

00587

6



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE ECOLOGIA

ANALISIS DE FACTORES QUE AFECTAN EL ESTABLECIMIENTO Y LA ESTRUCTURA FLORISTICA DE LOS CAFETALES RUSTICOS EN DOS AREAS DEL SURESTE DE MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS *Biológicas.*

P R E S E N T A :

FABIO PEDRO SOUZA DE FERREIRA BANDEIRA

DIRECTOR DE TESIS: DR. VICTOR MANUEL TOLEDO MANZUR
CO-DIRECTOR: DR. JAVIER CABALLERO NIETO



MEXICO, D. F.

OCTUBRE 2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 27 de agosto de 2001, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado del Doctorado en Ciencias del alumno(a) Fabio Pedro Souza de Ferreira Bandeira, con número de cuenta 97808628 y número de expediente 3971247, con la tesis titulada: "Análisis de factores que afectan el establecimiento y la estructura florística de los cafetales rústicos en dos áreas del sureste de México.", bajo la dirección del (la) Dr. Víctor Toledo Manzur.

Presidente:	Dr. Víctor Toledo Manzur
Vocal:	Dr. Jorge Arturo Meave del Castillo
Vocal:	Dr. Alejandro Casas Fernández
Vocal:	Dr. Rafael Lira Saade
Secretario:	Dr. Javier Caballero Nieto
Suplente:	Dr. Jorge López Blanco
Suplente:	Dra. Lorena Soto-Pinto

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 8 de octubre de 2002


Dra. Tila María Pérez Ortiz
Coordinadora del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

*“Dedico esta tese a meus pais
Nilza e Manfrêdo. Com eles
aprendi que a
incondicionalidade do amor, a
tolerância ao diferente e a
generosidade são as armas
fundamentais na conquista do
Humano”.*

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, Dr. Javier Caballero Nieto, Dr. Jorge López Blanco, Dr. Jorge A. Meave del Castillo y Dr. Víctor M. Toledo por las valiosas enseñanzas y asesoría para el desarrollo de esta tesis.

A los Drs. Javier Caballero, Jorge López Blanco y Jorge A. Meave por el gran apoyo que me dieron durante mi desarrollo académico, por las largas horas que dedicaron al intercambio y discusión de ideas y el apoyo logístico para el desarrollo de esta tesis.

Agradezco a los Drs. Alejandro Casas, Lorena Soto-Pinto y Rafael Lira sus valiosos comentarios y aportaciones a esta tesis.

Agradezco también a los colegas y amigos Dra. Cristina Mapes y M. en C. Miguel Angel Martínez Alfaro por sus enseñanzas y apoyo en diferentes momentos durante el desarrollo de esta tesis.

A los Dr. Alejandro Zavala, Arturo Flores, Zenón Cano Santana, Teresa Valverde Alejandro Velásquez, Gerardo Bocco por las valiosas enseñanzas en ecología básica y ecología de recursos naturales.

A los biólogos del Jardín Botánico Jorge Saldívar y Laura Cortés, por su ayuda en el área de informática. Al biólogo Juan Martínez y el geógrafo Agustín Arellano por el auxilio en el trabajo de campo y de laboratorio.

Agradezco a los Drs. Darrel Posey, Fernando Urrea Giraldo, Ordep Serra, Brent Berlin y José Geraldo Marquez quienes me despertaron el interés y la motivación intelectual por la Etnobiología, y quienes contribuyeron de modo importante para mi formación académica.

A la *Secretaría de Relaciones Exteriores de México* por la beca que me concedió en el año de 1997 y a la *Universidade Estadual de Feira de Santana*, Brasil por la beca que me ortogó entre los años 1998 y 2000.

Les agradezco a Mario Arteaga y su familia quienes primero me recibieron en este país, me ayudaron a conocerlo y me enseñaron a amarlo.

