



Programa Mexicano del Carbono



Una **REDD**  
para **SALVAR** la **SOMBRA** de la  
**Sierra Madre de Chiapas**

Campaña a favor de los acervos de  
carbono y la biodiversidad en  
cafetales bajo sombra

7  
Séptimo Informe

PROGRAMA MEXICANO DEL CARBONO

Cristóbal Sánchez Sánchez. COLPOS • Antoine Libert Amico. UAM-X • Fernando Paz Pellat. COLPOS

## Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Objetivo</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Método</b> .....	<b>6</b>
Brigada de campo.....	8
3.2 Muestreo de vegetación .....	8
3.3 Análisis fitogeográfico .....	9
<b>4. Resultados</b> .....	<b>10</b>
4.1 Inventario .....	10
4.1.1 <i>Helechos</i> .....	11
4.1.2 <i>Gimnospermas</i> .....	11
4.1.3 <i>Angiospermas</i> .....	11
4.2 Especies de flora en riesgo .....	12
4.3 Biodiversidad en los cafetales .....	13
4.4 Relación riqueza de especies-tipos funcionales.....	14
4.5 Cobertura del dosel y biodiversidad .....	15
4.6 Influencia de la diversidad florística en la fauna .....	16
<b>5. Conclusiones</b> .....	<b>18</b>
<b>6. Literatura citada</b> .....	<b>18</b>



## Lista de Figuras

<b>FIGURA 1.</b> SITIOS DE MUESTREO EN LOS MUNICIPIOS QUE FORMAN PARTE DE LA REGIÓN CAFETALERA DE LA SIERRA MADRE DE CHIAPAS.....	7
<b>FIGURA 2.</b> UNIDADES DE MUESTREO DE BIODIVERSIDAD AL INTERIOR DEL SITIO. ....	9
<b>FIGURA 3.</b> RELACIÓN DE FAMILIAS CON MAYOR NÚMERO DE ESPECIES (BARRAS GRISES) Y GÉNEROS (BARRAS NEGRAS) REGISTRADAS EN ESTE INVENTARIO. ....	11
<b>FIGURA 4.</b> <i>ASTRONIUM GRAVEOLENS</i> JACQ. (ANACARDIACEAE). FOTOGRAFÍA: BIÓL. LUIS HUMBERTO VICENTE RIVERA.....	12
<b>FIGURA 5.</b> <i>CATOPSIS BERTERONIANA</i> (SCHULT. & SCHULT. F.) MEZ (BROMELIACEAE). FOTOGRAFÍA: BIÓL. LUIS HUMBERTO VICENTE RIVERA. ....	13
<b>FIGURA 6.</b> HÁBITO DE LAS ESPECIES PRESENTES EN LOS CAFETALES MUESTREADOS. ....	14
<b>FIGURA 7.</b> RELACIÓN ENTRE LA RIQUEZA DE ESPECIES (SPP.) Y TIPOS FUNCIONALES DE PLANTAS (PFT) DOCUMENTADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO. ....	15
<b>FIGURA 8.</b> RELACIÓN ENTRE LOS VALORES DE RIQUEZA DE ESPECIES (SPP.), TIPOS FUNCIONALES DE PLANTAS (PFT) Y EL PORCENTAJE DE COBERTURA PROYECTIVA FOLIAR EN LAS PARCELAS DE MUESTREO. ....	16
<b>FIGURA 9.</b> CRÍA DE <i>ANOLIS</i> SP. ENCONTRADA ENTRE LOS CAFETALES. FOTOGRAFÍA: ANTOINE LIBERT AMICO Y JULIO WONG GONZÁLEZ.....	17
<b>FIGURA 10.</b> ORTÓPTERO DEL SUBORDEN ENSIFERA, HALLADO ENTRE LOS CAFETALES. FOTOGRAFÍA: ANTOINE LIBERT AMICO Y JULIO WONG GONZÁLEZ.....	17

## Lista de Cuadros

<b>CUADRO 1. MUNICIPIOS MUESTREADOS EN EL INVENTARIO. ....</b>	<b>7</b>
<b>CUADRO 2. COMPARACIÓN DE LA RIQUEZA FLORÍSTICA DEL PRESENTE INVENTARIO CON ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y REGIONES AFINES A LA ZONA DE ESTUDIO. ....</b>	<b>10</b>
<b>CUADRO 3. ESPECIES REGISTRADAS CON ALGUNA CATEGORÍA DE PROTECCIÓN DENTRO DE LA NOM-059-SEMARNAT-2010.....</b>	<b>12</b>
<b>CUADRO 4. CULTIVARES DE CAFÉ ENCONTRADOS EN LOS MUESTREOS .....</b>	<b>15</b>



# Biodiversidad de los cafetales en la Sierra Madre de Chiapas

**Cristóbal Sánchez Sánchez (COLPOS)**

**Antoine Libert Amico (UAM-X)**

**Fernando Paz Pellat (COLPOS)**

**Octubre 2016**

## 1. Introducción

El cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en las sierras mexicanas se lleva a cabo bajo la sombra de una gran variedad de árboles nativos. Asimismo, en el sotobosque existe un mosaico de especies entre las plantaciones y, en conjunto, constituyen agroecosistemas complejos y biodiversos (Hodgkin *et al.*, 2015). En Chiapas se han hecho estudios de la flora en cafetales, que abordan por separado los diferentes componentes de la vegetación (p. ej. árboles, hierbas, epífitas) y muestran la importancia de estas especies para el mantenimiento de la fauna, el microclima y su estabilidad (Soto-Pinto *et al.*, 2001; Pérez-Farrera y Bolom Ton, 2003; Perfecto *et al.*, 2003; Mas y Dietsch, 2004; Philpott, 2005; Soto-Pinto, 2013).

Para evaluar la contribución de los cafetales a la diversidad regional, primero se deben tener estimaciones confiables de la diversidad alfa, pues a partir de ella se evalúa la diversidad beta y gamma (Magurran, 2004; López y Williams, 2006). Las métricas usadas para describir la biodiversidad alfa son variadas, pero la riqueza de especies se utiliza en la mayoría de las investigaciones nacionales e internacionales (Croezen *et al.*, 2011; NRC, 2000). Sin embargo, esta aproximación dificulta las comparaciones ecológicas generalizadas entre la biodiversidad de distintos sitios y genera problemas de escala (Rosenzweig, 1995). Debido a esto, la diversidad funcional se ha vuelto una alternativa preferida para evaluar atributos ecosistémicos (Hooper y Vitousek 1998; Gillison y Liswanti, 2004).

