



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN
SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ EN
LA SIERRA DE ATOYAC, VERACRUZ**

LUIS EDUARDO GARCÍA MAYORAL

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

La presente tesis titulada: **Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz** realizada por el alumno: **Luis Eduardo García Mayoral**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

DR. JUAN IGNACIO VALDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR

DR. MARIO LUNA CAVAZOS

ASESOR

M. C. ROSALÍO LÓPEZ MORGADO

Montecillo, Texcoco, México, junio de 2014

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ EN LA SIERRA DE ATOYAC, VERACRUZ

Luis Eduardo García Mayoral, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

La Sierra de Atoyac se encuentra dentro de las áreas consideradas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en Veracruz, en esta región la pérdida de la vegetación original es amortiguada por algunos sistemas agroforestales de café (SAF-café) que conservan un número considerable de especies arbóreas. Para fundamentar lo anterior se caracterizaron tres SAF-café: rusticano (RU), policultivo complejo (PC), policultivo simple (PS), así como una selva mediana subperennifolia (SM), al establecer tres unidades de muestreo (UM) por sistema, en dos franjas altitudinales (600-900 y 900-1200 msnm) para un total de 24 UM de 600 m² cada una, en donde se registraron todos los árboles con un diámetro normal (DN) \geq a 2.5 cm. Se calcularon índices estructurales (IVI, IVF), de diversidad (Shannon: H' , α Fisher, equidad) y semejanza florística (Sorensen: S_i), para contrastar cada sistema y aplicar técnicas de análisis de clasificación y ordenación. Se determinaron 79 especies arbóreas, la riqueza por sistema fue mayor en SM (65) y PC (61) que en RU (32) y PS (18). *Cordia alliodora* fue la especie más importante estructuralmente en los SAF-café, *Bursera simaruba* y *Myriocarpa longipes* en la SM. Se definieron dos estratos verticales en todos los sistemas, presentando la mayor cantidad de individuos en las primeras clases diamétricas. Los valores de diversidad fueron mayores en PC ($H'=3.56$) y SM ($H'=3.58$) que en RU ($H'=2.81$) y PS ($H'=2.39$), sin presentar diferencias significativas entre dos los primeros. La semejanza florística fue superior entre SM y PC ($S_i=0.698$) tal y como lo muestran los análisis de clasificación. La altitud fue el factor ambiental que más influyó en la composición florística.

Palabras clave: Policultivo, índices estructurales y de diversidad, especies arbóreas, selva mediana subperennifolia.

STRUCTURE AND DIVERSITY OF ARBOREAL VEGETATION IN COFFEE AGROFORESTRY SYSTEMS IN SIERRA DE ATOYAC, VERACRUZ

Luis Eduardo García Mayoral, M. Sc.
Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

Sierra de Atoyac is located within the areas identified as priorities for biodiversity conservation in Veracruz, in this region the loss of the original vegetation is buffered by some coffee agroforestry systems (SAF-café) that retain a large number of tree species, in order to support above were characterized three SAF-café: rusticano (RU), complex polyculture (PC), simple polyculture (PS), and a semi evergreen forest (SM) to establish three sampling units (UM) per system, on two altitudinal bands (600-900 and 900-1200 m); obtaining a total of 24 UM each of 600 m², in these were recorded all trees with a normal diameter (DN) ≥ 2.5 cm. and calculated a structural (IVI, IVF), diversity (Shannon H', α Fisher, equitability) and floristic similarity (Sorensen: Si): indices, to apply multivariate analysis (classification and ordination techniques). 79 tree species were determined, the richness by system was higher in SM (65) and PC (61) than in RU (32) and PS (18). *Cordia alliodora* was structurally the most important species in the SAF-café, *Bursera simaruba* and *Myriocarpa longipes* was in SM. Two vertical strata were defined on all systems, the most of individuals were in the first diameter class. The diversity values were higher in PC (H' = 3.56) and SM (H' = 3.58) than in RU (H' = 2.81) and PS (H' = 2.39), without significant differences between first two. The floristic similarity was higher between SM and PC (Si = 0.698) as shown by the classification analysis. The altitude was the most influential environmental factor in floristic composition.

Keywords: Polyculture, structural and diversity indices, tree species, semi-evergreen tropical forest.

Dedico esta tesis a mis seres queridos que están o que se han ido, pero que al encontrarlos en el camino de la vida me hacen seguir adelante día a día.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada.

A la Línea Prioritaria de Investigación 1 (Manejo sustentable de recursos naturales) del Colegio de Postgraduados, por su apoyo económico para la realización de este estudio.

Al Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández por su paciencia y recomendaciones.

Al Dr. Mario Luna Cavazos por su disposición.

Al M.C. Rosalío López Morgado por su confianza y apoyo.

Al Dr. Víctor Ordaz Chaparro por sus atenciones.

Al Sr. Hilario Barragán y familia por la hospitalidad brindada durante la realización del trabajo de campo y por su valiosa enseñanza sobre los árboles de la región.

Al joven Adrián López Cervantes por su apoyo en el trabajo de campo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera ayudaron en mi formación, les estoy agradecido.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. HIPÓTESIS	3
4. MARCO TEÓRICO.....	4
4.1. Los sistemas agroforestales de café (SAF-café)	4
4.2. Situación actual del cultivo de café.....	5
4.3. Situación actual de las selvas en México	6
4.4. Estructura de la vegetación nativa.....	7
4.5. Diversidad de especies.....	7
4.5.1. Índices de diversidad	9
4.5.2. Semejanza entre comunidades.....	10
4.6. Análisis multivariable	10
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	12
5.1. Ubicación geográfica	12
5.2. Geología	13
5.3. Clima	13
5.4. Edafología.....	14
5.5. Hidrología	14
6. MATERIALES Y MÉTODOS	15
6.1. Establecimiento de unidades de muestreo	15
6.2. Variables cuantificadas.....	16
6.3. Identificación de especies.....	17
6.4. Estructura de la vegetación arbórea	17
6.5. Diversidad de especies.....	20
6.6. Semejanza florística	22
6.7. Análisis multivariable	23
7. RESULTADOS	24
7.1. Ubicación de las unidades de muestreo	24
7.2. Composición florística.....	24

7.3. Estructura de la vegetación	29
7.3.1. Atributos estructurales.....	29
7.3.2. Índices estructurales	30
7.3.3. Estratificación vertical.....	33
7.3.4. Distribución diamétrica.....	34
7.4. Diversidad de especies.....	37
7.5. Semejanza florística	39
7.6 Análisis multivariable	40
8. DISCUSIÓN	44
9. CONCLUSIONES.....	48
10. LITERATURA CITADA.....	48
11. ANEXOS	62
Anexo A. Listado florístico y abundancia de especies por sistema.....	62
Anexo B. Índice de Valor de Importancia (IVI) por estrato altitudinal y sistema.....	65
Anexo C. Índice de Valor de Forestal (IVF) por estrato altitudinal y sistema.	67
Anexo D. Matriz de semejanza entre unidades de muestreo.	69
Anexo E. Resultado del análisis de correspondencia canónica.....	70

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 7. 1. Variables ambientales de cada unidad de muestreo.	24
Cuadro 7. 2. Especies exclusivas y comunes por franja altitudinal y en general de tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.	28
Cuadro 7. 3. Valores estructurales por franja altitudinal, sistema y unidad de muestreo.	29
Cuadro 7. 4. Familias con mayor índice de valor de importancia (IVI) y valor forestal (IVF) en la Sierra de Atoyac, Veracruz.	30
Cuadro 7. 5. Especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) y valor forestal (IVF) en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.....	31
Cuadro 7. 6. Especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) y valor forestal (IVF) por franja altitudinal en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.....	32
Cuadro 7. 7. Riqueza e índices de diversidad por unidad de muestreo, sistema, franja altitudinal y general en la Sierra de Atoyac, Veracruz.....	38
Cuadro 7. 8. Índices de semejanza florística por franja altitudinal en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.	39
Cuadro 7. 9. Resultados del análisis de correspondencia canónica para los tres primeros ejes de la ordenación.	42
Cuadro 8. 1. Riqueza y diversidad de especies arbóreas en sistemas agroforestales de café (SAF-café) y en selvas medianas subperennifolias en México.....	46

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 5. 1. Localización del área de estudio en el estado de Veracruz.	12
Figura 5. 2. Climograma de la estación climatológica Santa Anita (30155) Municipio de Atoyac, Veracruz.....	13
Figura 6. 1. Esquema de una unidad de muestreo con dimensiones y subdivisiones... 15	
Figura 6. 2. Ubicación de las unidades de muestreo y mapa altimétrico del área de estudio.	16
Figura 7. 1. Especies por familia observadas en la Sierra de Atoyac, Veracruz.	25
Figura 7. 2. Especies por familia en dos franjas altitudinales de la Sierra de Atoyac, Veracruz.	26
Figura 7. 3. Curva especies-área en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.	26
Figura 7. 4. Curva especies-área por franja altitudinal en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia de la Sierra de Atoyac, Veracruz.	27
Figura 7. 5. Dispersión de alturas de árboles en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.	33
Figura 7. 6. Distribución de alturas de árboles por franja altitudinal y sistema.	34
Figura 7. 7. Distribución diamétrica de árboles en cuatro sistemas de la Sierra de Atoyac, Veracruz.	35
Figura 7. 8. Distribución de clases diamétricas por franja altitudinal en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.	36
Figura 7. 9. Patrones generales de estructura poblacional en las principales especies arbóreas de la Sierra de Atoyac, Veracruz.	37
Figura 7. 10. Dendrograma de semejanza florística entre las 24 UM estudiadas, agrupadas con base en el coeficiente de Sorensen por el método de beta flexible.....	40
Figura 7. 11. Dendrogramas de semejanza por franja altitudinal agrupadas con base en el coeficiente de Sorensen por el método de beta flexible.	41

Figura 7. 12. Análisis de Correspondencia Canónica de 24 unidades de muestreo con 64 especies y cinco variables ambientales de la Sierra de Atoyac, Veracruz. 43

1. INTRODUCCIÓN

Convencionalmente, las formas y modos de utilización agrícola de la tierra, han ignorado el recurso arbóreo. Los sistemas que combinan cultivos perennes y cíclicos, así como praderas, con el establecimiento de árboles, se conoce como agroforestería (Krishnamurthy y Uribe, 2002; Krishnamurthy *et al.*, 2003), ya que es una forma de manejo de la tierra que relaciona o integra la vegetación forestal leñosa a la actividad agropecuaria, propiciando interacciones ecológicas y económicas positivas (Nair, 1997). Un ejemplo de agroforestería son los sistemas de cultivo de café bajo sombra, los cuales representan gran parte de la cobertura vegetal en la zona centro del estado de Veracruz.

El café en México, se produjo durante casi dos siglos (1790-1970) en sistemas agroforestales de sombra, plantando las matas de café en regiones de alta biodiversidad como selvas altas, medianas y bosques mesófilos en la vertiente del Golfo de México (Moguel y Toledo, 2004). Esa práctica generó diversos sistemas de producción, que comprenden desde los sistemas tradicionales tales como: el sistema rusticano, policultivo tradicional y policultivo comercial hasta los sistemas modernos de monocultivo y/o bajo sombra especializada (Perfecto *et al.*, 1996; Beer *et al.*, 1998; Moguel y Toledo 1999).

Las plantaciones de café bajo sombra han demostrado ser importantes en la conservación de la diversidad biológica, debido a que ciertos sistemas productivos conservan en gran medida la estructura y funcionamiento de los bosques nativos que reemplazaron (Perfecto *et al.* 1996, Moguel y Toledo 2004, Schroth *et al.* 2004); es decir, desempeñan un papel importante como refugio para la vida silvestre (Richter *et al.*, 2007; Toledo y Moguel, 2012), la productividad y conservación del suelo (Beer *et al.* 1998; Soto-Pinto *et al.* 2001), la captura de carbono (Pineda-López *et al.* 2005; Roncal-García *et al.* 2008), y ofrecen gran variedad de productos secundarios para la economía de los productores (Moguel y Toledo, 1999).

Las características físicas, climáticas, orográficas y geológicas que presenta el estado de Veracruz ha generado una riqueza de plantas vasculares calculada entre 7700 (Ramamoorthy *et al.*, 1993) y 9136 especies (Vázquez-Torres, 1998), lo que representa alrededor del 27.7 % del total reportado para el país (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Sin embargo la vegetación prístina en el estado ha mermado su superficie original en más del 85 % (Castillo-Campos *et al.*, 2011) y es la segunda entidad con mayor transformación ecológica, en un 77 % de su superficie (Semarnat, 2013).

La Sierra de Atoyac se ubica en la zona centro del estado, en la región cafetalera de Córdoba, la cual es la tercera más importante por su volumen de producción (SIAP, 2011) y la segunda por superficie con alto potencial productivo para este cultivo (Díaz *et al.*, 2013). Los sistemas agroforestales de café han amortiguado en parte la disminución de la masa forestal en esta área (Villavicencio y Valdez, 2003), sin embargo la introducción de cultivos intensivos y de pastizales, urbanización, explotación forestal y extracción de especies, ha provocado que la Sierra de Atoyac sea catalogada dentro de las áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (*hotspot*) en Veracruz (Ellis *et al.*, 2011).

Así, el estudio de los sistemas agroforestales de café (SAF-Café) ha ganado importancia en los últimos años (Manson *et al.*, 2008), al ser considerados como una alternativa que contribuye a disminuir la degradación de los recursos base: agua, suelo y biodiversidad, en las regiones cafetaleras del país (López *et al.*, 2013a). No obstante, son escasos los estudios que describen las características estructurales y de la diversidad de especies arbóreas en cafetales (Soto-Pinto *et al.*, 2001; Méndez *et al.*, 2007), ya que frecuentemente se analizan de manera indirecta o en el mejor de los casos de manera general. Por lo tanto la caracterización de estos sistemas mediante el uso de índices que midan elementos de su diversidad, es el indicador principal de la salud de los mismos (Magurran, 1988). Asimismo estos indicadores permiten comparar comunidades modificadas y naturales a fin de medir el efecto de las actividades humanas sobre los ecosistemas (Halffter, 1998), lo que posibilita diseñar estrategias de conservación a escala local (Moreno, 2001).

2. OBJETIVOS

General:

Caracterizar la estructura y diversidad arbórea en tres sistemas agroforestales de café (rusticano, policultivo simple y policultivo complejo) y una selva mediana subperennifolia de la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Específicos:

Describir la estructura arbórea mediante su estratificación vertical y distribución diamétrica, así como con el cálculo de índices estructurales por especie.

Determinar la composición florística y riqueza en cada sistema antes mencionado y comparar su diversidad arbórea mediante el cálculo de índices de diversidad.

Analizar la semejanza en la composición florística de los sistemas agroforestales, mediante la clasificación y ordenación de la vegetación asociada.

3. HIPÓTESIS

La estructura y diversidad de la vegetación arbórea es igual en tres sistemas agroforestales de café (policultivo complejo, policultivo simple y rusticano) así como en una selva mediana subperennifolia de la Sierra de Atoyac, Veracruz.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Los sistemas agroforestales de café (SAF-café)

La agroforestería se define como una forma de manejo de la tierra que relaciona o integra la vegetación forestal leñosa a la actividad agropecuaria, en un arreglo espacial, que propicia interacciones ecológicas y económicas positivas entre los árboles y arbustos con otros componentes del sistema (Nair, 1997). La agricultura en el trópico está basada en la biodiversidad, en donde el pequeño productor maneja agroecosistemas complejos con interacciones mutuas entre las especies que lo componen y su entorno (Hart, 1979).

En el país, el café se cultiva en las vertientes del Golfo de México y del Pacífico en regiones cafetaleras donde los campesinos han diseñado agroecosistemas diversificados que incluye la coexistencia de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas con el cultivo de café, algunos son importantes fragmentos de la vegetación nativa (Moguel y Toledo, 2004); esto refleja el desarrollo de una agroforestería incipiente que se fundamenta en saberes campesinos (Budowski, 1993) en aspectos de fenología, usos, distribución y características de las especies arbóreas asociadas al cafetal (López *et al.*, 2006).

En México se estima que el 70% del café se cultiva entre la vegetación natural bajo los llamados sistemas sombreados (Moguel y Toledo, 2004), en donde los productores eliminan algunos árboles, dejando entre 40 y 80% de cobertura como sombra para el cultivo (Moguel y Toledo, 1996), sin embargo, aún es limitado el conocimiento sobre el manejo silvícola de los árboles y su aprovechamiento (Muschler, 1999), lo que ha generado diferentes sistemas de producción, en las regiones cafetaleras de la zona centro del estado de Veracruz (ZCEV), los sistemas que se observan con mayor frecuencia según lo reportado por Escamilla y Díaz (2002), son:

1. El “policultivo tradicional” en sus variantes de tradicional o comercial; el primero complejo y el segundo simple en cuanto al número de especies que los conforman, estos son cafetales bajo sombra, cuya composición florística contiene una diversidad de especies vegetales que incluye elementos de la vegetación natural primaria, de la sucesión secundaria y árboles introducidos, además de especies agrícolas; sobre todo frutales arbóreos y plátanos.
2. El “natural o de montaña” en el cual se aprovecha el estrato arbóreo de la vegetación nativa para sembrar en el sotobosque tanto café como palma camedor (*Chamaedorea* spp.).
3. El “especializado”, es practicado por medianos y grandes productores, la vegetación arbórea de sombreado es monoespecífica, principalmente con base en leguminosas del género *Inga*.

4.2. Situación actual del cultivo de café

La producción de café es una parte importante en la economía de varios países que es llevada a cabo por pequeños productores en su mayoría, sin embargo, la constante inestabilidad de su precio internacional ha llevado al sector cafetalero a una crisis profunda, agudizada por un lento crecimiento del consumo y la sobreoferta del grano (Salazar, 2005). El indicador del precio compuesto de la Organización Internacional del Café (OIC o ICO; por sus siglas en inglés), cayó de un pico de 180 dólares/Qq en mayo de 1997, a 82 dólares en enero de 2000, para alcanzar su depresión más fuerte en septiembre de 2001, cuando los precios llegaron a niveles de 59 dólares/Qq (Salazar, 2005). Además los rendimientos promedio de café cereza apenas alcanzan las dos toneladas por hectárea en el país y sus costos de producción están por encima de los ingresos brutos (López *et al.*, 2006).

En México, la cafeticultura es considerada una actividad estratégica, debido a que permite la integración de cadenas productivas, la generación de divisas y empleos,

además es el modo de subsistencia de muchos productores de bajos ingresos y de alrededor de 30 grupos indígenas (Moguel y Toledo, 1999; Escamilla, 2007). Particularmente Veracruz, cuenta con una ubicación privilegiada en la geografía mundial de la producción de café, con gran variedad de condiciones agroclimáticas aptas para el cultivo de cafés de alta calidad, que además se producen en sistemas bajo sombra diversificada (Hernández-Martínez *et al.* 2009) considerados actualmente de enorme relevancia ecológica, pues contribuyen a conservar la biodiversidad y a proveer servicios ambientales (Moguel y Toledo, 1999; Vandermeer, 2003; Giovannucci y Juárez, 2006).

Esta situación ha sido el punto de partida para reconsiderar el manejo técnico y aspectos socioeconómicos de los sistemas de producción de café (PROMECAFÉ, 2002; López *et al.*, 2008). El cultivo del café bajo sombra es uno de los sistemas productivos más amigables con el entorno (Guhl, 2009); ya que aun cuando la introducción del cultivo de café ha alterado los ecosistemas originales como las selvas (entre otros), este no ha sido tan perturbador como otros usos del suelo (Ortiz y Pineda, 2008).

4.3. Situación actual de las selvas en México

El patrimonio biológico de México hace que sea considerado como un país megadiverso, que ocupa el quinto lugar a nivel mundial en riqueza de plantas vasculares (Villaseñor, 2004), sin embargo la pérdida de bosques y selvas es alarmante; en el decenio 2000-2010 la superficie en el país se redujo 19 490 km² (FAO, 2011), siendo las selvas los ecosistemas que han sufrido las mayores transformaciones y afectaciones; tanto por la extensión eliminada (42% de la original) como por superficie degradada (solo 36% son primarias) (Semarnat, 2013). Veracruz cuenta con una riqueza de plantas vasculares calculada entre 7700 (Ramamoorthy *et al.*, 1993) y 9136 especies (Vázquez-Torres, 1998), ocupando el tercer lugar nacional superado únicamente por Chiapas y Oaxaca (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008).

En Veracruz, la vegetación prístina ha mermado su superficie original en más del 85 % (Castillo-Campos et al., 2011), ocasionando que sea la segunda entidad, con mayor cambio de uso del suelo, (77 % de su superficie) (SEMARNAT, 2013). Sin embargo aún existen masas de vegetación como la Sierra de Atoyac, que se consideran dentro de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad (hotspot) en el estado, las cuales coinciden con la distribución del cultivo del café en la zona de ecotono entre los sistemas tropical y templado (Challenger, 1998).

4.4. Estructura de la vegetación nativa

La estructura es la manera en que están organizados los componentes genéticos y demográficos de las poblaciones, así como la fisonomía del paisaje (Noss, 1990). En un ecosistema forestal los árboles son el elemento más relevante de su estructura por lo que La transformación de paisajes en las regiones tropicales y la intensificación de los monocultivos ha sido una de las principales causas de pérdida de heterogeneidad y estructura de los ecosistemas (Guhl, 2004; Rudel *et al.*, 2009; Gibbs *et al.*, 2010),

Para lograr caracterizar la estructura es necesario definir su ordenamiento vertical (identificación de estratos, altura y cobertura) y horizontal (densidad, abundancia, diámetro normal y cobertura entre otros) (Rangel y Velásquez, 1997). Sin embargo el conocimiento aún es escaso y fragmentado pues proviene de algunas pocas comunidades relativamente bien estudiadas (Gallardo *et al.*, 2005).

4.5. Diversidad de especies

Sólo para algunos grupos como las aves, los grandes mamíferos y ciertas plantas se conoce relativamente bien su diversidad y su distribución espacial. Lo poco que sabemos de la riqueza y variedad de especies vivientes, apoya la necesidad de conocer lo más posible de la diversidad biológica para asegurar su manejo apropiado y conservación a largo plazo. La manera más directa de conocer la diversidad biológica que hay en un lugar, es inventariarla. Un inventario implica la catalogación de los

elementos existentes en un tiempo dado, en un área geográficamente delimitada (Dennis y Ruggiero, 1996).

Los agroecosistemas de café con vegetación compleja (diversos estratos de vegetación de diversas especies vegetales), ayudan a mantener una alta riqueza de especies, incluso en fincas que se encuentran a grandes distancias de los fragmentos de bosque remanentes, como es el caso de las plantas epífitas en los cafetales conformados en policultivos (Moorhead *et al.*, 2010). La diversidad de especies encontradas en los cafetales bajo sombra es similar a la encontrada en bosques naturales (Tejada-Cruz y Sutherland, 2004). Sin embargo la intensificación del sistema de producción de café impacta directamente su diversidad, debido a que va degradando la cobertura vegetal y reduciendo el número de especies animales y vegetales nativas de la zona de plantación (Rojas *et al.*, 2012).

El agroecosistema café, es uno de los pocos sistemas productivos capaces de sostener una comunidad de mamíferos de muy diversas especies, a pesar de la transformación de la vegetación original, ya que al mantener un estrato de árboles que sirve de sombra al café, se proporciona una buena fuente de alimento, refugio, nidos y protección para los mamíferos. Los mamíferos más susceptibles a desaparecer cuando los bosques se transforman a café, son las especies que dependen de los árboles, principalmente: el oso hormiguero (brazo fuerte), el puercoespín (biztlacuache), el tigrillo, el mapache y el coatí o tejón (Gallina *et al.*, 1996; Faminow y Ariza, 2001). En el caso de las especies de amplia distribución como las aves migratorias (Tejada-Cruz y Sutherland, 2004), y los murciélagos (Kraken-Castañeda y Pérez-Consuegra, 2011), existen estudios que muestran al café bajo sombra como refugio permanente o de paso para este tipo de animales.

