



COMENTARIO PRINCIPAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

**UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
POSGRADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
NIVEL DE MAESTRÍA**

**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA VEGETAL EN
AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS DE OCOTAL CHICO, SAN
PEDRO SOTEAPAN, VERACRUZ.**

**TESIS DE MAESTRÍA
IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T A**

Guadalupe Castillo Capitán

**COMITÉ TUTORAL:
DIRECTOR: Dr. CARLOS H. ÁVILA BELLO
ASESORES: Dr. FERNANDO DE LEÓN GONZÁLEZ
Dr. LAURO LÓPEZ MATA**

México, D.F.

Mayo de 2008

La presente tesis titulada: Estructura y diversidad biológica vegetal en agroecosistemas cafetaleros de Ocotál Chico, San Pedro Sotéapan, Veracruz, realizada por la alumna Guadalupe Castillo Capitán, bajo la dirección del comité tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR	Dr. Carlos Héctor Ávila Bello	_____
ASESOR	Dr. Lauro López Mata	_____
ASESOR	Dr. Fernando de León González	_____

México D. F. Mayo de 2008

DEDICATORIA

A mis dos amores...

José y José Esteban,
por prestarme parte del tiempo les corresponde
y ser el estimulante para mis logros.

A mi padre...

quien supo dejar los valores
necesarios para ser lo que soy,
este logro también es tuyo.

A mi madre...

por su amor y apoyo
incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme alcanzar una meta más en mi vida.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional.

A mi comité tutorial, conformado por los Drs. Carlos Héctor Ávila Bello, Lauro López Mata y Fernando de León González, por los comentarios y observaciones realizadas a esta investigación en las diferentes fases de la misma. En especial al Dr. Carlos Héctor Ávila Bello por brindarme su amistad y la oportunidad de trabajar en la idea original sobre diversidad biológica en cafetales marginales de la región de Los Tuxtlas; por el tiempo invertido y su invaluable apoyo en la realización del trabajo.

A los profesores que me han acompañado durante todo este proceso de formación.

A los productores de la comunidad de Ocotál Chico, Sotéapan, Ver., que amablemente me permitieron trabajar en sus fincas, además de compartir sus experiencias y conocimientos conmigo, en especial a los Srs. Abel Matías Santiago y Gregorio Matías González por su apoyo incondicional en el trabajo de campo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN GENERAL	ix
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I. Introducción General	1
Literatura citada.....	4
CAPÍTULO II. Estructura y diversidad arbórea de cafetales marginales en Ocotal Chico, Soteapan, Veracruz	6
2.1 Resumen.....	7
2.2 Introducción.....	8
2.3 Materiales y métodos.....	11
2.3.1 Localización.....	11
2.3.2 Geología.....	12
2.3.3 Fisiografía.....	12
2.3.4 Hidrología.....	12
2.3.5 Clima.....	12
2.3.6 Suelos.....	13
2.3.7 Vegetación.....	13
2.3.8 Elección de fincas.....	13
2.3.9 Análisis de la estructura.....	14
2.3.10 Colecta botánica.....	15
2.3.11 Riqueza de especies.....	16
2.3.12 Análisis de variables ambientales.....	16
2.4 Resultados.....	17
2.4.1 Estructura general de cafetales.....	17
2.4.2 Estructura de cafetales en la Selva Mediana Subperennifolia.....	17
2.4.3 Estructura de cafetales en la Selva Alta Perennifolia.....	18
2.4.4 Estructura de cafetales en el Bosque Caducifolio.....	19
2.4.5 Estructura poblacional de las especies.....	20
2.4.6 Estructura horizontal.....	21
2.4.7 Composición florística.....	21
2.4.8 Similitud florística.....	21
2.4.9 Especies exclusivas.....	22
2.4.10 Variables ambientales.....	23
2.4.11 Riqueza y diversidad de especies.....	24
2.5 Discusión.....	25
2.5.1 Estructura de los cafetales.....	25
2.5.2 Estructura horizontal.....	26
2.5.3 Composición florística.....	27
2.5.4 Similitud florística.....	27
2.5.5 Estructura de poblaciones.....	28
2.5.6 Variables ambientales.....	29

2.5.7 Riqueza y diversidad de especies.....	30
2.6 Conclusiones.....	30
2.7 Literatura citada.....	32
CAPÍTULO III. Biodiversidad y Sustentabilidad: su aplicación en agroecosistemas.....	52
3.1 Resumen.....	53
3.2 Introducción.....	54
3.3 Los agroecosistemas cafetaleros.....	55
3.3.1 Importancia económica.....	55
3.3.2 Estructura y diversidad biológica.....	56
3.4 Biodiversidad y sustentabilidad.....	58
3.4.1 Biodiversidad, su importancia, componentes y su papel en los agroecosistemas.....	58
3.4.2 Sustentabilidad y su importancia en el manejo de recursos naturales.....	59
3.5 Investigación científica, biodiversidad y sustentabilidad.....	60
3.6 Conclusiones.....	61
3.7 Literatura citada.....	61
CAPÍTULO IV. Conclusiones generales.....	65
ANEXOS.....	68

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1.- Estructura arbórea de cafetales localizados en la Selva Mediana Subperennifolia (entre 450 y 600 msnm) en Ocotal Chico, Soteapan, Ver.....	39
Cuadro 2.- Estructura arbórea de cafetales localizados en la Selva Alta Perennifolia (entre > 600 y 800 msnm) en Ocotal Chico, Soteapan, Ver.....	40
Cuadro 3.- Estructura arbórea de cafetales localizados en el Bosque Caducifolio (entre > 800 y 1000 msnm) en Ocotal Chico, Soteapan, Ver.....	41
Cuadro 4.- Variedades de café localizadas en Ocotal Chico, Soteapan, Ver.....	41
Cuadro 5.- Composición florística de los agroecosistemas cafetaleros de Ocotal Chico, Soteapan, Ver.....	42
Cuadro 6.- Índice de similitud de Sørensen	44
Cuadro 7.- Índices de diversidad biológica encontrados en los agroecosistemas cafetaleros de Ocotal, Chico, Soteapan, Ver.	45

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.- Localización del área de estudio.....	37
Figura 2.- Cobertura de especies arbóreas en cafetales localizados entre 450 y 600 msnm en Ocotral Chico, Soteapan, Ver.....	37
Figura 3.- Cobertura de especies arbóreas en cafetales localizados entre >600 y 800 msnm en Ocotral Chico, Soteapan, Ver.....	38
Figura 4.- Cobertura de especies arbóreas en cafetales localizados entre >800 y 1000 msnm en Ocotral Chico, Soteapan, Ver.....	38
Figura 5.- Perfiles esquemáticos	46
Figura 6.- Patrones de estructura poblacional basados en las clases diamétricas, en la Selva Mediana Subperennifolia.....	47
Figura 7.- Patrones de estructura poblacional basados en las clases diamétricas, en la Selva Alta Perennifolia.....	48
Figura 8.- Patrones de estructura poblacional basados en las clases diamétricas, en el Bosque Caducifolio.....	49
Figura 9.- Curvas de acumulación de especies de la riqueza observada y la riqueza estimada.....	50
Figura 10.- Gráfico de componentes principales.....	51

RESUMEN GENERAL

Los agroecosistemas cafetaleros tradicionales conservan gran riqueza biológica, históricamente, los productores del sureste de México han establecido una relación especial con el café, la cual deriva en gran parte de las características de las culturas indígenas. Las fincas cafetaleras de Ocotal Chico, localizadas en la Sierra de Santa Marta dentro de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, son de las más importantes del sur del estado de Veracruz. El café es producido bajo sombra por indígenas popolucas con una lógica económica campesina, sin embargo presentan un pobre manejo.

Los agroecosistemas cafetaleros de Ocotal Chico, en Soteapan, Veracruz, se establecen a lo largo de un gradiente altitudinal, en el que se reconocieron tres variantes fisonómicas; entre los 450 y 600 metros sobre el nivel del mar (msnm), selva mediana subperennifolia; selva alta perennifolia entre 600 y 800 msnm y bosque caducifolio entre 800 a 1000 msnm. Se registraron en total 60 especies arbóreas y 23 herbáceas, pertenecientes a 43 familias diferentes; las mejor representadas fueron: Mimosaceae; Asteraceae; Fabaceae y Myrtaceae; el estrato arbustivo está formado exclusivamente por *Coffea arabica*. Los cafetales más diversificados se encontraron entre los 450 y 600 msnm, no sólo por presentar mayores índices de diversidad sino también por el número de árboles observados. La especie dominante a lo largo del gradiente altitudinal fue *Inga vera*, los cafetales presentaron cuatro estratos: 1) herbáceo, 2) arbustivo, 3) arbóreo inferior y 4) arbóreo superior. Existen especies maderables con potencial para diversificar productivamente el cafetal, entre ellas están: *Acosmium panamense*, *Cedrela odorata*,

Cordia alliodora, *Trema micrantha* y *Vochysia hondurensis* en el estrato arbóreo superior; en el estrato arbóreo inferior, *Carica papaya*, *Chrysophyllum cainito*, *Citrus sinnensis*, *Inga jinicuil*, *Pimenta dioica*, *Spondias mombin* y *Byrsonima crassipholia* que pueden aportar frutos para venta y autoconsumo. Del mismo modo, en el estrato herbáceo se encontraron algunas especies de hortalizas como *Capsicum annuum var. annuum*, *Chenopodium sp.*, *Cucumis sativus*, *Solanum pimpinellifolium* además de algunas aráceas, *Chamaedorea sp* y *Ceratozamia sp* que tienen posibilidades ornamentales.

Con base en análisis multivariable se dedujo que la luz y la temperatura son las variables ambientales fundamentales que influyen en la formación de diferentes grupos ecológicos en los agroecosistemas cafetaleros a lo largo el gradiente altitudinal estudiado.

La mayor riqueza de especies (44.5%) se presentó en la SMS, del mismo modo a lo largo del gradiente altitudinal se pudieron observar altas tasas de reemplazo, lo que indicaría una alta diversidad beta. Las especies estructuralmente más importantes en los tres tipos de vegetación del gradiente altitudinal estudiado son *Inga vera*, *Cordia alliodora* y *Trema micrantha*, presentaron un patrón estructural tipo II caracterizado por mayor frecuencia de individuos intermedios y disminución en los individuos mayores, la presencia de este patrón sugiere la existencia de áreas con disturbios que se encuentran en la fase avanzada de repoblación de claros.

ABSTRACT

Traditional coffee agroecosystems preserve a great amount of biological diversity, historically, producers of southeaster Mexico have established a special relationship with coffee, which derives largely from the characteristics of indigenous cultures. The coffee lands of Ocotal Chico, located in the Sierra de Santa Marta inside the Biosphere Reserve of Los Tuxtlas, are among the most important of southern Veracruz. Coffee is produced under shade by Popoluca indigenous people based upon peasant economy, however, these agroecosystems have a poor management. The structure of coffee agroecosystem of Ocotal Chico, Soteapan Veracruz, are established along an altitudinal gradient, where it was recognized three physiognomic variants, between 450 and 600 meters above sea level (m), sub perennial rain forest, tropical rain forest between 600 and 800 meters and deciduous forest between 800 to 1000 meters above sea level. There were altogether 60 species of trees and 23 herbaceous, belonging to 43 different families, the better represented were: Mimosaceae; Asteraceae; Fabaceae and Myrtaceae, the shrub layer is made up exclusively of *Coffea arabica*. The more diversified coffee plantations were found between 450 and 600 meters, not only because of their rates of diversity, but also by the number of trees observed. The dominant species throughout the altitudinal gradient was *Inga vera*, coffee plantations had four layers: 1) herbaceous, 2) shrub, 3) low tree stratum and 4) higher tree stratum. There are timber species with the potential to diversify productively coffee, these include: *Acosmium panamense*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Trema micrantha* and *Vochysia hondurensis* in the upper stratum, in the lower stratum *Carica papaya*, *Chrysophyllum cainito*, *Citrus sinnensis*, *Inga jinicuil*, *Pimenta dioica* , *Spondias mombin*

and *Byrsonima crassipholia* that can provide fruits for sale and consumption. Similarly in the herbaceous layer were found some species of vegetables as *Capsicum annuum* var. *annuum*, *Chenopodium* sp, *Cucumis sativus*, *Solanum pimpinellifolium*, some Araceae, *Chamaedorea* sp and *Ceratozamia* sp having ornamental possibilities.

Based upon multivariate analysis it was deduced that light and temperature are the key environmental factors that influence the formation of various ecological groups in coffee agroecosystems along the altitudinal gradient.

The highest richness (44.5%) was present at the SMS, in the same way; the altitudinal gradient presents higher rates of replacement, indicating high beta diversity. Structurally, the most important species in the three types of vegetation along the altitudinal gradient are *Inga vera*, *Cordia alliodora* and *Trema micrantha*, all of them present a structural pattern type II, characterized by increased frequency of intermediate individuals; the presence of this pattern suggests the existence of areas that are in the advanced stage of gap recovery.

CAPÍTULO I:
INTRODUCCIÓN GENERAL

Los agroecosistemas cafetaleros tradicionales, son ecosistemas modificados y manejados por el hombre, que han demostrado en muchos casos, tener un papel importante en la conservación de los suelos, clima, agua y diversidad biológica; en su forma original no predomina la búsqueda de la ganancia sino la de bienestar, articulando producción y autoconsumo (Moguel y Toledo, 1996).

México está considerado como el cuarto país con mayor diversidad biológica. Los 12 países que poseen la mayor diversidad biológica, son conocidos como países megadiversos; en conjunto albergan entre 60 y 70% del total de las especies del planeta. La megadiversidad de México es resultado de diversos factores, entre ellos la gran diversidad de hábitats, producto, a su vez, de la alta heterogeneidad climática y topográfica; la mezcla de flora y fauna de diferente origen biogeográfico, resultado de la historia geológica del país (en México confluyen las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical); un alto índice de endemismos favorecido por condiciones de aislamiento ecológico, producto del muy accidentado relieve de México; su amplio litoral bañado por los océanos Pacífico y Atlántico; así como, el disponer de más de 40 islas que representan áreas con condiciones biológicas muy particulares en riqueza y endemismo (Mittermeier y Goettsch, 1992).

Una de las razones más importantes para mantener o incrementar la biodiversidad natural es el hecho de que proporciona una gran variedad de servicios ecológicos. En ecosistemas naturales, la cubierta vegetal de un bosque o pradera previene la erosión del suelo, regula el ciclo del agua controlando inundaciones, reforzando la infiltración y reduciendo el escurrimiento del agua. En los agroecosistemas, la biodiversidad cumple funciones que van más allá de la producción de alimentos, fibra, combustible e ingresos. Algunas de éstas incluyen el reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la

regulación de procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, y la detoxificación de residuos químicos nocivos. Estos procesos de renovación y servicios del ecosistema son principalmente biológicos, por consiguiente su persistencia depende del mantenimiento de la biodiversidad. Cuando estos servicios naturales se pierden por la simplificación biológica, los costos económicos y ambientales pueden ser significativos (Anta, 2006)

En los tres últimos años el estado de Veracruz, ha incrementado los índices de emigración, como resultado de la falta de alternativas y oportunidades de empleo, ocasionando que muchos jóvenes, hombres y mujeres decidan emigrar como jornaleros a los campos agrícolas de Sinaloa, Culiacán y los Estados Unidos, con esto ha aumentado la desintegración social, el abandono de actividades productivas y en algunas comunidades la venta de tierra y parcelas. Además la caída de los precios del café ha afectado la economía de más de 1000 productores, la mayoría indígenas de la región de los Tuxtlas, los cuales cultivan 2880 hectáreas de este aromático (González, 2003).

El presente trabajo se llevó a cabo para conocer la estructura y diversidad biológica arbórea de agroecosistemas cafetaleros en Ocotal Chico, Sotepan, Ver. En el segundo capítulo de este estudio se presentan los resultados, a partir de un muestreo estratificado, de 30 sitios de muestreo, en los cuales se obtuvo el valor de importancia de las especies muestreadas, lo que permitió calcular los índices de diversidad biológica, con ello se espera contribuir al logro de la sustentabilidad del agroecosistema cafetalero y elevar las condiciones de vida de los productores de la región.

En el este segundo capítulo también se presentan la estructura y los índices de diversidad biológica para el estrato arbóreo, usando el programa Estimates 7.5 (Colwell, 2004), así como la relación entre los cambios en la estructura a lo largo del gradiente altitudinal estudiado y las variables ambientales (suelo, temperatura y luz) usando el programa de ordenación Canonical Community Ordination (CANOCO) (Ter Braak y Smilauer, 2002).

En el tercer capítulo se discute acerca de la importancia de la sustentabilidad y biodiversidad así como su aplicación en agroecosistemas cafetaleros.

En el cuarto y último capítulo se presentan las conclusiones generales.

LITERATURA CITADA

- Anta, F. S. 2006. El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. Instituto Nacional de Ecología. Distrito Federal. México. *Gaceta Ecológica* **80**: 19-31
- Colwell R. K. 2004 Estimates 7.5. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. University of Connecticut, Storrs, CT. U. S. A.
- González M. F. 2003. Proyecto Sierra de Santa Marta, A. C Cultivando para el mañana. Grupo de Campesinos Popolucas de Ocotal Chico, San Pedro Soteapan, Veracruz. 96 pp.
- Moguel P. y Toledo V.M. 1996. El Café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* **43**: 40-51 CONABIO, México.

Mittermier, R. y Goettsch, C. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México.

En México ante los retos de la biodiversidad. Ed. Sarukhán, Dirzo, R. CONABIO,
México

Ter Brak, C. J. y Smilauer P. 2002. Canoco 4.5. Reference manual and user's guide for

Canonical Community Ordination Microcomputer ower. Ithaca, Nueva York. USA.