El concepto de diversidad funcionalidad en plantas describe el comportamiento adaptativo, es decir, aquellas características que son relevantes en su respuesta al ambiente y su funcionamiento en el ecosistema (Smith *et al.*, 1992; Shugart, 1996; Gray y

Noble, 1997); es clave en procesos ecosistémicos como la productividad de los ecosistemas (McLaren y Turkington, 2010; Gornish y Prather, 2014), el nitrógeno disponible en el suelo (Hooper y Vitousek, 1997; Davies *et al.*, 2007) y la resistencia a la invasión (Walker *et al.*, 1997; Symstad 2000; Díaz y Cabido, 2001). Incluso se ha planteado que la diversidad funcional tiene un efecto amortiguador en los procesos ecosistémicos, contra extinciones específicas (Naeem, 1998).

Estos nuevos métodos son prometedores para el estudio del cambio climático y la dinámica del carbono, ya que permiten analizar de manera más puntual el papel de la biodiversidad en el funcionamiento de los cafetales y su relación con los ecosistemas naturales (Mason *et al.*, 2003, Gillison *et al.*, 2004; Díaz *et al.*, 2016).

En el marco de la 13ª Conferencia de las Partes de la Convención para la Diversidad Biológica, por celebrarse en Cancún en diciembre 2016, este estudio busca aportar información a los debates sobre biodiversidad en el país, con datos actualizados en una zona prioritaria para la conservación, como parte de las mediciones efectuadas para entender la epidemia de roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.).

## 2. Objetivo

Aportar información para la toma de decisiones y el manejo de cafetales en favor de la biodiversidad, a partir de los resultados de un inventario de la diversidad florística en cafetales de 44 sitios de la Sierra Madre de Chiapas.

## 3. Método

Los sitios de muestreo se localizan en la zona cafetalera de la Sierra Madre de Chiapas (Figura 1) y fueron acordados con productores de café y autoridades ejidales en comunidades de 18 municipios (Cuadro 1), ubicados en cuatro regiones socioeconómicas del estado de Chiapas (CEIEG, 2012). El muestreo contempló parcelas de cultivo de café y áreas de vegetación de referencia.

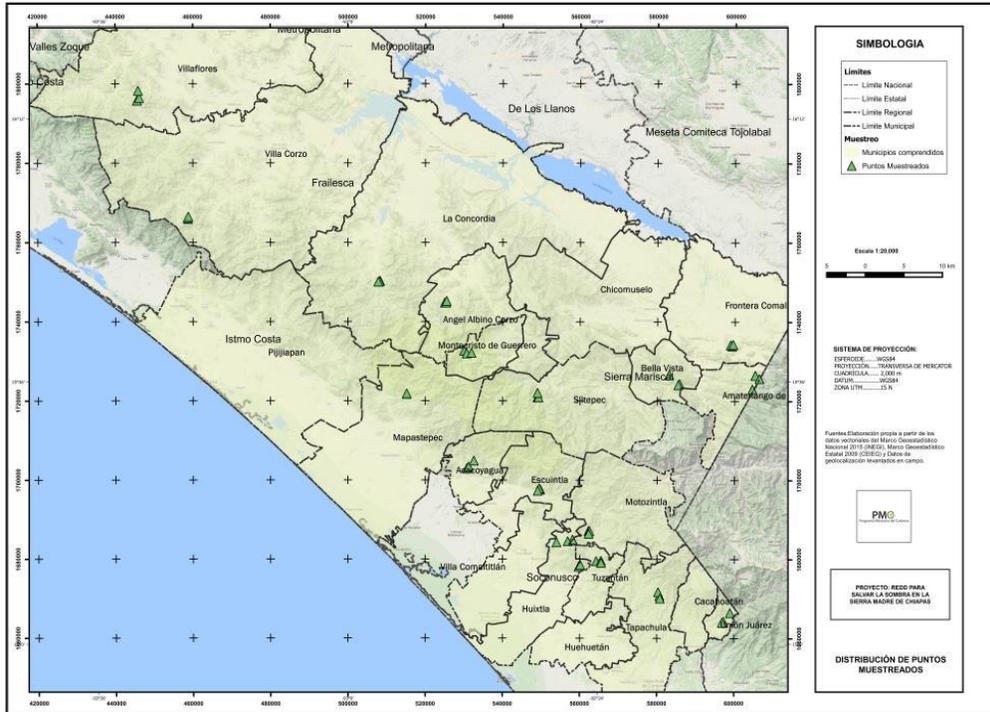


Figura 1. Sitios de muestreo en los municipios que forman parte de la región cafetalera de la Sierra Madre de Chiapas

Cuadro 1. Municipios muestreados en el inventario.

Región	Municipio
VI	Ángel Albino Corzo
	La Concordia
	Montecristo de Guerrero
	Villa Corzo
	Villaflores
IX	Mapastepec
X	Acacoyagua
	Escuintla
	Huixtla
	Motozintla
	Tapachula
	Tuzantán
	Unión Juárez
XI	Amatenango de la Frontera
	Bella Vista
	Fontera Comalapa
	Motozintla
	Siltepec

## **Brigada de campo**

Antes de iniciar el inventario de biodiversidad, se conformó y capacitó a la brigada de campo integrada por profesionistas de las áreas biológicas y forestales con alta experiencia en inventarios de vegetación, suelo y taxonomía botánica. Para ubicar los sitios de muestreo, se utilizó la subdivisión del estado de Chiapas de acuerdo con las regiones socioeconómicas (CEIEG, 2012), y los insumos cartográficos actualizados disponibles sobre la superficie de café en la Sierra Madre de Chiapas.

### **3.2 Muestreo de vegetación**

Los datos se obtuvieron de acuerdo con los métodos de muestreo descritos en el Manual de Procedimientos Inventario de Biodiversidad<sup>1</sup>, el cual agrupa especies con características similares de hojas, forma de vida y atributos de raíces, es decir, plantas que comparten atributos biológicos, tanto por sus respuestas a factores ambientales como por sus efectos similares en el funcionamiento del ecosistema. El diseño del sitio de muestreo fue de forma circular y se compuso por círculos concéntricos para evaluar la agregación espacial de plantas (Figura 2).

El catálogo de especies de plantas vasculares se ordenó con base en el sistema de clasificación taxonómica de angiospermas APG III (2009). Para la nomenclatura de gimnospermas y pteridofitas se consultó la página del Herbario del Jardín Botánico de Missouri (MBG, 2015), la cual contiene las actualizaciones más recientes de la información taxonómica referente a este tipo de plantas.