A pesar de su importancia en la conservación de la biodiversidad, los cafetales de sombra en México y América Latina en general están bajo mucha presión para que aumenten su productividad o sean transformados a otros usos de suelo (Gordon *et al.*, 2007; Perfecto *et al.*, 2007; Guhl, 2008; Rojas *et al.*, 2012). Por ello, es cada vez más

importante que los cafecultores entiendan el papel que juegan las especies de plantas, animales y hongos (incluyendo los microscópicos) que habitan en sus fincas y cómo se puede aprovechar dicha biodiversidad para bajar costos y aumentar fuentes de ingreso en las fincas de café de sombra (Perfecto *et al.*, 2005; Pagiola y Ruthenberg, 2006; Gordon *et al.*, 2007; Jose, 2009).

4.5.1. Índices de diversidad

La biodiversidad es un concepto cuyo cálculo no tiene unidad de medida universal ni puede evaluarse con un único atributo (Moreno, 2001). El término comprende diferentes escalas espaciales, temporales y biológicas. Whittaker (1972) identificó distintos componentes de la diversidad biológica que corresponden a diferentes niveles de escala espacial y los designó como diversidades alfa, beta y gamma. Esta forma de analizar la biodiversidad resulta muy conveniente en el contexto actual ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, ya que un simple listado de especies para una región dada no es suficiente.

Los paisajes son el resultado de los procesos geomorfológicos y de los patrones de colonización de los organismos (eventos que se manifiestan en periodos largos de tiempo), así como de las perturbaciones locales de las comunidades individuales que ocurren en periodos relativamente cortos de tiempo; el registro sistemático del efecto de los cambios a nivel de paisaje, requiere contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y así poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local.

Existe una amplia variedad de índices que intentan evaluar la diversidad de especies dentro de las comunidades, relacionar la riqueza específica (número de especies) con la equidad, dominancia y abundancia de los individuos. De acuerdo con Moreno (2001) es posible dividir los índices en dos grupos principales en función de las variables

biológicas que miden: a) los de cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica) (p.e. Margalef, Menhinick, métodos como la rarefacción, funciones de acumulación de especies y métodos no paramétricos como Chao2, Jackknife y Bootstrap); b) los que consideran la estructura de la comunidad que a su vez pueden dividirse según se basen en medir el grado de dominancia (Simpson, Berger-Parker, McIntoch) y los que miden equidad de la comunidad (Shannon-Wiener, Pielou, Brillouin).

4.5.2. Semejanza entre comunidades

Los índices de semejanza son utilizados en ecología vegetal para su ordenamiento y de esta forma establecer gradientes para la correlación con factores ambientales. El cálculo de la asociación entre especies ha permitido caracterizar de forma cuantitativa las interacciones que tienen éstas dentro de una comunidad desarrollando así una herramienta fundamental para la investigación de dichas unidades ecológicas (Rodríguez-Salazar *et al.*, 2001)

Los índices de semejanza han sido usados como la base para el análisis de agrupamiento al mostrar las afinidades entre las muestras y para el monitoreo de programas ecológicos ya que ayudan a cuantificar las diferencias entre etapas de sucesión de una comunidad (Spellerberg, 1991)

4.6. Análisis multivariable

La rama de la estadística que estudia las relaciones entre conjuntos de variables dependientes y los individuos para los cuales se han medido dichas variables es conocido como análisis multivariable (Kendall, 1980). La importancia del uso de estas técnicas de análisis en los estudios ecológicos estriba en que permiten detectar los factores ambientales responsables del cambio en la estructura y distribución de la vegetación (Austin, 1987; Sardinero, 2000; Palmer, 2003).

Los métodos estadísticos multivariantes ofrecen distintas técnicas y herramientas que son usados principalmente para reducir la complejidad de los datos a un menor número de variables compuestas o sintéticas que expresen la mayor parte de la información contenida en el universo de datos multivariantes. El objetivo es encontrar una más simple de representar la información cuantitativa. La estructura de asociación es un elemento importante para describir e interpretar la información al hacer que los resultados obtenidos sean más semejantes a la realidad y evitando el problema de complejidad en su visualización (Guajardo, 1999); esto puede lograrse mediante la transformación de un conjunto de variables interdependientes en otro conjunto de variables independientes o en otro conjunto de menor dimensión. La información estadística en estos análisis es de carácter multidimensional, por lo tanto la geometría, el cálculo matricial y las distribuciones multivariantes juegan un papel fundamental donde las variables observables son homogéneas y correlacionadas, sin que alguna predomine sobre las demás. (Cuadras, 2012).

Entre las técnicas más usadas en ecología de poblaciones, se encuentra el análisis cluster (CA), que es una técnica de agrupación cuyo objetivo es organizar un conjunto de entidades (especies, sitios, observaciones) en clases discretas o grupos, de manera que la similitud dentro del grupo sea maximizada y la similitud entre grupos es minimizada de acuerdo a algún criterio objetivo; el UPGMA (por sus siglas en inglés) es de las medidas de agrupamiento más usadas; ya que relaciona los dos grupos más cercanos basado en una matriz de distancias calculada y repite el proceso hasta que todos los grupos estén conectados a un grupo único (Höft, *et al*, 1999).

Una técnica de ordenación directa apropiada es el análisis de correspondencia canónica (CCA), que representa un caso especial de regresión lineal múltiple con variables en una segunda matriz; donde la composición de especies por sitios es directamente relacionada con las variables ambientales de esos sitios y resulta una técnica eficiente cuando no se cumple el supuesto de respuesta unimodal de las especies a gradientes ambientales (Palmer, 1993).

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1. Ubicación geográfica

La Sierra de Atoyac se localiza en la zona centro de Veracruz en el extremo nororiental de la Sierra Madre del Sur en la región conocida como las Grandes Montañas, colinda con la Planicie Costera del Golfo de México; se encuentra en la región cafetalera de Córdoba, abarca los municipios de Atoyac, Amatlán de los Reyes y Córdoba, los cuales presentan elevaciones de 298 hasta 1800 msnm; precipitación anual promedio de 1930 mm y temperatura media anual de 21.3 °C (Gujardo *et al.*, 2013). Presenta una dirección general de noroeste a sureste.

La vegetación se clasifica como selva mediana subperennifolia debido a que entre un 25 a 50 por ciento de los arboles pierden sus hojas en lo más acentuado de la época seca (Rzedowski, 2006).

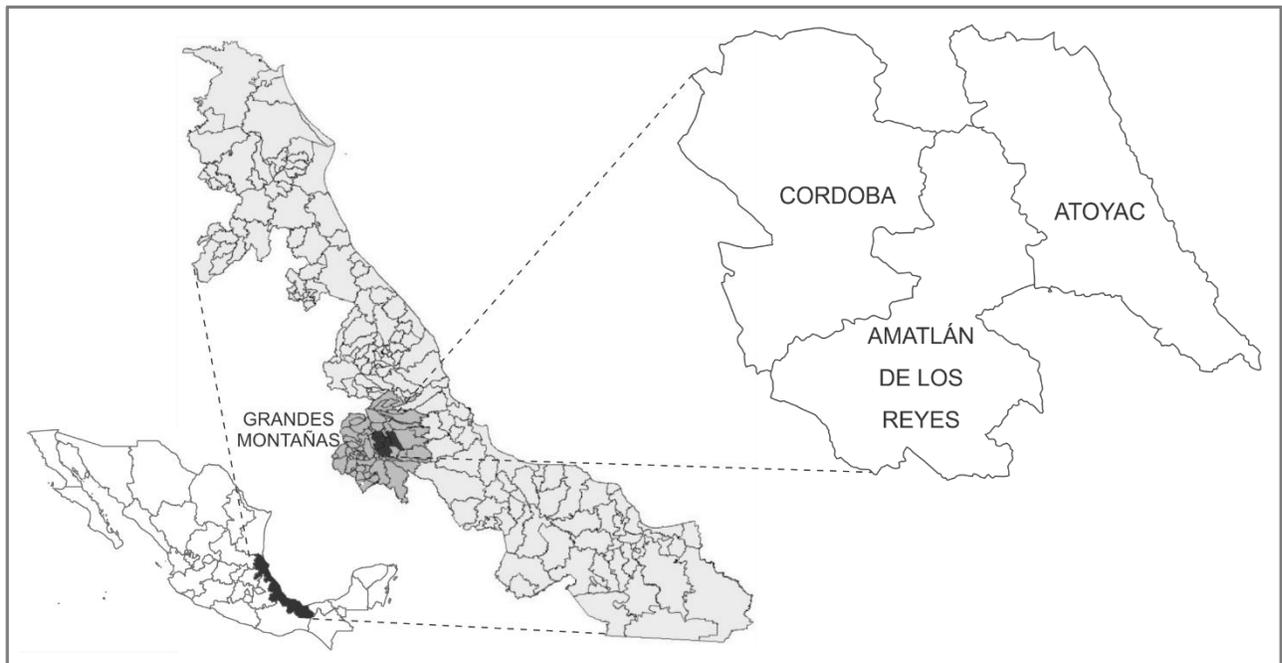


Figura 5. 1. Localización del área de estudio en el estado de Veracruz.

5.2. Geología

La Sierra de Atoyac se ubica en la provincia geomorfológica de la Sierra Madre del Sur, en la subprovincia de sierras orientales de Oaxaca (Lugo y Córdova, 1992), su unidad geomorfológica es de montañas de laderas abruptas (pendiente $>35^\circ$), de altura superior a 600 msnm con relieve modelado en barrancas del plioceno-cuaternario, de origen estructural por plegamiento, constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas (Geissert y Enríquez, 2011). El basamento geológico posee una dirección general de NO a SE, sobre terreno de naturaleza cárstica.

5.3. Clima

Las estaciones climatológicas de la red de Conagua más cercanas al área de estudio son la 30155 y 30330 (municipio de Atoyac y Córdoba respectivamente) que se ubican a una distancia aproximada de 7 y 10 km respectivamente. Sin embargo actualmente no se encuentran en funcionamiento por lo que los datos históricos de temperatura y precipitación solo abarcan el periodo de 1960-1990 (Figura 4.2).

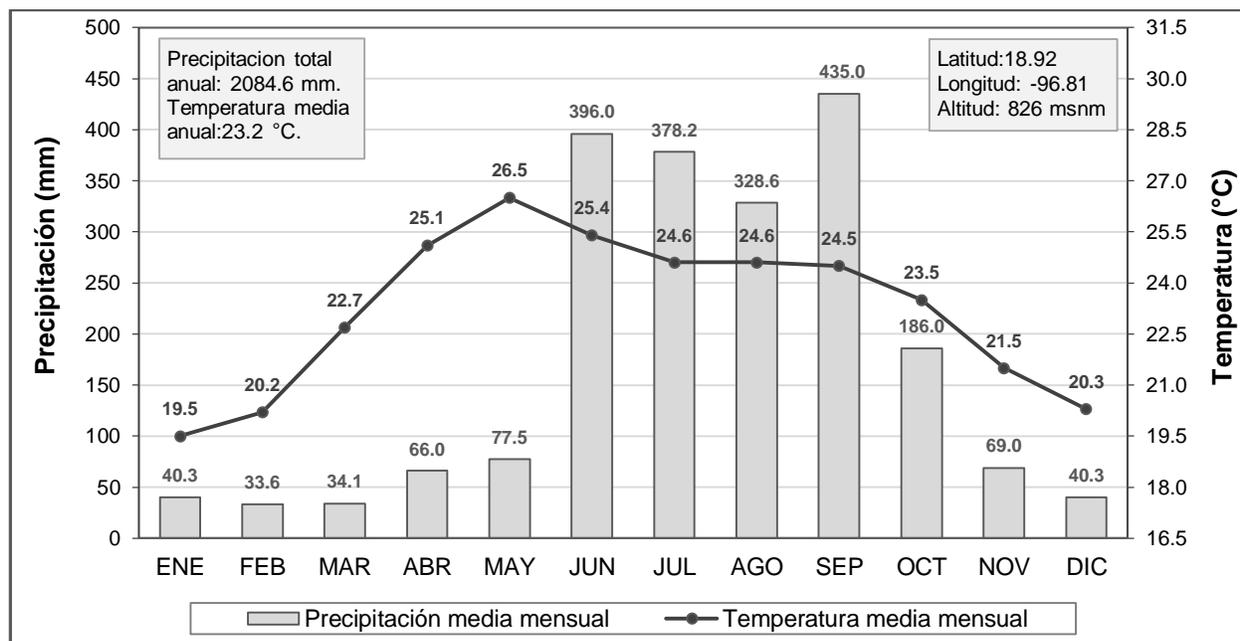


Figura 5. 2. Climograma de la estación climatológica Santa Anita (30155) Municipio de Atoyac, Veracruz.

El clima que se presenta en la región de acuerdo al sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1973) es (A) C (m) semicálido húmedo del grupo C con temperatura promedio anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C y temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C, con lluvias abundantes en verano, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2 % del total anual (Conabio, 1998).

5.4. Edafología

La zona está constituida por cerros calizos, con suelos someros de color castaño oscuro, con abundante materia orgánica y valores de pH cercanos a la neutralidad, es frecuente encontrar afloramientos de roca, lo que incrementa el drenaje y escurrimiento veloz del agua, debido a las fuertes pendientes del terreno y a la poca porosidad del suelo para retener agua (Pennington y Sarukhán 2005). De acuerdo a la carta de edafología (Inifap-Conabio, 1995) el suelo predominante es Litosol, con textura fina a media con menos de 10 cm de profundidad.

5.5. Hidrología

Hidrológicamente, el área de estudio se encuentra ubicada en la cuenca del Papaloapan formando parte de la cuenca del Rio Jamapa; y tiene como principal afluente al Rio Atoyac, que nace en inmediaciones del municipio de Córdoba y Amatlán de los Reyes, en las faldas de este sistema montañoso, debido a la gran cantidad de corrientes subterráneas que se forman por la naturaleza carstica antes mencionada. Posteriormente este río pasa a constituir el Rio Cotaxtla en las cercanías del municipio del Cuitláhuac. El Rio Atoyac presenta un coeficiente de escurrimiento superficial de la precipitación media anual de entre el 10 al 20 %, este porcentaje se debe a la absorción por la vegetación y la permeabilidad del terreno (Acevedo 1988).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Establecimiento de unidades de muestreo

Las unidades de muestreo (UM) se establecieron bajo un esquema de muestreo aleatorio estratificado, ubicadas dentro de dos franjas altitudinales (600 a 900 msnm y 900 a 1200 msnm) en cuatro sistemas a estudiar: selva mediana subperennifolia (SM), rusticano (RU), policultivo complejo (PC) y policultivo simple (PS), con tres repeticiones aleatorias por sistema, obteniendo un total de 24 UM. Cada una de 30 x 20 m (600m²) y se dividieron en seis cuadros de 10 x 10 m (100m²) (Figura 6.1), fueron trazadas con ayuda de un clisímetro para evaluar la pendiente y ser compensada en caso de ser necesario, las UM y cuadros fueron delimitados con la ayuda de estacas de madera pintadas.

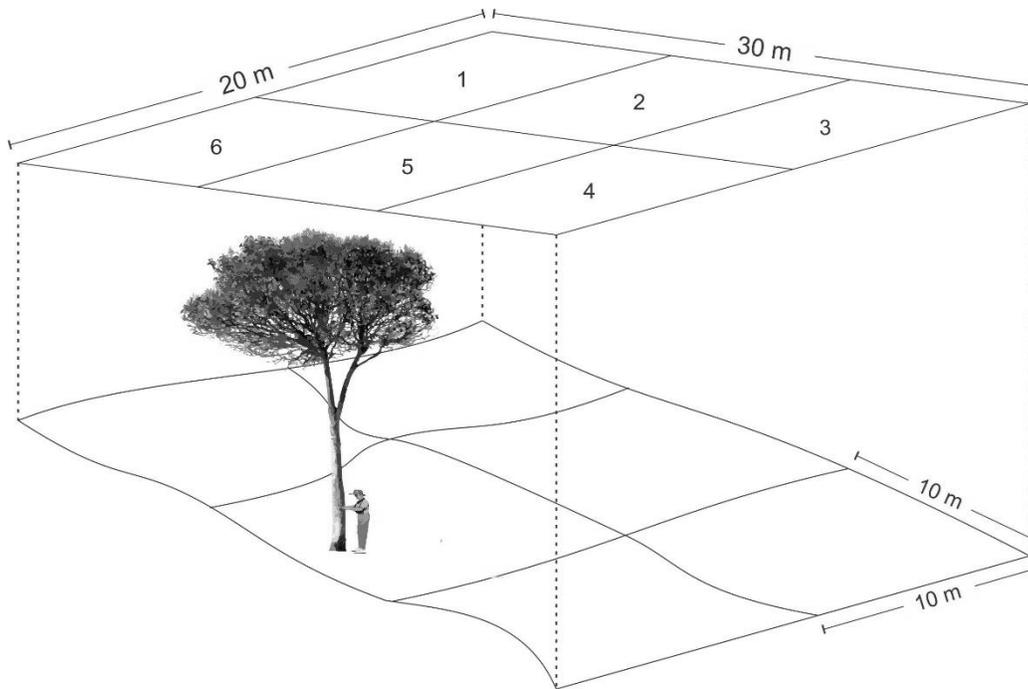


Figura 6. 1. Esquema de una unidad de muestreo con dimensiones y subdivisiones.

En cada UM se registró su ubicación (latitud, longitud y altitud) con ayuda de un GPS marca Garmin modelo 60cs para obtener posteriormente datos de mapotecas digitales

acerca de variables ambientales (temperatura media anual y precipitación total anual), del mismo modo se registraron datos de la inclinación y exposición del terreno.

En la Figura 6.2 se observa la distribución de 24 UM en dos franjas altitudinales (inferior: 600-900 msnm; superior: 900-1200 msnm)

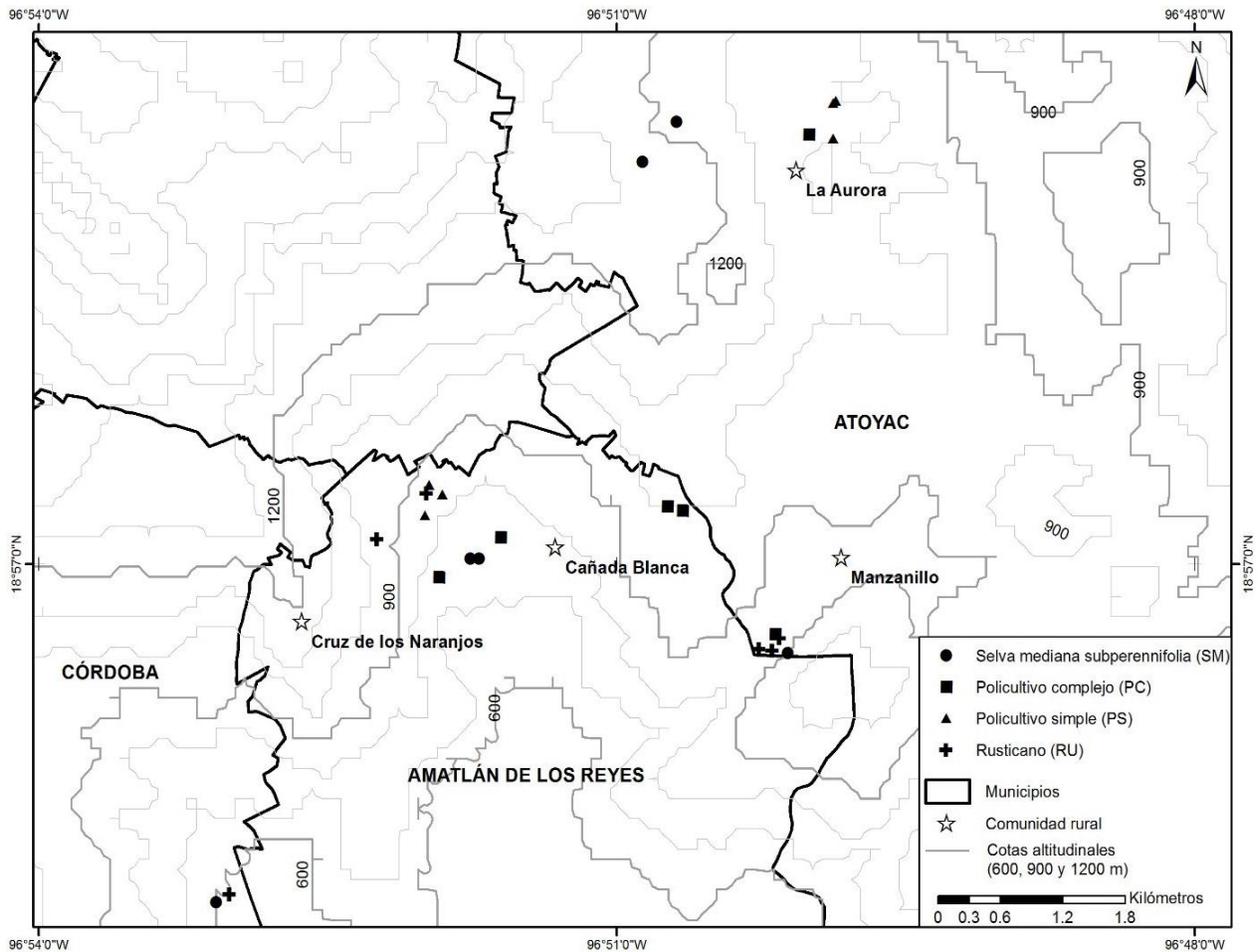


Figura 6. 2. Ubicación de las unidades de muestreo y mapa altimétrico del área de estudio.

6.2. Variables cuantificadas

Dentro de las UM se cuantificaron todos los árboles enraizados con un diámetro normal (DN: 1.3 m sobre el suelo) mayor a 2.5 cm. A cada individuo se le registraron las siguientes variables:

- a) Altura total en metros (con flexómetro en individuos $\leq 8\text{m}$ y con clisímetro $> 8\text{m}$).
- b) Eje mayor y menor de proyección de copa en metros (con cinta métrica), para calcular posteriormente la cobertura mediante la fórmula del área de una elipse:

$$A = \pi a b$$

Donde:

$$a = \text{eje mayor} / 2$$

$$b = \text{eje menor} / 2$$

- c) Diámetro normal en centímetros (con cinta diamétrica), posteriormente se convirtió a metros para calcular el área basal (AB) en m^2 con la siguiente fórmula:

$$AB = \pi \left(\frac{DN^2}{4} \right)$$

6.3. Identificación de especies

Dentro de cada UM se registró con ayuda de población local los nombres comunes de cada individuo (Anexo A). Se recolectaron muestras botánicas por triplicado de los especímenes registrados para ser procesados y herborizados (Lot y Chiang, 1986), a los cuales se les determinó su identidad taxonómica con base en trabajos como el de Acevedo (1988); Gómez Pompa (1978); Pennington y Sarukhán (2005), y además las muestras fueron cotejadas en los herbarios XAL (Instituto de Ecología A. C.) y CHAPA (Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo); quedando depositadas en este último. Los ejemplares debían cumplir ciertos requisitos: la mayoría de sus hojas estar en buen estado, con flores y fruto de ser posible y no presentar daño por algún agente patógeno.

6.4. Estructura de la vegetación arbórea

Se elaboraron curvas especies-área que consisten en graficar el número de especies encontradas respecto a la superficie muestreada, para este caso se utilizaron los cuadros de 100 m^2 para describir el aumento de las especies en cada sistema tanto de

manera general (600-1200 msnm) como por franja altitudinal (600-900 msnm y 900-1200 msnm). Usualmente la curva especies-área se eleva de manera rápida al principio, ya que los primeros muestreos revelan muchas especies nuevas, pero eventualmente los niveles descienden, debido a que en las muestras posteriores se registran unas cuantas especies nuevas (Greig-Smith. 1983).