A los valiosos amigos que hice en México, y que siempre compartieron conmigo, los malos y buenos momentos y me apoyaron todos estos años les agradezco: Ana, Angel, Andrea Angélica, Angelito, Alejandro, Bruno, Carlos, Choco, César, Citlali, Eduardo, Edgardo, Enzo, Fernando, Gaby, Gabriela, Gustavo, Javier, Julio, Laura, Luli, Leonor, Liz Mónica, Myrna, Mariano, Mariana, Mónica, Olguita, Patricia, Sarah, Thalía, María Tereza, Tamara, Vichy, Pancho y Roberto.

A todos los compañeros, amigos y técnicos de la Unión de Ejidos y Comunidades Majomut (San Cristóbal de las Casas y Polhó, Chiapas) y de la comunidad de Rancho Grande (Valle Nacional, Oaxaca) que me apoyaron y compartieron conmigo su vida cotidiana, sus

experiencias, sus conocimientos; quienes me recibieron en sus pueblos, sus comunidades, sus casas, siempre con respeto y mucha solidaridad, muchas gracias.

A los viejos amigos que siempre estuvieron presentes en mi vida y quienes fueron mis puentes con mi país durante los años que estuve lejos: Karyna, Marcus Luciano, Charbel, Aristóteles, Magaly, Susie, Luciana.

A mis primeros maestros quienes me cultivaron la pasión por el conocimiento, la ética en el que hacer científico y en la vida: Dr. Ordep Serra, Dr. Ronan Cayres de Brito y Dr. Felipe Serpa.

A mis padres Manfrêdo y Nilza por el amor y apoyo que siempre me enviaron de Brasil, a mi hermano Marcus y mi cuñada Karyna por el cariño y compañerismo todos estos años. Gracias a mis abuelas Baia y Lindaura por que de ellas aprendí la perseverancia ante las dificultades y los retos en la vida.

PREFACIO

Historia de desarrollo de la tesis. Esta tesis doctoral estuvo marcada por diversas etapas de desarrollo que acabaron por influir decisivamente en mi crecimiento como ser humano y como científico. En términos generales podría establecer tres momentos distintos: la definición de una pregunta de investigación, la selección de los métodos y la concepción de la estructura de la tesis. Estos momentos no se presentaron de manera cronológica y ordenada sino más bien fueron entrecruzándose, redefiniéndose y finalmente aclarándose en mi mente, a través de aproximaciones sucesivas de mucho trabajo de campo, de una gran jornada de lecturas y de discusiones con mis tutores. Pero sobre todo, a partir del examen de candidatura a doctor, el cual me permitió definir claramente todos los elementos de mi proyecto de doctorado y la estructura de mi tesis. No obstante, ¿porqué no seguí un camino más ortodoxo? Creo que hay más de una respuesta para esta pregunta, pero la sintetizo de la siguiente manera: por que elegí un problema de investigación muy complejo, perteneciente a un área nueva y en pleno desarrollo de la ciencia: la Etnobiología.

Fuentes de inspiración intelectual. Con la finalidad de que se entienda mejor tanto mi tesis como mi manera de pensar, me parece importante resaltar cuales fueron mis fuentes de inspiración intelectual. Éstas tienen relación estrecha con las diferentes fases de formación y desarrollo académico. Empecé mis estudios en Etnobiología de manera autodidacta, a finales de los años ochenta, en Salvador Bahía, ciudad donde he vivido gran parte de mi vida. Durante esa misma época conocí a mi primer maestro y tutor: el antropólogo y lingüista Ordep Serra. El antropólogo Ordep me sugirió algunos de los autores que llegaron a ser fuente de admiración profunda, en aquella primera fase: los antropólogos franceses Lévi-Strauss y Roger Bastide, el lingüista Jacobson y el mismo Ordep. Por mi propia cuenta, durante este período, conocí los trabajos de los etnobiólogos americanos Darrel Posey, Brent Berlin, Eugene Hunn, Atran Scott, entre otros y de los botánicos Peter Raven y D. Breedlove, que tuvieron gran influencia en este primer acercamiento a la Etnobiología. Al mismo tiempo llegaron a mis manos los trabajos de Víctor Toledo, cuyo pensamiento e ideas me impactaron sensiblemente. Durante este periodo empecé a esbozar el proyecto de viajar a México para estudiar un posgrado.