La diversidad funcional se caracterizó de acuerdo con el método de Gillison descrito en el manual de muestreo 1, el cual considera atributos funcionales de las plantas, como las características de las hojas u órganos fotosintéticamente activos, la forma de vida y atributos de las raíces (Gillison y Carpenter, 1997; Gillison, 2002; Gillison, 2006). Mediante este enfoque, cada componente de la vegetación puede caracterizarse con un tipo funcional y la diversidad funcional puede evaluarse al considerar los tipos funcionales de plantas, PFT por sus siglas en inglés: Plant Functional Types (Gillison y Carpenter, 1997; Díaz *et al.*, 2016).

Este enfoque aborda con mayor precisión los efectos de respuesta de individuos y comunidades bajo diferentes gradientes ambientales y mecanismos que impactan en la biodiversidad, las cadenas tróficas y los ciclos de carbono y de nutrientes (Gillison, 2016). Por esta razón, es un método prometedor y un buen complemento para la evaluación de la biodiversidad en el funcionamiento de los cafetales y los ecosistemas naturales (Díaz y Cabido, 2001; Mason *et al.*, 2003; Gillison *et al.*, 2004). Otra ventaja del

---

<sup>1</sup> La descripción más detallada de la metodología se puede consultar en los manuales disponibles en la página del PMC <http://pmcarbono.org/pmc/publicaciones/manuales.php>

uso de tipos funcionales es su independencia de la diversidad taxonómica, la cual generalmente se documenta con muchas inconsistencias en cuanto a su certeza y validez, en estudios forestales (Rojas *et al.*, 2014).

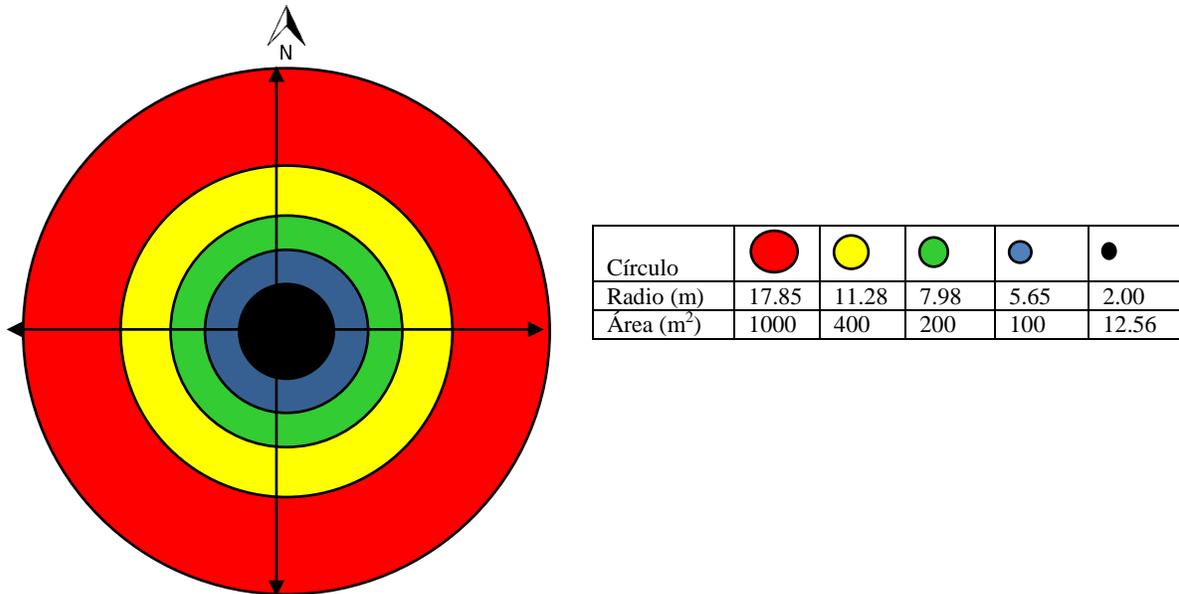


Figura 2. Unidades de muestreo de biodiversidad al interior del sitio.

### 3.3 Análisis fitogeográfico

Para determinar la afinidad fitogeográfica de las especies se utilizaron los criterios de clasificación de Vibrans (1998), adaptados a la extensión meridional de la vegetación nativa del sureste mexicano hacia América Central. Las categorías establecidas fueron las siguientes:

- Endémicas regionales: incluye plantas endémicas de México dentro de sus límites políticos, también aquellas que se distribuyen desde el suroeste de Estados Unidos hasta México, las que se restringen a México y América Central (Guatemala a Panamá, hasta el norte de Colombia y Venezuela) y aquellas que se encuentran al oeste de Estados Unidos hasta Centroamérica. Abarca una región casi equiparable al Megaméxico descrito por Rzedowski (1991).
- Especies ampliamente distribuidas en América: son plantas que se distribuyen desde el sur de Estados Unidos o México hasta Sudamérica (sur de Panamá), e incluye principalmente especies con afinidad tropical.

- Neofitas: también llamadas exóticas, son especies provenientes de otros continentes. Se consideró como referencia la lista de plantas introducidas en México elaborada por Villaseñor y Espinosa-García (2004).
- Otras: Son aquellas plantas que tienen una distribución no contemplada en las otras categorías (p. ej. desde Canadá a México, circumboreal, sudamericano, o de origen desconocido).