La estructura horizontal se describió mediante la distribución diamétrica de los individuos en cada sistema de manera general y por franja altitudinal, así como con patrones de estructura poblacional de las especies más importantes con base en Bongers *et al.*, (1988). Los histogramas de frecuencia por clase diamétrica se basaron en la amplitud de clases de cinco centímetros usada por Zarco *et al.*, (2010), es decir, que por ejemplo la clase diamétrica de 5 cm contiene individuos con DN de entre 2.5 a 7.5, la clase de 10 cm con individuos de entre 7.5 a 12.5 y así sucesivamente.

En sentido vertical se analizó la curva de inflexión generada entre el número de individuos y su altura usada por López *et al.* (2012), para identificar estratos verticales. Al igual que las anteriores se analizaron por sistema de manera general y en cada franja altitudinal. Por otra parte los índices de valoración estructural que a continuación se enlistan se calcularon para cada UM (0.06 ha) así como para cada sistema por franja altitudinal (0.18 ha) y de manera general por sistema (0.36 ha).

Índice de Valor de Importancia (IVI). Sirve para jerarquizar la dominancia de cada taxa (especies y familias en este trabajo) en rodales mezclados, fue desarrollado por Curtis y McIntoch en 1951 y aplicado por Villavicencio y Valdez (2003), se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IVI = Densidad\ relativa + Frecuencia\ relativa + Dominancia\ relativa$$

Los valores relativos se obtienen dividiendo el valor absoluto de la especie "i" entre la suma de los valores para todas las especies y multiplicándola por 100. Los valores absolutos se calculan de la siguiente manera:

$$Densidad\ absoluta = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ la\ especie\ "i"}{Área\ muestreada}$$

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Número de cuadros en que esta presente la especie "i"}}{\text{Número total de cuadros muestreados}}$$

$$\text{Dominancia absoluta} = \frac{\text{Área basal total de la especie "i"}}{\text{Área muestreada}}$$

Índice de Valor Forestal (IVF): Considera la altura de todos los individuos medidos en las UM, así como la cobertura del dosel y sus DN; fue propuesto por Corella *et al.*, (2001) para considerar variables en sentido vertical y horizontal, se calcula como sigue:

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

Donde:

$$\text{DN relativo} = \frac{\text{DN total de la especie "i"}}{\text{DN de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Altura relativa} = \frac{\text{Altura total de la especie "i"}}{\text{Altura de todas las especies}} \times 100$$

$$\text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura total de la especie "i"}}{\text{Cobertura de todas las especies}} \times 100$$

Índice de Complejidad (IC): Es una expresión de la riqueza y abundancia de especies para caracterizar diferentes tipos de rodales, se calculó por primera vez en algunos bosques de Costa Rica (Holdridge, 1967). Este índice es una medida para 0.1 ha que integra las características estructurales de un rodal y cuantifica su grado de desarrollo (Holdridge *et al.*, 1971), se calcula de la siguiente manera:

$$\text{IC} = s d b h 10^{-3}$$

Donde:

s = Número de especies

d = Densidad total de árboles > 2.5 cm DN

b = Área basal total (m^2)

h = Altura (m) promedio del dosel

6.5. Diversidad de especies

El análisis de la diversidad se efectuó para cada UM (0.06 ha), así como en cada sistema por franja altitudinal (0.18 ha) y de manera general por sistema (0.36 ha). Se llevó a cabo mediante los siguientes índices y modelos:

Índice de Shannon-Wiener(H'): Mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar dentro de las unidades de muestreo, a mayor valor de H' mayor diversidad de especies. Se calcula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i)$$

Donde:

s = número de especies

P_i = proporción de individuos de la especie i

Para determinar diferencias significativas entre dos áreas muestreadas se empleó el método de t modificado por Hutcheson (Magurran, 1988), como sigue:

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(VarH'_1 + VarH'_2)^{1/2}}$$

Donde:

H'_1 = valor del índice de Shannon para el área muestreada 1

H'_2 = valor del índice de Shannon para el área muestreada 2

$Var H'_1$ = varianza del índice de Shannon para el área muestreada 1

$Var H'_2$ = varianza del índice de Shannon para el área muestreada 2

Los grados de libertad (gl) asociados con el valor de t se calcularon como sigue:

$$gl = \frac{(Var H'_1 + Var H'_2)^2}{(VarH'_1^2/N_1) + (VarH'_2^2/N_2)} - \frac{S - 1}{2N^2}$$

Donde:

N_1 = número de individuos en el área muestreada 1

N_2 = número de individuos en el área muestreada 2

La varianza de H' de cada área muestreada se calculó con la siguiente ecuación:

$$Var H' = \frac{\sum pi (\ln pi)^2 - (\sum pi \ln pi)^2}{N} - \frac{S - 1}{2N^2}$$

Índice de Equidad (E): Emplea el índice de Shannon (H') y sus valores van de 0 a 1, donde cero indica la mínima equidad (o que solo una especie está presente en el área muestreada) y uno que todas las especies tienen la misma abundancia (Magurran, 1988). Su cálculo es como sigue:

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

Donde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies en el área muestreada

\ln = logaritmo natural (base e)

Índice de Simpson (D): Mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra sean de la misma especie, está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes; su valor es inverso a la equidad y se calcula como sigue:

$$D = \frac{1}{\sum \frac{ni(ni - 1)}{N(N - 1)}}$$

Donde:

ni = número de individuos en la i ésima especie

N = número total de individuos

Diversidad alfa de Fisher (α): Es un modelo de abundancia que se desprende de una serie logarítmica y emplea solo el número de especies (S) y el número total de individuos (N). Se emplea para comparar cuantitativamente este estudio con otros y es ampliamente sugerido por depender menos del tamaño del área de estudio (Leigh 1999) y su cálculo se realiza mediante iteraciones con la ecuación:

$$S = \alpha \ln\left(\frac{1 + N}{\alpha}\right)$$

Donde:

S = número de especies registradas en la muestra

N = total de individuos en la muestra

α = índice de diversidad

El cálculo de estos índices y las pruebas de diferencias significativas entre sistemas se realizó usando el programa PAST versión 2.17 (Hammer *et al.*, 2001).

6.6. Semejanza florística

Con la finalidad de comparar la diversidad específica o semejanza florística entre pares de sistemas, se utilizaron índices de semejanza, entre los que se han publicado, destacan los de Jaccard (C_j) y Sorensen (S_i), el primero se basa en la relación presencia-ausencia entre el número de especies en cada sistema y el total de especies (Stiling, 1999); el segundo relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sistemas comparados (Magurran, 1988). Y se calculan de la siguiente manera:

$$C_j = \frac{C}{(A + B - C)} \quad S_i = \frac{2C}{(A + B)}$$

Donde:

A = número de especies encontradas en la comunidad A

B = número de especies encontradas en la comunidad B

C = número de especies comunes en ambas comunidades

El rango de ambos varía de cero a uno; aumentando en cuanto a mayor semejanza en especies presenten. Por ejemplo un índice de 0.5 indica que comparten la mitad de la composición de especies mientras que más cercano a uno, son más semejantes en términos de composición de especies (Pielou, 1975).

El coeficiente de Sorensen se usa si se tiene la sospecha de que muchos datos de ausencia no se deben en realidad a la no presencia sino a que no ha sido posible encontrarlos (Krebs, 1989)

6.7. Análisis multivariable

Se llevó a cabo un análisis de agrupamiento (técnica multivariada para clasificación; programa PC-ORD Ver. 6.0) usando datos de ausencia-presencia de especies en cada UM, tomando beta flexible ($\beta=-0.25$) como método de unión entre UM y grupos de UM ya que conserva la distancia original entre éstos y en consecuencia una mejor representación gráfica de los grupos en un dendrograma (McCune y Grace, 2002; Peck, 2010); como medida de proximidad se empleó el coeficiente de Sorensen por ser de los más robustos para datos ecológicos (McCune y Mefford, 1999) y evitar el efecto de encadenamiento generado con otros métodos de unión (Digby y Kempton, 1987).

Se efectuó un análisis de correspondencia canónica (técnica multivariada para ordenación; programa PC-ORD Ver 6.0) usando el IVI como atributo estructural de la vegetación para la primer matriz de datos, que se ajustó de acuerdo a lo sugerido por McCune y Grace (2002), al eliminar especies raras (presencia menor al cinco por ciento del total de sitios muestreados) quedando sólo 64 especies. Además, los datos se balancearon mediante una estandarización por el máximo, al dividir el valor del atributo entre el mayor valor del mismo en la columna respectiva; esto se hizo para igualar la importancia de relativa de las especies en el análisis (McCune y Grace, 2002; Peck, 2010).

En la segunda matriz se utilizaron cinco variables ambientales (altitud, inclinación y exposición de la pendiente, temperatura media anual y precipitación total anual) las cuales fueron obtenidas a partir de lecturas en campo (tres primeras) y del WorldClim Global Climate GIS database (Hijmans *et al.*, 2004); las variables ambientales fueron estandarizadas por transformación logarítmica para reducir el efecto de diferentes unidades de medida.

7. RESULTADOS

7.1. Ubicación de las unidades de muestreo

A partir de las coordenadas registradas con el GPS en cada unidad de muestreo (UM), en el Cuadro 7.1 se muestran los datos obtenidos a partir de lecturas en campo (altitud, inclinación y exposición del terreno) y del WorldClim Global Climate GIS database (Hijmans *et al.*, 2004).

Cuadro 7. 1. Variables ambientales de cada unidad de muestreo.

Franja altitudinal	Sistema	UM	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Inclinación (°)	Exposición del terreno	TMA (°C)	PMA (mm)	
Baja 600-900 msnm	SM	SM1	18.9504	-96.8619	824	38	SE	21.8	2004	
		SM2	18.9505	-96.8626	855	20	SE	21.8	2004	
		SM3	18.9221	-96.8846	627	31	E	20.3	2153	
	PC	PC1	18.9548	-96.8456	751	24	E	21.8	2004	
		PC2	18.9854	-96.8334	818	22	S	19.0	2273	
		PC3	18.9489	-96.8654	847	33	S	21.8	2004	
	PS	PS1	18.9540	-96.8666	842	9	E	21.8	2004	
		PS2	18.9558	-96.8651	812	7	NE	21.8	2004	
		PS3	18.9565	-96.8662	801	11	N	21.8	2004	
	RU	RU1	18.9521	-96.8707	902	26	E	21.8	2004	
		RU2	18.9558	-96.8664	831	35	N	21.8	2004	
		RU3	18.9228	-96.8835	601	18	NE	20.3	2153	
	Alta 900-1200 Msnm	SM	SM4	18.9426	-96.8352	968	44	O	21.8	2004
			SM5	18.9865	-96.8448	1202	36	SE	19.0	2273
			SM6	18.9832	-96.8478	1232	21	E	19.0	2273
PC		PC4	18.9522	-96.8600	1056	7	E	21.8	2004	
		PC5	18.9544	-96.8443	1030	14	NE	21.8	2004	
		PC6	18.9442	-96.8363	878	34	NO	21.8	2004	
PS		PS4	18.9882	-96.8310	1020	8	NE	20.9	2019	
		PS5	18.9880	-96.8313	1038	9	NE	20.9	2019	
		PS6	18.9851	-96.8313	1082	16	NO	20.9	2019	
RU	RU4	18.9430	-96.8377	845	29	O	21.8	2004		
	RU5	18.9429	-96.8365	892	27	O	21.8	2004		
	RU6	18.9439	-96.8359	905	14	NO	21.8	2004		

SM= selva mediana subperennifolia; PC= policultivo complejo; PS=policultivo simple; RU=rusticano; TMA=temperatura media anual; PMA=precipitación media anual

7.2. Composición florística

De los 24 muestreos realizados se cuantificó un total de 90 taxones de árboles (que serán considerados especies), de los cuales 79 se determinaron taxonómicamente hasta nivel de especie, 4 hasta género, 3 hasta familia y 4 desconocidos por carencia

de estructuras reproductivas importantes para su determinación. Respecto al número de individuos determinados hasta algún nivel taxonómico: 917 en total, 842 (91.8%) hasta especie, 60 (6.5%) hasta género, 9 (1.0%) hasta familia y 6 (0.7%) fueron desconocidos.

Las especies identificadas quedaron distribuidas en 32 familias y 65 géneros. Las cinco familias más ricas en especies acumulan alrededor del 40% del total de especies identificadas (Figura 7.1). La mayoría de géneros contienen pocas especies en general, los más numerosos fueron: *Coccoloba* con 4, *Ficus* 4 y *Cordia* e *Inga* con 3 cada uno.

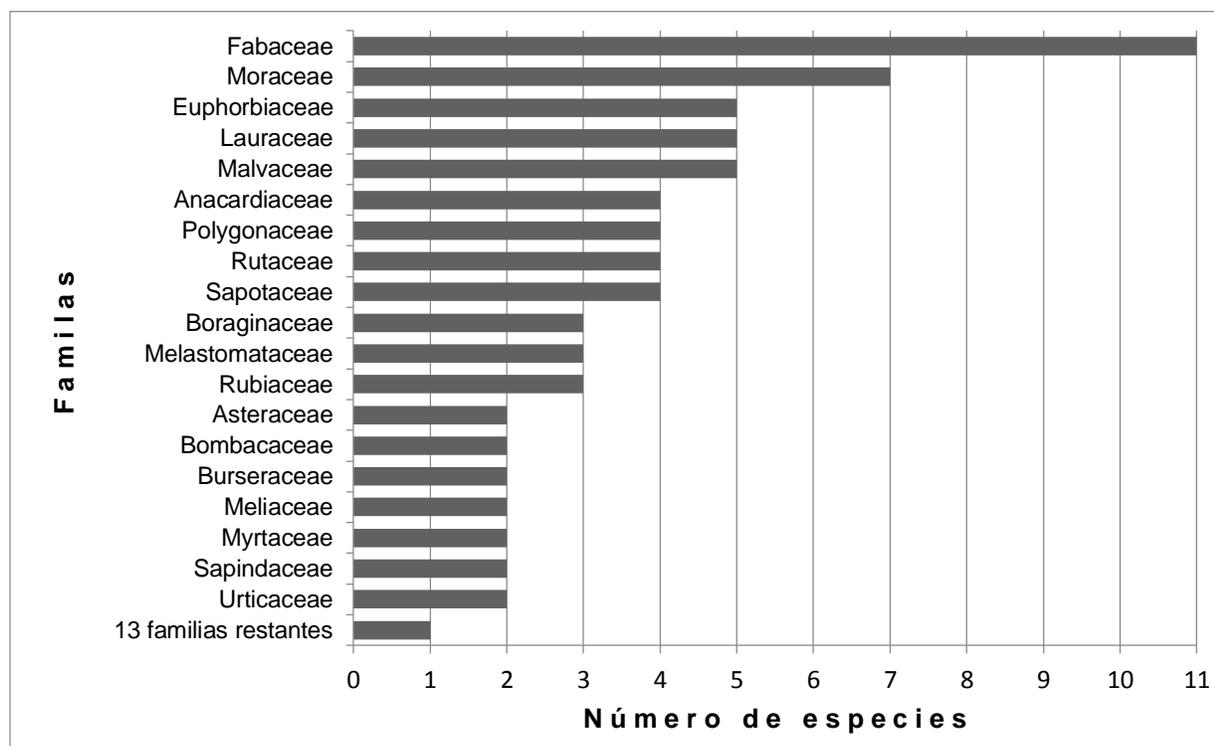


Figura 7. 1. Especies por familia observadas en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

La diferencia en la distribución del número de especies por familia entre franjas altitudinales, fueron de hasta 4 especies, en siete familias principalmente (Figura 7.2), sin embargo otras 15 familias presentaron únicamente una especie de diferencia y 10 más (el resto) no tuvieron diferencias en el número de especies por familia.

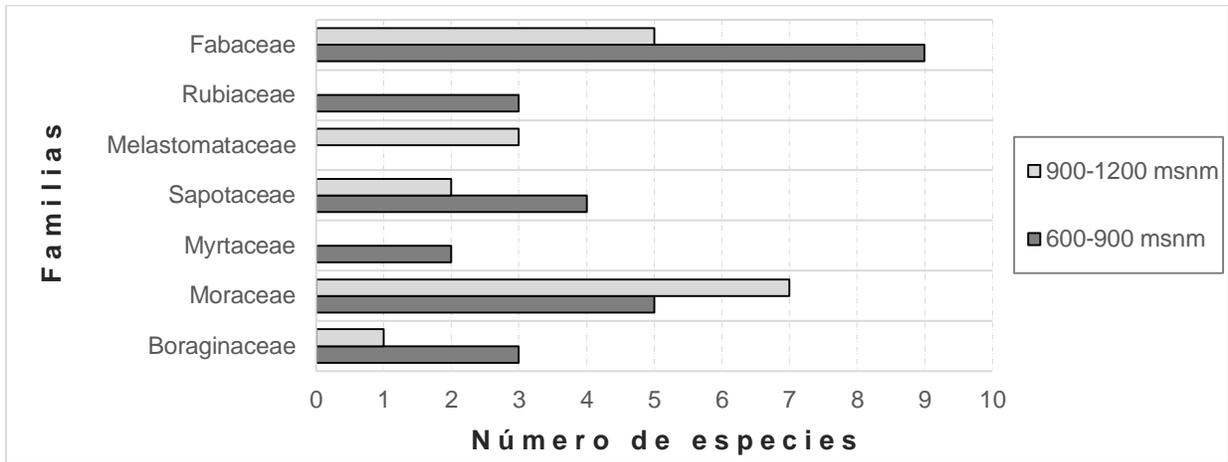


Figura 7. 2. Especies por familia en dos franjas altitudinales de la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Al comparar la cantidad de especies entre sistemas agroforestales en ambas franjas altitudinales, en la selva mediana subperennifolia (SM) se registró 65 especies, los SAF-café 73 especies en conjunto, siendo el policultivo complejo (PC) el más rico en especies con 61, seguido por el sistema rusticano (RU) con 32 y el policultivo simple (PS) que únicamente acumuló 18; estos dos últimos presentaron una pendiente menor en su curva de acumulación de especies (Figura 7.3).

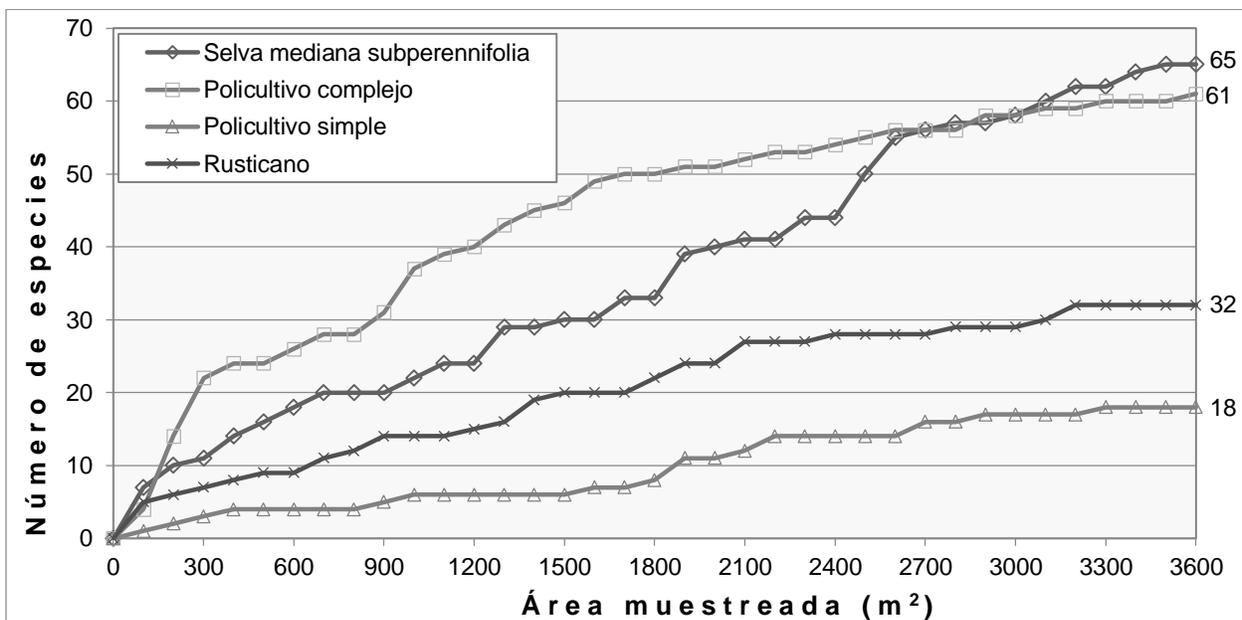


Figura 7. 3. Curva especies-área en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

La riqueza de especies en la franja altitudinal superior (900-1200 msnm) fue mayor en comparación con la franja inferior para en caso de la SM, en esta última el PC superó por 17 especies más a SM en las curvas de acumulación de especies, los SAF-café siguieron un patrón similar en ambas franjas, siendo el sistema más rico en especies el PC seguido del RU y PS con el menor número (Figura 7.4).

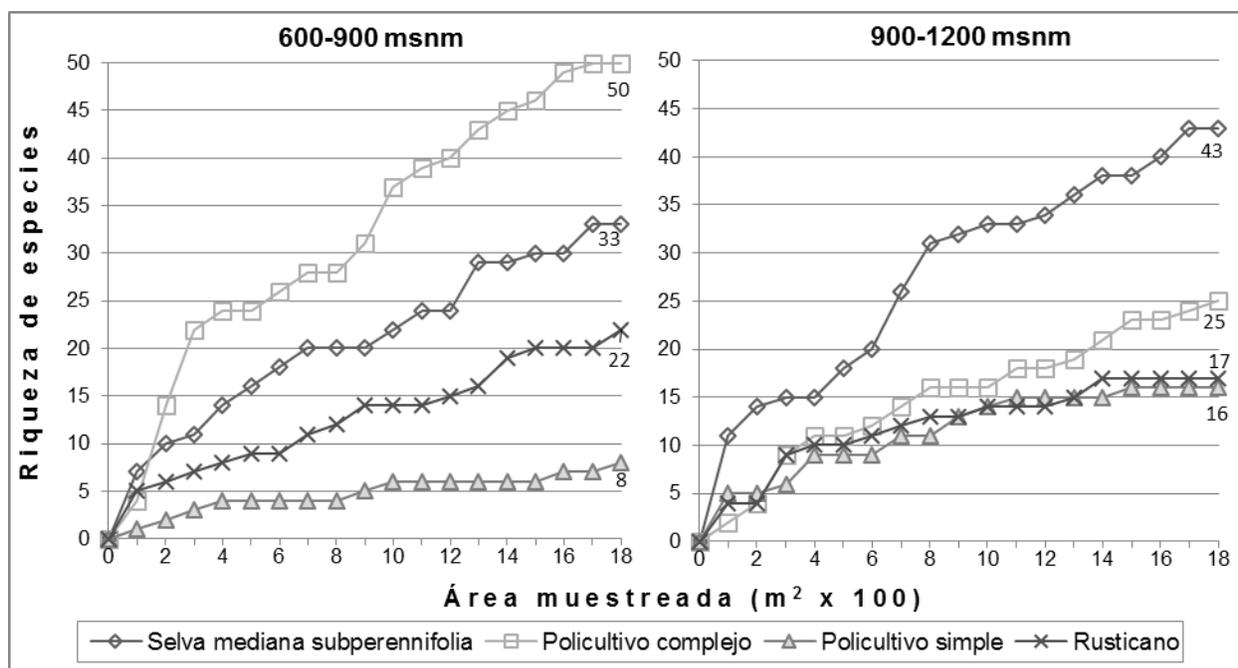


Figura 7. 4. Curva especies-área por franja altitudinal en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia de la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Del total de especies determinadas taxonómicamente, 74 son consideradas nativas y 5 introducidas las cuales fueron: *Citrus sinensis*, *C. aurantifolium*, *Leucaena diversifolia*, *Mangifera indica* y *Syzygium jambos*. Los SAF-café en conjunto (1.08 ha) acumularon 65 especies nativas, la selva mediana subperennifolia (0.36 ha) acumuló 57. El porcentaje de individuos nativos respecto al total de individuos identificados fue diferente en cada sistema, en la SM fue del 100%, seguido del PC con 96.6%, los sistemas RU y PS presentaron valores similares con 89.9% y 89.6% respectivamente. Cabe mencionar que en PC y RU así como SM se encontraron especies catalogadas en la NOM-059 dentro de la categoría de amenazadas, tales como: *Astronium graveolens* y *Spondias raldkoferi*.