Porque un brasileño hace su doctorado en México y estudia cafetales. Parece incomprensible: venir de tan lejos, de Brasil, para estudiar en otro país con características similares de desarrollo. ¿Porqué no fui a los EUA o a Europa teniendo el apoyo de mi país para hacerlo y una invitación del Dr. Berlin para ir a estudiar en la Universidad de Georgia, Athens? Tres cosas me motivaron a pensar en México como la mejor opción: su gran diversidad étnica, la historia milenaria de los grupos humanos en el territorio mexicano y la fuerte impresión que me causó la tradición etnobiológica de este país. Visité México por primera vez en diciembre de 1995, conocí la Universidad Nacional Autónoma de México, lo cual fue decisivo. Me encantó tanto el país como ésta gran institución.

Llegue a México a mediados de 1996 con una propuesta de tesis de maestría para el Dr. Toledo, sin embargo, él estaba empezando un proyecto de investigación sobre la sustentabilidad de la cafecultura y me propuso que fuera a Chiapas a desarrollar mi estudio; pues la Cooperativa de Productores de Café "Unión Majomut" necesitaba un biólogo para estudiar la diversidad de sus cafetales. No conocía nada del tema ni de

Chiapas. Las primeras lecturas y el primer viaje a tierras chiapanecas y a la zona cafeticultora del estado me cautivaron.

Tiempo después cuando ya había comenzado la tesis, empecé a hacer más consciente que venía del país dónde más se produce café en el mundo, aunque de una manera completamente opuesta a como lo hacen los indígenas en México. En Brasil el café es producido a pleno sol en medianas y grandes propiedades privadas. Además nací en una región productora de café en el estado de Bahía, y mi abuela fue pizcadora de café en haciendas de la región. Solo coincidencias.

La guerrilla Zapatista, el paso efímero por Veracruz, el encuentro con Oaxaca y el regreso a la Ciudad de México. Haciendo un paréntesis, es necesario mencionar que la historia de desarrollo de ésta tesis estuvo marcada por varios incidentes. Primero empecé a hacer el trabajo de campo en Polhó, municipio autónomo Zapatista de los Altos de Chiapas. Hasta entonces sabía muy poco del movimiento Zapatista. Llegaban pocas noticias a Bahía. Cuando me enteré de lo que se trataba ya era tarde, me encontraba en el corazón del conflicto y estaba realizando mi investigación con los Mayas Tzotziles, encantado con las montañas cuajadas de cafetales de Polhó y con Chiapas. Mi estancia de investigación fue sólo de tres meses en Polhó, sin embargo, la experiencia fue significativa tanto desde el punto de vista científico como humano.

Cuando regresé en agosto del mismo año a la ciudad de México, me comunicaron que estaba en una zona de Seguridad Nacional y por lo tanto ya no podía continuar mi investigación en Chiapas. También decidí que era lo mejor, pues estaba arriesgándome demasiado. En este intermedio, en diciembre de 1997, me cambié por diversas razones a Coatepec, Veracruz, y luego a Xalapa. Días después de mi mudanza ocurrió la masacre de Acteal, siniestro contra la humanidad, dónde 45 indígenas entre mujeres y niños fueron brutalmente asesinados por paramilitares. Una experiencia terrible en mi vida, un drama que jamás voy a olvidar. Había estado en Acteal meses antes, con aquella misma gente que de pronto por un acto abrupto de violencia e intolerancia dejó de existir.