## 4. Resultados

### 4.1 Inventario

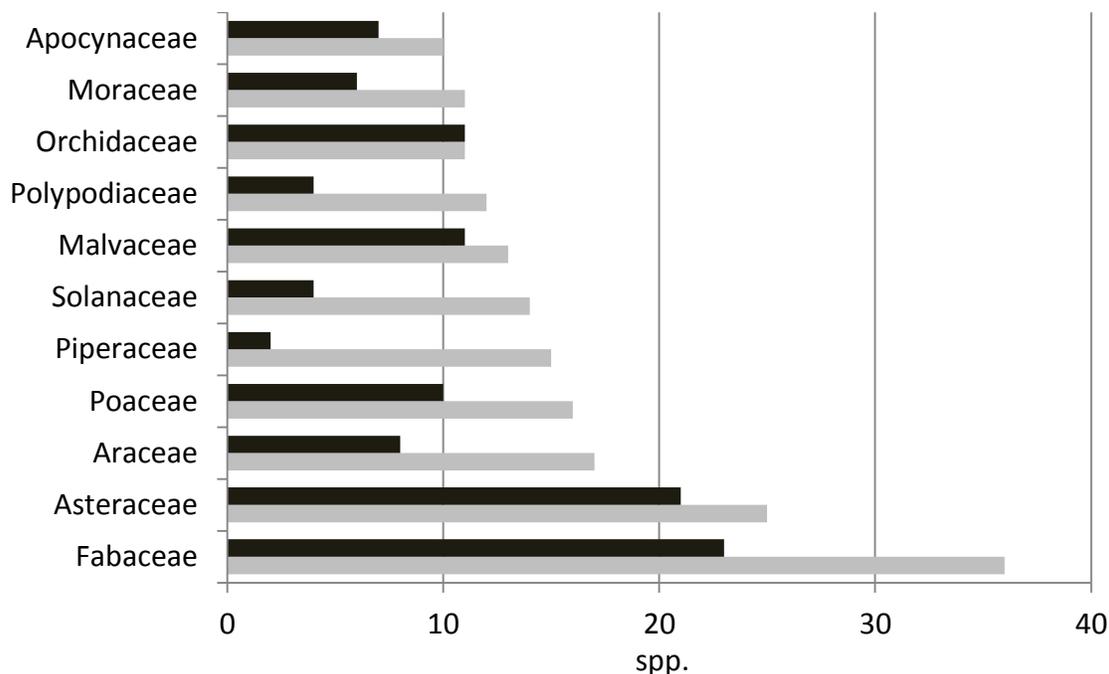
En total se documentaron 420 especies de plantas vasculares pertenecientes a 269 géneros y 99 familias. Esto representa el 14% de las especies registradas en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009 (2996 spp. de acuerdo con Rojas *et al.*, 2014) y el 47% de los 849 taxa registrados en el Inventario Estatal Forestal y de Suelos de Chiapas 2013 (CONAFOR, 2014). Considerando la extensión muestreada en este inventario, dentro de la franja cafetalera de la Sierra Madre de Chiapas y en comparación con otros inventarios de la región, puede decirse que la riqueza florística encontrada es relevante (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Comparación de la riqueza florística del presente inventario con áreas naturales protegidas y regiones afines a la zona de estudio.

Área Natural	Superficie	Número de especies	Fuente
Municipios con cafetales y vegetación de referencia en las regiones Sierra Madre-Soconusco	1 464 650 ha	420	Este trabajo
Selva Baja Caducifolia de la Depresión Central de Chiapas	892 980 ha	988	Reyes-García y Sousa, 1997
Reserva de la Biosfera La Sepultura	167 309 ha	1 798	Reyes-García, 2008
Reserva de la Biosfera El Triunfo	119 117 ha	3 000	Pérez-Farrera, 2004
Chiapas	7 441 500 ha	8 248	Breedlove, 1986

Las familias mejor representadas fueron Fabaceae, Asteraceae, Arecaceae, Poaceae, Piperaceae y Solanaceae, que en su conjunto contienen al 21% del total de especies (Figura 3). La familia Fabaceae es la más diversa con un total de 23 géneros y 36 especies. Estos patrones en la proporción de taxa de la flora han sido ampliamente documentados y

en general, concuerdan con lo descrito para las zonas boscosas del sureste mexicano (Sousa-S. y Delgado-S., 1998; Villaseñor, 2003).



**Figura 3.** Relación de familias con mayor número de especies (barras grises) y géneros (barras negras) registradas en este inventario.

#### 4.1.1 Helechos

Se encontraron 30 especies de helechos, de 14 géneros y 9 familias, siendo Polypodiaceae la más representativa con 12 especies, seguida de Pteridaceae con 7 especies. Los géneros mejor representados fueron *Polypodium*, *Adiantum* y *Thelypteris*, todos característicos de los bosques tropicales del sur del país (Pérez-Farrera *et al.*, 2013a).

#### 4.1.2 Gimnospermas

Se identificaron dos especies de gimnospermas, *Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl. y *Taxodium mucronatum* Ten., ambas coníferas nativas de la región (Pérez-Farrera *et al.*, 2013b).

#### 4.1.3 Angiospermas

Este es el grupo taxonómico que aporta la mayor riqueza al inventario con 388 especies distribuidas en 50 géneros y 17 familias. Aproximadamente el 76% de las angiospermas pertenecen al orden de las dicotiledóneas (Magnoliopsida) con un total de 295 especies, 201 géneros y 71 familias, mientras que el 24% restante (92 especies) son monocotiledóneas (Liliopsida). Los géneros con mayor número de especies son *Piper*,

*Solanum*, *Polypodium* e *Inga*, los cuales se encuentran entre los más abundantes de México y son característicos de los bosques tropicales de la región (Villaseñor, 2004).



Figura 4. *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). Fotografía: Biól. Luis Humberto Vicente Rivera.

## 4.2 Especies de flora en riesgo

Del total de las especies colectadas se identificaron siete que se encuentran registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de protección (Cuadro 3, Figuras 4 y 5). Asimismo, tres especies se encuentran en la Lista Roja de especies en peligro de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2016), de acuerdo con esta lista *Cedrela odorata* L. se encuentra vulnerable a la extinción, mientras que *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlttdl. y *Taxodium mucronatum* Ten., requieren preocupación menor.

**Cuadro 3.** Especies registradas con alguna categoría de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre Científico	Categoría	Distribución
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Pr	Endémica
<i>Catopsis berteroniana</i> (Schult. & Schult. f.) Mez	Pr	No Endémica
<i>Cedrela odorata</i> L.	Pr	No Endémica
<i>Cyathea costaricensis</i> (Mett. ex Kuhn) Domin	P	No Endémica
<i>Guarianthe skinneri</i> (Bateman) Dressler & W.E. Higgins	A	No Endémica
<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	P	No Endémica
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson	A	No Endémica

Pr = Sujeta a protección especial, P = En peligro de extinción, A = Amenazada



**Figura 5.** *Catopsis berteroniana* (Schult. & Schult. f.) Mez (Bromeliaceae). Fotografía: Biól. Luis Humberto Vicente Rivera.

### **4.3 Biodiversidad en los cafetales**

Los cafetales albergaron el 78% (328 spp.) de las especies registradas en el inventario, las cuales se clasifican en 222 géneros y 88 familias. El promedio de especies registradas en estos agroecosistemas fue de 58 spp. y 35 tipos funcionales en promedio, por sitio de muestreo (1000 m<sup>2</sup>). En cuanto al hábito de estas plantas asociadas a los cultivos, se encontraron 106 especies de árboles, 46 arbustos, 147 herbáceas y 29 lianas o bejucos (Figura 6). En general en este estudio se documentaron más especies leñosas que las encontradas en otros muestreos en cafetales y vegetación de referencia (Soto-Pinto *et al.*, 2001; Philpott, 2005; López y Williams, 2006; Rocha-Loredo *et al.*, 2010).