500 pp.

CAPÍTULO II:

**ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA DE
CAFETALES MARGINALES EN OCOTAL CHICO,
SOTEAPAN, VER.**

2.1 Resumen

Se estudiaron la estructura y diversidad biológica de agroecosistemas cafetaleros marginales en Ocotral Chico, Veracruz, a lo largo de un gradiente altitudinal localizado entre los 450 a 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm); se reconocieron tres variantes fisonómicas, selva mediana subperennifolia; selva alta perennifolia y bosque caducifolio. Se marcaron 10 sitios de 400 m² cada uno, por fisonomía. Con base en datos de frecuencia, densidad y dominancia relativa, se calculó el valor de importancia de cada especie. La estructura de los cafetales a largo del gradiente presenta cuatro estratos. Los cafetales más diversificados se encontraron entre los 450 a 600 msnm. Con base en un análisis de PCA se relacionaron algunas variables ambientales con la estructura del agroecosistema. De acuerdo con lo anterior se formaron siete grupos ecológicos. La especie dominante a lo largo del gradiente altitudinal es *Inga vera*, lo que responde a los intereses de los productores.

2.2 Introducción

En México, el café se cultiva en las vertientes del Golfo de México y del Pacífico, así como en el centro y sur del país, entre los 300 a 1800 msnm, preferentemente en laderas montañosas y dentro de un cinturón altitudinal, biogeográfico y ecológico en el que se encuentran elementos templados, tropicales y subtropicales (Moguel y Toledo, 1999).

La producción de café en México es minifundista, practicada por unos 280 mil productores, de los cuales el 92% tienen fincas de menos de 5 ha y casi 200 mil disponen de 2 ha o menos; el 65% de estos pequeños cafecultores pertenece a algún grupo étnico. El 40% de la superficie con cafetales corresponde a selvas altas y medianas (zona tropical húmeda), el 23% a bosques de pino y encino, el 21% a selvas bajas caducifolias y el 15% a bosque caducifolio. Lo que significa que desde el punto de vista biológico, las regiones cafetaleras son de las más ricas y diversas en flora y fauna (Bartra, 2003).

El estado de Veracruz ocupa, después de Chiapas, el segundo lugar nacional en producción de café, por número de productores y volumen de producción; cerca del 30% de las hectáreas dedicadas a la producción de café, se encuentran entre los 300 y 800 metros sobre el nivel del mar (Moguel y Toledo, 1996), estas zonas son calificadas como marginales, por encontrarse fuera de la zona agroecológica ideal para la producción de café, además tienen bajos rendimientos y calidad. Ejemplo de ello son los cafetales de pequeños productores de Ocotil Chico en el municipio de Sotapan, Veracruz, dentro de la reserva de la biosfera de Los Tuxtlas.

Actualmente diferentes tipos de vegetación han sido profundamente transformados debido sobre todo a la acción del ser humano, lo que en ocasiones ha provocado la pérdida de recursos asociados a los ecosistemas (agua, suelo y la diversidad biológica), por ello es

necesario generar alternativas que incluyan posibilidades de manejo y aprovechamiento que mantengan la estructura y diversidad biológica (Trejo, 2005).

Los agroecosistemas son ecosistemas modificados por el ser humano para obtener de ellos productos útiles a sus necesidades, tanto en unos como en otros, la diversidad biológica desempeña un papel fundamental para mantener su estructura y función. Diversos estudios han mostrado que los cafetales tradicionales pueden contribuir a conservar la diversidad biológica debido a su parecido estructural con la vegetación original, además de las especies de sombra como *Inga* sp, se encuentran muchas otras de árboles nativos. Esta similitud con la vegetación original es una de las características comunes en los cafetales tradicionales de México, ya que su sombra, conformada por especies nativas es la que contribuye a la conservación de la biodiversidad (Perfecto *et al*, 1996).

En México los agroecosistemas cafetaleros campesinos e indígenas se cultivan bajo sombra y acompañados por numerosas especies de las que se obtienen una gran variedad de productos y servicios secundarios para la economía de los productores (Moguel y Toledo, 1999). Estos agroecosistemas pueden clasificarse como rusticano o de montaña, donde se sustituyen plantas arbustivas por matas de café; el policultivo tradicional, donde el cafeto se cultiva junto con otras especies útiles, nativas o introducidas; y el policultivo comercial, donde se sustituye la vegetación original por especies arbóreas de sombra, con menos riqueza que en el anterior. Se practica también el monocultivo bajo sombra, donde se emplea una sola especie protectora, generalmente *Inga*; y café bajo sol, con arbustos de rápida maduración, corta vida, baja talla y alta densidad; sin embargo estos últimos sistemas están menos extendidos (Bartra, 2003).

La composición y estructura de especies arbóreas en cafetales genera microhábitats, refugios y sitios de reproducción para muchas especies, debido a que en ellos se concentra gran cantidad de agua y alimento (insectos, frutos, hierbas, etc.). De esta manera, las especies arbóreas contribuyen a la riqueza y diversidad (Cruz *et al*, 2004).

De acuerdo con Villavicencio y Valdez (2003), la estructura de la vegetación de agroecosistemas cafetaleros, puede presentar una distribución más o menos equitativa de los porcentajes de importancia, de acuerdo con el manejo al que se someta. Según López *et al* (2007), para manejar adecuadamente los agroecosistemas cafetaleros y mejorar su papel en la conservación de la biodiversidad, es necesario realizar estudios que se enfoquen más a la vegetación que a insectos y aves, ya que estos grupos taxonómicos han sido mejor estudiados.

Algunos estudios reportan que el efecto de las perturbaciones sobre algunos tipos de vegetación se reflejan en el aumento de la diversidad β entre los sitios, por el contrario las actividades antropógenas que tienen mayor efecto sobre la riqueza y diversidad son la ganadería y la milpa (Sánchez *et al*, 2003). Asimismo, trabajos realizados en los límites de distribución de la selva mediana subperennifolia de México, comparan la estructura, composición florística, riqueza y diversidad de especies arbóreas dependiendo del grado de regeneración natural en pequeñas selvas que no han sido intervenidas por el ser humano (Godínez Ibarra y López Mata, 2002). El estudio de la riqueza y la diversidad biológica en agroecosistemas cafetaleros ha derivado en el uso de estimadores no paramétricos, ya que permiten evaluar de manera adecuada y más objetiva la riqueza arbórea en fincas cafetaleras (López-Gómez y Williams Linera, 2006).

Los agroecosistemas cafetaleros de Ocotál Chico, forman parte de un sistema de producción muy amplio que es manejado fundamentalmente por la familia, el manejo de la sombra está constituido por especies de árboles y arbustos con diferentes usos, a su vez, los productores han desarrollado, en forma empírica, modelos de producción que minimizar la competencia con los cafetos y elevan la cantidad de productos cultivados en el agroecosistema (López -Gómez *et al*, 2007 y Franco, 2007).

Uno de los aspectos fundamentales para lograr la sustentabilidad y con ello poder mejorar las condiciones de vida de los productores de la zona de estudio, evitando a su vez el abandono de las fincas, es el conocimiento acerca de la estructura y diversidad biológica de estos agroecosistemas (Gould *et al*, 2006). De acuerdo con lo anterior en la presente investigación se estudió la estructura arbórea y la diversidad biológica de los agroecosistemas cafetaleros localizados en tres tipos de vegetación a lo largo de un gradiente altitudinal.

2.3 Materiales y métodos

2.3.1 Localización

El área de estudio se localiza en la comunidad de Ocotál Chico, perteneciente al municipio de San Pedro Sotéapan, al sureste del estado de Veracruz a los 18° 18' 31" de latitud N y a los 94° 52' 26" de longitud W. Colinda al norte con el ejido de Mazumiapan Chico, que pertenece a la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas; al sur limita con el ejido de San Pedro Sotéapan, al este con Plan Agrario y Ocotál Grande y al oeste con el ejido de San Fernando (Guevara *et al*, 2004) (figura 1).

2.3.2 Geología

La comunidad se encuentra asentada en una formación de origen volcánico, el relieve de la sierra esta condicionado por los productos volcánicos, formado por rocas ígneas y lavas andesíticas o basálticas alcalinas del cuaternario, la estructura de los edificios de la red fluvial y de los acantilados se debe a los derrames de lava, mientras que las cenizas y otros productos piroclásticos formaron extensos lomeríos (Geissert *et al*, 2004).

2.3.3 Fisiografía

La fisiografía del ejido de Ocotál Chico presenta cinco unidades morfoedafológicas, laderas altas que ocupan 179.08 ha (13%); laderas medias con 847.37 ha (62%); laderas bajas con 137.44 ha (10%); meridionales con suelos rojos en 142.78 ha (12%) finalmente, vertientes de valles fluviales con 54.42 ha (3%) (González, 2003). Desde el punto de vista topográfico son montañas de laderas tendidas con conos volcánicos y lomeríos entre 450 y 1100 msnm (Guevara *et al*, 2004).

2.3.4 Hidrología

El área se encuentra en la subcuenca del río Huazuntlán, perteneciente a su vez a la cuenca del río Coatzacoalcos. Los principales ríos que atraviesan Ocotál Chico son el Huazuntlán, arroyo Huazuntlán seco, río Texizapan, arroyo Caballo, arroyo Enchapa, río Socapa y Arroyo Mecayapan. Todos drenan en la cuenca baja del río Coatzacoalcos (Guevara *et al*, 2004).

2.3.5 Clima

De acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1988), en el área se encuentran tres subtipos climáticos correspondientes con el

intervalo altitudinal en que se localiza este ejido. En la mayor parte predomina el clima Am, cálido-húmedo con lluvias en verano. En el segundo tercio se presenta clima Af (m) cálido húmedo con lluvias todo el año. En tanto que el extremo superior de este ejido, por arriba de los 1000 msnm, el clima característico es el (A) C (fm) semicálido húmedo con lluvias todo el año.

2.3.6 Suelos.

Los suelos predominantes son los acrisoles y litosoles muy susceptibles a la erosión, la característica morfodinámica de estos suelos es de fitoestabilidad, que rápidamente cambia a inestabilidad cuando se remueve la cubierta forestal, especialmente para uso pecuario; una perturbación constante imposibilitará su recuperación o la implementación de alguna actividad productiva a corto y largo plazo (González, 2003).

2.3.7 Vegetación

De acuerdo con la clasificación de Miranda y Hernández X. (1963), los principales tipos de vegetación en el ejido son el pinar tropical, compuesto por *Pinus oocarpa* y varias especies de encino; selva mediana subperennifolia, con *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata*, *Inga leptoloba*, *Luhea speciosa*, y café, entre otras; selva alta perennifolia con especies de *Oreomunnea mexicana*, *Quercus* sp y *Sloanea medusula*, entre las más importantes y bosque caducifolio de *Alfaroa mexicana*, *Liquidambar*, *Quercus* sp. y *Ulmus mexicana*.

2.3.8 Elección de fincas

Con base en talleres participativos, se obtuvo una lista de 69 productores cafetaleros. Sus fincas, localizadas en un gradiente altitudinal entre los 450 y 1000 msnm,

se clasificaron de acuerdo con los tipos de vegetación de Miranda y Hernández X. (1963), en Selva Mediana Subperennifolia (SMS), entre los 450 y 600m; Selva Alta Perennifolia (SAP), entre los 600 y 800 m y Bosque Caducifolio (BC) entre los 800 y 1000 m. Con la ayuda de una tabla de números aleatorios se eligieron 10 fincas por tipo de vegetación, es decir 30 en total (Scheaffer *et al*, 1987). En cada una de ellas se marcaron sitios de 400 m² (20 x 20 m), divididos en parcelas de 10 x 10 m (100 m²) éstas se subdividieron a su vez en parcelas de 5 x 10 m (50 m²), aleatoriamente se seleccionaron cuatro subcuadros para obtener los datos del estrato arbustivo y herbáceo A todos los árboles localizados dentro de los sitios de muestreo, se les midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), a 1.30m del suelo, así como la altura total y del fuste, utilizando una pistola Haga, con base en estos datos se calculó el área basal; del mismo modo se obtuvo la cobertura tomando dos medidas cruzadas del perímetro de la copa de los árboles, el área correspondiente se calculó con la siguiente fórmula: $CC = (D_1 + D_2 / 4)^2 * \pi$ (Müller-Dombois y Ellenberg, 1974). Finalmente con una cinta métrica se midió la distancia entre planta y planta para conocer la distribución horizontal de las especies.

2.3.9 Análisis de la estructura

La estructura de la vegetación a lo largo del gradiente altitudinal, se analizó con base en los valores relativos de densidad (DER), frecuencia (FR) y dominancia (DOR); con la suma de ellos se obtuvo el valor de importancia (VI) (Müller-Dombois y Ellenberg, 1974; Moreno, 2001).

$$VI = DER + DOR + FR$$

Las fórmulas usadas para calcular el V.I. de cada especie fueron las siguientes

DER = Individuos de una especie / Total de individuos en el área muestreada

DOR = Área basal de la especie / Área basal total en el área muestreada

FR = Número de cuadros en que una especie aparece / Número total de cuadros

$$AB = (\pi \cdot D^2) / 4$$

Donde:

AB = Área basal

$\pi = 3.1416$

D = Diámetro

Con el fin de conocer la similitud florística entre las fisonomías, se empleó el coeficiente de Sørensen, éste se calcula con base en la siguiente fórmula:

$$IS = (2C / A+B) * 100$$

Donde:

A = Número de especies en la comunidad A

B = Número de especies en la comunidad B

C = Número de especies comunes en ambas comunidades

La estructura de la vegetación se representó gráficamente a través de un diagrama de perfil vertical y de distribución horizontal.

2.3.10 Colectas botánicas.

Se efectuaron colectas botánicas a lo largo del gradiente altitudinal, se recolectaron todos los ejemplares presentes en los cafetales y los alrededores, al ascender

altitudinalmente se recolectaron sólo aquellas plantas no observadas con anterioridad. Los ejemplares fueron identificados en la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria de la Universidad Veracruzana y se depositaron en el herbario del Instituto de Investigaciones Biológicas de esta misma Universidad.

2.3.11 Riqueza y diversidad de especies

La riqueza y diversidad de especies se analizó utilizando estimadores no paramétricos, mediante el programa Estimates 7.5 (Colwell, 2004).

2.3.12 Análisis de variables ambientales

Con el fin de explorar la relación entre las especies arbóreas del agroecosistema cafetalero y algunas variables ambientales, se tomaron datos de temperatura y luz por espacio de diez días consecutivos. Las temperaturas se tomaron con termómetros de máxima y mínima del tipo Six, para ello se ubicaron dos termómetros por variante fisonómica. Los termómetros se colocaron en posición vertical a 1.70 m del suelo y orientados al este para que recibieran la luz del sol; para medir la incidencia de luz, se utilizó un medidor EXTECH Easy View 30 light meter, tomando dos registros por finca, en ambos casos se buscó conocer el posible efecto de estas variables en la estructura de la vegetación. Del mismo modo, con base en los datos de Zamora (2007), se analizaron las posibles relaciones entre las características generales de los suelos del área y la estructura de los cafetales. Para tal efecto se utilizó el Análisis de Componentes Principales (PAC) a partir de CANOCO (Ter Brak y Smilauer 2002).

2.4 Resultados

2.4.1 Estructura general de los cafetales

Los agroecosistemas cafetaleros, en la SMS, SAP y del BC a lo largo del gradiente altitudinal estudiado presentan cuatro estratos: 1) herbáceo, 2) arbustivo, 3) arbóreo inferior y 4) arbóreo superior.

El estrato herbáceo en las tres variantes del gradiente casi no existe debido al manejo y a que los suelos presentan gran cantidad de hojarasca, se observaron chile de árbol (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*), bejucos como el barbasco (*Dioscorea composita* Hemsl.), pepino (*Cucumis sativus* L.), tomatillo (*Solanum pimpinellifolium* L.-Mill), frijol (*Phaseolus sp* L.), cuachile (*Capsicum annuum* L.), quelite (*Chenopodium sp*), algunas aráceas, *Ceratozamia sp* y palma camedor (*Chamaedorea sp.*) ésta última introducida a través de programas gubernamentales y el Proyecto Sierra de Santa Marta.

El estrato arbustivo, se encuentra dominado por *Coffea arabica* L. de las variedades mundonovo, robusta, caturra y criolla en la SMS y SAP; en el BC mundonovo, garnica, caturra y criollo; con una marco de plantación de 2.5 m X 2.5 m para algunos casos y de 2.0 X 2.0 para otros. La densidad varía entre 1600 a 2500 plantas ha⁻¹; en este estrato también se encontraron plantas de acuyo (*Piper sanctus* Kunth.) y huilimole (*Heliconia curtispatha* Petersen).

2.4.2 Estructura de los cafetales en la Selva Mediana Subperennifolia

El estrato arbóreo de los cafetales localizados en SMS presenta 17 especies (97 individuos) que constituyen la sombra del cafetal, especialmente *Acosmium panamense* Schott (guayacan), *Byrsonima crassifolia* L. HBK (nanche), *Carica papaya* L. (papaya),

Cecropia obtusifolia Bertol (chancarro), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Chrysophyllum cainito* L. (caimito), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (naranja), *Cojoba arborea* (L.) Brithand Rose (cañamazo), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (solerilla), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex. Walp (cocuite), *Heliocarpus appendiculatus* Turcz (jonote), *Inga jinicuil* Schltdl & Cham (vaina), *Inga vera* Willd (chalahuite), *Pachira aquatica* Aubl (apompo), *Pimenta dioica* (L.) Merrill (pimienta), *Tephrosia sp* (tefrosi) y *Trema micrantha* (L.) Blume (mupi o ixpepe). Sin embargo, el mayor valor de importancia lo presenta *Inga vera*. En el cuadro 1 se puede observar que el porcentaje de importancia de *Inga vera* (52.18), es más del doble que el de *Cordia alliodora* (23.47). Las especies con menor porcentaje de importancia son *Citrus sinensis* (5.46), *Chrysophyllum cainito*(4.32), *Carica papaya* (3.93), *Pachira aquatica* (3.76) y *Tephrosia sp* (3.76).