Por otra parte las especies comunes entre sistemas de ambas franjas altitudinales fueron: *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Cinnamomum effusum*, *Cordia alliodora*, *Cupania dentata*, *Inga vera*, *Ocotea puberula* y *Urera caracasana*. Por el contrario, las especies exclusivas por sistema se muestran en el Cuadro 7. 2.

Cuadro 7. 2. Especies exclusivas y comunes por franja altitudinal y en general de tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

FA Sistema	Especies exclusivas	Especies comunes
General (600-1200 msnm)	PC <i>Cojoba arborea</i> , <i>Cordia diversifolia</i> , <i>Critonia morifolia</i> , <i>Croton draco</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> , <i>Quararibea funebris</i> , <i>Saurauia pedunculata</i> , <i>Syzygium jambos</i> , <i>Talauma mexicana</i> , <i>Zanthoxylum procerum</i> .	<i>Bursera simaruba</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Cinnamomum effusum</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Cupania dentata</i> , <i>Inga vera</i> , <i>Ocotea puberula</i> , <i>Urera caracasana</i> .
	PS <i>Leucaena diversifolia</i> , <i>Mangifera indica</i> .	
	RU <i>Chrysophyllum mexicanum</i> , <i>Citrus aurantifolium</i> , <i>Cordia megalantha</i> , <i>Diospyros digyna</i> , <i>Ficus</i> sp., <i>Trichospermum mexicanum</i> .	
	SM <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Coccoloba</i> aff. <i>montana</i> , <i>Coccoloba hirtella</i> , <i>Coccoloba humboldtii</i> , <i>Cupania guatemalensis</i> , <i>Hampea integerrima</i> , <i>Inga jinicuil</i> , <i>Miconia mexicana</i> , <i>Miconia trinervia</i> , <i>Protium copal</i> , <i>Psidium sartorianum</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Tapirira mexicana</i> , <i>Telanthophora grandifolia</i> .	
600-900 msnm	PC <i>Alchornea latifolia</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i> , <i>Coccoloba</i> aff. <i>humboldtii</i> , <i>Cojoba arborea</i> , <i>Cordia diversifolia</i> , <i>Croton draco</i> , <i>Ficus cotinifolia</i> , <i>Heliocarpus appendiculatus</i> , <i>Lonchocarpus guatemalensis</i> , <i>Lysiloma acapulcense</i> , <i>Quercus corrugata</i> , <i>Robinsonella mirandae</i> , <i>Saurauia pedunculata</i> , <i>Syzygium jambos</i> , <i>Talauma mexicana</i> , <i>Zanthoxylum procerum</i> .	<i>Cedrela odorata</i> <i>Cupania dentata</i> .
	PS <i>Mangifera indica</i> , <i>Persea schiedeana</i> .	
	RU <i>Chrysophyllum mexicanum</i> , <i>Cordia megalantha</i> , <i>Diospyros digyna</i> , <i>Guarea glabra</i> , <i>Ocotea puberula</i> , <i>Trichospermum mexicanum</i> .	
	SM <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Coccoloba humboldtii</i> , <i>Protium copal</i> , <i>Psidium sartorianum</i> , <i>Sideroxylon persimile</i> , <i>Tabebuia rosea</i> .	
900-1200 msnm	PC <i>Critonia morifolia</i> , <i>Inga paterno</i> , <i>Quararibea funebris</i> , <i>Sideroxylon capiri</i> , <i>Spondias radlkoferi</i> .	<i>Cordia alliodora</i> , <i>Inga vera</i> , <i>Ocotea puberula</i> , <i>Urera caracasana</i> .
	PS <i>Bursera simaruba</i> , <i>Leucaena diversifolia</i> , <i>Mangifera indica</i> .	
	RU <i>Citrus aurantifolium</i> , <i>Coccoloba</i> aff. <i>Humboldtii</i> , <i>Ficus cotinifolia</i> , <i>Ficus</i> sp.	
	SM <i>Alchornea latifolia</i> , <i>Brosimum alicastrum</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i> , <i>Coccoloba</i> aff. <i>montana</i> , <i>Coccoloba hirtella</i> , <i>Croton</i> aff. <i>niveus</i> , <i>Cupania guatemalensis</i> , <i>Ficus tecolutensis</i> , <i>Hampea integerrima</i> , <i>Inga jinicuil</i> , <i>Miconia mexicana</i> , <i>Miconia trinervia</i> , <i>Persea americana</i> , <i>Pseudolmedia glabrata</i> , <i>Quercus corrugata</i> , <i>Rollinia membranacea</i> , <i>Stemmadenia donnell-smithii</i> , <i>Tapirira mexicana</i> , <i>Telanthophora grandifolia</i> , <i>Zanthoxylum microcarpum</i> .	

FA= franja altitudinal; PC=policultivo complejo; PS= policultivo simple; RU= rusticano; SM=selva mediana subperennifolia.

7.3. Estructura de la vegetación

7.3.1. Atributos estructurales

La selva mediana presentó los valores más elevados en área basal (AB), cobertura y densidad; el sistema rusticano, en altura y diámetro normal (DN) promedio. Los valores más bajos respecto a densidad, área basal y cobertura fueron para el policultivo simple, en altura promedio y DN los obtuvo la selva (Cuadro 7.3). Se encontraron diferencias significativas entre UM para la cobertura ($F= 3.44$, $gl=2$, $P=0.033$). Entre sistemas, las variables altura, cobertura y DN presentaron diferencias significativas ($F=15.56$, 7.59 , 10.86 , 15.67 , respectivamente, $gl=3$, $p<0.05$) al igual que entre franjas altitudinales ($F=4.72$, 4.53 , 4.54 , 4.76 , respectivamente, $gl=1$, $p<0.05$).

Cuadro 7. 3. Valores estructurales por franja altitudinal, sistema y unidad de muestreo.

Atributo	Sistema	600-900 msnm				900-1200 msnm				General x sistema
		UM1	UM2	UM3	General	UM1	UM2	UM3	General	
Densidad (ind. ha ⁻¹)	PC	917	800	1067	928	350	633	300	428	1356
	PS	117	133	83	111	433	183	167	261	372
	RU	367	667	550	528	583	300	233	372	900
	SM	983	967	1333	1094	1317	1367	1433	1372	2467
Área basal (m ² ha ⁻¹)	PC	17.18	20.84	30.66	22.89	29.74	20.04	32.64	27.47	25.18
	PS	5.11	3.87	4.68	4.55	10.05	11.44	4.47	8.66	6.60
	RU	27.73	10.84	24.93	21.17	24.28	38.70	40.61	34.53	27.85
	SM	12.29	55.17	28.41	31.95	34.49	28.21	43.14	35.28	33.62
Cobertura promedio (m ²)	PC	18.27	24.63	27.81	23.75^{ab}	46.02	24.96	58.44	38.53^{ab}	28.42^a
	PS	26.41	29.69	35.08	29.89^a	14.57	36.19	25.85	22.03^{bc}	24.38^{ab}
	RU	34.33	16.35	27.53	24.40^{ab}	34.24	68.76	72.64	51.54^a	35.62^a
	SM	12.30	32.20	19.50	21.08^b	19.10	19.29	15.95	18.07^c	19.41^b
Altura promedio (m)	PC	9.32	10.39	11.34	10.40^a	15.98	10.15	13.73	12.58^{ab}	11.09^a
	PS	16.01	11.79	10.42	12.92^a	9.03	9.05	11.04	9.46^{bc}	10.49^{ab}
	RU	9.59	7.33	9.26	8.52^b	13.39	18.24	16.73	15.39^a	11.36^a
	SM	8.31	9.56	10.99	9.77^{ab}	9.03	9.55	8.18	8.91^c	9.29^b
Diámetro Normal promedio (cm)	PC	13.15	13.15	16.52	14.44^{ab}	25.64	15.86	27.35	21.21^a	16.58^a
	PS	20.29	17.81	22.41	19.83^a	13.63	18.45	16.70	15.41^{ab}	16.73^a
	RU	20.48	10.65	15.64	14.66^{ab}	18.41	30.92	33.67	24.96^a	18.92^a
	SM	9.51	16.14	14.24	13.38^b	12.88	12.63	11.62	12.36^b	12.81^b

PC=policultivo complejo; PS= policultivo simple; RU= rusticano; SM=selva mediana subperennifolia.
Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0.05$) entre sistemas. Los valores promedio son por individuo.

7.3.2. Índices estructurales

Se analizaron estructuralmente las familias botánicas para determinar aquéllas con altos índices de valor de importancia (IVI) y de valor forestal (IVF). Las principales familias se muestran en el Cuadro 7. 4, donde se observa que la familia Fabaceae es la más importante y la más rica en especies como ya se mostró anteriormente. La mayoría de familias coincide en su orden descendente de importancia en ambos índices, sin embargo la Euphorbiaceae es la única que presenta diferencias entre índices debido a que el IVF considera bidimensionalmente la estructura y en consecuencia su altura provoca un valor mayor en este índice. La familia Boraginaceae, la cual contiene un solo género (*Cordia* spp.) es la segunda más importante estructuralmente debido a las altas densidades, frecuencia y alturas principalmente. Caso contrario con la familia Moraceae que es de las más numerosas en especies, pero no ocupa el mismo lugar respecto a su riqueza de especies, cayendo hasta el sexto lugar.

Cuadro 7. 4. Familias con mayor índice de valor de importancia (IVI) y valor forestal (IVF) en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Familias	Frecuencia	AB	Densidad	DN	Altura	Cobertura	IVI	IVF
Fabaceae	19	1.67	87	1083.9	950.3	1894.1	29.16	38.06
Boraginaceae	17	2.18	72	1152.9	879.5	1694.4	28.08	36.42
Lauraceae	15	2.28	42	759.2	435.9	1310.2	22.92	23.00
Malvaceae	12	2.54	24	671.6	319.2	1379.9	19.91	20.72
Euphorbiaceae	12	0.99	65	737.2	566.9	1081.6	19.77	23.34
Moraceae	12	1.81	26	475.1	275.4	936.4	17.06	15.17
Urticaceae	12	0.43	62	511.8	370.6	648.7	16.82	15.20
Sapindaceae	16	0.93	32	463.6	384.7	763.8	15.97	15.65
Anacardiaceae	10	1.84	15	482.3	188.9	702.5	14.56	12.42
Sapotaceae	10	1.67	10	325.9	158.7	796.3	13.19	10.92
Burseraceae	6	1.06	34	561.0	382.8	662.6	12.56	15.99
Meliaceae	11	0.85	19	307.0	167.3	567.3	11.40	9.40
Rutaceae	14	0.34	24	273.1	181.6	437.9	11.35	8.44
Polygonaceae	6	1.40	6	213.8	72.5	463.1	9.62	6.29
18 restantes	60	3.10	116	1562.8	1120.6	2411.5	57.63	48.98
Total	232	23.10	633	9581.1	6454.9	15750.3	300.00	300.00

AB= área basal ($m^2 ha^{-1}$); Densidad (individuos ha^{-1}); DN=diámetro normal (cm), Altura (m); Cobertura (m^2).

En el Cuadro 7.5 se muestran las cinco especies con mayor valor estructural por sistema, se presentan coincidencias en el orden descendente del IVI e IVF en todos los sistemas, en los SAF-café *Cordia alliodora* y *Cupania dentata* son las especies en común más importantes debido a sus frecuencias y densidades altas principalmente. En la SM las especies más importantes fueron *Bursera simaruba* para el IVF y *Myriocarpa longipes* con el IVI. En el PS el valor del IVF lo concentra *C. alliodora* con alrededor de un tercio del total (92.1). La presencia de especies maderables en ambas franjas altitudinales es marcada en los SAF-café con especies como *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Sideroxylon capiri* y *Ocotea puberula*, la SM presenta especies totalmente diferentes entre franjas altitudinales cosa que no sucede en los SAF-café (Cuadro 7. 6).

Cuadro 7. 5. Especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) y valor forestal (IVF) en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Sistema	Especie	Fr	Den	AB	Alt	Cob	IVI	IVF
Selva mediana subperennifolia	<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.	17	51	0.34	315	471	21.2	20.4
	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	10	29	1.13	382	725	20.0	27.5
	<i>Bauhinia</i> sp.	11	37	0.46	319	697	16.6	21.8
	<i>Alchornea latifolia</i> Swartz	11	26	0.47	233	410	14.2	16.3
	<i>Ficus tecolutensis</i> (Liebm.) Miq.	2	3	1.40	79	656	13.1	13.4
	60 especies restantes	197	298	8.28	2796	5657	214.9	200.6
Policultivo complejo	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	19	32	1.04	436	818	36.0	41.6
	<i>Cupania dentata</i> DC.	11	20	0.49	229	437	20.3	21.8
	<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.	11	23	0.15	121	293	17.8	13.2
	<i>Spondias radikoferi</i> J. D. Smith.	4	6	0.76	75	309	13.2	11.8
	<i>Sideroxylon capiri</i> (DC.) Cronq.	2	2	0.89	48	310	11.8	9.7
	56 especies restantes	120	161	5.71	1796	4767	200.9	201.9
Policultivo simple	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	10	20	0.58	254	404	74.1	92.1
	<i>Persea schiedeana</i> Nees.	6	7	0.77	91	369	54.6	53.8
	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	6	9	0.21	86	207	34.4	37.0
	<i>Cupania dentata</i> DC.	5	5	0.14	67	107	23.4	22.9
	<i>Inga vera</i> Willd.	4	4	0.19	43	146	21.8	21.6
	13 especies restantes	20	22	0.46	162	400	91.7	72.6
Rusticano	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	21	44	1.33	503	1080	58.6	66.9
	<i>Cupania dentata</i> DC.	13	15	0.65	206	489	27.0	28.1
	<i>Cedrela odorata</i> L.	11	14	0.47	106	328	22.9	17.6
	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill	3	4	1.39	68	546	19.0	20.8
	<i>Sideroxylon persimile</i> (Hemsl.) TD Penn.	4	5	1.00	92	498	16.6	19.4
	27 especies restantes	64	80	5.15	866	2830	155.9	147.2

(Calculado en 3600 m²) Fr= Frecuencia; Den= Densidad; AB= Área basal (m²); Alt=Altura (m); Cob=Cobertura (m²)

Cuadro 7. 6. Especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) y valor forestal (IVF) por franja altitudinal en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Sistema	600-900 msnm			900-1200 msnm		
	Especie	IVI	IVF	Especie	IVI	IVF
Selva mediana subperennifolia	<i>Bursera simaruba</i>	43.4	58.6	<i>Myriocarpa longipes</i>	32.9	34.1
	<i>Bauhinia sp.</i>	36.7	46.2	<i>Alchornea latifolia</i>	26.1	30.8
	<i>Spondias radlkoferi</i>	26.1	22.6	<i>Coccoloba hirtella</i>	23.2	10.5
	<i>Croton aff. niveus</i>	20.3	19.6	<i>Miconia mexicana</i>	20.2	24.4
	<i>Bernoullia flammea</i>	19.0	14.0	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	17.3	22.0
	<i>Aphananthe monoica</i>	17.2	20.4	<i>Telanthophora grandifolia</i>	13.3	14.7
	<i>Ficus tecolutensis</i>	12.8	13.2	<i>Ficus tecolutensis</i>	13.3	13.5
	<i>Inga paterno</i>	12.1	14.3	<i>Ocotea puberula</i>	11.8	11.3
	<i>Brosimum alicastrum</i>	11.8	6.9	<i>Cecropia obtusifolia</i>	11.3	14.9
	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	10.0	7.4	<i>Miconia trinervia</i>	10.6	9.3
	23 especies restantes	90.6	76.8	33 especies restantes	120.0	114.5
	Policultivo complejo	<i>Cordia alliodora</i>	37.0	43.8	<i>Cordia alliodora</i>	35.7
<i>Myriocarpa longipes</i>		23.7	19.9	<i>Cnidocolus multilobus</i>	23.9	14.5
<i>Cupania dentata</i>		17.2	17.1	<i>Cupania dentata</i>	23.9	28.7
<i>Bernoullia flammea</i>		15.6	8.1	<i>Persea schiedeana</i>	21.8	21.7
<i>Bauhinia sp.</i>		12.3	21.8	<i>Junglans pyriformis</i>	20.8	21.6
<i>Croton draco</i>		12.1	17.8	<i>Spondias radlkoferi</i>	19.7	21.3
<i>Bursera simaruba</i>		11.9	13.8	<i>Sideroxylon capiri</i>	18.1	17.5
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>		10.3	7.0	<i>Citrus sinensis</i>	13.7	9.5
<i>Myroxylon balsamum</i>		9.0	13.0	<i>Nectandra colorata</i>	13.7	13.6
<i>Senna spectabilis</i>		8.7	6.2	<i>Inga vera</i>	12.5	10.5
40 especies restantes		142.2	131.5	15 especies restantes	96.2	102.2
Policultivo simple	<i>Persea schiedeana</i>	71.6	67.6	<i>Cordia alliodora</i>	76.3	99.8
	<i>Cordia alliodora</i>	70.0	78.4	<i>Ocotea puberula</i>	51.3	58.0
	<i>Cupania dentata</i>	48.3	51.5	<i>Persea schiedeana</i>	46.4	46.1
	<i>Inga vera</i>	44.2	54.4	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	25.9	21.7
	<i>Citrus sinensis</i>	25.2	18.2	<i>Trema micrantha</i>	12.4	13.3
	<i>Mangifera indica</i>	18.3	19.1	<i>Mangifera indica</i>	11.9	14.5
	<i>Pseudolmedia glabrata</i>	11.2	5.3	<i>Leucaena diversifolia</i>	11.1	8.7
	<i>Cedrela odorata</i>	11.1	5.5	<i>Cupania dentata</i>	10.9	6.6
		0.0	0.0	<i>Inga vera</i>	10.4	3.0
		0.0	0.0	<i>Junglans pyriformis</i>	9.0	12.5
0 especies restantes	0.0	0.0	6 especies restantes	34.4	15.8	
Rusticano	<i>Cordia alliodora</i>	64.1	73.1	<i>Cordia alliodora</i>	46.9	62.2
	<i>Trichospermum mexicanum</i>	45.5	48.8	<i>Cupania dentata</i>	37.3	39.8
	<i>Cedrela odorata</i>	29.9	32.4	<i>Sideroxylon persimile</i>	31.7	34.0
	<i>Spondias radlkoferi</i>	19.3	15.1	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	25.1	24.7
	<i>Cupania dentata</i>	16.4	12.7	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	22.1	23.3
	<i>Bursera simaruba</i>	16.3	9.5	<i>Citrus sinensis</i>	19.1	14.5
	<i>Rollinia membranacea</i>	13.9	18.9	<i>Cedrela odorata</i>	17.1	6.7
	<i>Citrus sinensis</i>	13.4	8.7	<i>Ficus cotinifolia</i>	15.0	14.9
	<i>Sideroxylon capiri</i>	10.9	15.3	<i>Bunchosia guatemalensis</i>	14.3	6.7
	<i>Lonchocarpus sp.</i>	10.0	5.7	<i>Ocotea puberula</i>	12.2	15.2
	12 especies restantes	60.3	59.8	7 especies restantes	59.2	58.0

7.3.3. Estratificación vertical

Se observaron dos estratos verticales (inferior y superior) con intervalos diferentes en los cuatro sistemas; sus límites superiores en SM y RU son 10 y 34 m, para PS son 12 y 34 m y en PC son 14 y 32 m (Figura 7.5). En el estrato inferior, el mayor porcentaje de individuos se presentó en PC (68.9%) y el menor, en PS (56.7%). El sistema con mayor altura promedio fue RU (11.4 m) seguido de PC (11.1 m), PS (10.5 m) y SM (9.3 m).

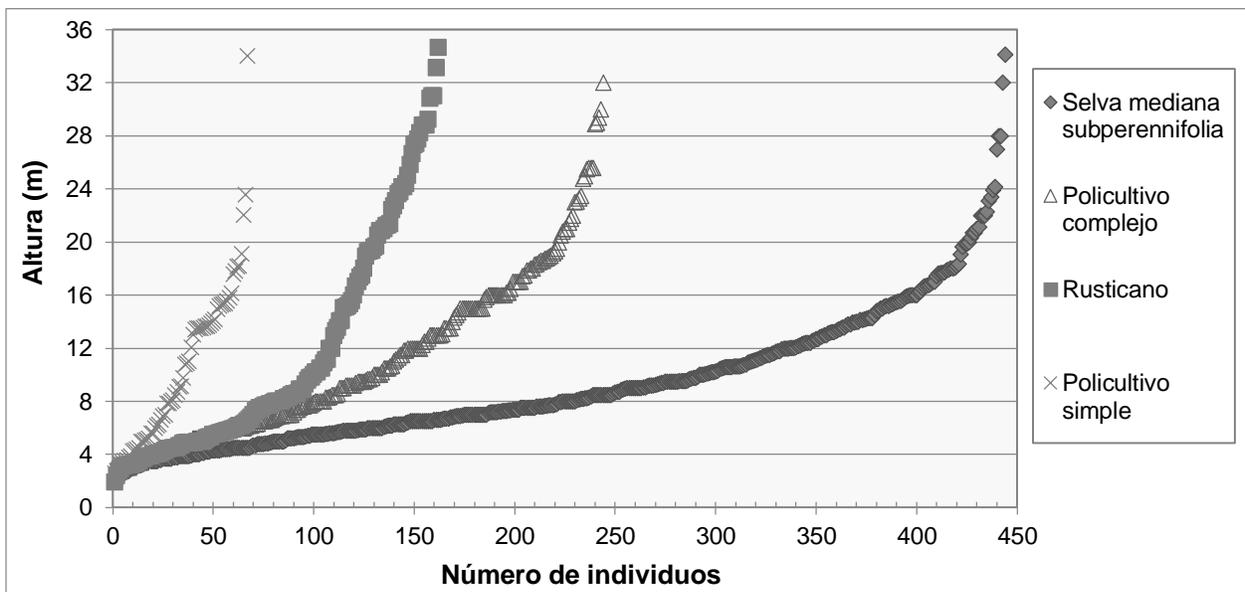


Figura 7. 5. Dispersión de alturas de árboles en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Al analizar los sistemas por estrato altitudinal se puede observar claramente que la densidad de árboles disminuye considerablemente en los SAF-café de la franja altitudinal superior, además la altura del dosel inferior es menor debido a que la inflexión de la curva se presenta mucho antes que en la franja de los 600-900 msnm (Figura 7.6). Para los SAF-café de la franja de 900-1200 msnm el límite del dosel inferior sería alrededor de los 9 m, asimismo el dosel superior en el sistema rusticano es muy superior a lo observado en la otra franja.