Aproximadamente el 50% de las especies en los cafetos fueron endémicas regionales, mientras que el 38% tienen amplia distribución en América, el 25% son neofitas introducidas de otros continentes y el resto tiene otro tipo de distribución. Esto concuerda con la proporción de flora nativa reportada por López y Williams (2006) en cafetales de Veracruz.

Las plantas asociadas a los cultivos de café con mayor importancia desde el punto de vista del manejo, son las leñosas perennes, sobre todo las especies arbóreas que generan una mayor cobertura en el dosel característica de estos agroecosistemas (Mas y Dietsch, 2004; García-Estrada *et al.*, 2006). Sobresale el género *Inga* con al menos 7 especies arbóreas y los cítricos introducidos (*Citrus*) por cinco especies. Las chirimoyas del género *Annona* son comunes entre los cafetos y están representadas por cuatro especies. Otros géneros de árboles de sombra son: *Zapoteca*, *Trichilia*, *Oreopanax*, *Cecropia*, *Carica*, *Tabebuia*, *Clethra*, *Erythrina*, *Mangifera* y *Ficus*.

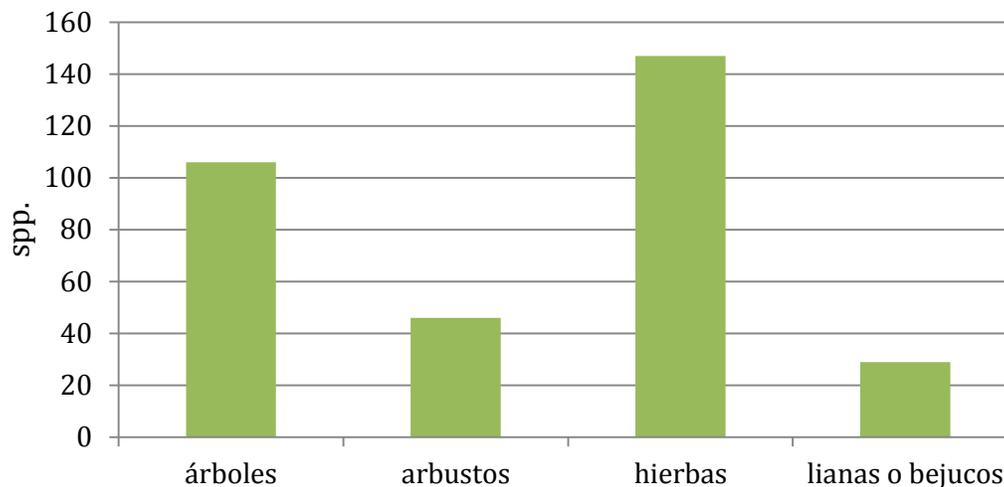


Figura 6. Hábito de las especies presentes en los cafetales muestreados.

El Cuadro 4 enlista la riqueza de cultivares de café encontrados, de las especies *Coffea arabica* L y *C. canephora* Pierre ex A. Froehner. Se trata de 15 de los 43 cultivares descritos por Escamilla *et al.* (2016), que representan una muestra de la considerable agrobiodiversidad presente en la Sierra Madre de Chiapas.

#### 4.4 Relación riqueza de especies-tipos funcionales

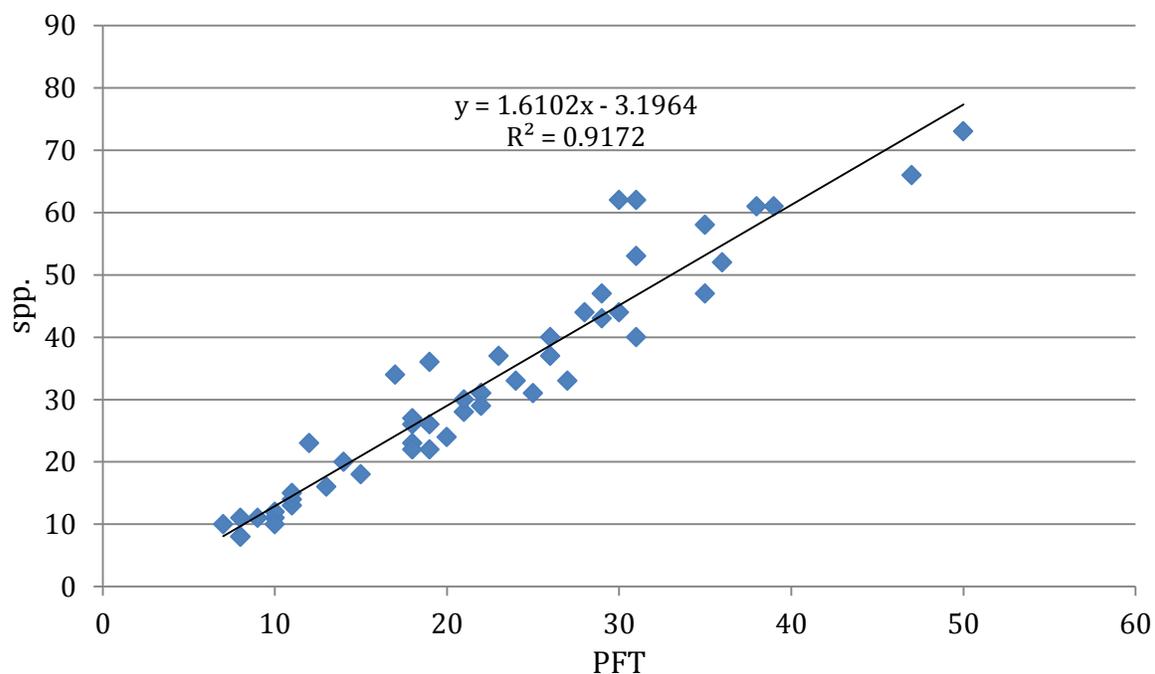
En los cafetales se encontró una riqueza 35 tipos funcionales de plantas (PFT) en promedio, lo cual se asemeja a los datos obtenidos por Gillison *et al.* (2004) y Gillison (2006), para cafetales y bosques tropicales. Un análisis preliminar de la riqueza de especies y los grupos funcionales reportados, muestra una relación directa y proporcional entre las variables (Figura 5). De manera general puede decirse que la cantidad de especies taxonómicas en la vegetación es mayor que los tipos funcionales de plantas (PFT), pero son proporcionales en su diversidad.