Con respecto a la cobertura destacan seis especies, *Inga jinicuil* (80.35m²), *Inga vera* (69.29m²), *Byrsonima crassifolia* (68.66m²), *Cordia alliodora* (64.55m²), *Gliricidia sepium* (63.37m²) y *Acosmium panamense* (45.59m²). Es importante mencionar que *Inga jinicuil*, presenta una cobertura mayor con respecto a *Inga vera*, aún cuando su densidad es menor (figura 2). En el estrato arbustivo se encontraron cuatro variedades de *Coffea arabica*, Mundonovo (80.73%), Robusta (8.71%), Caturra (6.42%) y Criolla (4.12%) (Cuadro 4). Adicionalmente, con base en las colectas botánicas se pudieron identificar 20 especies más, es decir, un total de 37 para este tipo de vegetación.

2.4.3 Estructura de los cafetales en la Selva Alta Perennifolia.

La estructura de las fincas muestreadas en la SAP presentó 18 especies (115 individuos) que constituyen la sombra del cafetal. Se encuentran árboles de *Apeiba tibourbou* Aubl. (palo gusano o papachote), *Callophyllum brasiliense* L. (barí), *Citrus*

aurantifolia Swingle (lima), *Citrus sinensis* (naranja), *Coccoloba uvifera* L. (pakum), *Cordia alliodora* (solerilla), *Hirtella triandra* Sw (pucki), *Inga jinicuil* (vaina), *Inga vera* Willd. (chalahuite), *Leucaena leucocephala* (Rose) S. Zárate (guaje), *Luhea speciosa* Willd (kass), *Mangifera indica* L. (mango), *Pimenta dioica* (pimienta), *Spathodea campanulata* Beauv (tulipán de la india), *Spondias mombin* L (jobo), *Swietenia macrophylla* King (caoba), *Trema micrantha* (mupi o ixpepe) y *Vochysia hondurensis* Sprague (corpo). Las especies que presentan mayor porcentaje de importancia son *Inga vera* (51.01), *Apeiba tibourbou* (27.97), *Cordia alliodora* (18.87), *Inga jinicuil* (15.69), *Vochysia hondurensis* (15.62). Las de menor porcentaje de importancia son *Coccoloba uvifera* (3.89), *Citrus aurantifolia* (4.01) y *Swietenia macrophylla* (4.09) (cuadro 2).

Las especies con mayor cobertura son *Apeiba tibourbou* (151.66m²), *Callophyllum brasiliense* (103.86m²), *Luhea speciosa* (77.47m²), *Inga jinicuil* (59.20m²), *Hirtella triandra* (55.41m²) y *Cordia alliodora* (51.54m²) (figura 3). En el estrato arbustivo se encontraron cuatro variedades de café, Mundonovo (79.8%), Caturra (7.5%), Robusta (6.8%) y Criolla (5.9%) (cuadro 4). Con base en la colecta botánica se identificaron 18 especies más, es decir, un total de 36 especies para la selva alta perennifolia.

2.4.4 Estructura de los cafetales en el Bosque Caducifolio

Los cafetales estudiados en el BC presentan 16 especies (133 individuos) en el estrato arbóreo que constituyen la sombra del cafetal. Entre los más importantes se encuentran *Annona reticulata* L. (anona), *Astrocarium mexicanum* Liebm (chocho), *Bursera simaruba* (L) Sarg (mulato), *Cecropia obtusifolia* (chancarro), *Cedrela odorata* (cedro), *Heliocarpus appendiculatus* (jonote), *Hirtella triandra* (pucki), *Inga jinicuil* (vaina), *Inga vera* (chalahuite), *Lonchocarpus guatemalensis* Willd. (gusanillo o palo

blanco), *Pimenta dioica* (pimienta), *Spondias mombin* (jobo). *Tectona grandis* Linn F. (teça) (introducida), *Terminalia sp*, *Trema micrantha* (mupi o ixpepe) y *Vochysia hondurensis* (corpo). En este caso las especies que presentan mayor porcentaje de importancia son *Inga vera* (56.74), *Trema micrantha* (24.56), *Terminalia sp* (11.96), *Inga jinicuil* (10.13) y *Cecropia obtusifolia* (9.95). Aquellas de menor porcentaje de importancia son *Bursera simaruba* (3.88), *Lonchocarpus guatemalensis* (4.47), *Spondias mombin* (5.24) y *Tectona grandis* (5.77) (cuadro 3). Las especies que presentan mayor cobertura son *Annona reticulata* (93.31), *Terminalia sp* (75.89), *Trema micrantha* (55.37) e *Inga vera* (50.75) (figura 4). En el estrato arbustivo se encontraron cuatro variedades de *Coffea arabica*, Caturra (50%), Garnica (28.08%), Criolla (11,23%) y Mundonovo (10.67%) (cuadro 4). Adicionalmente, se identificaron 15 especies más a partir de la colecta botánica para un total de 31 en este tipo de vegetación.

2.4.5 Estructura poblacional de las especies

Con base en la distribución por clases diamétricas de las especies de mayor valor de importancia, se distinguieron diferentes patrones de estructura poblacional. Para la SMS se encontró que *Inga vera* y *Cordia alliodora* presentaron, de acuerdo con (Martínez y Álvarez, 1995)) un patrón tipo II que se caracteriza por mayor frecuencia de individuos intermedios y disminución en los individuos mayores. *Trema micrantha* presenta un patrón tipo III caracterizado por la presencia de individuos pequeños, intermedios y grandes. *Cecropia obtusifolia*, y *Acosmium panamense* no presentaron patrones estructurales definidos (figura 6). Para la SAP *Inga vera* y *Cordia alliodora* (al igual que en la SMS) presentan un patrón tipo II; *Vochysia hondurensis* presenta un patrón tipo III caracterizado por la presencia de individuos pequeños, intermedios y grandes. *Inga jinicuil*, *Apeiba*

tibourbou y no presentan patrones estructurales definidos (figura 7). En el BC *Inga vera*, y *Trema micrantha* e *Inga jinicuil* presentan un patrón tipo II; *Terminalia* sp, y *Cecropia obtusifolia* no presentan un patrón estructural definido (figura 8).

2.4.6 Estructura horizontal

A lo largo del gradiente altitudinal no se observa un patrón definido en la distribución horizontal del estrato arbóreo, la repartición de los árboles en los sitios de muestreo es heterogénea, producto del arreglo topológico que realizan los productores (figura 5).

2.4.7 Composición florística

La composición florística de los 30 sitios analizados está representada por 60 especies arbóreas y 23 herbáceas, pertenecientes a 43 familias diferentes; el estrato arbustivo está formado exclusivamente por los cafetos. Las familias mejor representadas fueron: Mimosaceae (siete especies); Asteraceae (seis); Fabaceae (seis) y Myrtaceae (cuatro) (cuadro 5).

2.4.8 Similitud florística

De acuerdo con el índice de Sørensen, la SMS y el BC presentan una similitud de 20.58% y comparten siete especies, *Cecropia obtusifolia*, *Cedrela odorata*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Inga jinicuil*, *Inga vera*, *Pimenta dioica* y *Trema micrantha*. La SAP y BC tienen una similitud de 20.89%, comparten siete especies, *Hirtella triandra*, *Inga jinicuil*, *Inga vera*, *Pimenta dioica*, *Spondias mombin*, *Trema micrantha* y *Vochysia hondurensis*. La SMS y SAP presentan una similitud de 30.13% y 11 especies en común, *Capsicum annun var. glabriusculum*, *Citrus sinensis*, *Cordia alliodora*, *Eritrina americana*, *Inga*

jinicuil, Inga punctata, Inga semialata, Inga vera, Pimenta dioica, Trema micrantha y *Willardia schiedeana* (cuadro 6).

2.4.9 Especies exclusivas

Las especies exclusivas para la SMS fueron *Acosmium panamense, Alibertia edulis, Byrsonima crassifolia, Calathea macrochlamys, Carica papaya, Chiococca alba, Chrysophyllum cainito, Chrysophyllum mexicanum, Cojoba arborea, Cupania glabra, Eugenia acapulcensis, Eugenia capulli, Gliricidia sepium, Heliconia curtispatha, Malpighia glabra, Sacolia latifolia, Sida acuta, Pachira aquatica, Tephrosia sp* (introducida), *Trichilia havanensis, Vismia camaguey, Zanthoxylum caribaeum* y *Zapoteca sp*. En la SAP se encuentran *Acalypha microstachya, Apeiba tibourbou, Callophyllum brasiliense, Citrus aurantifolia, Cocoloba uvifera, Eupatorium daleoides, Hyptis mutabilis, Leucaena leucocephala, Luhea speciosa, Mangifera indica, Miconia argentea, Montana sp., Rollinia mucosa, Sida cordifolia, Sida rhombifolia, Sinclairia discolor, Spathodea campanulata* (introducida), *Suriana maritima, Swietenia macrophylla, Vanilla planifolia, Vernonia patens, Vochysia hondurensis* y *Xiphidium caeruleum*. Para el BC las especies exclusivas son *Adelobotrys adscendens, Agerantia sp, Allophylus cominia, Annona reticulata, Astrocarium mexicanum, Astronium graveolens, Baltimore recta, Bursera simaruba, Calypttranthes lindeniana, Catasetum integerrimum, Lacistema aggregatum, Liquidambar styraciflua, Lonchocarpus guatemalensis, Ocotea verticillata, Rapanea sp, Tectona grandis* (introducida), *Terminalia sp, Tetrapteryx schiedeana, Thelypteris blanda, Vismia baccifera* y *Zuelania guidonia*.

2.4.10 Variables ambientales

De acuerdo con el análisis exploratorio llevado a cabo con PCA (figura 10), aparentemente la estructura de los agroecosistemas en los tres tipos de vegetación responden a un gradiente de temperatura y luz, las variables que presentaron alta colinearidad son el calcio (Ca), capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO), nitrógeno (N) y el pH, por lo que fueron excluidas del análisis. Las variables ambientales más importantes son temperatura, magnesio (Mg), luz, textura, producción de hojarasca y fósforo (P). En la SMS se formaron, con base en la temperatura, tres grupos ecológicos, *Carica papaya* (3), *Chrysophyllum cainito* (6), *Citrus sinensis* (7), *Byrsonimia crassifolia* (2), *Tephrosia* (16) y *Pachira aquatica* (14) (grupo 1); *Gliricidia sepium* (10), *Cojoba arbórea* (8), *Cedrela odorata* (5) e *Inga jinicuil* (12) (grupo 2); *Heliocarpus appendiculatus* (11), *Acosmium panamense* (1), *Pimenta dioica* (15), *Trema micrantha* (17) y *Cecropia obtusifolia* (4) (grupo 3). Es en este tipo de vegetación donde se registró la temperatura promedio más alta (18.05 ° C). El Mg presenta relación, aunque no muy estrecha con la SAP; los grupos ecológicos que se forman en este caso fueron *Astrocarium mexicanum* (19), *Bursera simaruba* (20), *Lonchocarpus guatemalensis* (23), *Heliocarpus appendiculatus* (24), *Spondias mombin* (29) y *Tectona grandis* (30) (grupo 1); *Cecropia obtusifolia* (21), *Hirtella triandra* (25), *Inga jinicuil* (26), *Vochysia hondurensis* (33), *Cedrela odorata* (22), *Pimenta dioica* (28), *Annona reticulata* (18) y *Terminalia sp* (31) (grupo2). La temperatura promedio para este tipo de vegetación es de 17.85 °C. La fuerte relación que guarda el BC con las variables textura, luz, producción de hojarasca y fósforo permiten la formación de dos grupos ecológicos, *Swietenia macrophylla* (45), *Byrsonimia crassifolia* (36), *Heliocarpus appendiculatus* (39), *Tephrosia* (46), *Bursera simaruba* (35) y

Apeiba tibourbou (34) (grupo 1); *Spathodea campanulata* (44), *Inga jinicuil* (41), *Chrysophyllum cainito* (38), *Cedrela odorata* (37), *Hirtella triandra* (40), *Inga vera* (42) y *Trema micrantha* (47) (grupo 2). En este tipo de vegetación la temperatura promedio registrada fue de 17.4° C. Existe la presencia de especies atípicas, es decir, aquellas que no guardan relación clara con alguna las variables ambientales estudiadas, tal es el caso de *Cordia alliodora* (9), *Inga vera* (27) *Trema micrantha* (32), *Vochysia hondurensis* (48) y, *Leucaena leucocephala* (43). Lo anterior es reflejo del arreglo topológico que realizan los productores al agroecosistema cafetalero.

2.4.11 Riqueza y diversidad de especies

A lo largo del gradiente altitudinal en un área total de 1200 m², se registraron 245 individuos (60 especies arbóreas y 23 herbáceas). La mayor riqueza de especies (44,5%) se presentó en la SMS.

Las curvas de acumulación de especies muestran pequeñas diferencias, de tal manera que se puede observar que la, que representa a las especies observadas toma una forma asíntota a partir del sitio 29, mientras que la segunda indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente a partir del sitio 22 (figura 9).

El cálculo de los valores de diversidad biológica se baso en tres índices proporcionados por Estimates (Colwell, 2004), tanto los índices de Fisher como el de Simpson dieron valores muy similares, de hecho en ambos casos, los sitios dos y tres de la SMS fueron los más diversos del gradiente altitudinal; por otro lado ambos índices señalaron a los sitios 12 y 13 como los más diversos de la SAP; para el caso del BC estos mismos índices señalan a los sitios 21 y 22 como los más diversos, Sin embargo, la desviación estándar en ambos casos, aunque disminuyó al aumentar la intensidad de

muestreo, fue siempre mayor a la que presentó el índice de Shannon . Los valores de diversidad que se registraron con este último índice fueron diferentes, así, en la SMS el valor más alto lo presentó el sitio 10, mientras que en la SAP los sitios con mayores índices de diversidad biológica lo fueron el 11 y el 20; finalmente, en el BC los sitios que presentaron los valores más altos de diversidad biológica fueron 29 y 30; esto último coincidió con los datos de estructura basados en los porcentajes de importancia (cuadro 7).

2.5 Discusión

2.5.1 Estructura de los cafetales

La estructura arbórea del gradiente estudiado muestra poca riqueza de especies, se encontraron en total 60, de la cuales 37 estuvieron presentes en la SMS, 36 en la SAP y 31 en el BC. La estructura de los agroecosistemas cafetaleros de Ocotac Chico, sigue patrones tradicionales como los observados por Perfecto *et al*, 1996, es decir, se intercalan los estratos herbáceo y arbustivo (café); árboles frutales en el estrato arbóreo inferior y el estrato arbóreo superior formado por árboles maderables.

El estrato arbustivo se encuentra dominado por *Coffea arabica* de las variedades mundonovo, robusta, caturra y criolla en la SMS y SAP; en el BC mundonovo, garnica, caturra y criollo, las plantaciones presentan variación en la distancia entre plantas (2.5m X 2.5m y 2.0m X 2.0m), esto se debe a las condiciones del terreno; lo que coincide con lo reportado por Franco (2007). Los cafetales que se localizan a baja altitud y cerca de la comunidad tienen mejor manejo, lo que se refleja en mayor circulación del aire, se facilita la entrada de luz solar y favorece el desarrollo aéreo y radicular (Villaseñor L., 1987; Castillo P. *et al*, 1997; Snoeck y Lambot, 2004).

La riqueza de especies arbóreas (17) de los agroecosistemas cafetaleros de Ocotál Chico, localizados en SMS es 87 % menor que la reportada por Godínez Ibarra y López Mata (2002), para tres muestras del mismo tipo de vegetación en Santa Gertrudis, Veracruz, estos autores registraron en tres estratos 131 especies, 50 fueron comunes a las tres parcelas y 31 se registraron en una sola. Del mismo modo, el estrato arbóreo estudiado presenta 74.2 % menos riqueza que lo reportado por Villavicencio y Valdez (2003), para una Selva Mediana Subperennifolia (SMSP) del centro de Veracruz, utilizada para la producción de café.

En promedio se encontraron 34.6 especies en cada uno de los tipos de vegetación estudiados, lo que coincide con lo reportado por Gould *et al* (2006), quienes encontraron un promedio de 35 especies en selvas medianas de Puerto Rico.

La presencia de *Inga vera* en los 30 sitios de muestreo, es un indicador del manejo que dan los productores de la zona a las especies arbóreas en este agroecosistema, esto contrasta con lo reportado por Trejo (2005), en un análisis de la diversidad (β) en 20 sitios de la selva baja caducifolia en México, donde no hay una sola especie que domine en todos los sitios que analizó.

2.5.2 Estructura horizontal

La estructura horizontal de los tres tipos de vegetación es semejante, la importancia estructural de *Inga vera* fue notoria en todas las fincas muestreadas del agroecosistema cafetalero de Ocotál Chico, su presencia se atribuye a disturbios antropógenos, ya que los pobladores de la zona, han realizado durante décadas el arreglo topológico de las fincas cafetaleras. Lo anterior coincide con lo reportado por Sánchez *et al* (2003), en la estructura y composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de

montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco, donde *Styrax radians* tuvo una importancia estructural notoria. En el agroecosistema cafetalero de Ocotál Chico, el 80 % de las especies arbóreas en las fincas presentan una distribución al azar, solamente el 20 % tiene una distribución uniforme, lo que es resultado del arreglo topológico que realizan los productores de la zona (figura 5).