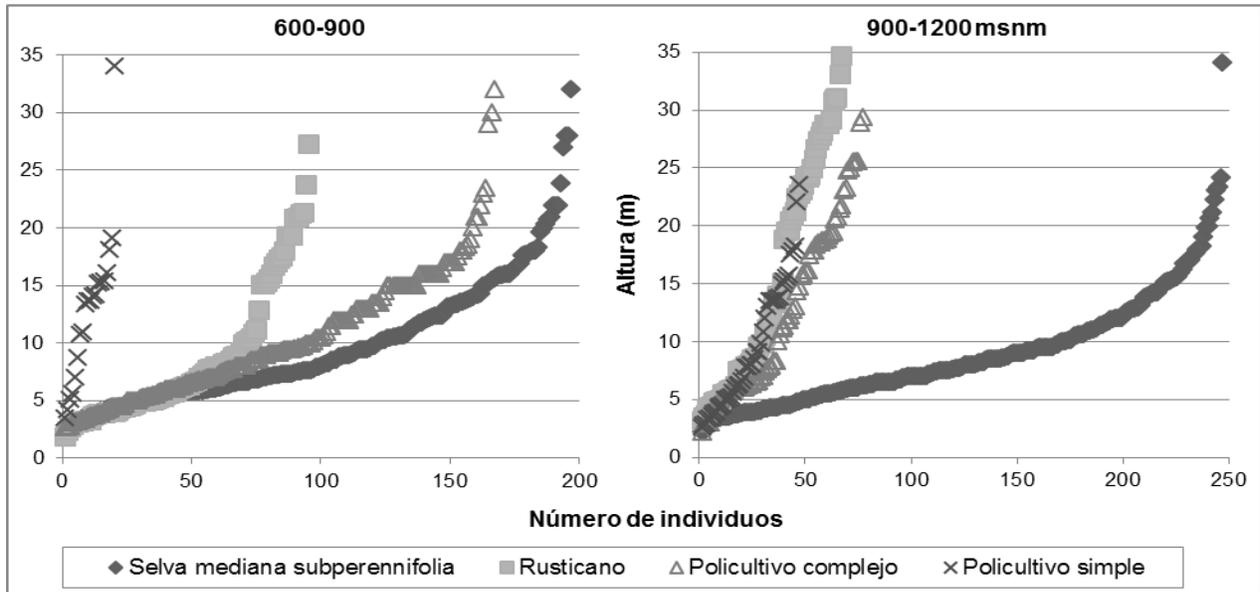


Figura 7. 6. Distribución de alturas de árboles por franja altitudinal y sistema.

Las especies más representativas del estrato inferior fueron: *Myriocarpa longipes*, *Bahuinia* sp. y *Croton aff niveus* (selva mediana subperennifolia), *Myriocarpa longipes* y *Cnidoscolus multilobus* (policultivo complejo), *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* (rusticano) y *Cordia alliodora* y *Ocotea puberula* (policultivo simple).

En el estrato superior se encontraron árboles emergentes de más de 30 m de altura, tales como: *Ficus tecolutensis* y *Bursera simaruba* (selva mediana subperennifolia); *Myroxylon balsamum* y *Bernoullia flammea* (policultivo complejo); *Cupania dentata* (policultivo sencillo); *C. alliodora* y *Sideroxylon persimile* (rusticano).

7.3.4. Distribución diamétrica

Los sistemas SM, RU y PC presentaron individuos con los DN más grandes de hasta 133, 104 y 97 cm respectivamente, por el contrario el PS registro individuos de hasta 79 cm. El porcentaje acumulado de individuos en las tres primeras categorías diamétricas (2.5 a 17.5 cm) fue mayor para la SM (79.8%), seguido del RU (77.6%), PC (64.3%) y el PS (56.7). Asimismo en la última categoría diamétrica (>45cm) el sistema

RU presentó un porcentaje de individuos superior respecto a los demás sistemas (8.6%) (Figura 7.7).

Las especies con mayor DN fueron: *Coccoloba hirtella*, *Ficus tecolutensis* (SM); *Sideroxylon capiri* (PC); *Sideroxylon persimile*, *Heliocarpus appendiculatus* y *Trichospermum mexicanum* (RU).

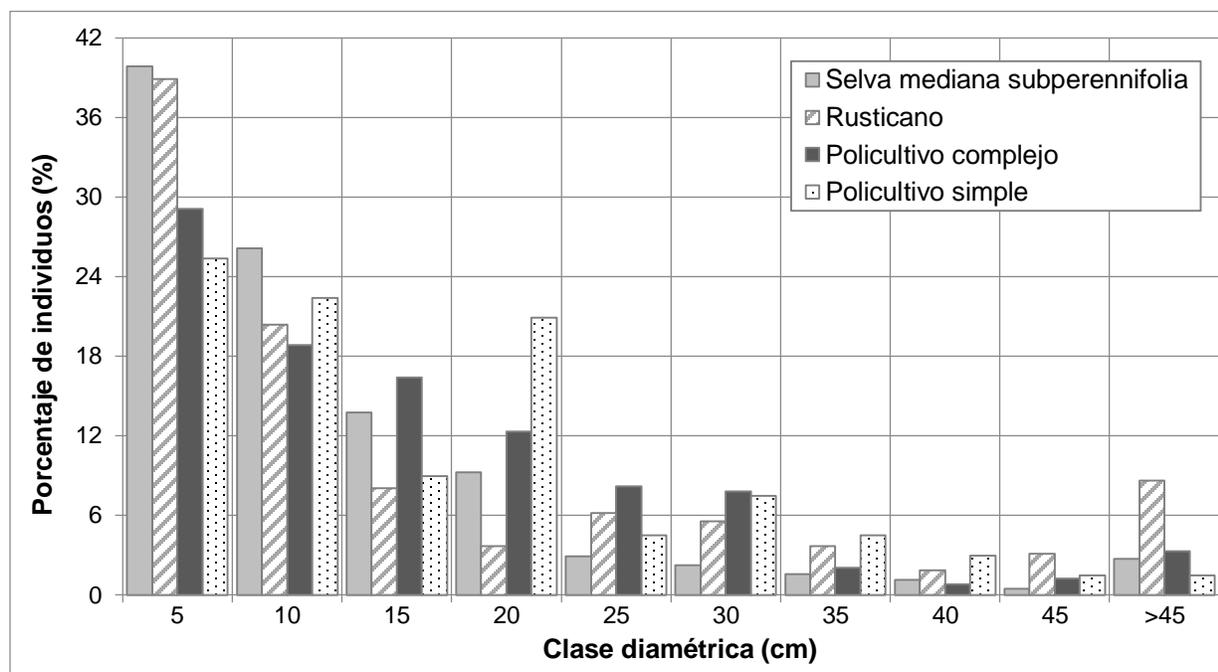


Figura 7. 7. Distribución diamétrica de árboles en cuatro sistemas de la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Analizando los sistemas por franja altitudinal se encontró dos patrones generales de estructura poblacional (Bongers *et al.*, 1988): los de tipo I conformados por SM y PC, donde se observa el mayor porcentaje de individuos en las primeras clases diamétricas, disminuyendo considerablemente conforme aumenta el tamaño de clase; los de tipo II conformados por RU y PS con mayores porcentajes de individuos en las clases más pequeñas e intermedias que en el resto (Figura 7.8).

En la franja altitudinal inferior (600-900 msnm) existe una mayor concentración de individuos en las primeras clases diamétricas en los sistemas SM, PC, RU, caso

contrario en el sistema PS donde el mayor porcentaje de individuos se observa en la franja altitudinal superior (900-1200 msnm).

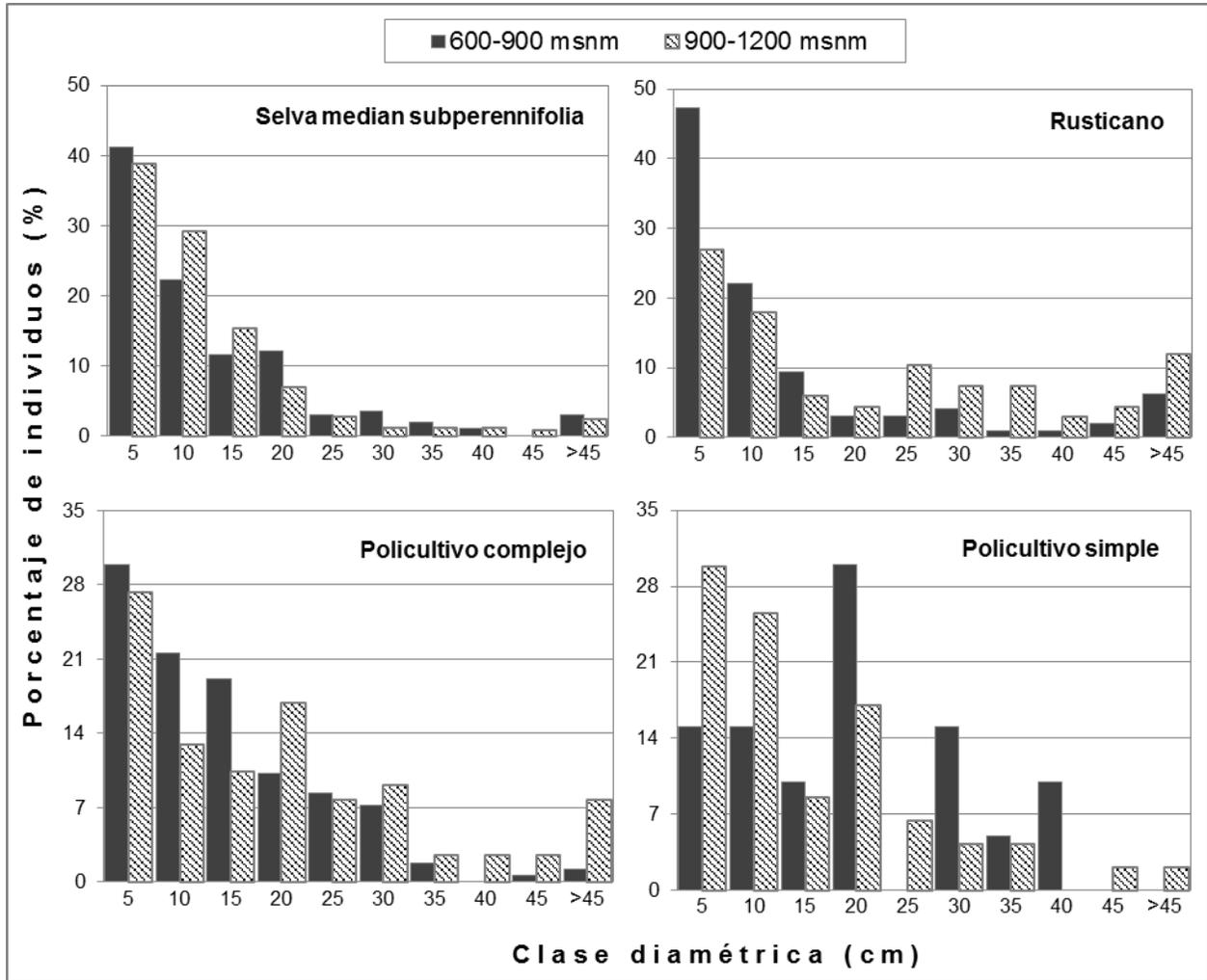


Figura 7. 8. Distribución de clases diamétricas por franja altitudinal en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Las especies más importantes estructuralmente hablando, como *Bursera simaruba* y *Myriocarpa longipes* en la selva mediana subperennifolia así como *Cordia alliodora* y *Cupania dentata* en los SAF-café; se les caracterizó en la estructura de su población encontrando marcadamente los patrones anteriormente mencionados, el tipo I para las tres últimas mencionadas y tipo II para *B. simaruba* (Figura 7.9).

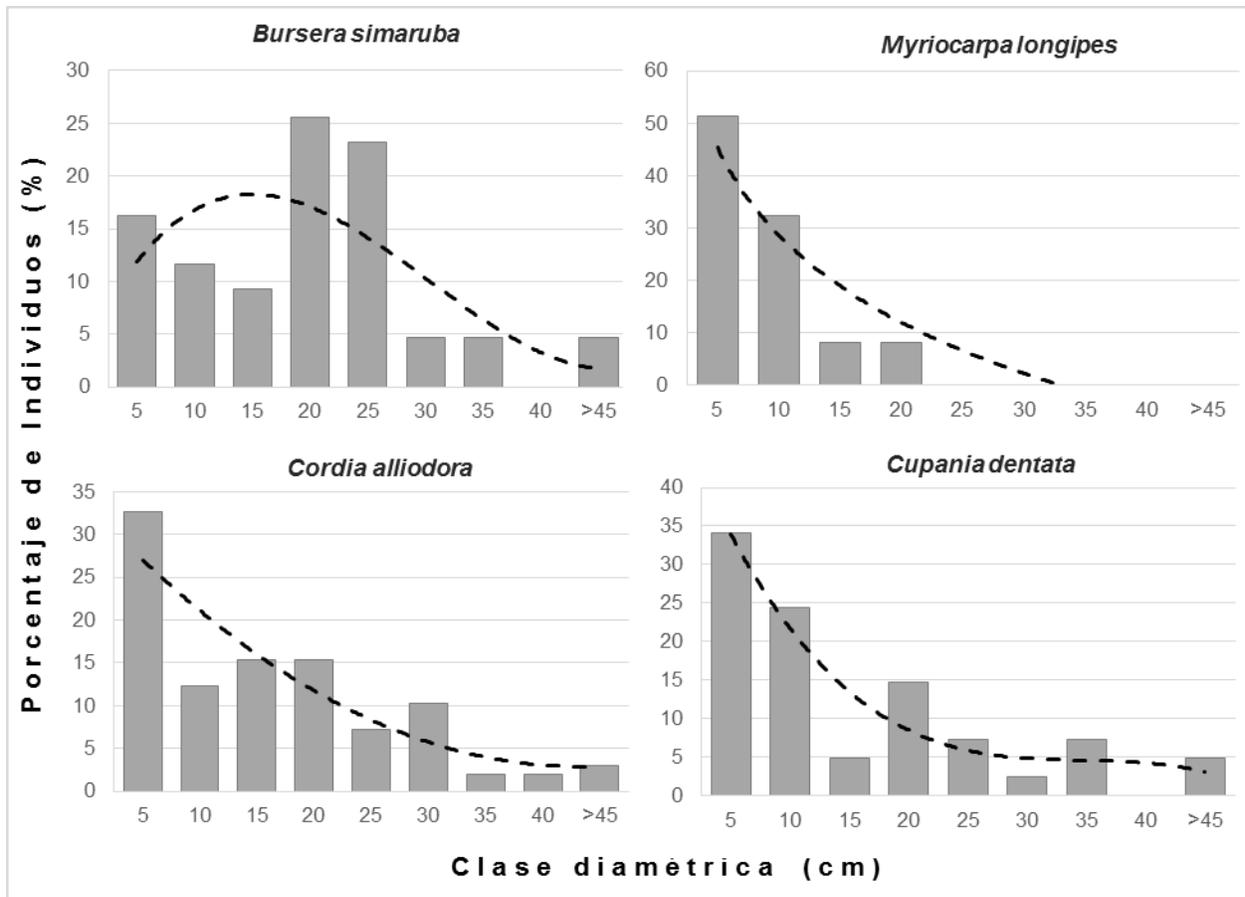


Figura 7. 9. Patrones generales de estructura poblacional en las principales especies arbóreas de la Sierra de Atoyac, Veracruz.

7.4. Diversidad de especies

De manera general, los valores más altos de los índices de diversidad los obtuvo la SM y el PC, por el contrario valores inferiores fueron para PS. La prueba de “t” modificado por Hutcheson arrojó diferencias significativas ($p > 0.05$; t calculada $>$ t tabla) entre franjas altitudinales en el PC sin embargo entre sistemas el PC y SM no mostraron diferencias significativas de manera general (Cuadro 7.7). Entre UM, la mayor cantidad de diferencias significativas se presentó en el PC por lo que resultó ser el más heterogéneo. En la franja altitudinal inferior todos los sistemas presentaron diferencias significativas lo cual no ocurrió en la franja superior ni de manera general por sistema ni por franja, pues el PC y la SM formaron un grupo al no presentar diferencias significativas.

Respecto a la prueba de aleatoriedad, en la franja inferior los sistemas no presentaron diferencia en su equidad, caso contrario para la franja superior y de manera general por sistema. La SM y el PC no presentaron diferencias significativas según los índices de Simpson y α de Fisher de manera general por sistema lo cual coincide con el índice de Shannon y la prueba de "t" modificada. El índice de complejidad fue marcadamente superior en el policultivo complejo a nivel general por sistema, sin embargo entre UM no es tan grande la diferencia.

Cuadro 7. 7. Riqueza e índices de diversidad por unidad de muestreo, sistema, franja altitudinal y general en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Atributo	Sistema	600-900 msnm				900-1200 msnm				General x sistema
		UM1	UM2	UM3	General	UM1	UM2	UM3	General	
Riqueza total/ especies nativas	SM	18/16	14/12	20/18	33/28	20/19	19/17	22/22	43/40	65/54
	PC	26/24	19/19	22/19	50/45	12/12	12/12	12/11	25/24	61/51
	RU	9/9	11/11	12/10	22/20	11/10	9/8	8/8	17/15	32/26
	PS	4/4	5/5	4/4	8/8	9/9	10/10	4/4	16/16	18/15
Shannon (H')	SM	1.96 ^b	2.15 ^b	2.53 ^a	2.91^b	2.14 ^b	2.64 ^a	2.74 ^a	3.01^a	3.56^a
	PC*	2.84 ^a	2.58 ^{abc}	2.60 ^{ab}	3.40^a	2.40 ^{bc}	2.14 ^c	2.40 ^{bc}	2.93^a	3.58^a
	RU	2.06 ^{ab}	1.69 ^b	2.23 ^a	2.47^c	2.16 ^{ab}	2.04 ^{ab}	1.97 ^{ab}	2.54^b	2.81^b
	PS	1.28 ^b	1.56 ^{ab}	1.33 ^b	1.87^d	1.67 ^{ab}	2.27 ^a	1.22 ^b	2.31^b	2.39^c
Varianza	SM	0.0377	0.0169	0.0138	0.0059	0.0231	0.0078	0.0079	0.0053	0.00258
	PC	0.0225	0.0210	0.0179	0.0072	0.0200	0.0199	0.0266	0.0094	0.00507
	RU	0.0190	0.0411	0.0188	0.0154	0.0153	0.0288	0.0327	0.0089	0.00900
	PS	0.0602	0.0425	0.0831	0.0274	0.0474	0.0437	0.0467	0.0238	0.01652
α Fisher	SM	8.83	5.86	8.56	11.34^b	8.63	7.76	9.55	15.05^{ab}	20.98^a
	PC*	19.27	11.62	11.85	24.18^a	11.64	6.04	15.73	12.86^a	26.11^a
	RU	5.69	5.01	6.78	8.98^b	5.52	7.16	7.76	7.34^b	11.95^c
	PS	3.88	5.71	9.28	4.94^b	4.88	53.28	2.47	8.55^{ab}	8.07^{ab}
IC	SM	6.51	25.7	29.98	36.53	29.52	25.2	40.04	60.07	90.12
	PC	13.74	11.85	29.36	35.79	7.18	5.56	5.81	11.97	41.56
	RU	3.16	2.1	5.49	6.79	7.51	6.86	4.56	10.90	16.41
	PS	0.14	0.11	0.06	0.17	1.27	0.68	0.12	1.11	0.84
Equidad	SM	0.68	0.82	0.85	0.83^a	0.71	0.90	0.89	0.81^c	0.85^{ab}
	PC	0.87	0.88	0.84	0.87^a	0.97	0.86	0.97	0.91^a	0.87^a
	RU*	0.94	0.70	0.90	0.80^a	0.90	0.93	0.95	0.90^{ab}	0.81^b
	PS	0.92	0.97	0.96	0.90^a	0.76	0.99	0.88	0.83^{bc}	0.83^{ab}
Simpson	SM	0.71	0.84	0.88	0.92^b	0.79	0.91	0.92	0.93^a	0.96^a
	PC	0.90	0.89	0.89	0.95^a	0.90	0.85	0.90	0.93^a	0.95^a
	RU	0.86	0.67	0.87	0.85^c	0.87	0.85	0.85	0.90^{ab}	0.89^b
	PS	0.69	0.78	0.72	0.82^c	0.71	0.89	0.66	0.85^b	0.86^b

Diferencias significativas ($p < 0.05$) se indican con letras diferentes entre sistemas y con * entre franjas altitudinales. SM=Selva mediana subperennifolia; RU=Rusticano; PC=Policultivo complejo; PS=Policultivo simple.

7.5. Semejanza florística

Los valores más elevados de semejanza fueron para la combinación SM y PC a nivel general (S_i : 0.698; C_j :0.537) con 44 especies compartidas, del mismo modo en la franja altitudinal inferior (S_i : 0.578; C_j :0.407) con 24 especies, en la franja superior la combinación PC y PS, fue la que presentó la mayor semejanza (S_i : 0.537; C_j :0.367) sin embargo compartieron menor número de especies (11), por el contrario las combinaciones SM-PS, PC-PS o PS-RU fueron las que menores valores obtuvieron debido al bajo número de especies compartidas (Cuadro 7.8).

Los SAF-café presentaron valores bajos de semejanza entre ellos en la franja altitudinal inferior, sin embargo en la franja superior y de manera general, las comparaciones mostraron valores más elevados entre estos sistemas fluctuando entre el 36 y 50 por ciento de semejanza. Las comparaciones entre UM se pueden ver en el Anexo D.

Cuadro 7. 8. Índices de semejanza florística por franja altitudinal en tres sistemas agroforestales de café y una selva mediana subperennifolia en la Sierra de Atoyac, Veracruz.

Franja altitudinal	Sistemas comparados		Especies			Coeficiente de semejanza	
	A	B	En A	En B	Compartidas	Sorensen	Jaccard
600-900 msnm	SM	PC	33	50	24	0.578	0.407
	SM	PS	33	8	2	0.098	0.051
	SM	RU	33	22	10	0.364	0.222
	PC	PS	50	8	6	0.207	0.155
	PC	RU	50	22	14	0.389	0.241
	PS	RU	8	22	4	0.267	0.154
900-1200 msnm	SM	PC	43	25	16	0.479	0.308
	SM	PS	43	16	10	0.339	0.204
	SM	RU	43	17	9	0.300	0.176
	PC	PS	25	16	11	0.537	0.367
	PC	RU	25	17	9	0.429	0.273
	PS	RU	16	17	6	0.364	0.222
General (600-1200 msnm)	SM	PC	65	61	44	0.698	0.537
	SM	PS	65	18	14	0.337	0.230
	SM	RU	65	32	21	0.432	0.276
	PC	PS	61	18	15	0.379	0.234
	PC	RU	61	32	23	0.494	0.329
	PS	RU	18	32	9	0.360	0.220

SM= Selva mediana subperennifolia; PC= Policultivo complejo; PS=Policultivo sencillo; RU= Rusticano

7.6 Análisis multivariable

El dendrograma hecho con los datos de presencia-ausencia por UM (Figura 7.10), presentó un porcentaje bajo de encadenamiento (4.81%) lo que indica una buena representación de los grupos. Se observan dos grupos principales (1, 2) que se diferencian por la franja altitudinal a la que la mayoría de las UM pertenecen, por ejemplo en el grupo 1 el 71.4% de las UM pertenecen a la franja altitudinal baja. Al hacer un corte a una distancia de 3.4 de semejanza se observan varios subgrupos: unos bastante homogéneos, que incluyen UM (1.3, 2.2) concordantes con un tipo de sistema (PS y RU) y otros heterogéneos (1.1, 1.2, 2.1), estos últimos con UM de la SM y PC principalmente, lo que significa una mayor semejanza florística entre ellos.