En este análisis se debe considerar que una especie puede pertenecer a más de un PFT y un PFT está representado por muchas especies. Esto es un reflejo del aprovechamiento de nichos y de procesos de competencia por recursos (Díaz y Cabido, 2001; Gillison, 2006), ya que, como se ha visto, en bosques sujetos a disturbio o manejo frecuente la diversidad de grupos funcionales puede ser una medida indirecta de su potencial de resiliencia (Yachi y Loreau 1999; Gillison *et al.*, 2004).

La equivalencia sólida en la proporción de tipos funcionales/especies podría utilizarse para cuantificar de manera práctica la biodiversidad en términos de diversidad alfa para distintas superficies. Esto puede reducir fuertemente los costos y facilita la implementación operativa de los esquemas de medición y seguimiento sistemático de la diversidad de plantas vasculares para futuros muestreos (Gillison, 2006).

**Cuadro 4.** Cultivares de café encontrados en los muestreos

Especie	Cultivar
<i>Coffea arabica</i> L.	Árabe/Typica
	Borbón
	Borbón Negro
	Catimor
	Caturra
	Costa Rica 95
	Geisha
	Lempira
	Marago
	Maracatu (cruce entre Maragogipe y Caturra)
	Oro Azteca
	Pache Colis
	RR
	Sarchimor
	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner


**Figura 7.** Relación entre la riqueza de especies (spp.) y tipos funcionales de plantas (PFT) documentados en los sitios de muestreo.

#### 4.5 Cobertura del dosel y biodiversidad

Un análisis preliminar de los valores totales de riqueza de especies y tipos funcionales de plantas en los cafetales no mostró una relación clara con la cobertura proyectiva foliar que alcanzó valores de entre el 36-91% (Figura 8). Sin embargo, se aprecia una ligera tendencia a encontrar una mayor riqueza en sistemas con menor proporción de sombra (cobertura proyectiva foliar). Este hecho se atribuye a la cantidad de herbáceas que colonizan los espacios abiertos, dentro y fuera de los cafetales (Soto-Pinto *et al.*, 2001; Soto-Pinto, 2013).

Es posible que un análisis minucioso de los estratos verticales del follaje muestre una relación más entendible con la cobertura del dosel, de cualquier forma es importante resaltar el papel de la sombra proyectada en los cafetales muestreados y la presencia de una gran diversidad de especies leñosas, para el mantenimiento de una notable flora y fauna asociadas (Gillison *et al.*, 2003; Pérez-Farrera y Bolom, 2003; Soto-Pinto, 2013).

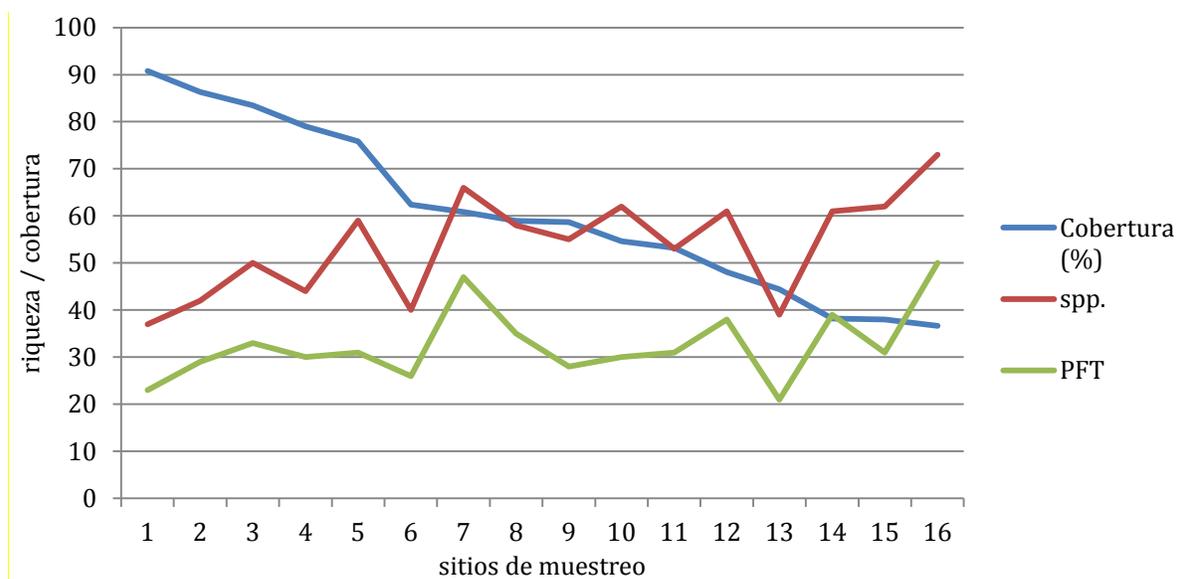


Figura 8. Relación entre los valores de riqueza de especies (spp.), tipos funcionales de plantas (PFT) y el porcentaje de cobertura proyectiva foliar en las parcelas de muestreo.

#### 4.6 Influencia de la diversidad florística en la fauna

La conservación y aprovechamiento sostenible de la vida silvestre puede resultar una tarea imposible si no se conoce su diversidad, así como el papel que juegan las plantas y los animales dentro del ambiente, en la regulación y el equilibrio de los ecosistemas. En este sentido, la investigación básica de inventarios y trabajos taxonómicos de la vegetación adquiere un gran valor científico como punto de partida para la comprensión de estas dinámicas y procesos naturales (Moreno, 2001).

En Chiapas, existen antecedentes que ligan la diversidad de flora con la diversidad faunística y entomofaunística dentro de los cafetales (Ibarra, 1990; Greenberg *et al.*, 1997;

Soto-Pinto *et al.*, 2001; Perfecto *et al.*, 2003; Pérez-Farrera y Bolom Ton, 2003; Mas y Dietsch, 2004; Philpott, 2005; Pinkus *et al.*, 2006; García-Estrada *et al.*, 2006; Cruz-Lara *et al.*, 2004, Soto-Pinto, 2013). Estos estudios muestran que la diversidad y composición de la fauna se relaciona con la composición y estructura de la vegetación, por lo tanto la riqueza de especies encontrada en los cafetales con este inventario debe considerarse como una muestra de su importancia como hábitat para mamíferos, reptiles, aves, insectos y microorganismos (Figura 9 y 10).