2.5.3 Composición florística

Las especies de los 30 sitios analizados a lo largo del gradiente altitudinal en los tres tipos de vegetación, pertenecen a 43 familias, las mejor representadas fueron Mimosaceae, Asteraceae, Fabaceae y Myrtaceae. Esto coincide con lo encontrado por Sánchez *et al* (2003), para un bosque caducifolio, donde las familias mejor representadas fueron Lauraceae, Solanaceae, Leguminosae, Moraceae, Fagaceae y Asteraceae. Por otra parte, López- Gómez *et al* (2007), reportan a Asteraceae y Myrtaceae, como las familias mejor representadas en cafetales del centro de Veracruz.

2.5.4 Similitud florística

En los agroecosistemas cafetaleros estudiados los índices de similitud florística son bajos; para las selvas y el bosque caducifolio estos valores fluctuaron entre 20.58 % y 20.89 %, respectivamente; mientras que para ambos tipos de selvas la similitud fue de 30.13 %, lo anterior es producto del efecto antropogéno, debido seguramente a la cercanía de las fincas con la comunidad y al arreglo topológico que en los últimos años han realizado los productores de la zona. Esto indicaría una alta tasa de reemplazo, por lo tanto una elevada diversidad β . Lo que contrasta con lo reportado por Villavicencio y Valdez (2003), quienes encontraron 58 % de similitud florística y 42 % de especies distintas para la SMSP y SAF rusticano de café. Estos mismos autores encontraron mayor equidad entre los

porcentajes de importancia, en la estructura arbórea de cafetales rusticanos localizados en la SMSP en San Miguel, Veracruz, lo cual contrasta con nuestro caso, ya que en las tres fisonomías del gradiente altitudinal estudiado, *Inga vera* es la especie con mayor porcentaje de importancia. La similitud florística promedio fue de 11.9%, más del doble de lo registrado por Guiracocha *et al* (2001) citado por Villavicencio y Valdez (2003), para un Bosque Húmedo Tropical y un Sistema Agroforestal (SAF) tradicional de cacao con sombra, donde se comparten sólo 5% de especies arbóreas. Del mismo modo, Godínez Ibarra y López Mata (2002), reportan una similitud intermedia con bajo número de especies compartidas, en la estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia.

2.5.5 Estructura de poblaciones

Las especies estructuralmente más importantes en los tres tipos de vegetación del gradiente altitudinal estudiado son *Inga vera*, *Cordia alliodora* y *Trema micrantha*, presentaron un patrón estructural tipo II que se caracteriza por mayor frecuencia de individuos intermedios y disminución en los individuos mayores, la presencia de este patrón sugiere la existencia de áreas con disturbios que se encuentran en la fase avanzada de llenado de claros (Martínez Ramos y Álvarez Buylla, 1995). De acuerdo con López-Gómez *et al* (2007), no existen diferencias estructurales importantes entre los agroecosistemas de policultivos, que ellos estudiaron y la estructura poblacional de los agroecosistemas de Ocotil Chico, ya que aparentemente el interés de los productores se centra en la composición de especies, más que en lograr incrementos en DAP, altura o área basal; del mismo modo encontraron que *Inga vera* es la especie más abundante, sin embargo también lo son frutales como *Citrus spp*, *Mangifera indica*, *Psidium guajava* y

Persea schiedeana, esto coincide con este estudio ya que en las tres fisonomías del gradiente altitudinal estudiado (la SMS, SAP y BC) la especie dominante es *Inga vera*, no sólo por presentar el mayor densidad, sino también por sus altos porcentajes de importancia; lo anterior se debe a que los productores consideran a esta especie como un árbol de uso múltiple, no pierde su follaje durante el estiaje, proporciona leña y presenta una mayor cobertura, aunque esto no coincide con los valores medidos en campo, ya que *Byrsonima crassifolia* (L.) HBK, *Cordia alliadora*, *Inga jinicuil* Schltld. & Cham, *Luhea speciosa* Wild. y *Trema micrantha* (L.) Blume, entre otras, presentan una mayor cobertura pero con una menor densidad de población. Por otro lado, los productores han observado empíricamente que donde predomina el chalahuite la producción de café puede ser de mayor calidad y cantidad. La estructura poblacional que presenta *Cordia alliadora* (solerilla), es producto de la utilidad que le dan los productores de la zona, ya que las clases diamétricas grandes son utilizadas para la obtención de madera que es ocupada para la construcción de casas. La estructura poblacional de *Vochysia hondurensis* refleja la preferencia de los productores por una clase diamétrica, ya que esta madera la utilizan para la obtención de tablas.

2.5.6 Variables ambientales

Para el gradiente altitudinal estudiado, los valores de temperatura, muestran escasa diferencia, la temperatura promedio más alta (18.5 °C), se registró en la SMS, tanto en la SAP y como en el BC se registraron valores muy similares (17.8 °C y 17.4°C). Estos resultados coinciden con lo reportado por Carvajal (1984), quien menciona que las condiciones ideales de temperatura para lograr un óptimo desarrollo de *Coffea arabica* oscilan entre los 17 a 23° C.

La estructura de los tres tipos de vegetación responde aparentemente a un gradiente de temperatura y luz, que a su vez forma parte de un gradiente más complejo que es función de la altitud, es decir, la combinación de suelo y sus diferentes características, la humedad ambiental y la velocidad del viento, entre otras. En el caso del suelo Trejo (2005,) encontró para las selvas bajas caducifolias una correlación negativa entre el P total y la diversidad biológica, contrario a ello, en este trabajo se encontró que el P guarda una relación aparentemente más estrecha con una mayor diversidad (figura 10)

2.5.7 Riqueza y diversidad de especies

La curva de acumulación de especies observada no alcanzó la asíntota lo que indicaría que el esfuerzo de muestreo no fue suficiente, sin embargo, la curva de acumulación para los valores observados si presenta asíntota, lo que indicaría que se tiene representado el inventario de árboles del gradiente estudiado. De acuerdo con Villareal *et al*, 2004, si los valores de los estimadores y aquellos observados tienen un comportamiento similar, entonces el esfuerzo de muestreo fue suficiente, lo mismo sucedió con las curvas de singeltons (especies raras) y doubletons (especies que se encuentran con uno o dos individuos) de hecho en el caso de estos últimos la curva desciende, lo que indica que el inventario de especies es suficiente. Al comparar los resultados de los estimadores ACE, JACK 2 y CHAO 2 el comportamiento de las curvas es muy similar, lo que confirma que el esfuerzo de muestreo fue adecuado. Estos estimadores son algunos de los recomendados por Chadzon *et al* (1998).

CONCLUSIONES

La estructura arbórea del agroecosistema cafetalero de Ocotál Chico es más simple (60 especies) comparada con otros tipos de vegetación y agroecosistemas similares, debido

al manejo que le dan los productores. En los tres tipos de vegetación estudiados a lo largo del gradiente altitudinal la especie dominante es *Inga vera*. Existen especies maderables con potencial para diversificar productivamente el cafetal, entre ellas *Acosmium panamense*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Trema micrantha* y *Vochysia hondurensis* en el estrato arbóreo superior; en el estrato arbóreo inferior, *Carica papaya*, *Chrysophyllum cainito*, *Citrus sinnensis*, *Inga jinicuil*, *Pimenta dioica*, *Spondias Bombin* y *Byrsonima crassipholia* que pueden aportar frutos para venta y autoconsumo. Del mismo modo en el estrato herbáceo pueden ser aprovechadas algunas especies de hortalizas como *Capsicum annuum var. annuum*, *Chenopodium sp*, , *Cucumis sativus*, *Solanum pimpinellifolium* además de algunas aráceas, *Chamaedorea sp* y *Ceratozamia sp* que tienen posibilidades ornamentales.

El estrato arbustivo debe conservar los cafetos, manteniendo un marco de plantación de 2.5m X 2.5m para permitir una mayor circulación del aire y facilitar la entrada de la luz solar, esto favorecerá el desarrollo de las plantas y se puede lograr mayor rendimiento y calidad en el café.

Los valores de similitud florística para las tres fisonomías del gradiente altitudinal es producto del arreglo topológico del productor. *Inga vera* es la especie con mayor porcentaje de importancia.

A pesar de los cambios estructurales que presentan los agroecosistemas cafetaleros de Ocotol Chico, se observan patrones estructurales y florísticos que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, prueba de ello son las altas tasas de reemplazo entre tipos de vegetación lo que se refleja en una alta diversidad β . Sin embargo, es preciso realizar

estudios que planteen alternativas de manejo y aprovechamiento de los recursos bióticos y abióticos, con la participación activa de los pobladores.

De acuerdo con el índice de diversidad de Shannon y los porcentajes de importancia, los agroecosistemas más diversificados se encuentran en el bosque caducifolio.

LITERATURA CITADA

Bartra A. 2003. Cosechas de ira. Economía política de la contrarreforma agraria. Editorial Itaca. 1era. Edición. México D.F. 131 pp

Castillo P. G., Contreras J. A., Zamarripa C. A., Méndez L. I., Vázquez M.M., Holguín M. F. y Fernández R. A. 1997. Tecnología para la producción de café en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Xalapa. SAGAR. Fundación Produce. 90 pp.

Carvajal J. F. 1984. Cafeto-Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. 2da. Edición, Berna. Suiza. 254 pp.

Chao A., Chazdon R.L., Colwell R. K. y Shen T.J. 2004. Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. En: Halffter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic (Eds.). Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades α , β y γ . Sociedad Entomológica Aragonesa. CONABIO. Diversitas. CONACYT. Zaragoza, España. pp 85-96.

- Chazdon R. L., Colwell R. K., Denslow J. S. y Guariguata M. R. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forest of northeastern Costa Rica. En: Dallmeier, F., and J. Comisky (Eds.). *Forest Biodiversity in North, Central, and South America and the Caribbean: Research and Monitoring*. Parthenon Press. Paris. pp 285-309
- Chiarucci A., Enright N.J., Perry G.I., Miller B.P. y Lamont B.B. 2003. Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and Distributions*. **9**: 283-295
- Colwell R. K. 2004 *Estimates 7.5*. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. University of Connecticut, Storrs, CT. U. S. A.
- Cruz L., Lorenzo C., Naranjo E. y Ramírez N. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales de las cañadas de la selva lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* **20(1)**: 63-81.
- Franco D. S. 2007. Los agroecosistemas cafetaleros de Ocotal Chico, Municipio de Soteapan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. México. 61pp.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios, S.A. Cuarta edición. México, D. F. 217 pp.
- Geissert P. D., Moreno-Casasola P., Palacio-Prieto J. L. y López-Portillo J. 2004. Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en la zona costera del este de México. *Investigaciones Geográficas* **52**: 31-52.

- Godínez I. O y López M. L. 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**: 283 – 314.
- González M. F. 2003. Proyecto Sierra de Santa Marta, A.C. Cultivando para el mañana. Grupo de Campesinos Popolucas de Ocotál Chico, San Pedro Sotéapan, Veracruz. 96 pp.
- Gould W. A., González G. y Guerrero Rivera G. 2006. Structure and composition of vegetation along an elevational gradient in Puerto Rico. *Journal of Vegetation Science* **17**: 653-664,
- Guevara S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos 2004. Los Tuxtlas. El Paisaje de la Sierra. Instituto de Ecología, A. C. Unión Europea. Xalapa, Ver. 228 pp.
- López Gómez A.M., Williams Linera G. y Manzon R.H. 2007. Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms Veracruz, México. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **124**: 160-172.
- López Gómez A.M. y Williams Linera G. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **78**: 7-15
- Miranda F. y Hernández X. E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. En: Anónimo (Comp). Xolocotzia Tomo I. *Revista de Geografía Agrícola*. Chapingo, México 41 -162.

- Moguel P. y Toledo V. M. 1996. El Café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* **43**: 40-51 México.
- Moguel P. y Toledo V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* **13**(4): 11-21.
- Moreno C. E. 2001 Manual de métodos para medir la biodiversidad. Textos universitarios Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 49 pp.
- Mueller-Dombois D. y Ellenberg H. 1974 Aims and methods of vegetation ecology. Wiley, Nueva York. 547 pp.
- Perfecto I., Rice R., Greenberg R. y Van der Voort M. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, **46**(8): 598-608.
- Sánchez R. E. V., López Mata L. García Moya E. y Cuevas Guzmán R. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la sierra de Manantlán Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **73**: 17-34.
- Scheaffer R. L., Mendenhall W. y L. Ott. 1987. Elementos de muestreo. Grupo editorial Iberoamérica. México, D. F. 321 pp.
- Snoeck J. y Lambot Ch. 2004. Crop maintenance. En: Wintgens, J. N. (Edit.). Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders and researchers. Wiley-VCH. Dramstadt. Germany, pp. 246-307.
- Ter Brak, C. J. y Smilauer P. 2002. Canoco 4.5. Reference manual and user's guide for Canonical Community Ordination Microcomputer Power. Ithaca, Nueva York. USA. 500 pp.

- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. En: Halffter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic (Eds.). Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades α , β y γ . Sociedad Entomológica Aragonesa. CONABIO. Diversitas. CONACYT. Zaragoza, España. pp 111-122.
- Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua. F. Gast. H. Mendoza, M. Ospina y A. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt. Bogotá. 236 pp.
- Villaseñor L., A.1987. Manejo de cafetales. *En*: Colín A. (Edit). Cafeticultura moderna en México. pp.167-197.
- Villavicencio E. L. y Valdez H. J. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticado de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*: **37** (004): 413-423. México.
- Zamora M. P. 2007. Producción de hojarasca y materia orgánica en los agroecosistemas cafetaleros de Ocotil Chico, Veracruz. Tesis de Técnico Superior Universitario. Universidad Veracruzana. México. 43 pp.

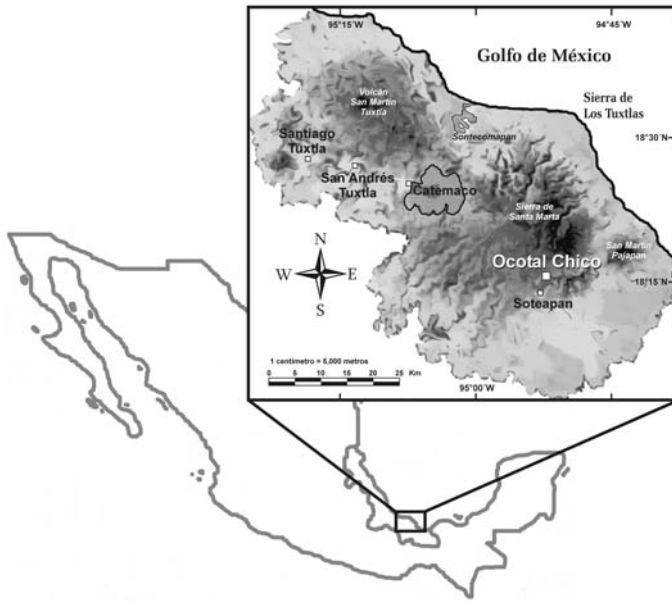


Figura 1.-Localización del área de estudio

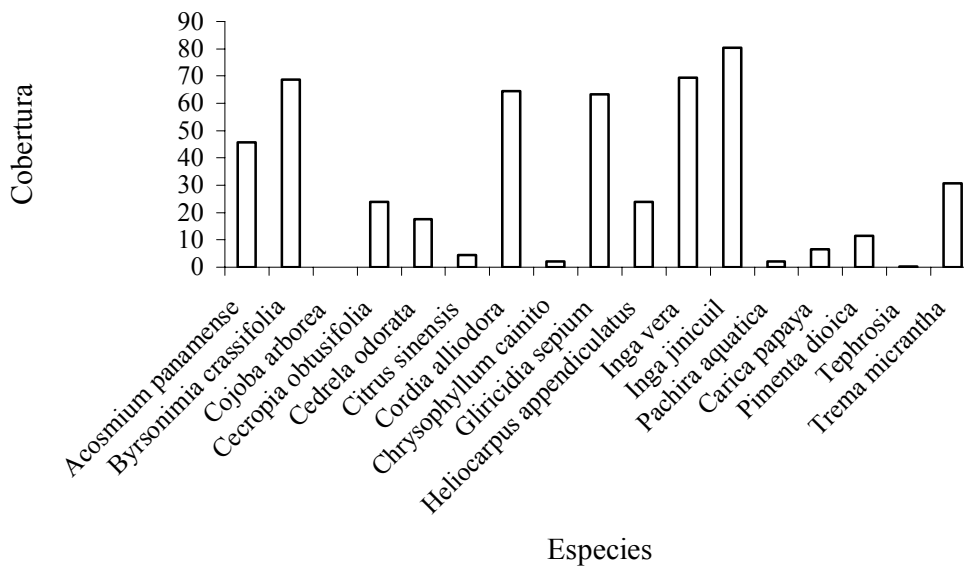


Figura 2.- Cobertura de especies arbóreas en cafetales localizados entre 450 y 600 msnm en Ocotal Chico Soteapan, Ver.