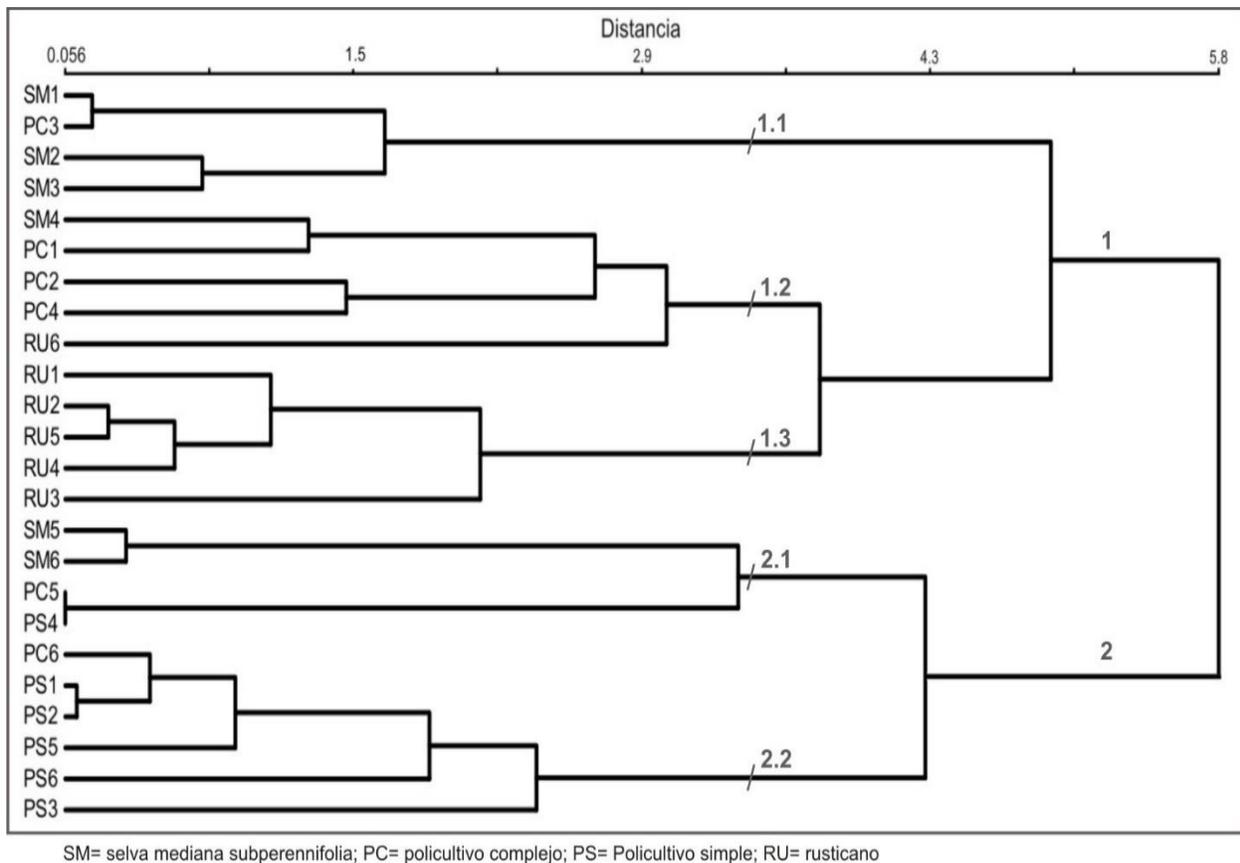
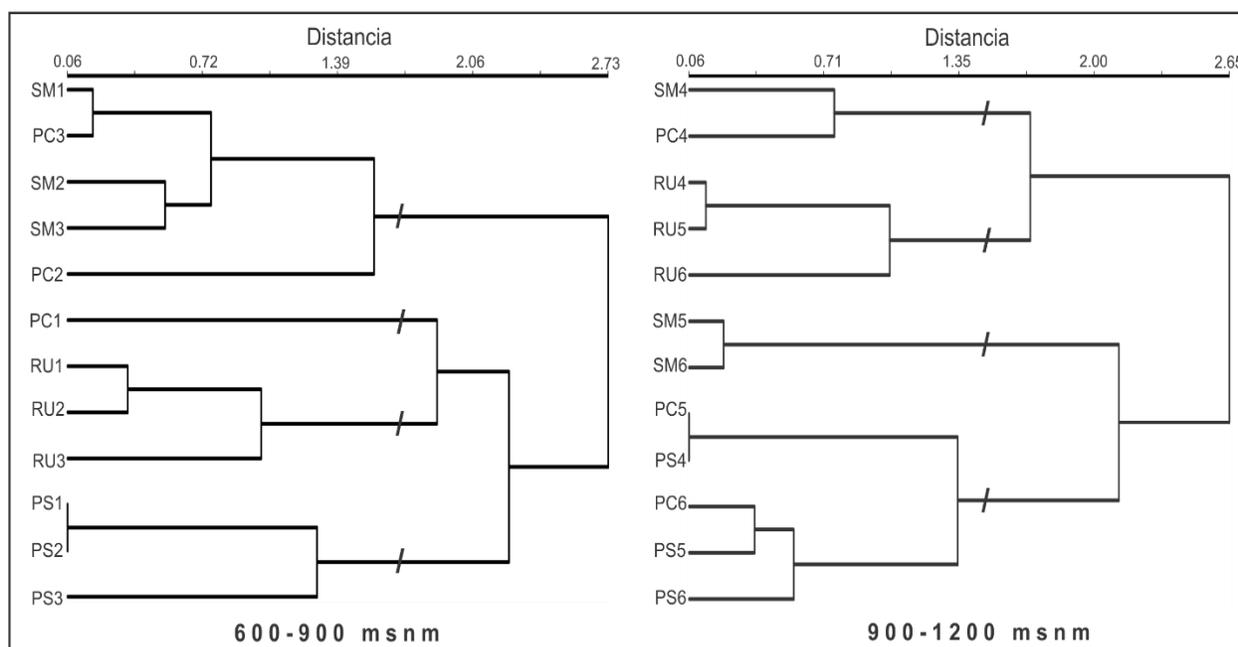


Figura 7. 10. Dendrograma de semejanza florística entre las 24 UM estudiadas, agrupadas con base en el coeficiente de Sorensen por el método de beta flexible.

Los dendrogramas por cada franja altitudinal presentaron porcentajes de encadenamiento bastante diferentes, en la franja inferior fue de 18.2% y en la superior de 3.0%, sin embargo la formación de grupos siguió un patrón de agrupamiento similar observándose grupos homogéneos y heterogéneos respecto al tipo de sistema de la UM.

En el dendrograma de la franja de 600 a 900 msnm y, a una distancia de 1.75 de semejanza, se observan dos grupos homogéneos de acuerdo al tipo de sistema al que pertenecen: (PS y RU) y uno heterogéneo conformado principalmente por UM de la SM y PC, lo cual reafirma la idea de una mayor semejanza florística entre estos sistemas. En la franja de los 900-1200 msnm, a un nivel de distancia de 1.5, se forman dos grupos homogéneos, los del sistema RU y otro con SM5 y SM6, en la parte inferior de la figura se forma una agrupación de PS con PC y en la parte superior se agrupan de PC y SM (Figura 7.11).



SM=selva mediana subperennifolia; RU=rusticano; PC=policultivo complejo; PS=policultivo simple.

Figura 7. 11. Dendrogramas de semejanza por franja altitudinal agrupadas con base en el coeficiente de Sorensen por el método de beta flexible.

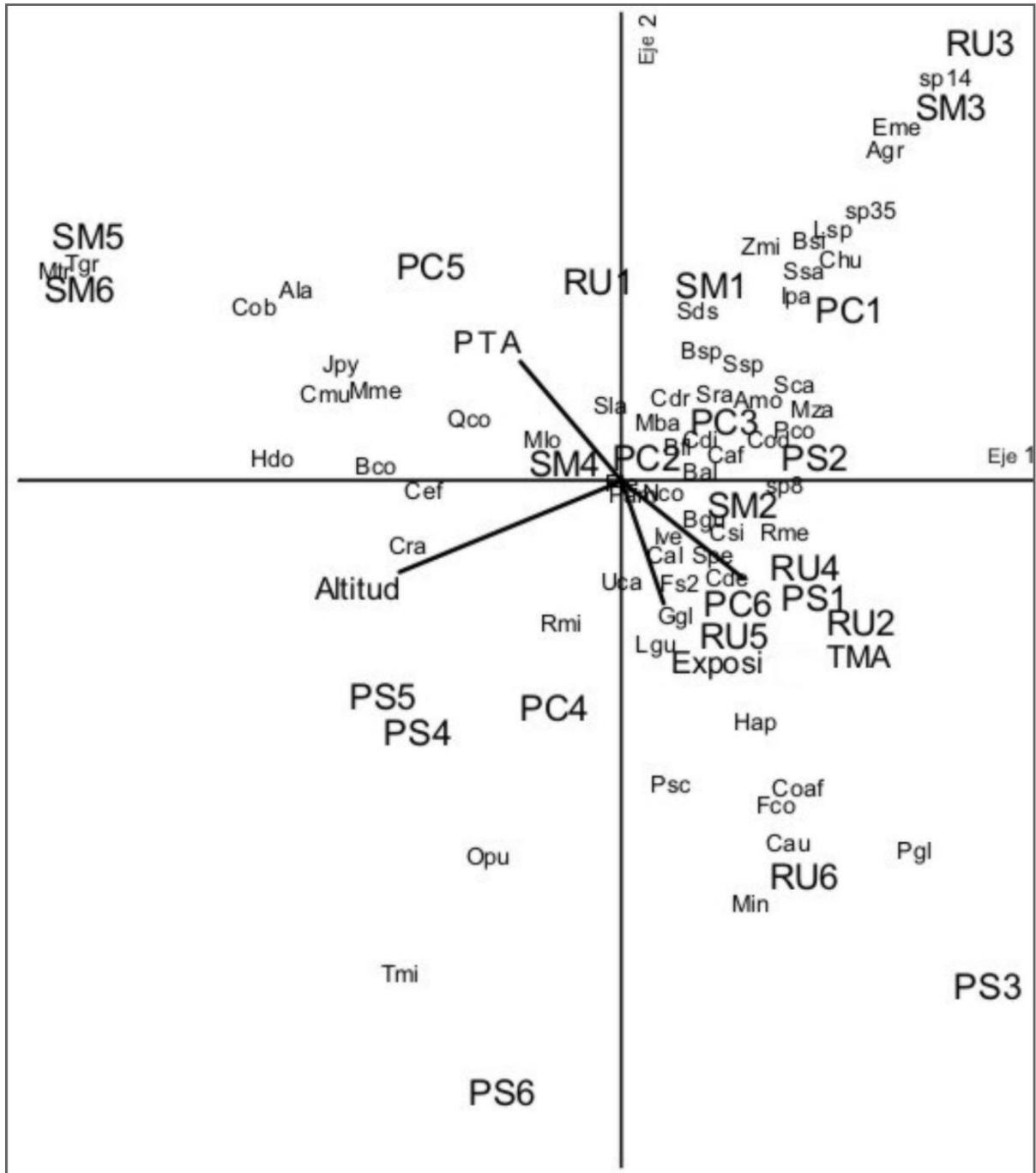
La ordenación de las especies, UM y factores ambientales a través del CCA arrojó que los primeros tres ejes explicaron en conjunto, el 20.3% de la variación de datos, con el 8.2%, 7.0% y 5.1% respectivamente. La variable ambiental más importante en el primer eje fue la altitud, de igual forma para el segundo eje fueron: precipitación media anual y exposición del terreno (Cuadro 7.9).

Cuadro 7. 9. Resultados del análisis de correspondencia canónica para los tres primeros ejes de la ordenación.

Variables	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Raíces características	0.559	0.471	0.345
Varianza acumulada de las especies:	8.2	15.2	20.3
Correlación especies-factores ambientales	0.959	0.913	0.911
Correlación factores ambientales-ejes:			
Altitud	-0.903	-0.369	-0.063
Pendiente	0.059	0.446	-0.865
Exposición del terreno (Exposi)	0.172	-0.497	-0.841
Temperatura media anual (TMA)	0.490	-0.397	0.037
Precipitación total anual (PTA)	-0.414	0.485	-0.098

Las UM ubicadas a mayor altitud como SM5 y SM6 se diferencian del resto; caso similar en cuanto a precipitación total anual se refiere, en donde los sistemas con mayor riqueza de especies presentan una relación positiva con este factor ambiental, por ejemplo UM de los sistemas RU, SM y PC son los que presentan mayor precipitación, caso contrario para UM del PS.

En cuanto a las especies propias de altitudes mayores se puede mencionar a *Telanthophora grandifolia* (Tgr), *Miconia trinervia* (Mtr), *Trema micrantha* (Tmi), *Ocotea puberula* (Opu), *Heliocarpus donell-smith* (Hdo), *Cecropia obusifolia* (Cob) por el contrario *Exostema mexicanum* (Eme), *Astronium graveolens* (Agr), *Lonchocarpus* sp. (Lsp), *Bursera simaruba* (Bsi), *Coccoloba Humboldtii* (Chu), *Simira salvadorensis* (Ssa), *Zanthoxylum microcarpum* (Zmi), *Inga paterno* (Ipa) son más frecuentes en altitudes bajas (Figura 7.12). Asimismo, especies con mayor peso en el análisis como *Cupania dentata* (Cde), *Inga vera* (Ive) o *Cordia alliodora* (Cal) presentaron relación con TMA y la exposición.



SM= selva mediana subperennifolia; PC= policultivo complejo; PS= Policultivo simple; RU= rusticano; temperatura media anual (TMA), precipitación total anual (PTA), exposición del terreno (Exposi).

Figura 7. 12. Análisis de Correspondencia Canónica de 24 unidades de muestreo con 64 especies y cinco variables ambientales de la Sierra de Atoyac, Veracruz.

8. DISCUSIÓN

La selva mediana subperennifolia (SM), en el área del presente estudio coincide en su composición de familias botánicas con Acevedo (1988) y al nivel de géneros con Chiang (1970). Asimismo especies del estrato superior como *Aphanante monoica*, *Astronium graveolens*, *Bursera simaruba*, *Brosimum alicastrum*, *Bernulia flamea*, *Manilkara zapota*, *Myroxilon balsamum*, *Sideroxylon capiri* y del estrato inferior como *Guarea glabra*, *Protium copal* y *Simira salvadorensis*, coinciden con lo descrito por Castillo-Campos *et al.* (2003) y Pennington y Sarukhán (2005).

Los SAF-Café concuerdan en la presencia de familias más ricas en especies con lo reportado por Williams-Linera y López-Gómez (2008) en Veracruz (Fabaceae, Moraceae, Lauraceae) y en la riqueza de especies arbóreas (74) encontradas en cafetales bajo sombra por Soto-Pinto *et al.* (2007) en Chiapas. El policultivo complejo (PC) fue más rico en especies que el rusticano (RU) o el policultivo simple (PS), confirmando lo descrito por Williams-Linera y López-Gómez (2008) al seguir una tendencia consistente a un aumento en la riqueza de especies debido al tipo de manejo que promueve una mayor complejidad estructural de la vegetación usada como sombra.

Los SAF-café presentaron mayor cantidad de especies en la franja altitudinal baja (600-900 msnm), mostrando un patrón de riqueza inverso a su altitud, tal y como lo describe Faminow y Ariza (2001), sin embargo, el factor antropogénico afecta marcadamente la composición florística al fomentar especies de interés económico (principalmente maderables) (Soto Pinto *et al.*, 2007; Bandeira *et al.*, 2005; López *et al.*, 2013b); lo cual puede incrementar su riqueza (Avalos-Sartorio y Becerra-Ortiz, 1999) aun en partes altas.

La vegetación arbórea en el área de estudio mostró dos estratos verticales para la SM, lo cual difiere de los tres estratos identificados para otras selvas medianas subperennifolias por Basáñez *et al.* (2008), Godínez-Ibarra y López-Mata (2002) y

Castillo-Campos *et al.* (2003). Asimismo, el PC presentó dos estratos verticales a diferencia de la estructura multiestrato señalada por Raintree (1990), lo cual puede deberse a la presencia de distintas cohortes generadas por el manejo de los productores para varios usos (p.ej. frutal, maderable, ornamental) (Moguel y Toledo, 2004).

La distribución diamétrica en la SM y el PC coinciden con lo descrito por Bongers *et al.* (1988) para un comportamiento tipo I: alta cantidad de individuos en las primeras clases diamétricas disminuyendo gradualmente hacia las últimas, lo que indica buena reproducción, establecimiento y regeneración natural. En contraste, un comportamiento tipo II: alta cantidad de individuos en las primeras e intermedias clases diamétricas disminuyendo hacia las últimas, se presentó en mayor medida en el PS y en menor medida en el RU. Lo anterior puede deberse a prácticas de manejo para fomentar especies de interés económico (*Citrus* spp, *Musa* sp, *Chamaedorea* spp.) en el estrato inferior (Moguel y Toledo 1996) y de interés maderable (*Cordia alliodora*, *Cedrella odorata*, *Ocotea puberula*) con individuos de DN grandes para su aprovechamiento y sombreado de café (*Inga vera*), en el estrato superior (Bandeira *et al.*, 2005).

Con base en los resultados obtenidos, los SAF-Café difieren de los valores de la SM, en los atributos estructurales de área basal, densidad y altura, además de coincidir con los reportados para sistemas similares en Veracruz (López-Gómez *et al.*, 2008) y Chiapas (Peeters *et al.*, 2003; Bandeira *et al.*, 2005); sin embargo los valores de área basal para la SM ($33.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), fueron menores a los obtenidos en Vega de Alatorre ($38.6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$; Godínez-Ibarra y López-Mata, 2002) y Papantla ($76.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$; Basáñez *et al.*, 2008), Veracruz, lo cual puede deberse a que individuos de diámetros grandes ($> 35 \text{ cm}$), contribuyen a tener áreas basales grandes (Galloway, 2003) y representan el menor porcentaje en la SM ($< 10\%$); a diferencia de lo calculado en RU, donde estos individuos ($> 35 \text{ cm DN}$) representan casi el doble en porcentaje (18%).

Las especies con alto valor de importancia estructural en los tres SAF-Café del área de estudio fueron: *C. alliodora*, *C. dentata*, *C. odorata*, las cuales concuerdan con lo

encontrado tanto por Villavicencio y Valdez (2003) como por Soto-Pinto *et al.* (2007) en otros SAF-Café; esto puede explicarse en el contexto del beneficio económico que se genera al vender su madera (Bandeira *et al.*, 2005), cabe mencionar que otra especie con valor similar en el mercado local es *Ocotea puberula* y, al igual que las anteriores, son apreciadas y cultivadas por los productores de café (López *et al.*, 2013b).

Los valores obtenidos del índice de Shannon en la SM y el PC, muestran que no existen diferencias significativas entre éstos, lo cual apoya la premisa que este tipo de SAF-café conserva en gran medida la diversidad de la vegetación original (Perfecto *et al.*, 1996; Moguel y Toledo, 1999) en el área de estudio; además los valores en este estudio para la SM ($H' = 3.5$) fueron superiores a los reportados en las selvas medianas subperennifolias de Vega de Alatorre ($H' = 3.3$; Godínez-Ibarra y López Mata, 2002) y Papantla ($H' = 2.1$; Basáñez *et al.*, 2008), entre otros (Cuadro 8.1).

Cuadro 8. 1. Riqueza y diversidad de especies arbóreas en sistemas agroforestales de café (SAF-café) y en selvas medianas subperennifolias en México.

Sistema	Límite inferior DN (cm)	Área muestreada (ha)	Riqueza de especies	Shannon-Wiener	α Fisher	Densidad (ind. ha ⁻¹)	Lugar	Referencia
SAF-café	10	0.36	61			464	Chiapas	Soto-Pinto <i>et al.</i> , 2000.
	2.5	0.4	62	3,17	17.5	1472	Veracruz	Villavicencio y Valdez, 2003.
	1.0	0.1	33-53	1.7-1.9	6.3-9.0	1384-3243	Oaxaca	Asteggiano, 2008.
	2.5	2.2	45	2.2-3.3		110-510	Oaxaca	Bandeira <i>et al.</i> 2005
	2.5	0.36	18-61	2.4-3.6	8.1-26.1	372-1356	Veracruz	Este trabajo
Selvas medianas subperennifolias	1.0	1.0	75-109	3.2-3.5	12.6-20.0	3570-4919	Veracruz	Godínez-Ibarra y López-Mata, 2001.
	2.5	0.4	66	3.5	21.2	1140	Veracruz	Villavicencio y Valdez, 2003
	4.77	0.04	30	2.0-2.3	6.6-7.8	792-810	Veracruz	Basáñez <i>et al.</i> , 2008
	2.0	0.1	22	2.3	4.96	4120	Campeche	Gutiérrez <i>et al.</i> , 2013.
	2.5	0.2	48-55	3.2-3.3	8.6-9.7	1712	Quintana Roo	Carreón y Valdez, 2014
	2.5	0.36	65	3.56	20.98	2467	Veracruz	Este trabajo

El análisis de clasificación mostró la semejanza entre los sistemas de PC y SM lo que apoya la afirmación de que algunos SAF-café (policultivo complejo) tienen potencial en la conservación de la diversidad de especies arbóreas (Gordon *et al.*, 2003), y que a pesar de que la altitud fue la variable ambiental de mayor influencia en la composición florística, la semejanza entre ambos sistemas mencionados sigue presente, tal como lo describe Hernández-Martínez (2008) mediante técnicas de ordenación, lo que reafirma la importancia de estudios en la caracterización de los SAF-café.

Los SAF-café presentaron una proporción alta de especies arbóreas nativas, siendo los sistemas de estructura compleja (policultivo complejo principalmente) los que tienen en mayor proporción, además funcionan como reservorio y zona de amortiguamiento del germoplasma forestal nativo, al contribuir a la diversidad regional (Bandeira *et al* 2005; López *et al.*, 2013b).

La composición florística de la selva por franja altitudinal es marcadamente diferente, lo cual se puede deber a la transición de la selva mediana subperennifolia con el bosque mesófilo de montaña alrededor de los 900 msnm (Rzedowsky, 2006), en donde es difícil caracterizar ese cambio ya que existen combinación de especies de ambos ecosistemas. Los SAF-café específicamente en el policultivo simple no se observó diferencia entre las especies de las UM correspondientes debido a que el grado de manejo es muy superior.

Los análisis de agrupamiento arrojaron que las UM se agrupan de acuerdo al sistema al pertenecen, tal y como lo describe Hernández-Martínez (2008). Sin embargo los grupos poco homogéneos como SM y PC demuestran que existe gran semejanza florística entre ellos. El factor altitud resultó ser el más importante en la variación de la composición florística en el análisis de ordenación lo cual difiere con López-Mendoza (1995) quien menciona que las diferencias florísticas dependen de variaciones edáficas, por lo que se recomienda realizar análisis de suelos para estudios posteriores.

9. CONCLUSIONES

Las especies arbóreas más importantes estructuralmente fueron *Cordia alliodora* en los sistemas agroforestales de café en ambas franjas altitudinales, así como *Bursera simaruba* y *Myriocarpa longipes* para la selva mediana subperennifolia en la franja baja y alta respectivamente; se definieron dos estratos verticales, con la mayor proporción de individuos en las primeras clases diamétricas y disminuyendo hacia las más grandes en el caso de la selva mediana subperennifolia y el policultivo complejo.

La selva mediana subperennifolia y el policultivo complejo presentaron los valores más elevados de diversidad sin mostrar diferencias significativas entre sí, a su vez el policultivo simple y rusticano presentaron valores inferiores. La mayor semejanza de especies se presentó entre la selva mediana subperennifolia y el policultivo complejo tal y como lo demostró la formación de grupos en el análisis de clasificación.

De acuerdo con los resultados, el policultivo complejo (que semeja más a la selva mediana subperennifolia) puede ser el tipo de manejo agroforestal recomendable para mantener la cobertura del suelo a la par de obtener ingresos por especies maderables y la conservación de la vegetación nativa.