**Figura 9.** Cría de *Anolis* sp. encontrada entre los cafetales. Fotografía: Antoine Libert Amico y Julio Wong González.



**Figura 10.** Ortóptero del suborden Ensifera, hallado entre los cafetales. Fotografía: Antoine Libert Amico y Julio Wong González.

Los programas de conservación de biodiversidad en el ámbito regional podrían contemplar fragmentos de bosques de referencia y usos tradicionales del suelo como son los cafetales, debido a su alta complejidad, riqueza de especies y agrobiodiversidad (Altieri, 1991; López y Williams, 2006; Dwivedi *et al.*, 2013).

## 5. Conclusiones

Los cafetales estudiados contienen una riqueza florística comparable con la de las selvas y bosques tropicales de la Sierra Madre de Chiapas. Esta diversidad es importante para el mantenimiento de la fauna asociada, el microclima y la estabilidad ecológica.

La relación directa y proporcional entre la riqueza de las especies de plantas y los grupos funcionales podría utilizarse para cuantificar de manera práctica la biodiversidad en términos de diversidad alfa.

La incorporación de la biodiversidad funcional a los esquemas de pago asociados a los servicios ecosistémicos podría ser una opción, dada la falta de una métrica universalmente aceptada, que sea independiente de escalas temporales y espaciales y pueda ser agregada espacialmente como el Carbono.

Este estudio sustenta el reconocimiento de los servicios ecosistémicos que proveen los cafetales bajo sombra y contribuye a demostrar el papel clave de la agrobiodiversidad en la obtención de los compromisos internacionales asumidos por México ante la comunidad internacional, incluyendo la Convención para la Diversidad Biológica y en particular las Metas de Aichi de dicha Convención (PNUMA, 2010).

Un siguiente paso en el presente proyecto de investigación es la comparación entre la biodiversidad de cafetales con diferente estructura y manejo, partiendo de bosques de referencia hasta el policultivo tradicional y el policultivo comercial, como evaluación de las aportaciones del café bajo sombra a la conservación de la biodiversidad nativa y la agrobiodiversidad.

## 6. Literatura citada

- Altieri, M. A. 1991. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-13.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.



- Breedlove, D. 1981. Flora of Chiapas, Introduction to the Flora of Chiapas. California Academy of Sciences. 35 p.
- CEIEG. 2012. Regiones socioeconómicas. Compendio de Información Estadística y Geográfica de Chiapas. Gobierno del Estado de Chiapas.
- CONAFOR. 2014. Inventario Estatal Forestal y de Suelos del estado de Chiapas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno del Estado de Chiapas. Guadalajara, Jalisco. 212 p.
- Croezen, H., G. Bergsma, A. Clemeus, M. Sevensteen and B. Tulleners. 2011. Biodiversity and land use. A search for suitable indicators for policy use. CE Delft, Delft.
- Cruz-Lara, L., C. Lorenzo, L. Soto-Pinto, E. Naranjo y N. Ramirez-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.
- Davies, K. W., Pokorny, M. L., Sheley, R. L. and James, J. J. 2007. Influence of plant functional group removal on inorganic soil nitrogen concentrations in native grasslands. *Rangeland Ecological Management* 60: 304-310.
- Díaz, S., J. Kattge, J. H. C. Cornelissen, I. J. Wright, S. Lavorel, S. Dray, B. Reu, M. Kleyer, C. Wirth, I. C. Prentice, E. Garnier, G. Bönisch, M. Westoby, H. Poorter, P. B. Reich, A. T. Moles, J. Dickie, A. N. Gillison, A. E. Zanne, J. Chave, S. J. Wright, S. N. Sheremet'ev, H. Jactel, C. Baraloto, B. Cerabolini, S. Pierce, B. Shipley, D. Kirkup, F. Casanoves, J. S. Joswig, A. Günther, V. Falczuk, N. Rüger, M. D. Mahecha and L. D. Gorné. 2016. The global spectrum of plant form and function. *Nature* 529: 167-171.
- Díaz, S. and M. Cabido. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* 16: 646-655.
- Dwivedi, S., K. Sahrawat, H. Upadhyaya and R. Ortiz. 2013. Food, Nutrition and Agrobiodiversity Under Global Climate Change. *Advances in Agronomy* 120: 1-128.
- Escamilla Prado, E., O. Ruiz Rosado, A. Zamarripa Colmenero y V. A. González Hernández. 2016. Calidad en variedades de café orgánico en tres regiones de México. *Revista de Geografía Agrícola* 55: 45-55.
- García-Estrada, C., A. Damon, C. Sánchez-Hernández, L. Soto-Pinto and G. Ibarra-Nuñez. 2006. Bat diversity in montane rainforest and shaded coffee under different management regimes in Southern Chiapas, Mexico. *Biological Conservation* 132: 351-361.
- Gillison, A. N. 2002. A generic, computer assisted method for rapid vegetation classification and survey: tropical and temperate case studies. *Conservation Ecology* 6:3.
- Gillison, A. N. 2006. A field manual for rapid vegetation classification and survey for general purposes. CIFOR, Jakarta, Indonesia. 85 pp. Disponible en: [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/vegclass/vegman2006.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/vegclass/vegman2006.pdf) Consultado en octubre de 2016.
- Gillison, A.N. 2016. Vegetation functional types and traits at multiple scales. En: Box. O.E. 2016. *Vegetation Structure and Function at Multiple Spatial, Temporal and Conceptual Scales*. Universidad de Georgia. Springer. Athenas, Georgia, E.U. pp.53-97.