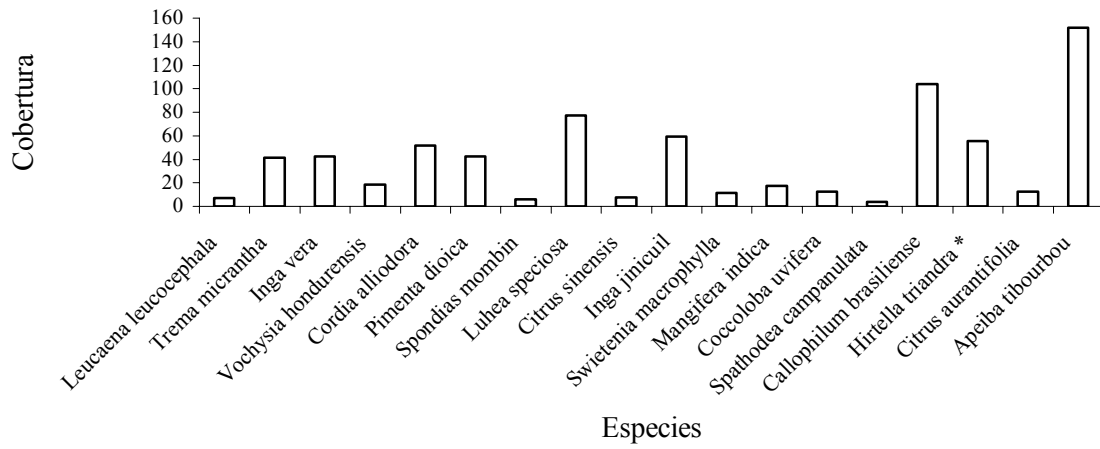


Figura 3.- Cobertura de especies arbóreas en cafetales localizados entre >600 y 800 msnm en Ocotal Chico Soteapan, Ver.

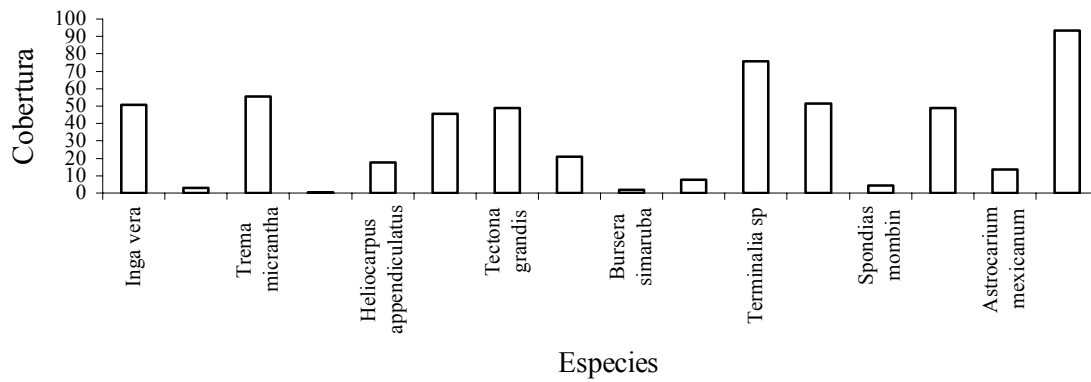


Figura 4.- Cobertura de especies arbóreas en cafetales localizados entre >800 y 1000 msnm en Ocotal Chico Soteapan, Ver.

Cuadro 1- Estructura arbórea de cafetales localizados en la Selva Mediana Subperennifolia (entre los 450 y 600 msnm) en Ocotál Chico Sotéapan, Ver.

Especie	No. de individuos	Área basal	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de Importancia	Porcentaje de Imp.
<i>Inga vera</i>	45	261.74	0.46	1	0.10	1.56	52.18
<i>Cordia alliodora</i>	11	234.32	0.11	0.5	0.09	0.70	23.47
<i>Cecropia obtusifolia</i>	5	263.59	0.05	0.3	0.10	0.45	15.12
<i>Trema micrantha</i>	7	157.73	0.07	0.3	0.06	0.43	14.44
<i>Acosmium panamense</i>	3	218.16	0.03	0.3	0.08	0.41	13.85
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	3	333.29	0.03	0.2	0.12	0.36	12.00
<i>Pimenta dioica</i>	4	44.76	0.04	0.3	0.01	0.35	11.95
<i>Cedrela odorata</i>	3	245.13	0.03	0.2	0.09	0.32	10.86
<i>Cojoba arborea</i>	2	0.125	0.02	0.3	0.00	0.32	10.68
<i>Inga jinicuil</i>	4	176.71	0.04	0.2	0.06	0.30	10.32
<i>Gliricidia sepium</i>	2	188.69	0.02	0.2	0.07	0.29	9.79
<i>Byrsonima crassifolia</i>	1	283.52	0.01	0.1	0.11	0.22	7.34
<i>Citrus sinensis</i>	3	84.94	0.03	0.1	0.03	0.16	5.46
<i>Chrysophyllum cainito</i>	1	50.26	0.01	0.1	0.01	0.12	4.32
<i>Carica papaya</i>	1	19.63	0.01	0.1	0.00	0.11	3.93
<i>Pachira aquatica</i>	1	7.06	0.01	0.1	0.00	0.11	3.76
<i>Tephrosia sp</i>	1	7.06	0.01	0.1	0.00	0.11	3.76

Área de referencia 4000 m² (10 sitios de muestreo de 400 m²)

Cuadro 2- Estructura arbórea de cafetales localizados en la Selva Alta Perennifolia (entre > 600 a 800 msnm) en Ocotál Chico Sotepán, Ver.

Especie	No. de individuos.	Altura promedio	Área basal	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de importancia	Porcentaje de Importancia.
<i>Inga vera</i>	59	14.44	376.10	0.51	1	0.01	1.53	51.01
<i>Apeiba tibourbou</i>	2	18	15614.54	0.01	0.1	0.72	0.83	27.97
<i>Cordia alliodora</i>	15	23.93	776.01	0.13	0.4	0.03	0.56	18.87
<i>Inga jinicuil</i>	5	15.6	589.64	0.04	0.4	0.02	0.47	15.69
<i>Vochysia hondurensis</i>	7	9.55	173.36	0.06	0.4	0.00	0.46	15.62
<i>Pimenta dioica</i>	4	10.5	226.98	0.03	0.3	0.01	0.34	11.50
<i>Citrus sinensis</i>	3	7.83	263.98	0.02	0.3	0.01	0.33	11.27
<i>Trema micrantha</i>	3	8.16	143.13	0.02	0.3	0.00	0.33	11.09
<i>Luhea speciosa</i>	3	12.66	732.21	0.02	0.2	0.03	0.25	8.66
<i>Spondias mombin</i>	2	5	78.54	0.01	0.2	0.00	0.22	7.36
<i>Hirtella triandra</i>	1	26	1017.87	0.00	0.1	0.04	0.15	5.19
<i>Callophilum brasiliense</i>	1	35	855.30	0.00	0.1	0.03	0.14	4.94
<i>Leucaena leucocephala</i>	3	6.16	34.90	0.02	0.1	0.00	0.12	4.25
<i>Swietenia macrophylla</i>	2	6	116.89	0.01	0.1	0.00	0.12	4.09
<i>Mangifera indica</i>	1	7.5	295.59	0.00	0.1	0.01	0.12	4.07
<i>Citrus aurantifolia</i>	2	4.5	63.61	0.01	0.1	0.00	0.12	4.01
<i>Coccoloba uvifera</i>	1	6	176.71	0.00	0.1	0.00	0.11	3.89
<i>Spathodea campanulata</i>	1	5	95.03	0.00	0.1	0.00	0.11	3.76

Área de referencia 4000 m² (10 sitios de muestreo de 400 m²)

Cuadro 3.- Estructura vegetal de cafetales localizados en el Bosque Caducifolio (entre >800 a 1000 msnm) en Ocotál Chico Sotéapan, Ver.

Especie	No. de individuos.	Altura promedio	Área basal	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de Importancia	Porcentaje de importancia
<i>Inga vera</i>	86	11.85	351.52	0.64	1	0.05	1.70	56.74
<i>Trema micrantha</i>	11	12.36	341.87	0.08	0.6	0.05	0.73	24.56
<i>Terminalia sp</i>	2	31	1541.34	0.01	0.1	0.24	0.35	11.96
<i>Inga jinicuil</i>	6	13.5	373.25	0.04	0.2	0.05	0.30	10.13
<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	14.66	481.75	0.02	0.2	0.07	0.29	9.95
<i>Vochysia hondurensis</i>	5	14.28	264.75	0.03	0.2	0.04	0.27	9.31
<i>Hirtella triandra</i>	3	12	838.10	0.02	0.1	0.13	0.25	8.50
<i>Cedrela odorata</i>	4	4.2	46.86	0.03	0.2	0.00	0.23	7.91
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	2	6.9	95.03	0.01	0.2	0.01	0.23	7.66
<i>Pimienta dioica</i>	2	6	94.17	0.01	0.2	0.01	0.22	7.66
<i>Anona reticulata</i>	1	20	764.53	0.00	0.1	0.12	0.22	7.61
<i>Tectona grandis</i>	1	6	415.47	0.00	0.1	0.06	0.17	5.77
<i>Astrocarium mexicanun</i>	1	5	314.16	0.00	0.1	0.04	0.15	5.24
<i>Spondias mombin</i>	1	5.8	314.16	0.00	0.1	0.04	0.15	5.24
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	3	4.5	73.39	0.02	0.1	0.01	0.13	4.47
<i>Bursera simaruba</i>	2	2.75	8.814	0.01	0.1	0.00	0.11	3.88

Área de referencia 4000 m² (10 sitios de muestreo de 400 m²)

Cuadro 4.- Variedades de café localizados en Ocotál Chico, Sotéapan, Ver.

SMS		SAP		BC	
Variedades	%	Variedades	%	Variedades	%
Mundonovo	80.73	Mundonovo	79.8	Mundonovo	10.67
Caturra	6.42	Caturra	7.5	Criollo	11.23
Robusta	8.71	Robusta	6.8	Garnica	28.08
Criolla	4.12	Criolla	5.9	Caturra	50

Cuadro 5.- Composición florística de los agroecosistemas cafetaleros de Ocotál, Chico, Sotepán, Ver.

No. de registro	Familia	Nombre científico	Autor	Localización
GCC072	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Jacq.	BC
GCC026	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	L.	SAP
GCC021	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	L.	SAP-BC
GCC061	Annonaceae	<i>Annona reticulata</i>	L..	BC
GCC031	Annonaceae	<i>Rollinia mucosa</i>	Baill	SAP
GCC070	Asteraceae	<i>Agerantia</i> sp.		BC
GCC073	Asteraceae	<i>Baltimorea recta</i>	L.	BC
GCC057	Asteraceae	<i>Eupatorium daleoides</i>	(DC.) Hemsl.	SAP
GCC060	Asteraceae	<i>Montana</i> sp.		SAP
GCC064	Asteraceae	<i>Sinclairia discolor</i>	Hook. & Arn.	SAP
GCC067	Asteraceae	<i>Vernonia patens</i>	Kunth	SAP
GCC029	Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	Beauv.	SAP
GCC016	Bombacaceae	<i>Pachira aquatica</i>	Aubl.	SMS
GCC002	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	(Ruiz & Pav.) Oken	SMS-SAP
GCC035	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	(L.) Sarg.	BC
GCC015	Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	L.	SMS
GCC003	Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Bertol.	SMS-BC
GCC022	Chrysobalanaceae	<i>Hirtella triandra</i>	Sw	SAP-BC
GCC040	Clusiaceae	<i>Vismia camaguey</i>		SMS
GCC082	Clusiaceae	<i>Vismia baccifera</i>	(L.) Triana. & Planch.	BC
GCC030	Combretaceae	<i>Terminalia</i> sp.	L.	BC
GCC056	Euphorbiaceae	<i>Acalypha microstachya</i>	Benth.	SAP
GCC005	Fabaceae	<i>Acosmium panamense</i>	Schott	SMS
GCC055	Fabaceae	<i>Erithrina americana</i>	Mill.	SMS-SAP
GCC011	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	(Jacq.) Kunth ex Walp.	SMS
GCC034	Fabaceae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Benth.	BC
GCC017	Fabaceae	<i>Tephrosia</i> sp.		SMS
GCC051	Fabaceae	<i>Willardia schiedeana</i>	(Schltdl.) F. J. Herm	SMS-SAP
GCC076	Flacourtiaceae	<i>Lacistema aggregatum</i>	(Berg) Rusby.	BC
GCC083	Flacourtiaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	(Sw.) Britton & Millsp.	BC
GCC023	Guttiferaceae	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	L.	SAP
GCC068	Haemodoraceae	<i>Xiphidium caeruleum</i>	Aubl.	SAP
GCC077	Hamamelidaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i>	L.	BC
GCC050	Heliconiaceae	<i>Heliconia curtispatha</i>	Petersen	SMS
GCC058	Labiataceae	<i>Hyptis mutabilis</i>	(Rich.) Briq.	SAP
GCC078	Lauraceae	<i>Ocotea verticillata</i>	Rohwer	BC
GCC012	Malpigaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	(L) HBK	SMS
GCC046	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	L.	SMS
GCC080	Malpighiaceae	<i>Tetrapteryx schiedeana</i>	Schdl. Cham	BC
GCC054	Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	Burm.f.	SMS
GCC062	Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>	L.	SAP
GCC063	Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	L.	SAP

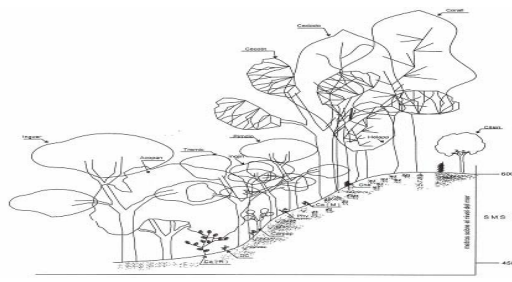
GCC049	Maranthaceae	<i>Calathea macrochlamys</i>	Woodson & Standley	SMS
GCC069	Melastomataceae	<i>Adelobotrys adscendens</i>	(Sw.) Triana	BC
GCC059	Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	(Sw.) DC.	SAP
GCC008	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	L.	SMS-BC
GCC025	Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	King	SAP
GCC053	Meliaceae	<i>Trichilia havanensis</i>	Jacq.	SMS
GCC038	Mimosaceae	<i>Zapoteca</i> sp.		SMS
GCC009	Mimosaceae	<i>Cojoba arborea</i>	(L.) Brithand Rose	SMS
GCC010	Mimosaceae	<i>Inga jinicuil</i>	Schltl. & Cham.	SMS-SAP-BC
GCC042	Mimosaceae	<i>Inga punctata</i>	Willd.	SMS-SAP
GCC041	Mimosaceae	<i>Inga semialata</i>	(Veil Conc.) C. Martius	SMS-SAP
GCC001	Mimosaceae	<i>Inga vera</i>	Willd.	SMS-SAP-BC
GCC024	Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	(Rose) S. Zárate	SAP
GCC079	Myrsinaceae	<i>Rapanea</i> sp.		BC
GCC074	Myrtaceae	<i>Calyptranthes lindeniana</i>	O. Berg.	BC
GCC037	Myrtaceae	<i>Eugenia acapulcensis</i>	Steud.	SMS
GCC039	Myrtaceae	<i>Eugenia capulli</i>	Schltl.	SMS
GCC007	Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i>	(L.) Merrill	SMS-SAP-BC
GCC075	Orchidaceae	<i>Catasetum integerrimum</i>	Hook.	BC
GCC036	Orchidaceae	<i>Sacolia latifolia</i>	A. Rich	SMS
GCC066	Orchidaceae	<i>Vanilla planifolia</i>	G. Jackson	SAP
GCC033	Palmae	<i>Astrocaryum mexicanum</i>	Liebm	BC
GCC028	Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>	L.	SAP
GCC052	Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	(Rich.) A. Rich.	SMS
GCC045	Rubiaceae	<i>Chiococca alba</i>	L.	SMS
GCC027	Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i>	Swingle	SAP
GCC013	Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	(L) Osbeck	SMS-SAP
GCC044	Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	Lam.	SMS
GCC071	Sapindaceae	<i>Allophylus cominia</i>	(L.) Sw.	BC
GCC048	Sapindaceae	<i>Cupania glabra</i>	Sw.	SMS
GCC043	Solanaceae	<i>Capsicum annum</i> Var. <i>glabriusculum</i>	(Dunal) Heiser & Pickersgill	SMS-SAP
GCC014	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	L.	SMS
GCC047	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Brandege & Standl.	SMS
GCC065	Surianaceae	<i>Suriana maritima</i>	L.	SAP
GCC081	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris blanda</i>	(Fee) Reed	BC
GCC018	Tiliacidae	<i>Apeiba tibourbou</i>	Aubl.	SAP
GCC006	Tiliacidae	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Turcz.	SMS-BC
GCC020	Tiliaceae	<i>Luhea speciosa</i>	Wild.	SAP
GCC004	Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	(L.) Blume	SMS-SAP-BC
GCC032	Verbenaceae	<i>Tectona grandis</i>	Linn F.	BC
GCC019	Vochysiaceae	<i>Vochysia hondurensis</i>	Sprague	SAP-BC

Cuadro 6.- Índice de similitud de Sørensen

Comunidades	Especies comunes	Similitud (%)
SMS y BC	7	20.58%
SAP y BC	7	20.89%
SMS y SAP	11	30.13%

Cuadro 7.- Índices de diversidad biológica encontrados en los agroecosistemas cafetaleros de Ocotal, C