10. LITERATURA CITADA

- Acevedo, R. R. 1988. La vegetación en la Sierra de Atoyac, Veracruz. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México. 102 p.
- Asteggiano, L. 2008. Woody species diversity and vegetation structure in managed and abandoned shade coffee systems in coastal Oaxaca, Mexico. Master Thesis. Department of Noragric, University of Life Sciences. Norway. 41 p.
- Austin, M. P. 1987. Models for the analysis of species response to environmental gradients. *Vegetatio* 69: 35-45.

- Avalos-Sartorio, B. y Ma. Del R. Becerra-Ortiz. 1999. La economía de la producción y comercialización del café en la Sierra Sur, Costa e Istmo del Estado de Oaxaca: Resultados Preliminares. *Ciencia y Mar* III (8): 29-39.
- Bandeira, F. P., Martorell C., Meave J. A., Caballero J. 2005. The role of rustic coffee plantations in the conservation of wild tree diversity in the Chinantec region of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 14: 1225-1240.
- Basáñez, A. J., J. L. Alanís y E. Badillo. 2008. Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido "El Remolino", Papantla Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria* 12 (2): 3-21.
- Beer, J., R. Muschler, D. Kass y E. Somarriba. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- Bongers, F., J. Pompa, J. Meave del Castillo y J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetatio* 74: 55-80.
- Budowski, G. 1993. Agroforestería: una disciplina basada en el conocimiento tradicional. *Revista Forestal Centroamericana* 2(3):14-18.
- Carreón-Santos, R.J. y J. I. Valdez-Hernández. 2014. Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20(1): 119-130.
- Castillo-Campos, G., R. Robles G., M. E. Medina A. 2003. Flora y vegetación de la Sierra Cruz Tetela, Veracruz, México. *Polibotánica*. (15): 41-87.
- Castillo-Campos. G., S. Avendaño-Reyes y M. E. Medina-Abreo. 2011. Flora y Vegetación. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), ed. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México, D.F. p: 163-180.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. México: Conabio, UNAM, Agrupación Sierra Madre, S. C. 847 p.

- Chiang, C. F. 1970. La vegetación de Córdoba, Ver. Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 51 p.
- Conabio (Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad), 1998, Carta de Climas. Sistema de Köppen modificado por E. García, Escala 1:1 000 000, Conabio/ESTADIGRAFÍA, México.
- Corella, J. F., J. I. Valdez H., V. M. Cetina A., F. V. González C., A. Trinidad S., J. R. Aguirre R. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal en México* 26(90): 73-102.
- Cuadras, M. C. 2012. Nuevos métodos de análisis multivariante. CMC Editions. Barcelona, España. 304 p.
- Curtis, J. T. y R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-496.
- Dennis, J. G.; M. A. Ruggiero. 1996. Biodiversity inventory: building an inventory at scales from local to global. *In: Biodiversity in managed landscapes*. R. C. Szaro y D. W. Johnston, Eds. Oxford University Press, Oxford. pp. 149-156.
- Díaz, P. G., R. A. Guajardo P., R. López M. 2013. Potencial productivo de café en México. *In: R. López M., G. Díaz P., A. Zamarripa C. (Eds). El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción*. INIFAP-CIRGOC, Veracruz. 462 p.
- Digby, P. G. N. y A. R. Kempton. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall Ltd. London. 206 p.
- Ellis, E. A., M. Martínez-Bello y R. Monroy-Ibarra. 2011. Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. *In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), ed. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México, D.F. p: 351-368.
- Escamilla, P. E. 2007. Influencia de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales en la calidad del café orgánico en México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Ver., México. 254 p.

- Escamilla, P. E. y S. Díaz C. 2002. Sistemas de cultivo de café en México. Universidad Autónoma Chapingo. CRUO-Huatusco/CENIDERCAFÉ. Fundación Produce Veracruz, A. C. Huatusco, Ver., México. 57 p.
- Ellis, E. A., M. Martínez-Bello y R. Monroy-Ibarra. 2011. Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), ed. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México, D.F. p: 351-368.
- Faminow, M. D. y E. Ariza R. 2001. Biodiversity of flora and fauna in shaded coffee systems. ICRAF–Latin America Regional Office Report. Lima, Perú. 36 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. Situación de los bosques del mundo 2011. Roma (Italia).176 p.
- Gallardo, C. J. A., J. A. Meave y E. A. Pérez G. 2005. Estructura, composición y diversidad de la Selva Baja Caducifolia del Cerro Verde de Nizanda (Oaxaca), México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 76: 19-35.
- Gallina S., S. Mandujano y A. González-Romero. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. Agroforestry Systems 33:13-27.
- Galloway, G. 2003. Plantaciones forestales de pequeña escala. In: Cordero, J. y D. Boshier (eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (OFI-CATIE). Turrialba, Costa Rica. 243-282 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 2ª. edic. 246 p.
- Geissert, K. D. y E. Enríquez-Fernández. 2011. Geomorfología. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México, D.F. p: 53-68.

- Gibbs, H. K., A. S. Ruesch, F. Achard, M. K. Clayton, P. Holmgren, N. Ramankutty y J. A. Foley. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 16732-16737.
- Giovannucci, D. y R. Juárez C. 2006. Análisis prospectivo de política cafetalera. Proyecto Evaluación Alianza para el Campo 2005. FAO-México. México, D. F. 86 p.
- Godínez-Ibarra, O. y L. López-Mata. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 73 (2): 283-314.
- Gómez-Pompa, A. 1978. *Ecología de la Vegetación del Estado de Veracruz*. Editorial Continental. México. 75 p.
- Gordon, C., R. Manson, J. Sundberg, A. Cruz-Angón. 2007. "Biodiversity, Profitability, and Vegetation Structure in Coffee Agroecosystems of central Veracruz, México". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 256-266.
- Gordon J. E., W. D. Hawthorne, G. Sandoval, A. J. Barrance. 2003. Trees and farming in the dry zone of southern Honduras II: the potential for tree diversity conservation. *Agroforestry Systems* 59: 107–117.
- Greig-Smith, P. 1983. *Quantitative plant ecology*. 3rd. Edition. University of California Press. Berkeley. CA. USA. 359 p.
- Guajardo, P. R., G. Díaz P., R. López M., R. Manson H., G. Hernández M. 2013. Ordenamiento e implementación de un Observatorio Cafetalero en la Zona Centro del Estado de Veracruz (OC-ZCEV). In: R. López M., V. de J. Sosa F., G. Díaz P. y H. A. Contreras H., Eds. *Cafecultura en la zona centro del estado de Veracruz: diagnóstico, productividad y servicios ambientales*. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. 289 p.
- Guajardo, P. R. A. 1999. *Introducción al análisis multivariado usando el paquete "statistica": un enfoque metodológico con aplicaciones e interpretaciones*. Trabajo Recepcional para obtener el Posgrado de especialidad en Métodos

- Estadísticos. Facultad de Estadística e Informática. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. 110 p.
- Guhl, A. 2004. Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana entre 1970 y 1997 *Cenicafé* 55: 29-44.
- Guhl, A. 2008. Coffee production intensification and landscape change in Colombia, 1970–2002. p. 93-116. In: A. Millington, y W. Jepson W. (eds.). *Land-Change Science in the Tropics: Changing Agricultural Landscapes*. Springer US.
- Gutiérrez, B. C., P. Zamora-Crescencio, E. C. Puc-Garrido. 2013. Estructura y composición florística de la selva mediana subperenifolia de Hampolol, Campeche, México. *Foresta Veracruzana*. 15 (1): 1-8.
- Halfpeter, G. 1998. A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International* 36: 3-17.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 p.
- Hart, R.D. 1979. *Agroecosistemas: Conceptos Básicos*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 211p.
- Hernández-Martínez, G. 2008. Clasificación agroecológica. In: Manson, R. H.; V. Hernández- Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter, eds. *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. INECOL-INE. México, D.F. p: 15-34.
- Hernández-Martínez, G., R. Manson y H. A. Contreras H. 2009. Quantitative classification of coffee agroecosystems spanning a range of production intensities in central Veracruz, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134:89–98.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, A. Jarvis. 2004. The WorldClim Interpolated Global Terrestrial Climate Surfaces. Version 1.3 Computer program available at <http://biogeodiversity.berkeley.edu/> (Cons. 02/2013).
- Höft, M., Barik, S.K. y Lykke, A.M. 1999. Quantitative ethnobotany. Applications of multivariate and statistical analyses in ethnobotany. *People and Plants working paper 6*. UNESCO, Paris. 46p.

- Holdridge, L. R., W. Grenke, W. H. Hatheway, T. Liang y J. A. Tosi. 1971. Forest environments in tropical life zones: a pilot study. Pergamon Press. Oxford, UK. 747 p.
- Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 206 p.
- Inifap-Conabio (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) 1995. Edafología, escalas 1:250000 – 1:1000000. México
- Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76: 1-10.
- Kendall, M. G. 1980. *Multivariate Analysis*. Griffin's Statistical Monographs and Courses. 2ª ed. Londres. 210 p.
- Kraker-Castañeda, C. y S. G. Pérez-Consuegra. 2011. Contribución de los cafetales bajo sombra en la conservación de murciélagos en la antigua Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana* 27: 291-303.
- Krebs C. H. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers, New York. 620 p.
- Krishnamurthy, L. y M. Uribe G. (Eds.). 2002. *Tecnologías agroforestales para el desarrollo rural sostenible*. Red de Formación Ambiental. SEMARNAT-PNUMA. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental No. 8. México, D. F. p. 8-14.
- Krishnamurthy, L., K. Krishnamurthy, I. Rajagopal y G. A. Arroyo. 2003. *Introducción a la agroforestería para el desarrollo rural*. Alternativas productivas. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. México, D. F. 105 p.
- Leigh, G. E. Jr. 1999. Tropical diversity. In: Leigh, Jr. G. E. (Ed.) *Tropical forest ecology a view from Barro Colorado Island*. Oxford University Press. New Cork Oxford. 248 p.
- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda, 2008. Estado del conocimiento de la biota. In: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 283-322.

- López-Gómez, A. M., G. Williams-Linera, R. H. Manson. 2008. Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 124: 160-172.
- López Mendoza, R. 1995. Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas. Cuadernos Universitarios, Serie Agronómica I. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 121 p.
- López, M. R., J. G. Salazar G. y G. Díaz P. 2008. Producción de café bajo sistemas agroforestales (SAF-café): resultados experimentales. p. 123-132. In: Barradas, L. H. V. et al. (eds.). *Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano 2008*. Libro Científico No. 5. INIFAP. UV. CP. UACH. ITUG. ITBOCA. UNAM. Veracruz, México.
- López, M. R., J. L. Martínez R., G. Díaz, P. y J. G. Salazar G. 2006. Manejo sustentable de la finca de café bajo sistemas agroforestales: acciones de transferencia de tecnología para cultivar palma camedor *Chamaedorea elegans* Mart., en asociación con el cafetal. Informe técnico. Fundación Produce Veracruz, A. C. INIFAP. Campo Experimental Xalapa. Xalapa, Ver., México. 92 p.
- López, M. R., J. M. P. Vázquez Alvarado, R. Martínez Vera, M. A. López Ramírez. 2013a. Rentabilidad de fincas de café. In: R. López M., G. Díaz P., A. Zamarripa C., Eds. *El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción*. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. 462 p.
- López M. R., G. Díaz, P., J. G. Salazar, G., L. E. García, M., R. A. Guajardo, P. 2013b. Árboles nativos en el sombreado de cafetales: caso de la zona centro del estado de Veracruz. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. 183 p.
- López-Toledo, J. F., J. I. Valdez-Hernández, M. A. Pérez-Farrera, V. M. Cetina-Alcalá. 2012. Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la Reserva de la Biósfera la Sepultura, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3 (12): 43–56.

- Lot, A. y F. Chiang. 1986. Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México. México, D.F. pp. 11-30.
- Lugo, H. J. y F. C. Córdova, 1992, Regionalización geomorfológica de la República Mexicana, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. (25): 25-63.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Cambridge, University Press. 179 p.
- Manson, R. H., A. Contreras, F. López-Barrera. 2008. Estudios de la biodiversidad en cafetales. In: R. Manson H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter, eds. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. INECOL-INE. México, D.F. p: 1-14.
- McCune, B. y J.B. Grace, 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon. 300 p.
- McCune, B. y M. J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.0 MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon. 237 p.
- Méndez, V. E., Gliessman, S. R., Gilbert, G. S. 2007. Tree biodiversity in farmer cooperatives of a shade coffee landscape western El Salvador. Agric. Ecosyst. Environ. 119: 145–159.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. Biodiversitas 55:2-7.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. Conservation Biology. 13: 11-21.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. Ciencias 43: 40-51.
- Moorhead, L. C., S. M. Philpott y P. Bichier. 2010. Epiphyte biodiversity in the Coffee agricultural matrix: Canopy stratification and distance from forest fragments. Conservation Biology, 24 (3): 737-746.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol 1. Zaragoza, 84 p.

- Muschler, R. G. 1999. Árboles en cafetales. Proyecto Agroforestal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)- Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Materiales de enseñanza Núm. 45. Turrialba, Costa Rica. 139 p.
- Nair, P. K. R. 1997. Agroforestería. Edición y revisión en español por Krishnamurthy, L. Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Chapingo, Edo. de Méx., México. 543 p.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology* 4:355-364.
- Pagiola, S. y I. M. Ruthenberg. 2006. La venta de biodiversidad en una taza de café: el café de sombra y la conservación forestal en Mesoamérica. p. 207-240. In: Pagiola, S., Bishop, J. y N. Landell-Mills (eds.). La venta de los servicios ambientales forestales. Instituto Nacional de Ecología, Ciudad de México, México.
- Palmer, W. M. 2003. Ordination methods for ecologists. <http://ordination.okstate.edu/> consultado el 27 de septiembre de 2013.
- Palmer, W. M. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74: 2215-2230.
- Peck, J. E. 2010. Multivariate analysis for community ecologists: Step by step using PC-ORD. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Peeters, L. Y. K., L. Soto-Pinto, H. Perales, G. Montoya y M. Ishiki. 2003. Coffee production, timber, and firewood in traditional and Inga-shaded plantations in Southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 481-493.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán. 2005. Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a ed. Ediciones científicas universitarias. UNAM-Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 523 p.
- Perfecto, I., I. Armbrrecht, S. M. Philpott, L. Soto-Pinto y T. V. Dietsch. 2007. Shaded coffee and the stability of rainforest margins in northern Latin America. In: Tschardtke, T., Leuschner, C., Zeller, M. y E. Guhardja (eds.) *Stability of Tropical Rainforest Margins*. Springer Berlin Heidelberg, Alemania. p. 225-261.
- Perfecto, I., R. Rice, R. Greenburg, M. Van der Voort. 1996. "Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity". *Bioscience* 46(8): 598-608.

- Perfecto, I., J. Vandermeer, A. Mas y L. Soto-Pinto. 2005. Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecological Economics*, 54: 435-446.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. Wiley and sons. N.Y. 165 p.
- Pineda-López, M. del R., G. Ortiz-Ceballos y L. R. Sánchez-Velásquez. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques* 11(2): 3-14.
- Ortiz, C. G. y M. R. Pineda L. 2008. Las fincas de café: sitios de conservación *In Situ* de biodiversidad. In: F. Díaz-Fleischer, J. Galindo-González, L. R. Sanchez-Velázquez, Eds. *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 393 p.
- PROMECAFÉ. 2002. La diversificación productiva en fincas de café. Boletín PROMECAFE (Guatemala) 94:1.
- Raintree, J. B. 1990. Theory and practice of agroforestry diagnosis and design. In: MacDicken, K.G., and N.T. Vergara (eds.). *Agroforestry: Classification and Management*. John Wiley & Sons. New York, USA. pp: 58-97.
- Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot, y J. Fa, 1993, *Biological Diversity of México: origins and distribution*, Oxford University Press, Nueva York.
- Richter, A., M. A. Klein, T. Tschardt y M. Jason. 2007, Abandonment of coffee agroforests increases insect abundance and diversity, *Agroforest Systems* 69: 175-182.
- Rodriguez-Salazar, M E., Álvarez-Hernández, S., Bravo-Núñez, E. 2001. Coeficientes de asociación. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Plaza y Valdés (ed). 173 p.
- Rojas S. A., K. Hartman, U., R. Almonacid, M. 2012. El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. *Ambiente y Desarrollo* XVI (30): 93-104.

- Roncal-García, S., L. Soto-Pinto, J. Castellanos-Albores, N. Ramírez-Marcial y B. de Jong. 2008. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*. 33 (3): 200-206.
- Rudel, T. K., R. Defries, G. P. Asner y W. F. Laurance. 2009. Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. *Conservation Biology*, 23: 1396-1405.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p.
- Salazar, M. 2005. Análisis de rentabilidad financiera del programa C.A.F.E Practices de Starbucks en diferentes tipologías de productores cafeteros de altura en Costa Rica. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 120 p.
- Sardinero, S. 2000. Classification and ordination of plant communities along an altitudinal gradient on the Presidential Range, New Hampshire, USA. *Plant Ecology* 148: 81-103.
- Schroth, G., C. A. Harvey y G. Vincent. 2004. Complex Agroforests: Their Structure, Diversity, and Potential Role in Landscape Conservation. In: G. Schroth, G. A. B. Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, A. M. N. Izac, eds. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington, D.C. p: 227-260.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México, D. F. 361 p.
- SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Versión 1980-2011. México: SAGARPA.
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=426. [Consultado el 2 de mayo de 2013].

- Soto-Pinto, L., I. Perfecto, J. Castillo-Hernández, J. Caballero-Nieto. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 80: 61-69.
- Soto-Pinto, L., Y. Romero-Alvarado, J. Caballero-Nieto, G. Segura Warnholtz. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 49: 977-987.
- Soto-Pinto L., V. Villalvazo-López, G. Jiménez-Ferrer, N. Ramírez-Marcial, G. Montoya y F. L. Sinclair. 2007. The role of local knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16:419-436.
- Spellerberg F. I. 1991. *Monitoring ecological change*. University Press. Cambridge, Great Britain. 2nd Ed. 399 p.
- Stiling, P. 1999. *Ecology; Theories and applications*. 3er edition. Prentice Hall, New Jersey, USA. 840 p.
- Tejeda-Cruz, C. y W. J. Sutherland. 2004. Bird responses to shade coffee production. *Animal Conservation* (2): 169-179.
- Toledo, V. M. y P. Moguel. 2012. Coffee and Sustainability: the multiple values of traditional shaded coffee. *Journal of Sustainable Agriculture* 36(3): 353-377.
- Vandermeer, J. H. 2003. The coffee agroecosystem in the neotropics: Combining ecological and economic goals. p. 159-194. In: *Tropical Agroecosystems*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Vázquez-Torres, M., 1998, Humedal de Alvarado: diversidad vegetal. In: Vázquez T. M. ed., *Biodiversidad y problemática en el humedal de Alvarado*, Veracruz, México, Universidad Veracruzana, Xalapa, pp. 143- 168.
- Villaseñor, J.L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 105-135.
- Villavicencio E. L., J. I. Valdez, H. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia* 37:413-423.
- Williams-Linera G. y A. López-Gómez. 2008. Estructura y diversidad de la vegetación leñosa. In: Manson, R. H.; V. Hernández- Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter, eds.

Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. INECOL-INE. México, D.F. p: 55-63.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213-251.

Zarco-Espinoza, V. M., J. I. Valdez-Hernández, G. Ángeles-Pérez y O. Castillo-Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 26(1):1–17.

11. ANEXOS

Anexo A. Listado florístico y abundancia de especies por sistema.

Familia Especie (nombre científico)	Clave sp.	Nombre local	PC	PS	RU	SM
ACTINIDIACEAE						
<i>Saurauia pedunculata</i> Hook.	Sap	Pipicho	1			
ANACARDIACEAE						
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Agr	Amargoso	1		1	
<i>Mangifera indica</i> L.	Min	Mango		2		
<i>Spondias radlkoferi</i> J. D. Smith.	Sra	Jobo	6		4	5
<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	Tam	Cacao				2
ANNONACEAE						
<i>Rollinia membranacea</i> Triana & Planch.	Rme	Anona	3		3	1
APOCYNACEAE						
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose)	Sds	Cojón de toro	1			11
ASTERACEAE						
<i>Critonia morifolia</i> (Mill.) R.M. King & H. Rob.	Crm	San Nicolás	1			
<i>Telanthophora grandifolia</i> (Less.) H. Rob. & Brettell	Tgr	Tabaquillo real				19
BIGNONIACEAE						
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Tro	Roble				4
BOMBACACEAE						
<i>Bernoullia flammea</i> Oliver	Bfl	Platanillo	2			6
<i>Quararibea funebris</i> (La Llave) Vischer	Qfu	Molinillo	2			
BORAGINACEAE						
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Cal	Xochitlcuahuitl	32	20	44	2
<i>Cordia diversifolia</i> Pavon ex A. DC.	Cdi	Siete cueros	3			
<i>Cordia megalantha</i> S.F. Blake	Cme	Xochitlcuahuitl de hoja ancha			2	
BURSERACEAE						
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Bsi	Palo Mulato	7	1	6	29
<i>Protium copal</i> (Schltdl. & Cham.) Engl.	Pco	Copalillo				6
CANNABACEAE						
<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsley) Leroy	Amo	Peinecillo	1			6
EBENACEAE						
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	Ddi	Zapote negro			1	
EUPHORBIACEAE						
<i>Alchornea latifolia</i> Swartz	Ala	Sopa de pan	4			26
<i>Cnidioscolus multilobus</i> (Pax) I. M. Johnst.	Cmu	Mala mujer	11	2		13
<i>Croton aff. niveus</i>	Caf	Ventocidad	1			24
<i>Croton draco</i> Schltdl.	Cdr	Sangregado	4			
<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.	Sla	Mameycillo	6			3
FABACEAE						
<i>Bauhinia</i> sp.	Bsp	Pata de cabra	7			37
<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	Car	Cañamazo	4			

<i>Inga jinicuil</i> G. Don	Iji	Jinicuil				1
<i>Inga paterno</i> Harms	Ipa	Vainillo de cerro	2		2	10
<i>Inga vera</i> Willd.	Ive	Vainillo	7	4	3	1
<i>Leucaena diversifolia</i> (Lam.) de Wit	Ldi	Huaje		2		
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	Lgu	Frijolillo	6		9	6
<i>Lonchocarpus</i> sp.	Lsp	Frijolillo chino	6		5	1
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	Lac	Tepehuaje	1			
<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	Mba	Balsamo	3			2
<i>Senna spectabilis</i> (DC.) Irwin & Parneby	Ssp	Huajillo	5			1
FAGACEAE						
<i>Quercus corrugata</i> Hook.	Qco	Encino	2			2
JUGLANDACEAE						
<i>Juglans pyriformis</i> Liembm.	Jpy	Nogal	6	1		5
LAURACEAE						
<i>Cinnamomum effusum</i> (Meisn.) Kosterm.	Cef	Aguacatillo	1	1	1	9
<i>Nectandra colorata</i> Lundell	Nco	Laurelillo	3			3
No identificada 2	12	Como zapote blanco	2			
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Opu	Zopilote	2	9	3	7
<i>Persea americana</i> Miller	Pam	Aguacate	1		2	4
<i>Persea schiedeana</i> Nees.	Psc	Chinene	4	7		1
MAGNOLIACEAE						
<i>Talauma mexicana</i> (DC.) Don.	Tme	Suchil o burra	1			
MALPIGHIACEAE						
<i>Bunchosia guatemalensis</i> Nied.	Bgu	Zapote San Juan	3		6	4
MALVACEAE						
<i>Hampea integerrima</i> Schltld.	Hin	Sopa de pan macho				1
<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	Hap	Jonote real	3		2	1
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	Hdo	Jonote	2	4		14
<i>Robinsonella mirandae</i> G. Pompa	Rmi	Manzanillo	2			1
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill	Trm	Ixpepe real			4	
MELASTOMATACEAE						
<i>Miconia mexicana</i> (Bonpl.) Naudin	Mme	Ixhuatillo, tezhuatillo				22
<i>Miconia trinervia</i> (Sw.) D. Don ex Loudon	Mtr	Cimarron				9
No identificada 7	39					4
MELIACEAE						
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cod	Cedro rojo	5	1	14	2
<i>Guarea glabra</i> Vahl	Ggl	Cedrillo			3	2
MORACEAE						
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Bal	Ojoche				13
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cob	Guarumbo	1			10
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	Fco	Ceiba, zaiba	1		1	
<i>Ficus</i> sp.1	Fs1	Ceiba roja			1	
<i>Ficus</i> sp.2	Fs2	Higuillo	2			1
<i>Ficus tecolutensis</i> (Liebm.) Miq.	Fte	Higuera	1			3
<i>Pseudolmedia glabrata</i> (Liebm.) C.C. Berg	Pgl	Casahuico	1	1		1

MYRTACEAE						
<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	Psa	Guayabillo				2
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Sja	Poma rosa	1			
POLYGONACEAE						
<i>Coccoloba</i> aff. <i>humboldtii</i>	Coaf	Uvero	1	1		
<i>Coccoloba</i> aff. <i>montana</i>	Cmo	Zapotillo				1
<i>Coccoloba hirtella</i> Lundell	Chi	Comalillo macho				1
<i>Coccoloba humboldtii</i> Meisner	Chu	Comalillo				5
RUBIACEAE						
<i>Exostema mexicanum</i> Gray	Eme	Quina	1	1		4
No identificada 3	14	Corteza amarga			1	2
<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerem.	Ssa	Nazareno	3			7
RUTACEAE						
<i>Citrus aurantifolium</i>	Cau	Limon dulce				4
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Csi	Naranja	7	3		12
<i>Zanthoxylum microcarpum</i> Griseb.	Zmi	Rabo lagarto	2			6
<i>Zanthoxylum procerum</i> Donn. Smith.	Zpr	Pochote blanco	1			
SAPINDACEAE						
<i>Cupania dentata</i> DC.	Cde	Canilla	20	5	15	1
<i>Cupania guatemalensis</i> (Turcz.) Radlk.	Cgu	Canilla macho				5
SAPOTACEAE						
<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brand. ex Standl.	Chm					2
<i>Manilkara zapota</i> (L.) Royen	Mza	Chicozapote	1			1
<i>Sideroxylon capiri</i> (DC.) Cronq.	Sca	Cosahuico macho	2		1	1
<i>Sideroxylon persimile</i> (Hemsl.) T. D. Penn.	Spe	Tempesquistle			5	2
SCROPHULARIACEAE						
<i>Buddleja cordata</i> Kunth subsp. <i>cordata</i>	Bco	Gusanillo, tepozan	4			8
SOLANACEAE						
<i>Cestrum racemosum</i> Ruiz & Pavón	Cra	Gediondillo	1	1		
ULMACEAE						
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Tmi	Ixpepe		2		2
URTICACEAE						
<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.	Mlo	Carne azada	23			51
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Griseb.	Uca	Mal hombre	5	1	2	7
No identificada						
No identificada 1	8	Cerezo	1		1	
No identificada 4	34	S/N				1
No identificada 5	35	Rosadillo	1			1
No identificada 6	30	Pochota				1
TOTAL			244	67	162	444

SM= Selva mediana subperennifolia; PC= Policultivo complejo; PS=Policultivo sencillo; RU= Rusticano.

