laurel	3.39
<i>Citrus aurantica</i> (L.) Swingle	Naranja chino	2.94
<i>Bursera simaruba</i> L. (Sarg.)	Chaca	2.82
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Pimiento	2.49
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja de jugo	2.24
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ojite	1.86
<i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urb.	Frijolillo	1.40
<i>Nectandra</i> sp.	Aguacatillo	1.24
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guázamo	1.09
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Rama tinaja	0.94
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decné. & Planch.	Cucharero	0.93
<i>Urera</i> sp.	Apante, Chiguapa	0.92

<i>Diospyros nigra</i> Blanco	Zapote prieto	0.92
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	0.91
<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Chirisní, Chilismín	0.90
<i>Iresine arbuscula</i> Uline & W. L. Bray	Carne de gallina	0.89

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

www.uv.mx