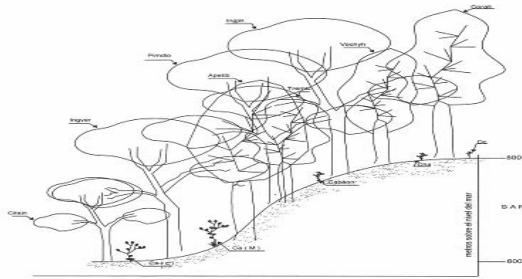
EstimateS (Version 7.5.2), Copyright R. K. Colwell: http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates												
Diversity Output from Input File: Biodiversidadcafeales												
Samples	Individuals	Sobs	Singletons	Doubletons	ACE Mean	Chao 2	Jack 1	Jack 2	Alpha	Alpha SD	Shannon	Shannon SD
1	7.27	7.27	7.14	0	33	32.6	7.14	0	43376	894610	1.89	0.3
2	14.53	12.73	10.36	1.7	60	32.72	17.24	17.24	57.78	54.07	2.42	0.2
3	21.8	17.53	13.94	1.98	72	55.77	26.37	30.69	43.98	24.78	2.73	0.2
4	29.07	21.76	16.04	3.38	76	55.74	32.85	39.74	40	17.43	2.9	0.2
5	36.33	25.51	18.4	4.34	83	60.68	39.38	48.47	39.35	14.22	3.04	0.2
6	43.6	28.85	19.78	5.76	82	59.72	44.66	54.78	37.72	11.61	3.15	0.1
7	50.87	31.83	20.74	7	84	62.7	48.9	59.54	36.9	10.07	3.23	0.1
8	58.13	34.5	20.74	8.14	81	58.58	51.45	61.77	34.83	8.56	3.28	0.1
9	65.4	36.9	21.26	9.28	81	58.87	54.88	65.1	34.71	7.81	3.35	0.1
10	72.67	39.06	21.24	10.4	81	58.69	57.22	66.81	34.17	7.13	3.39	0.1
11	79.93	41.01	21.7	11.02	65	60.88	60.21	69.85	34.12	6.67	3.44	0.1
12	87.2	42.79	21.48	11.28	65	61.15	61.75	71.1	33.19	6.11	3.47	0.
13	94.47	44.4	21.56	11.68	66	62.7	63.96	73.15	33.02	5.76	3.51	0.0
14	101.73	45.87	21.4	12.2	66	62.94	65.63	74.32	32.7	5.43	3.53	0.0
15	109	47.23	21.18	12.5	66	63.72	66.97	75.26	32.4	5.16	3.56	0.0
16	116.27	48.47	20.88	12.26	66	64.81	68.02	76.27	31.9	4.88	3.58	0.0
17	123.53	49.67	20.76	12.58	67	65.98	69.52	77.43	31.83	4.69	3.6	0.0
18	130.8	50.66	20.36	12.66	68	66.66	70.39	77.9	31.48	4.48	3.62	0.0
19	138.07	51.65	19.58	12.48	67	66.27	70.35	77.32	30.61	4.22	3.63	0.0
20	145.33	52.58	19.5	11.86	67	67.65	71.35	78.78	30.3	4.05	3.64	0.0
21	152.6	53.45	18.96	11.2	67	68.67	71.66	79.18	29.67	3.85	3.65	0.0
22	159.87	54.28	18.9	10.36	68	70.44	72.48	80.69	29.32	3.7	3.66	0.0
23	167.13	55.07	18.88	9.52	68	72.4	73.24	82.18	29	3.58	3.67	0.0
24	174.4	55.83	18.6	8.6	68	74.14	73.71	83.21	28.54	3.43	3.68	0.0
25	181.67	56.57	18.6	7.76	68	76.59	74.4	84.67	28.26	3.33	3.69	0.0
26	188.93	57.28	18.52	7.36	69	78.47	75.09	85.66	28.07	3.24	3.7	0.0
27	196.2	57.98	18.9	6.4	70	83.48	76.14	87.94	27.91	3.17	3.7	0.0
28	203.47	58.66	19.34	5.16	71	90.64	77.43	90.77	27.78	3.09	3.71	0.0
29	210.73	59.33	19.72	4.24	71	96.51	78.58	93.13	27.65	3.02	3.72	0.0
30	218	60	20	3	72	105.92	79.33	95.3	27.35	2.93	3.73	



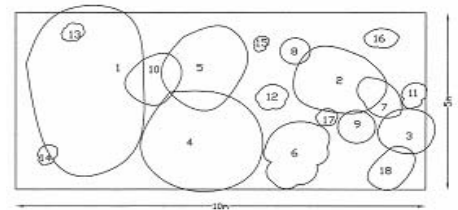
a



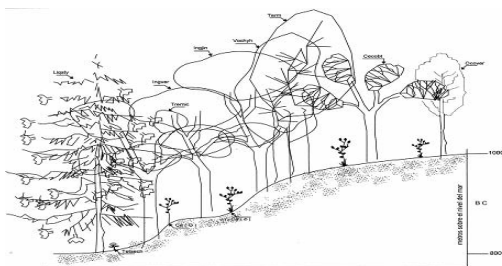
a'



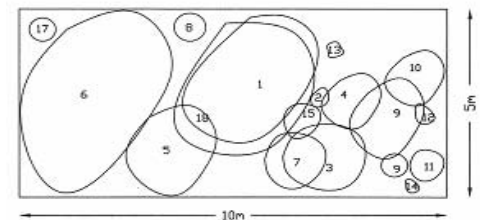
b



b'

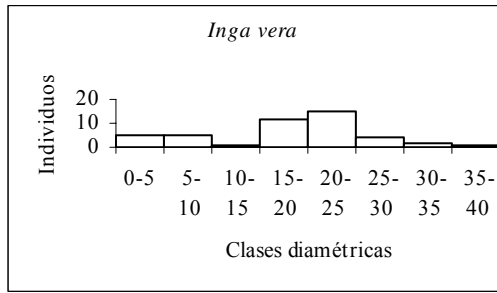


c

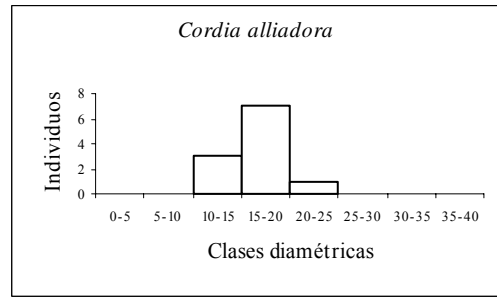


c'

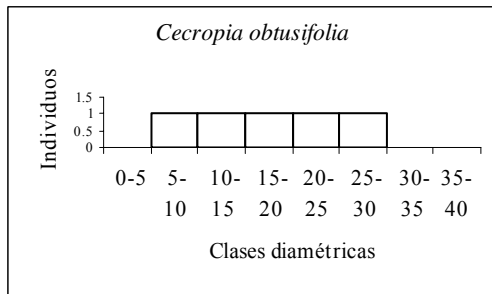
Figura 5.- Perfiles esquemáticos de los agroecosistemas cafetaleros de Ocotal Chico, Ver., en los diferentes tipos de vegetación. **a)** Perfil vertical de la SMS: los acrónimos representan a las especies arbóreas con mayor porcentaje de importancia: Ingver, *Inga vera*; Acopam, *Acosmium panamense*; Tremic, *Trema micrantha*; Ingjin, *Inga jinicuil*; Pimdio, *Pimenta dioica*; Cecobt, *Cecropia obtusifolia*; Cedodo, *Cedrela odorata*; Corall, *Cordia alliodora*; Helapp, *Heliocarpus appendiculatus*; Citsin, *Citrus sinensis* y Carpap, *Carica papaya*; en el estrato arbustivo Ca (R), *Coffea arabica* variedad robusta; Ca (M), *Coffea arabica* variedad mundo novo; en el estrato herbáceo DC, *Dioscorea composita*; Phv *Phaseolus sp* y Che, *Chenopodium sp*. **a')** Perfil horizontal de la SMS: los números representan las especies con mayor cobertura 1, *Inga jinicuil*; 2, *Gliricidia sepium*; 3, *Cordia alliodora*; 4, *Inga vera*; 5, *Byrsonima crasifolia*; 6, *Acosmium panamense*. **b)** Perfil vertical de la SAP, estrato arbóreo Ingver, *Inga vera*; Ingjin, *Inga jinicuil*; Apetib, *Apeiba tibourbou*; Tremic, *Trema micrantha*; Pimdio, *Pimenta dioica*; Vochyh, *Vochysia hondurensis*; Citsin, *Citrus sinensis* y Corall, *Cordia alliodora*; estrato arbustivo, Ca (C), *Coffea arabica* variedad caturra; Ca (M), *Coffea arabica* variedad mundonovo, estrato herbáceo, Capann, *Capsicum annun*; DC, *Dioscorea composita*, Che, *Chenopodium sp*. **b')** Perfil horizontal de la SAP: 1, *Apeiba tibourbou*; 2, *Luhea Speciosa*; 3, *Hirtella triandra*; 4 *Callophyllum brasiliense* y 5, *Inga jinicuil*. **c)** Perfil vertical del BC, en el estrato arbóreo, Ingver, *Inga vera*; Ingjin, *Inga jinicuil*; Tremic, *Trema micrantha*; Term, *Terminalia*; Vochyh, *Vochysia hondurensis*; Cecobt, *Cecropia obtusifolia*; Ocover, *Ocotea verticillata*; Liqsty, *Liquidambar styraciflua*; en el estrato arbustivo, Ca(G) *Coffea arabica* variedad garnica y Ca(c) *Coffea arabica* variedad caturra; en el estrato herbáceo, Tetsch, *Tetrapterys schiedeana*. **c')** Perfil horizontal del BC: 1, *Inga vera*; 3, *Inga jinicuil*; 4, *Vochysia hondurensis*; 5, *Terminalia sp* y 6, *Trema micrantha*.



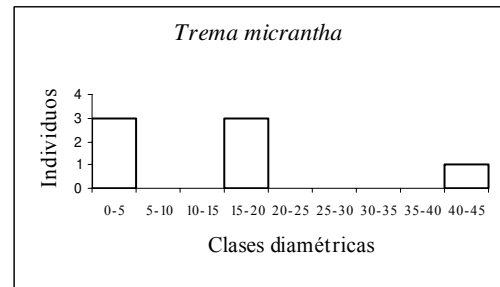
a



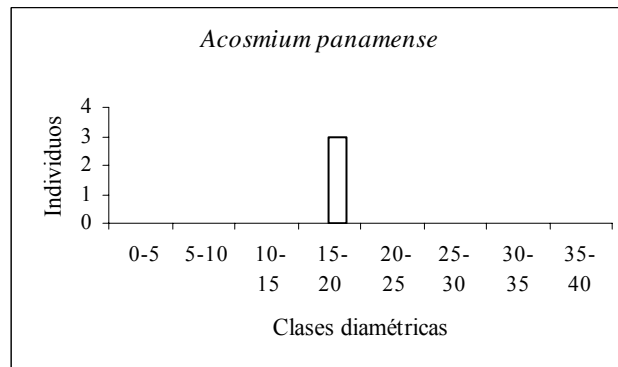
b



c

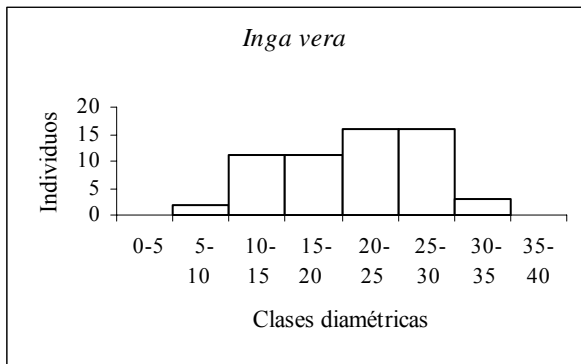


d

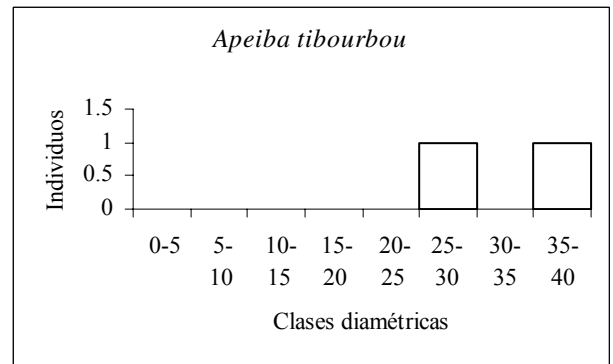


e

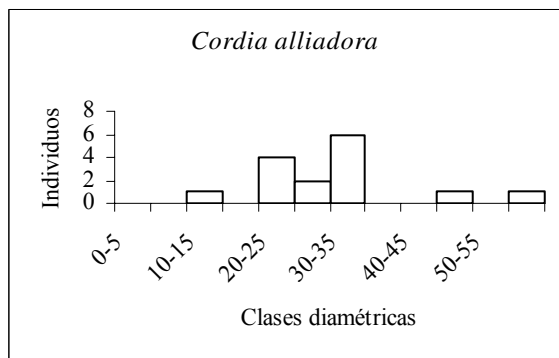
Figura 6.- Patrones de estructura poblacional basado en las clases diamétricas de las especies con mayor valor de importancia en los agroecosistemas cafetaleros de Ocotál Chico en la Selva Mediana Subperennifolia; **a)-** *Inga vera* y **b)** *Cordia alliodora* presentan un patrón tipo II (Bongers 1988), que se caracteriza por mayor frecuencia de individuos intermedios y disminución en los individuos mayores **c)** *Cecropia obtusifolia* y **e)** *Acosmium panamense* no presentaron patrones estructurales definidos, **d)** *Trema micrantha* presenta un patrón tipo III caracterizado por la presencia de individuos pequeños, intermedios y grandes.



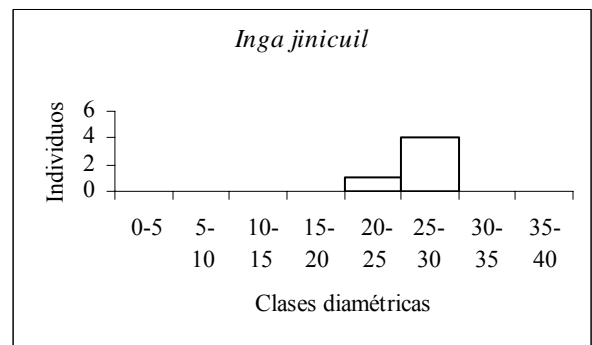
a



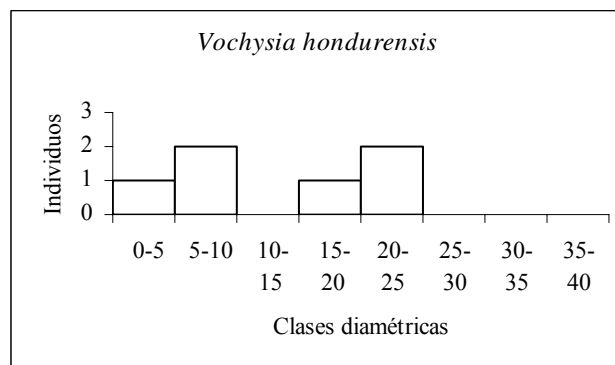
b



c



d



e

Figura 7.- Patrones de estructura poblacional basado en las clases diamétricas de las especies con mayor valor de importancia en los agroecosistemas cafetaleros de Ocotital Chico en la Selva Alta Perennifolia; **a)-** *Inga vera* y **c)** *Cordia alliodora* presentan un patrón tipo II (Bongers 1988), que se caracteriza por mayor frecuencia de individuos intermedios y disminución en los individuos mayores, **b)** *Apeiba tibourbou* y **d)** *Inga jinicuil* no presentaron patrones estructurales definidos y **e)** *Vochysia hondurensis* presenta un patrón tipo III caracterizado por la presencia de individuos pequeños, intermedios y grandes.