Anexo B. Índice de Valor de Importancia (IVI) por estrato altitudinal y sistema.

Especie	Clave sp	600-900 msnm				900-1200 msnm			
		PC	PS	RU	SM	PC	PS	RU	SM
<i>Alchornea latifolia</i>	Ala	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.1
<i>Aphananthe monoica</i>	Amo	2.7	0.0	0.0	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Astronium graveolens</i>	Agr	1.6	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Bauhinia</i> sp.	Bsp	12.3	0.0	0.0	36.7	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Bernoullia flammea</i>	Bfl	15.6	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Brosimum alicastrum</i>	Bal	0.0	0.0	0.0	11.8	0.0	0.0	0.0	1.2
<i>Buddleja cordata</i>	Bco	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	0.0	0.0	10.1
<i>Bunchosia guatemalensis</i>	Bgu	2.3	0.0	5.6	4.4	3.5	0.0	14.3	1.4
<i>Bursera simaruba</i>	Bsi	11.9	0.0	16.3	43.4	0.0	5.2	0.0	0.0
<i>Cecropia obtusifolia</i>	Cob	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3
<i>Cedrela odorata</i>	Cod	8.4	11.1	29.9	3.2	3.8	0.0	17.1	0.0
<i>Cestrum racemosum</i>	Cra	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	5.3	0.0	0.0
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Chm	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cinnamomum effusum</i>	Cef	2.2	0.0	4.4	0.0	0.0	5.2	0.0	8.3
<i>Citrus aurantifolium</i>	Cau	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	0.0
<i>Citrus sinensis</i>	Csi	3.3	25.2	13.4	0.0	13.7	5.5	19.1	0.0
<i>Cnidioscolus multilobus</i>	Cmu	0.0	0.0	0.0	0.0	23.9	7.4	0.0	10.6
<i>Coccoloba</i> aff. <i>humboldtii</i>	Coaf	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0
<i>Coccoloba</i> aff. <i>montana</i>	Cmo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
<i>Coccoloba hirtella</i>	Chi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2
<i>Coccoloba humboldtii</i>	Chu	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cojoba arborea</i>	Car	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cordia alliodora</i>	Cal	37.0	70.0	64.1	0.0	35.7	76.3	46.9	1.9
<i>Cordia diversifolia</i>	Cdi	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cordia megalantha</i>	Cme	0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Critonia morifolia</i>	Crm	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0
<i>Croton</i> aff. <i>niveus</i>	Caf	1.8	0.0	0.0	20.3	0.0	0.0	0.0	4.0
<i>Croton draco</i>	Cdr	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cupania dentata</i>	Cde	17.2	48.3	16.4	1.9	23.9	10.9	37.3	0.0
<i>Cupania guatemalensis</i>	Cgu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
<i>Diospyros digyna</i>	Ddi	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Exostema mexicanum</i>	Eme	1.7	0.0	2.6	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ficus cotinifolia</i>	Fco	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0
<i>Ficus</i> sp.	Fs1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0
<i>Ficus</i> sp.	Fs2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	1.4
<i>Ficus tecolutensis</i>	Fte	2.1	0.0	0.0	12.8	0.0	0.0	0.0	13.3
<i>Guarea glabra</i>	Ggl	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	10.9	2.4
<i>Hampea integerrima</i>	Hin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Hap	3.1	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	22.1	3.1
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	Hdo	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	25.9	0.0	17.3
<i>Inga jinicuil</i>	Iji	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
<i>Inga paterno</i>	Ipa	0.0	0.0	5.2	12.1	7.0	0.0	0.0	0.0
<i>Inga vera</i>	Ive	7.1	44.2	0.0	0.0	12.5	10.4	10.1	1.4
<i>Junglans pyriformis</i>	Jpy	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	9.0	0.0	6.6
<i>Leucaena diversifolia</i>	Ldi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Lgu	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.1	6.6
<i>Lonchocarpus</i> sp.	Lsp	8.4	0.0	10.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0

<i>Lysiloma acapulcense</i>	Lac	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Mangifera indica</i>	Min	0.0	18.3	0.0	0.0	0.0	11.9	0.0	0.0
<i>Manilkara zapota</i>	Mza	1.5	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Miconia mexicana</i>	Mme	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2
<i>Miconia trinervia</i>	Mtr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6
<i>Myriocarpa longipes</i>	Mlo	23.7	0.0	0.0	6.9	7.7	0.0	0.0	32.9
<i>Myroxylon balsamum</i>	Mba	9.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Nectandra colorata</i>	Nco	3.2	0.0	0.0	1.4	13.7	0.0	0.0	2.5
No identificada 1	8	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0
No identificada 2	12	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No identificada 3	14	0.0	0.0	2.6	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0
No identificada 4	34	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
No identificada 5	35	1.7	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
No identificada 6	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
No identificada 7	39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
<i>Ocotea puberula</i>	Opu	0.0	0.0	3.5	0.0	7.6	51.3	12.2	11.8
<i>Persea americana</i>	Pam	1.8	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5
<i>Persea schiedeana</i>	Psc	0.0	71.6	0.0	0.0	21.8	46.4	0.0	4.4
<i>Protium copal</i>	Pco	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Pseudolmedia glabrata</i>	Pgl	2.5	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
<i>Psidium sartorianum</i>	Psa	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Quararibea funebris</i>	Qfu	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0
<i>Quercus corrugata</i>	Qco	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
<i>Robinsonella mirandae</i>	Rmi	1.6	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	2.0
<i>Rollinia membranacea</i>	Rme	6.0	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
<i>Sapium lateriflorum</i>	Sla	5.8	0.0	0.0	4.6	7.3	0.0	0.0	1.6
<i>Saurauia pedunculata</i>	Sap	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Senna spectabilis</i>	Ssp	8.7	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sideroxylon capiri</i>	Sca	5.2	0.0	10.9	1.4	18.1	0.0	0.0	0.0
<i>Sideroxylon persimile</i>	Spe	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	31.7	3.6
<i>Simira salvadorensis</i>	Ssa	3.8	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Spondias radlkoferi</i>	Sra	6.5	0.0	19.3	26.1	19.7	0.0	0.0	0.0
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	Sds	1.7	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	8.7
<i>Syzygium jambos</i>	Sja	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Tabebuia rosea</i>	Tro	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Talauma mexicana</i>	Tme	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Tapirira mexicana</i>	Tam	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1
<i>Telanthophora grandifolia</i>	Tgr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3
<i>Trema micrantha</i>	Tmi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.4	0.0	4.4
<i>Trichospermum mexicanum</i>	Trm	0.0	0.0	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Urera caracasana</i>	Uca	5.2	0.0	0.0	5.1	4.8	5.8	7.2	2.3
<i>Zanthoxylum microcarpum</i>	Zmi	3.4	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	1.2
<i>Zanthoxylum procerum</i>	Zpr	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL		300							

SM= Selva mediana subperennifolia; PC= Policultivo complejo; PS=Policultivo sencillo; RU= Rusticano.

Anexo C. Índice de Valor de Forestal (IVF) por estrato altitudinal y sistema.

Especie	Clave sp	600-900 msnm				900-1200 msnm			
		PC	PS	RU	SM	PC	PS	RU	SM
<i>Alchornea latifolia</i>	Ala	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.8
<i>Aphananthe monoica</i>	Amo	3.1	0.0	0.0	20.4	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Astronium graveolens</i>	Agr	0.9	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Bauhinia</i> sp.	Bsp	21.8	0.0	0.0	46.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Bernoullia flammea</i>	Bfl	8.1	0.0	0.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Brosimum alicastrum</i>	Bal	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.6
<i>Buddleja cordata</i>	Bco	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0	0.0	13.7
<i>Bunchosia guatemalensis</i>	Bgu	1.7	0.0	4.0	2.5	2.4	0.0	6.7	0.9
<i>Bursera simaruba</i>	Bsi	13.8	0.0	9.5	58.6	0.0	1.2	0.0	0.0
<i>Cecropia obtusifolia</i>	Cob	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9
<i>Cedrela odorata</i>	Cod	8.8	5.5	32.4	1.8	4.2	0.0	6.7	0.0
<i>Cestrum racemosum</i>	Cra	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.9	0.0	0.0
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Chm	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cinnamomum effusum</i>	Cef	2.4	0.0	5.5	0.0	0.0	1.2	0.0	3.9
<i>Citrus aurantifolium</i>	Cau	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0
<i>Citrus sinensis</i>	Csi	3.0	18.2	8.7	0.0	9.5	2.8	14.5	0.0
<i>Cnidocolus multilobus</i>	Cmu	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	2.7	0.0	9.4
<i>Coccoloba</i> aff. <i>humboldtii</i>	Coaf	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	0.0
<i>Coccoloba</i> aff. <i>montana</i>	Cmo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1
<i>Coccoloba hirtella</i>	Chi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5
<i>Coccoloba humboldtii</i>	Chu	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cojoba arborea</i>	Car	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cordia alliodora</i>	Cal	43.8	78.4	73.1	0.0	38.9	99.8	62.2	1.9
<i>Cordia diversifolia</i>	Cdi	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cordia megalantha</i>	Cme	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Critonia morifolia</i>	Crm	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
<i>Croton</i> aff. <i>niveus</i>	Caf	1.5	0.0	0.0	19.6	0.0	0.0	0.0	2.3
<i>Croton draco</i>	Cdr	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Cupania dentata</i>	Cde	17.1	51.5	12.7	1.8	28.7	6.6	39.8	0.0
<i>Cupania guatemalensis</i>	Cgu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
<i>Diospyros digyna</i>	Ddi	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Exostema mexicanum</i>	Eme	0.8	0.0	1.1	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Ficus cotinifolia</i>	Fco	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	0.0
<i>Ficus</i> sp.	Fs1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0
<i>Ficus</i> sp.	Fs2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	1.4
<i>Ficus tecolutensis</i>	Fte	1.7	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	0.0	13.5
<i>Guarea glabra</i>	Ggl	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	13.3	1.3
<i>Hampea integerrima</i>	Hin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Hap	3.2	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	23.3	5.5
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i>	Hdo	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	21.7	0.0	22.0
<i>Inga jinicuil</i>	Iji	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
<i>Inga paterno</i>	Ipa	0.0	0.0	2.0	14.3	13.7	0.0	0.0	0.0
<i>Inga vera</i>	Ive	9.6	54.4	0.0	0.0	10.5	3.0	11.6	1.5
<i>Junglans pyriformis</i>	Jpy	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	12.5	0.0	6.3
<i>Leucaena diversifolia</i>	Ldi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Lgu	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.7	9.1
<i>Lonchocarpus</i> sp.	Lsp	12.4	0.0	5.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0

<i>Lysiloma acapulcense</i>	Lac	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Mangifera indica</i>	Min	0.0	19.1	0.0	0.0	0.0	14.5	0.0	0.0
<i>Manilkara zapota</i>	Mza	0.5	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Miconia mexicana</i>	Mme	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4
<i>Miconia trinervia</i>	Mtr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3
<i>Myriocarpa longipes</i>	Mlo	19.9	0.0	0.0	5.0	3.2	0.0	0.0	34.1
<i>Myroxylon balsamum</i>	Mba	13.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Nectandra colorata</i>	Nco	2.3	0.0	0.0	0.4	13.6	0.0	0.0	1.8
No identificada 1	8	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0
No identificada 2	12	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No identificada 3	14	0.0	0.0	1.6	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
No identificada 4	34	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
No identificada 5	35	1.1	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
No identificada 6	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
No identificada 7	39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
<i>Ocotea puberula</i>	Opu	0.0	0.0	5.0	0.0	5.5	58.0	15.2	11.3
<i>Persea americana</i>	Pam	1.6	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
<i>Persea schiedeana</i>	Psc	0.0	67.6	0.0	0.0	21.7	46.1	0.0	4.4
<i>Protium copal</i>	Pco	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Pseudolmedia glabrata</i>	Pgl	1.8	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
<i>Psidium sartorianum</i>	Psa	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Quararibea funebris</i>	Qfu	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0
<i>Quercus corrugata</i>	Qco	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
<i>Robinsonella mirandae</i>	Rmi	1.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	2.5
<i>Rollinia membranacea</i>	Rme	5.1	0.0	18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
<i>Sapium lateriflorum</i>	Sla	6.9	0.0	0.0	5.9	6.0	0.0	0.0	1.7
<i>Saurauia pedunculata</i>	Sap	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Senna spectabilis</i>	Ssp	6.2	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Sideroxylon capiri</i>	Sca	4.3	0.0	15.3	0.5	17.5	0.0	0.0	0.0
<i>Sideroxylon persimile</i>	Spe	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	34.0	4.3
<i>Simira salvadorensis</i>	Ssa	2.1	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Spondias radlkoferi</i>	Sra	5.2	0.0	15.1	22.6	21.3	0.0	0.0	0.0
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	Sds	1.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	8.1
<i>Syzygium jambos</i>	Sja	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Tabebuia rosea</i>	Tro	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Talauma mexicana</i>	Tme	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Tapirira mexicana</i>	Tam	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
<i>Telanthophora grandifolia</i>	Tgr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7
<i>Trema micrantha</i>	Tmi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	5.9
<i>Trichospermum mexicanum</i>	Trm	0.0	0.0	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Urera caracasana</i>	Uca	3.1	0.0	0.0	5.2	2.4	6.3	3.5	0.9
<i>Zanthoxylum microcarpum</i>	Zmi	2.7	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.7
<i>Zanthoxylum procerum</i>	Zpr	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL		300							

Anexo D. Matriz de semejanza entre unidades de muestreo.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	RU1	RU2	RU3	RU4	RU5	RU6	SM1	SM2	SM3	SM4	SM5	SM6
PC1																								
PC2	0.13																							
PC3	0.32	0.10																						
PC4	0.17	0.49	0.10																					
PC5	0.21	0.39	0.18	0.33																				
PC6	0.21	0.19	0.12	0.50	0.26																			
PS1	0.32	0.19	0.18	0.25	0.42	0.33																		
PS2	0.20	0.26	0.15	0.25	0.38	0.50	0.50																	
PS3	0.26	0.17	0.07	0.35	0.59	0.67	0.29	0.27																
PS4	0.13	0.09	0.08	0.25	0.25	0.25	0.44	0.08	0.27															
PS5	0.17	0.14	0.13	0.19	0.67	0.38	0.31	0.43	0.15	0.27														
PS6	0.28	0.21	0.06	0.36	0.45	0.45	0.43	0.53	0.43	0.42	0.27													
RU1	0.07	0.00	0.00	0.25	0.25	0.38	0.25	0.44	0.25	0.15	0.43	0.08	0.15	0.07	0.15	0.07	0.15	0.08	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
RU2	0.23	0.21	0.19	0.38	0.19	0.29	0.46	0.29	0.15	0.11	0.21	0.15	0.33	0.24	0.25	0.29	0.06	0.04	0.05	0.12	0.12	0.12	0.00	0.00
RU3	0.32	0.20	0.18	0.26	0.26	0.43	0.40	0.38	0.13	0.30	0.38	0.27	0.50	0.21	0.29	0.43	0.12	0.04	0.00	0.00	0.07	0.11	0.11	0.10
RU4	0.21	0.19	0.35	0.33	0.25	0.42	0.38	0.35	0.13	0.29	0.18	0.13	0.38	0.35	0.15	0.24	0.11	0.15	0.08	0.23	0.03	0.00	0.00	0.00
RU5	0.27	0.40	0.18	0.35	0.26	0.43	0.53	0.38	0.13	0.30	0.48	0.27	0.40	0.45	0.26	0.43	0.27	0.12	0.00	0.07	0.19	0.07	0.03	0.03
RU6	0.23	0.29	0.13	0.29	0.38	0.48	0.62	0.57	0.15	0.33	0.32	0.15	0.44	0.60	0.38	0.60	0.13	0.08	0.00	0.07	0.12	0.04	0.03	0.03
SM1	0.29	0.15	0.13	0.20	0.20	0.30	0.17	0.31	0.00	0.12	0.22	0.17	0.12	0.21	0.20	0.42	0.24	0.04	0.00	0.04	0.12	0.00	0.00	0.00
SM2	0.23	0.32	0.60	0.13	0.00	0.20	0.09	0.00	0.00	0.07	0.07	0.00	0.07	0.07	0.27	0.21	0.15	0.08	0.33	0.27	0.23	0.03	0.08	0.08
SM3	0.10	0.24	0.39	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	0.15	0.00	0.00	0.50	0.31	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
SM4	0.22	0.26	0.43	0.38	0.13	0.06	0.08	0.08	0.00	0.07	0.07	0.08	0.21	0.13	0.38	0.13	0.14	0.07	0.42	0.47	0.14	0.03	0.08	0.08
SM5	0.39	0.36	0.29	0.38	0.13	0.19	0.08	0.08	0.17	0.07	0.13	0.00	0.21	0.19	0.06	0.32	0.21	0.21	0.37	0.18	0.25	0.15	0.17	0.17
SM6	0.22	0.11	0.05	0.26	0.39	0.19	0.09	0.17	0.09	0.36	0.34	0.26	0.00	0.20	0.00	0.13	0.07	0.00	0.05	0.00	0.05	0.26	0.41	0.41
SM6	0.21	0.15	0.09	0.24	0.24	0.12	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19	0.15	0.00	0.18	0.00	0.06	0.06	0.00	0.15	0.00	0.14	0.29	0.59	0.59

SM= Selva mediana subperennifolia; PC= Policultivo complejo; PS=Policultivo sencillo; RU= Rusticano.
Coeficiente de semejanza: Sorensen (triangulo inferior), Jaccard (triangulo superior).

Anexo E. Resultado del análisis de correspondencia canónica.

CORRELATIONS AMONG VARIABLES IN SECOND MATRIX

	Altitud	Pendiente	Exposi	TMA	PMA
Altitud	1.000	-0.173	0.087	-0.165	0.086
Pendiente	-0.173	1.000	0.487	-0.109	0.182
Exposici	0.087	0.487	1.000	0.213	-0.179
TMA	-0.165	-0.109	0.213	1.000	-0.984
PMA	0.086	0.182	-0.179	-0.984	1.000

AXIS SUMMARY STATISTICS

Total variance ("inertia") in the species data: 6.7819

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalue	0.559	0.471	0.345
Variance in species data			
% of variance explained	8.2	7.0	5.1
Cumulative % explained	8.2	15.2	20.3
Pearson Correlation, Spp-Envt*	0.959	0.913	0.911
Kendall (Rank) Corr., Spp-Envt	0.601	0.645	0.783

MULTIPLE REGRESSION RESULTS:

Variable	Canonical Coefficients						S. Dev.
	Standardized			Original Units			
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3	
1 Altitud	-0.913	-0.047	-0.129	-11.051	-0.566	-1.562	0.0826
2 Pendient	-0.238	0.692	-0.591	-1.021	2.971	-2.538	0.233
3 Exposici	0.308	-0.860	-0.547	1.064	-2.973	-1.891	0.289
4 TMA	0.461	1.820	-0.230	20.585	81.219	-10.257	0.0224
5 PMA	0.217	2.000	-0.303	10.337	95.338	-14.455	0.0210

CORRELATIONS AND BIPLLOT SCORES for 5 variable

Variable	Correlations*			Biplot Scores		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 1	Axis 2	Axis 3
1 Altitud	-0.903	-0.369	-0.063	-0.903	-0.369	-0.063
2 Pendient	0.059	0.446	-0.865	0.059	0.446	-0.865
3 Exposici	0.172	-0.497	-0.841	0.172	-0.497	-0.841
4 TMA	0.490	-0.397	0.037	0.490	-0.397	0.037
5 PMA	-0.414	0.485	-0.098	-0.414	0.485	-0.098

* Correlations are "intra-set correlations" of ter Braak (1986)

RANDOMIZATION TEST RESULTS -- SPECIES-ENVIRONMENT CORRELATIONS

Axis	Real data	Monte Carlo test, 99 runs			p
	Spp-Envt. Corr.	Mean	Minimum	Maximum	
1	0.959	0.903	0.806	0.963	0.02
2	0.913	0.896	0.815	0.949	
3	0.911	0.874	0.799	0.953	

RANDOMIZATION TEST RESULTS -- EIGENVALUES FOR INDIVIDUAL AXES

Axis	Real data	Randomization test, 99 runs			p
	Eigenvalue	Mean	Minimum	Maximum	
1	0.559	0.420	0.313	0.532	0.01
2	0.471	0.340	0.265	0.426	
3	0.345	0.282	0.228	0.331	