- Gillison, A. N. and G. Carpenter. 1997. A generic plant functional attribute set and grammar for dynamic vegetation description and analysis. *Functional Biology* 11:775-783.
- Gillison, A. N., D. T. Jones, F. X. Susilo and D. E. Bignell. 2003. Vegetation indicates diversity of soil macroinvertebrates: a case study with termites along land-use intensification gradient in lowland Sumatra. *Organisms Diversity and Evolution* 3: 111-126.
- Gillison, A. N. and N. Liswanti. 2004. Assessing biodiversity at landscape level in northern Thailand and Sumatra (Indonesia): the importance of environmental context. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 104: 75-86.
- Gillison, A. N. and G. Carpenter. 1997. A generic plant functional attribute set and grammar for dynamic vegetation description and analysis. *Functional Biology* 11: 775-783.
- Gillison, A. N., N. Liswanti, S. Budidarsomo, M. van Noordwijk and T. P. Tonich. 2004. Impact of cropping methods on biodiversity in coffee agroecosystems in Sumatra, Indonesia. *Ecology and Society* 9: 7.
- Gornish, E. S. and C. M. Prather. 2014. Foliar functional traits that predict plant biomass response to warming. *Journal of Vegetation Science* 25: 919-927.
- Greenberg, R., B. Peter, A. Cruz A. and R. Reitsma. 1997. Bird populations in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala. *Conservation Biology* 11 (2): 448-459.
- Gray, H. and I. R. Noble. 1997. What are plant functional types and how should we seek them?. *In*: Smith, T. M., H. H. Shugart and F. I. Woodward (eds). *Plant functional types*. Cambridge University Press. Cambridge pp. 3-19.
- Hodgkin, T., D. Hunter, S. Wood and N. Demers. 2015. Agricultural biodiversity, food security and human health. *In*: Romanelli, C. (ed.). *Connecting global priorities: biodiversity and human health: a state of knowledge review*. World Health Organisation; Secretariat of the UN Convention on Biological Diversity 75-95.
- Hooper, D. U. and Vitousek, P. M. 1998. Effects of plant composition and diversity on nutrient cycling. *Ecological Monographs* 68: 121-149.
- Ibarra, N. G. 1990. Arthropods associated with coffee plants in mixed coffee plantations at Soconusco, Chiapas, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana* 97: 207-233.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2016. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2016-2. Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org) (consultado del 10 de octubre de 2016).
- López, G. A. M. y G. Williams L. 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.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.
- McLaren, J. R. and Turkington, R. 2010. Ecosystem properties determined by plant functional group identity. *Journal of Ecology* 98: 459-469.
- Mas, A. and T. Dietsch. 2004. Linking shade coffee certification to biodiversity conservation: Butterflies and birds in Chiapas, Mexico. *Ecological Applications* 14 (3): 642-654.
- Mason, N. W. H., K. MacGillivray, J. B. Steel and J.B. Wilson. 2003. An index of functional diversity. *Journal of Vegetation Science* 14: 571-578.



- Missouri Botanical Garden (MBG). 2016. Herbario virtual del Jardín Botánico de Missouri. Disponible en: <http://www.tropicos.org>. Consultado en octubre de 2016.
- Moreno, E. C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza.
- Naeem, S. 1998. Species redundancy and ecosystem Reliability. *Conservation Biology*. 12: 39-45.
- NRC. 2000. Ecological indicators for the National Committee to Evaluate Indicators for Monitoring Aquatic and Terrestrial Environments, Board on Environmental Studies and Toxicology, Water Science and Technology Board, Commission on Geosciences, Environment, and Resources. National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C. 180 p.
- Pérez-Farrera, M. A. y F. Bolom Ton. 2003. Efecto de dos sistemas de cultivo de café sobre la estructura y composición de epifitas de una selva de la Sierra Madre de Chiapas, México. Libro de Resúmenes del vii Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación.
- Pérez-Farrera, M. A., M. E. López-Molina y A. López-Cruz. 2013a. Los helechos (Pteridophyta). En: La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México. pp. 103-109.
- Pérez-Farrera, M. A. y N. Martínez M. 2013b. Las gimnospermas. En: La biodiversidad en Chiapas. Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México. pp. 111-120.
- Perfecto, I., A. Mas, T. Dietsch and J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12 (6): 1239-1252.
- Philpott, S. M. 2005. Changes in arboreal ant populations following pruning of coffee shade-trees in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 64 (3): 219-224.
- Pinkus, R., M. A. J. L. León C. and G. Ibarra N. 2006. Spider diversity in a tropical habitat gradient in Chiapas, Mexico. *Diversity and distributions* 12: 61-69.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2010. X/2. El plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-es.pdf>, Consultado en octubre de 2016.
- Reyes-García, A. y M. Sousa S. 1997. Listados Florísticos de México XVII. Depresión Central de Chiapas. La Selva Baja Caducifolia. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Reyes-García, A. J. 2008. Inventario florístico de la reserva de la biosfera La Sepultura, Sierra Madre de Chiapas. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 195 p.
- Rocha-Loredo, A. G., N. Ramírez-Marcial y M. González-Espinosa. 2010. Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical Caducifolio en la Depresión Central de Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87: 89-103.

- Rojas, G. F., A. Wegier y A. Ponce M. 2014. Evaluación cuantitativa de errores en la nomenclatura científica del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. *Terra Latinoamericana* 32: 325-331.
- Rosenzweig, M. L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, VK.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica del México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. 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. Diario Oficial de la Federación, 30 de Diciembre de 2010. México, D.F.
- Shugart, H. H. 1996. Plant and ecosystem functional types. *In*: Smith, T. M., H. H. Shugart and F. I. Woodward (eds). *Plant Functional Types: Their relevance to ecosystem properties and Global Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 20-43.
- Smith, T. M., H. H. Schugart, F. I. Woodward and P. J. Burton. 1992. Plants functions types. *In*: Solomon, A. M. and H. H. Shugart (eds). *Vegetation dynamics and global change*, Chapman and Hall, New York, NY. pp. 272-292.
- Soto-Pinto, L. 2013. El café y la biodiversidad asociada. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Gobierno del Estado de Chiapas. México. pp. 198-200.
- Soto-Pinto, L., Y. Romero-Alvarado, J. Caballero-Nieto and G. Segura Warnholtz. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 49 (3-4): 977-987.
- Sousa-S., M. y Delgado-S., A. 1998. Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. En: Ramamoorthy T. P., Bye R., Lot A. y Fa J. Comps. *Diversidad Biológica de México Orígenes y Distribución*, pp. 449-500, Instituto de Biología. UNAM. México D.F. pp. 449-500.
- Symstad, A. J. 2000. A test of the effects of functional group richness and composition on grassland invasibility. *Ecology* 81: 99-109.
- Vibrans, H. 1998. Native maize field weed communities in south central Mexico. *Weed Research* 38:153-166.
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28:160-167.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:105-135.
- Villaseñor, J. L. and F. J. Espinosa-García. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 113-123.
- Walker, B., Kinzig, A. and J. Langridge. 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems* 2:95-113.
- Yachi, S. and M. Loreau. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 96: 1463-1468.



**PM**  
Programa Mexicano del Carbono

Calle Chiconautla No. 8,  
esquina con calle Huexotla,  
Col. Lomas de Cristo, C.P. 56225,  
Texcoco, Estado de México, México

**+52 (595) 951•2182**  
[www.pmcarbono.org](http://www.pmcarbono.org)