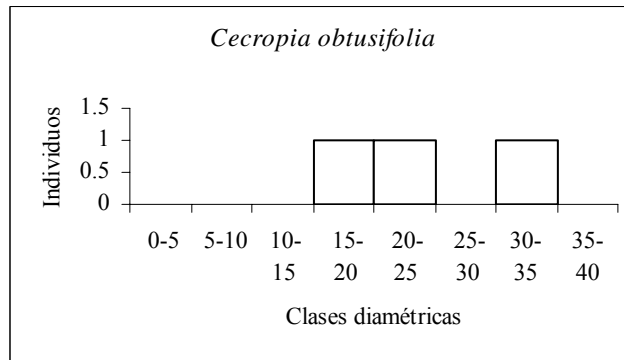
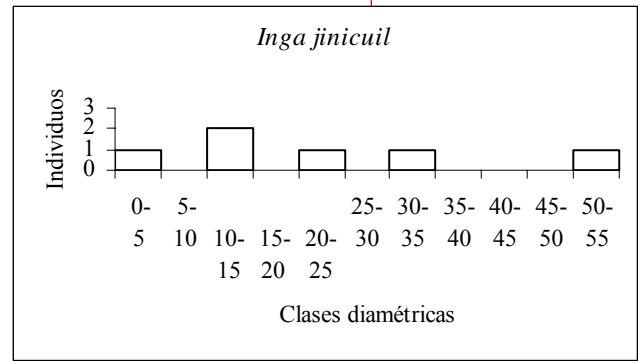
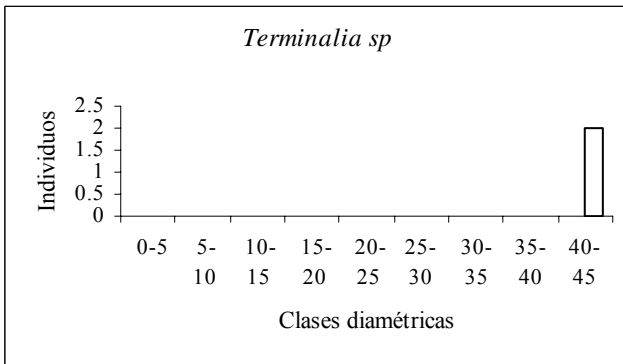
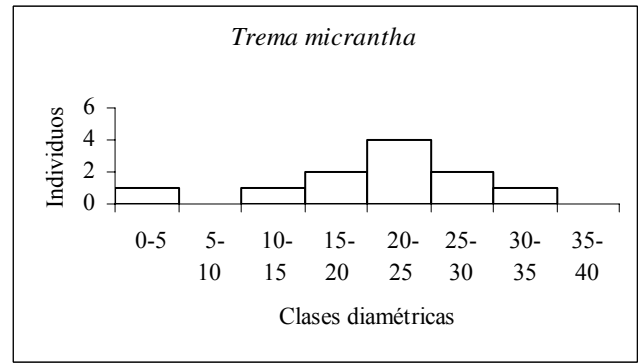
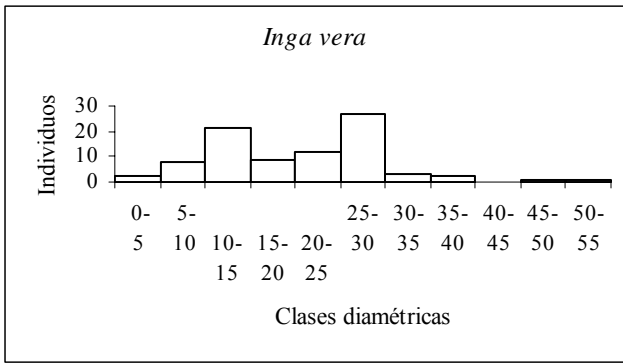


Figura 8.- Patrones de estructura poblacional basado en las clases diamétricas de las especies con mayor valor de importancia en los agroecosistemas cafetaleros de Ocotál Chico en el Bosque Caducifolio; **a**.- *Inga vera*, **b**) *Trema* y **d**) *Inga jinicuil* presentan un patrón tipo II (Bongers 1988), que se caracteriza por mayor frecuencia de individuos intermedios y disminución en los individuos mayores, **c**) *Terminalia sp*, y **e**) *Cecropia obtusifolia* no presentaron patrones estructurales definidos.

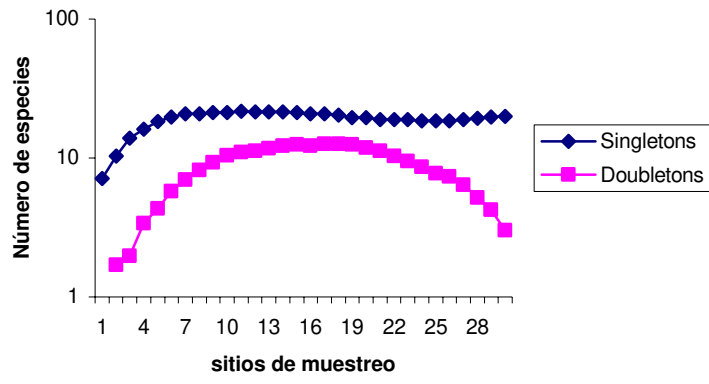
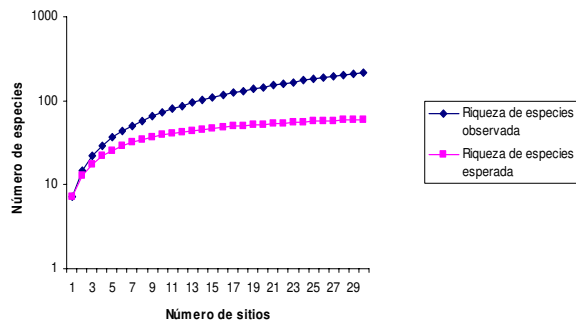


Figura 9.- Curvas de acumulación de especies de la riqueza observada y la riqueza estimada

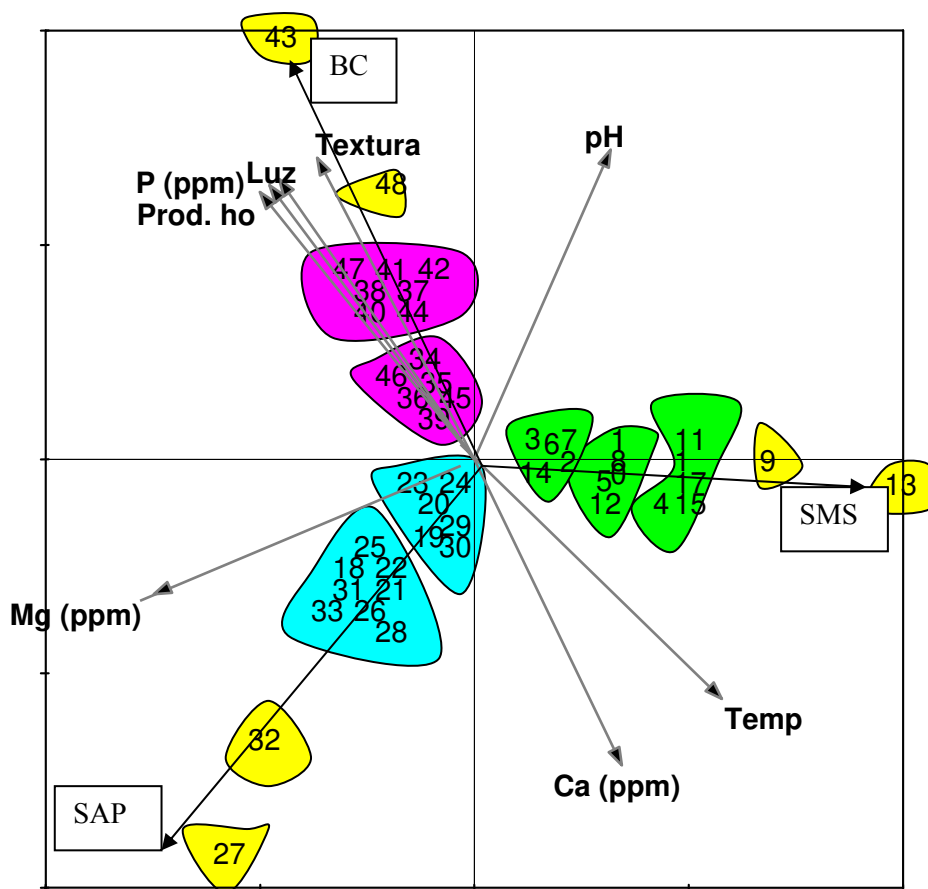


Figura 10.- Gráfico de componentes principales llevado a cabo con PCA para tres tipos de vegetación en donde se localizan los agroecosistemas cafetaleros de Ocotol Chico, Ver., Selva Mediana Subperennifolia (SMS); Selva Alta Perennifolia (SAP) y Bosque Caducifolio (BC). Las variables ambientales más importantes son temperatura, magnesio (Mg), luz, textura, producción de hojarasca y fósforo. En la SMS se formaron, con base en la temperatura, tres grupos ecológicos, *Carica papaya* (3), *Chrysophyllum cainito* (6), *Citrus sinensis* (7), *Byrsonimia crassifolia* (2), *Tephrosia sp* (16) y *Pachira aquatica* (14) (Grupo 1); *Gliricidia sepium* (10), *Cojoba arborea* (8), *Cedrela odorata* (5) e *Inga jinicuil* (12) (Grupo 2); *Heliocarpus appendiculatus* (11), *Acosmium panamense* (1), *Pimenta dioica* (15), *Trema micrantha* (17) y *Cecropia obtusifolia* (4) (Grupo 3). Los grupos ecológicos que se forman en relación con el Mg en la SAP fueron *Astrocarium mexicanum* (19), *Bursera simaruba* (20), *Lonchocarpus guatemalensis* (23), *Heliocarpus appendiculatus* (24), *Spondias mombin* (29) y *Tectona grandis* (30) (Grupo 1); *Cecropia obtusifolia* (21), *Hirtella triandra* (25), *Inga jinicuil* (26), *Vochysia hondurensis* (33), *Cedrela odorata* (22), *Pimenta dioica* (28), *Annona reticulata* (18) y *Terminalia sp* (31) (Grupo 2). La fuerte relación que guarda el BC con las variables textura, luz, producción de hojarasca y fósforo permiten la formación de dos grupos ecológicos, *Swietenia macrophylla* (45), *Byrsonimia crassifolia* (36), *Heliocarpus appendiculatus* (39), *Tephrosia sp* (46), *Bursera simaruba* (35) y *Apeiba tibourbou* (34) (Grupo 1); *Spathodea campanulata* (44), *Inga jinicuil* (41), *Chrysophyllum cainito* (38), *Cedrela odorata* (37), *Hirtella triandra* (40), *Inga vera* (42) y *Trema micrantha* (47) (Grupo 2). A lo largo del gradiente existe la presencia de especies atípicas, es decir, aquellas que no guardan relación clara con alguna de las variables ambientales estudiadas, tal es el caso de *Cordia alliodora* (9), *Inga vera* (27), *Trema micrantha* (32), *Vochysia hondurensis* (48) y *Leucaena leucocephala* (43).

CAPÍTULO III:

BIODIVERSIDAD Y SUSTENTABILIDAD: SU APLICACIÓN EN AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS.

3.1.- Resumen

La diversidad desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas. Los agroecosistemas cafetaleros son importantes para la conservación de la biodiversidad y el bienestar socio-económico de pobladores indígenas, actualmente estos sistemas productivos enfrentan una crisis global de sobreproducción y bajos precios que obliga a los cafecultores a buscar alternativas de sobrevivencia. Cerca del 40 % de los cafetales de México tienen más de tres lustros y en general no reciben un manejo adecuado (Bartra 2003). En este sentido, los cafetales marginales de Ocotac Chico, forman parte de un sistema de producción agrosilvopastoril, manejado por la familia, con problemas similares a los señalados anteriormente, es decir, el promedio de edad de los cafetos es de 16.7 años; el 100 % de los productores tiene al menos cuatro variedades de café; el 93 % no controla plagas y el 80% no realiza podas sanitarias (Franco 2007).

Los agroecosistemas cafetaleros de sombra son considerados como parte de las estrategias de uso sustentable. Por ello el conocimiento de la estructura y diversidad biológica de estos agroecosistemas resulta fundamental para comprender y evaluar sus contribuciones al manejo sostenible. En este sentido los resultados del estudio de la estructura y diversidad biológica indican que la yuxtaposición de los estratos herbáceo y arbustivo (café) con árboles frutales en el estrato arbóreo inferior árboles maderables en el arbóreo superior ha logrado conservar altas tasas de reemplazo en el agroecosistema, contribuyendo a una alta diversidad β . Finalmente, la investigación científica, llevada a cabo en conjunto con los productores, juega un papel fundamental ya que sentará las bases para rediseñar las fincas, conservar los recursos naturales y satisfacer las necesidades de los productores, mejorando sus ingresos.

3.2. Introducción

La cafeticultura representa una actividad de gran relevancia para la población indígena y campesina que habita en el centro y sureste de México, históricamente la producción y venta del café ha permitido ingresos económicos para la subsistencia de este segmento de la sociedad (Anta, 2006). En México, numerosos estudios han mostrado la importancia de los cafetales tradicionales en la conservación de grupos de plantas con flores (especialmente árboles y epífitas), aves (incluyendo especies migratorias), mamíferos terrestres y diferentes grupos de artrópodos (Moguel y Toledo, 1999).

México es el quinto productor mundial de café, se cultiva aproximadamente en 690 mil hectáreas distribuidas en 12 estados, 400 municipios y más de 3,500 comunidades, al agroecosistema cafetalero sólo lo superan en extensión el maíz, el frijol, el trigo y el sorgo. El cultivo de café es minifundista, practicado por unos 280 mil productores, de los cuales el 92 % tienen fincas de menos de 5 ha y casi 200 mil disponen de 2 ha o menos; el 65 % de estos pequeños cafeticultores pertenece a algún grupo étnico. De acuerdo con Pérez-Grovas, *et al* (2002), el 84 % de los municipios identificados como productores de café se encuentra en los intervalos de alta y muy alta marginación. A pesar de que los cafetales de sombra en México son importantes para la conservación de la biodiversidad y el bienestar socio-económico de una parte considerable de la población del país, actualmente estos agroecosistemas enfrentan una crisis global de sobreproducción y bajos precios que podría obligar a los cafeticultores a buscar reconversiones de sus cafetales. El 40 % de la superficie con cafetales corresponde a selvas altas y medianas (zona tropical húmeda), el 23 % a bosques de pino y encino, el 21 % a selvas bajas caducifolias y el 15 % a bosque caducifolio, lo que significa que desde el punto de vista biológico, las regiones cafetaleras son de las más ricas en biodiversidad (Bartra, 2003).

Coffea arabica es la principal especie que se cultiva en los agroecosistemas cafetaleros de México, para crecer y producir requiere condiciones climatológicas específicas, como ser cultivado entre los 600 a 1 200 m de altitud y de 1 500 a 2 500 mm de precipitación anual promedio y preferentemente un hábitat umbrófilo. En Veracruz, un 30 % de las hectáreas dedicadas a la producción de café se encuentran entre 300 a 800 metros sobre el nivel del mar (Moguel y Toledo, 1996).

El cultivo de café de los indígenas popolucas de la región de Ocotlán Chico, Ver., es un sistema agroforestal autóctono, de acuerdo con su estructura y manejo, coincide con el sistema rusticano o de montaña, realizado bajo sombra y acompañado por numerosas especies, sustituyendo plantas arbustivas por matas de café, empleando principalmente a *Inga vera* Willd como especie protectora (Moguel y Toledo, 1996).

3.3 Los agroecosistemas cafetaleros

3.3.1 Importancia económica

Históricamente, los altibajos de los precios del café se originan en fluctuaciones de la oferta por factores climáticos. Sin embargo, el comportamiento de las cotizaciones después de 1988 se debe sobre todo a la especulación en la bolsa de valores, el control que sobre el mercado ejercen un conjunto de transnacionales y la acción de organismos internacionales que financiaron una cafecultura de rápida maduración y altos rendimientos pero baja calidad. La importancia estratégica del café exige la pronta adopción de acciones orientadas a remontar una crisis, que de no enfrentarse de manera decidida seguirá ocasionando severos daños a decenas de países productores y empujando a la hambruna y el éxodo a millones de pequeños cafecultores (Bartra, 2003)

México ocupa el quinto lugar a nivel mundial como productor de café, después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam, y el primer lugar como productor de café orgánico. La producción de café en el ciclo 2003/2004 involucró a cerca de 300,000 productores en una superficie cultivada de 690,000 ha, lo que significó una entrada de US \$246,000 (Consejo Mexicano del Café, 2004).

La cafecultura mexicana es de las cinco primeras en extensión y volúmenes cosechados, pero en rendimientos ocupa el décimo lugar. Por otra parte, el café mexicano está mal posicionado, pues su calidad es apenas regular y sobre todo inconsistente. Situación que por años ha provocado castigos de hasta del 30 % sobre las cotizaciones de la bolsa de valores. Y es que cerca del 40 % de los cafetos tiene más de tres lustros, lo que impacta en la producción ya que los cafetos deben renovarse al menos cada 10 años; en general no reciben un manejo adecuado (Bartra, 2003). En este sentido, los cafetales marginales de Ocotac Chico, forman parte de un sistema de producción agrosilvopastoril, manejado fundamentalmente por la familia, el 40% de los cafetos se plantan a una distancia de 2.5 x 2.5 m y tienen arreglo topológico de acuerdo con las necesidades del productor; el promedio de edad de los cafetos es de 16.7 años; el 100% de los productores tiene al menos cuatro variedades de café; las variedades más usadas son caturra y mundonovo; el 93 % no controla plagas; el 80 % no realiza podas sanitarias (Franco, 2007)

3.3.2 Estructura y diversidad biológica

México reportó una disminución de la superficie forestal del 0.52 % por año de 1990 a 2000, porcentaje que bajó al 0.40 % por año de 2000 a 2005. Sin embargo, a pesar de la disminución de la deforestación, México es la zona que suscita mayor preocupación ya que presenta pérdida considerable de sus bosques primarios (FAO, 2007). De aquí la importancia de cuantificar los recursos disponibles y crear estrategias de producción para

lograr la sustentabilidad. Los agroecosistemas cafetaleros de sombra son considerados como parte de estas estrategias o como un sistema de uso sostenible. Sin embargo, en América Latina, ha habido una creciente tendencia hacia la conversión de estos agroecosistemas para cultivarlos a pleno sol con el fin de obtener mayor velocidad de maduración, aumento de productividad y finalmente mayores utilidades económicas. Algunas estimaciones recientes mencionan que el 41 % de las 2.7 millones de ha de café cultivadas en América Latina han sido convertidas al cultivo de café a pleno sol o en sistemas reducidos de producción de café de sombra (Gobbi, 2000).

En México el café es un cultivo importante en el ámbito agrícola, su importancia económica, social y ecológica es considerable, ya que la mayor parte de la cafecultura es realizada por grupos indígenas, además con base en la producción y venta del café se obtienen ingresos económicos para la subsistencia de este segmento de la sociedad. En el estado de Veracruz algunos productores han desarrollado en forma empírica algunos modelos de producción de café que permiten la diversificación de cultivos al interior del cafetal con base en los policultivos. El estudio de la estructura de estos agroecosistemas ha sido fundamental ya que permite sentar las bases para su uso sustentable, no sólo se contribuye al entendimiento de la estructura y diversidad, si no también se puede diseñar el agroecosistema para lograr la certificación del café, de tal manera que, alcanzar un sobreprecio en el producto, beneficiaría a los campesinos que lo cultivan y propiciaría la conservación de la estructura y diversidad biológica. La experiencia lograda en el estudio del agroecosistema cafetalero de Ocotál Chico, permitiría la diversificación productiva con base en especies nativas como *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata* L., *Heliocarpus appendiculatus* Turcz., *Vochysia hondurensis* Sprague y *Swietenia macrophylla* King.; *Capsicum annum* var. *annuum* , *Citrillus sativus* y *Solanum*

pimpinellifolium, *Ceratozamia* sp. y palma camedor *Chamaedorea* sp. Además existe interés de los pobladores para la reintroducción de especies nativas como *Astrocarium mexicanum* (Liebm), ya que piensan que de esta manera pueden mejorar sus condiciones de vida y preservar el futuro de las nuevas generaciones. Adicionalmente, los resultados de estos estudios permiten fortalecer la efectividad de las áreas naturales protegidas al conservar la biodiversidad dentro de estos agroecosistemas.

3.4 Biodiversidad y Sustentabilidad

3.4.1 Biodiversidad, su importancia, componentes y su papel en los agroecosistemas

Desde una perspectiva general los agroecosistemas cafetaleros tradicionales son un conjunto de gran riqueza biológica, son además el trabajo creativo de las comunidades indígenas, representan el mejor esquema para garantizar la conservación de la biodiversidad y sustentabilidad del ecosistema (Moguel y Toledo, 1996).

El interés por la conservación de la biodiversidad ha llevado a un esfuerzo por definirla y averiguar por qué existe y cómo se pierde. La diversidad biológica, es la variabilidad de los organismos vivos, terrestres, marinos, acuáticos y los complejos ecológicos de los cuales forman parte. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad en relación con la estructura del paisaje, es necesaria la separación de sus componentes (alfa, beta y gamma) (Whittaker, 1972), esta forma de analizar la biodiversidad resulta útil en el contexto actual ante la acelerada transformación de los ecosistemas. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea; la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje y la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje.

La diversidad desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas. Se ha tratado de demostrar la relación entre la diversidad y la estabilidad del ecosistema, apegándose al principio de que a mayor diversidad existiría una mayor resistencia a las perturbaciones (Ortiz, 1992). Por otra parte la riqueza de plantas y animales tiene un valor incalculable, es el patrimonio natural de la evolución, se trata por lo tanto, de un proceso evolutivo irreplicable en las condiciones actuales. La pérdida de diversidad biológica por simplificación de los ecosistemas es el efecto más importante e irreversible, directo o indirecto de las actividades humanas (Durning, 1993). En el caso de los agroecosistemas cafetaleros estudiados los resultados indican que la riqueza de especies ha disminuido, sin embargo, aunque la estructura de los agroecosistemas sigue patrones tradicionales conservan altas tasas de reemplazo. Esto bien puede deberse a que los productores intercalan los estratos herbáceo y arbustivo (café) con árboles frutales en el estrato arbóreo inferior y el estrato arbóreo superior formado por árboles maderables (Franco, 2007).

3.4.2 Sustentabilidad y su importancia en el manejo de recursos naturales

El concepto de sustentabilidad surgió en la década de los 80, originado por la necesidad de cambiar el modelo de uso de los recursos naturales y por la búsqueda de una nueva forma de progreso de la sociedad (Deponti *et al.* 2002). Aplicada a la agricultura es definida como la capacidad humana para mantener en un agroecosistema la calidad y cantidad de los recursos naturales a mediano y largo plazo, conciliando la productividad agrícola con la reducción de los impactos al ambiente y atendiendo además, a las necesidades sociales y económicas de las comunidades rurales. El mayor desafío es el de proteger y manejar en forma sustentable la base de recursos naturales, al mismo tiempo alimentar una población que continúa creciendo, además reconocer los derechos de los

pueblos indígenas y los agricultores tradicionales. De acuerdo con Riechmann (2003), para lograr la sustentabilidad ambiental es imprescindible que las tasas de explotación de los recursos naturales sean iguales a sus tasas de regeneración. La gran discusión a cerca de la sustentabilidad se dirige a la construcción de metodologías y selección de indicadores que aborden las dimensiones social, económica y ambiental además de que permitan evaluar los diferentes niveles de sustentabilidad de los agroecosistemas, utilizando el concepto de sustentabilidad en la evaluación de las características del agroecosistema (Masera *et al.* 1996). En el caso del agroecosistema cafetalero de Ocotal Chico, Ver., la diversidad biológica juega un papel fundamental en la sustentabilidad del agroecosistema cafetalero, ya que conservarla permitirá a los productores lograr un sobreprecio para el café y al mismo tiempo contribuir en la preservación de relictos forestales, el agua, la captura de carbono y en general de los ciclos biogeoquímicos.

Las funciones que proporciona la cafecultura son variadas en la medida en que ésta avanza hacia la sustentabilidad, podría ser interesante lograr implementar modelos de uso sustentable de los recursos con base en el paradigma de la matriz agrícola (Vandermeer y Perfecto, 2007). Para tal efecto se deben considerar al menos tres aspectos fundamentales, primero el conjunto de especies originales aún existentes en el área; segundo aquellas especies y actividades más significativas para los productores y tercero las características ambientales del área.

3.5 Investigación científica, biodiversidad y sustentabilidad.

En México es necesario reflexionar a cerca de la importancia de la ciencia en sus tres fases, es decir, básica, aplicada y tecnológica. Valdría la pena aclarar que toda búsqueda requiere creatividad, que da como resultado experiencia en el campo de la

investigación. La ciencia es un componente fundamental para el avance de cualquier país. Por ello los países que quieren mejorar sus sistemas de producción tienen que hacer esfuerzos adicionales para realizar y mantener investigación para lograr un crecimiento sustentable, esto es un proceso que requiere de lograra un equilibrio entre cuatro subsistemas, el biológico, económico, político y cultural los cuales interactúan fuertemente (Bunge, 1988). En los agroecosistemas cafetaleros la investigación científica, llevada a cabo junto con los productores, tiene un papel fundamental ya que permitirá rediseñar las fincas a través de modelos alternativos para conservar los recursos naturales, satisfaciendo sus necesidades y mejorar sus ingresos. Además, se sentarán las bases para futuras investigaciones relacionadas con la ecología poblacional de especies de interés como *Vochysia hondurensis*, *Terminalia amazonia* y *Cordia alliodora*; el establecimiento de sistemas agroforestales diversificados en curvas de nivel, tanto para el maíz como para el café, así como llevar a cabo pruebas de germinación en especies forestales de interés para la comunidad.

3.6 Conclusiones

En México el café es un cultivo importante en el ámbito económico, social y ecológico, ya que la cafecultura es realizada por grupos indígenas, el estudio de la estructura de estos agroecosistemas es fundamental ya que permite sentar las bases para su uso sustentable. En los agroecosistemas cafetaleros de Ocotal Chico, la biodiversidad puede restaurarse de manera que preste una serie de servicios ecológicos, entre ellos la regulación de la abundancia de especies arbóreas, además de optimizar su potencial biológico. Esto es posible a partir del rediseño de las fincas a través de modelos alternativos para conservar los recursos naturales, satisfaciendo sus necesidades y mejorando sus ingresos. Es de gran

importancia comprender y evaluar las potencialidades y limitaciones que brindan los sistemas de producción de café, y sus contribuciones al manejo sostenible. La información generada al evaluar la estructura y diversidad biológica de los agroecosistemas cafetaleros juega un papel importante de retroalimentación para la elaboración de programas de extensión, estrategias de manejo en la región, además de auxiliar en la toma de decisiones con la participación de los productores interesados, lo cual sentará las bases para futuras investigaciones relacionadas con la ecología poblacional de especies de interés como *Vochysia hondurensis*, *Terminalia amazonia* y *Cordia alliodora*; el establecimiento de sistemas agroforestales diversificados en curvas de nivel, tanto para el maíz como para el café, así como llevar a cabo pruebas de germinación en especies forestales de interés para la comunidad.

3.7 LITERATURA CITADA

- Anta, F. S. 2006. El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. Instituto Nacional de Ecología. Distrito Federal. México. *Gaceta Ecológica* **80**: 19-31
- Bartra A. 2003. Cosechas de ira. Economía política de la contrarreforma agraria. Editorial Itaca. México D.F. 131 pp.
- Bunge M. 1988. Ciencia, Técnica y desarrollo. Editorial Hermes. México D.F. 229 pp.
- Deponti, C.M; Eckert, C; Azambuja, J.L.B. 2002. Estrategia para construção de indicadores para avaliação de sustentabilidade e monitoramento de sistemas. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*. Porto Alegre, BR. **3** (4): 44-52.
- Durning, A.T. 1993. Supporting indigenous peoples. En: L. Brown (Eds.). State of the World. *World Watch Institute*. Washington, D.C. pp 80-100.

- FAO 2007. Situación de los bosques del mundo. Roma, 2007.
- Franco D. S. 2007. Los agroecosistemas cafetaleros de Ocotál Chico, Municipio de Sotéapan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. México. 61 pp.
- Gobbi, J. A. 2000. Is biodiversity-friendly coffee financially viable? An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador. *Ecological Economics* **33**: 267-281.
- Masera, O.; Astier, M. y López-Ridaura, S. 1996. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, México. 109 pp.
- Moguel P. y Toledo V.M. 1996. El Café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* **43**: 40-51 México.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology* **13**(4): 11-21.
- Ortiz Q. Rosario. 1992. Modelos de Extinción y Fragmentación de Habitats. En: La Diversidad Biológica de Iberoamérica. *Acta Zoológica Mexicana*. Volumen especial de 1992. G. Halffter compilador. CYTED-D. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. México D. F. pp.3-24.
- Pérez-Grovas, V. 2002 El café en México, Centroamérica y el caribe: Una salida sustentable a la crisis. Coordinadora de pequeños productores de café de Chiapas, A.C. (COOPCAFE). Coordinadora Nacional de Organizaciones Cafetaleras (CNOC). México.

<http://sholar.google.com.mx/sholar?hl=8/r=8q=coordinadora+nacional+organizacio nescafetaleras+%28CNOC%29.+M5C3%A9xico>.

Porras, G. O. 2004. Situación social de la comunidad. En: González M.,F.(Edit.). Ejido Ocotil Chico. Memoria del taller de planeación comunitaria y manejo de recursos naturales. Proyecto Sierra de Santa Marta. PNUD. CNANP y Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. 13- 17 pp.

Rappole J.H., King D.I. y Vega-Rivera J.H. 2003. Coffee and conservation *Conservation Biology* **17** (6): 1847–1849

Vandermeer J. y Perfecto I. 2007. The Agricultural matrix and future paradigm for conservation. *Conservation Biology* **21** (1): 274-277

Whittaker, R.H. 1972. Communities and ecosystems. McMillan.387 pp.

Riechmann, J. 2003. Tiempo para la vida. *La crisis ecológica en su dimensión temporal*".

<http://www.libreriaproteo.es/electronicos/tiempovida.pdf> . Consultado el 25 de noviembre de 2007.

Consejo Mexicano del Café 2004. www.sagarpa.gob.mx/Cmc/cafe02sp.htm Consultado el 12 de enero de 2008

CAPÍTULO IV:
CONCLUSIONES GENERALES

El presente estudio ha obtenido resultados que permiten pensar que la recuperación y conservación de los recursos naturales en Ocotál Chico y en general en la región de Los Tuxtlas, son posibles con base en el conocimiento detallado de las características estructurales y la diversidad biológica de los agroecosistemas.

La estructura arbórea del agroecosistema cafetalero de Ocotál Chico es más simple (60 especies) comparada con otros tipos de vegetación y agroecosistemas similares, debido al manejo que le dan los productores. La especie dominante a lo largo del gradiente altitudinal es *Inga vera*, ello responde a la influencia del desaparecido Instituto Mexicano del Café y a que esta especie es considerada de uso múltiple por los productores. Sin embargo, otras especies como *Cordia alliodora*, *Vochysia hondurensis*, *Swietenia macrophylla*, *Manilkara zapota* y *Astrocarium mexicanum* en el estrato arbóreo; así como *Capsicum annuum* var. *annuum*, *Cucumis sativus*, *Solanum pimpinellifolium* en el estrato herbáceo; además de algunas aráceas, *Ceratozamia sp* y palma camedor *Chamaedorea sp*, entre otras, pueden ser utilizadas para diversificar el agroecosistema cafetalero.

A pesar de los cambios que presentan los tipos de vegetación originales, influenciados por el establecimiento de agroecosistemas cafetaleros en Ocotál Chico, se observan patrones estructurales y florísticos que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, prueba de ello son las altas tasas de reemplazo entre tipos de vegetación lo que se refleja en una alta diversidad β . Sin embargo, es preciso realizar estudios adicionales que planteen alternativas de manejo y aprovechamiento de los recursos bióticos y abióticos, con la participación activa de los pobladores.

De acuerdo con el índice de diversidad de Shannon y los porcentajes de importancia, los agroecosistemas más diversificados se encuentran en el bosque caducifolio.

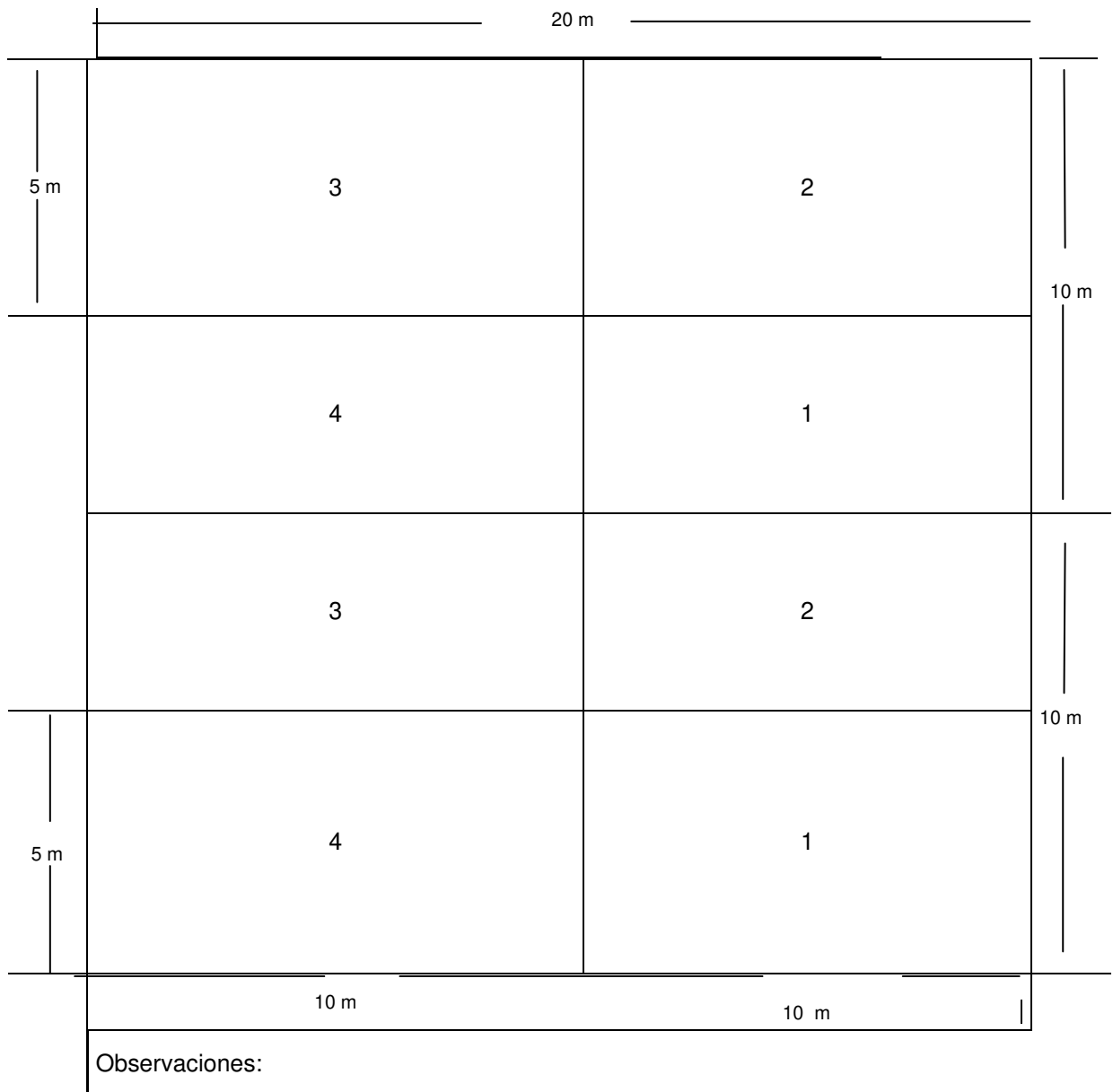
Finalmente, la investigación científica tiene un papel fundamental, para el manejo sustentable de los agroecosistemas ya que permitirá rediseñar las fincas, mejorar el ingreso de los productores de la zona y encontrar modelos alternativos para conservar los recursos naturales que al mismo tiempo satisfagan sus necesidades.

ANEXOS:

Esquema de Parcela de Cafetales Ocotal Chico, Municipio de San Pedro Soteapan Veracruz

No. de Cafetal:

↑	Fecha:	Propietario:
	Altitud:	Exposición:
N	Estrato: arbóreo	Realizó:



**Estructura y diversidad de cafetales marginales
Ocotal Chico, Municipio de San Pedro Soteapan Veracruz**

No. de Cafetal:

Fecha:	Propietario:			
Altitud:	Exposición:			
Estrato: Arbóreo	Realizó:			
Especie	Altura Total	Altura del Fuste	DAP	Cobertura
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				