De Veracruz volví a la Ciudad de México y busque al Dr. Javier Caballero y al Dr. Jorge López Blanco. Empecé a trabajar en el laboratorio de Etnobotánica del Jardín Botánico de la UNAM, donde permanecí hasta finales de 2002. Paralelamente también trabajé un tiempo en el Laboratorio de Geografía Física del Instituto de Geografía, con el Dr. López Blanco. Estos hechos influyeron decisivamente en mi formación académica y en el desarrollo de mi tesis. Todo empezaba a tomar un rumbo diferente.

Después de meses de recorridos por casi todas las zonas cafetaleras del sureste y centro del país, con la ayuda y el apoyo del Maestro Esteban Escamilla de la unidad en Huatuzco de la Universidad Autónoma de Chapingo, encontré finalmente un lugar tranquilo, lejos de los conflictos y de la inseguridad general que acoge el campo mexicano. Un pueblo Chinanteco en las montañas del nordeste de Oaxaca, Rancho Grande. Allí desarrollé gran parte de mi tesis entre los años de 1999 y 2000. En todas partes dónde llegaba en Rancho Grande fui recibido por la gente con particular atención, solidaridad y respeto. Después de tantos incidentes y mudanzas, finalmente ya tenía un lugar para hacer mi investigación, el apoyo institucional que necesitaba tanto del laboratorio de Etnobotánica, como del laboratorio de

Geografía Física, y la dirección de uno de los más brillantes etnobiólogos de la actualidad, el Dr. Javier Caballero. En el laboratorio a su cargo me brindaron un espacio y todo lo necesario para desarrollar el trabajo de gabinete, además de un ambiente intelectual dinámico, donde pude discutir problemas metodológicos y teóricos con investigadores y otros estudiantes de posgrado, encontrando también, la amistad y solidaridad incondicional que uno necesita cuando está lejos de su país.

El enfrentamiento con la ciencia "dura" y la evolución de los planteamientos de ésta tesis.
Hubo un momento clave en el desarrollo de esta tesis doctoral, mi examen de candidatura al grado de Doctor. En él tuve que enfrentar el reto de la defensa de mi investigación ante un jurado no del todo especializado en problemas de estudio etnobiológicos, poco común para un ecólogo o biólogo ortodoxo. Esto desencadenó una serie de procesos que influyeron decisivamente en la estructura de mi tesis. Proceso que enriqueció sobremanera la forma de abordar los problemas que yo proponía e incrementó el rigor de las conclusiones a que llegué conjuntamente con mi comité tutorial. Finalmente expuse el problema de investigación apropiadamente utilizando métodos de análisis de la ecología que me permitieron entender de manera mucho más robusta el problema que yo mostraba. El enfrentamiento con la "ciencia dura" enriqueció mi propia visión de la Etnobiología y me permitió crecer como científico.

INDICE

Agradecimientos	
Prefacio	
Resumen	
Abstract	
I. Introducción general	1
I.1. Marco teórico general de la tesis: los factores humanos y la Biodiversidad	2
I.2. El problema teórico central: la biodiversidad de los sistemas rústicos de café en las áreas indígenas de México	3
I.3. Los estudios sobre la biodiversidad en los cafetales rústicos en México	4
I.4. Alcances de esta tesis	5
I.5. Preguntas centrales de la tesis	7
I.6. Objetivos	7
I.6.1. Objetivo general	7
I.6.2. Objetivos específicos	7
II. Metodología general	8
II.1. Las áreas de estudio	9
II.2. Los Altos de Chiapas	9
II.3. La Chinantla, Oaxaca	11
II.4. Investigación ecológica	12
II.4.1. El enfoque comunitario: métodos	12
II.4.2. El nivel del paisaje: métodos	13
II.5. Investigación etnobotánica y etnoecológica: métodos etnográficos	15
III. Tzotzil Maya ethnoecology: landscape perception and management as a basis for coffee agroforest design (aceptado por <i>Journal of Ethnobiology</i>)	16
III.1. Abstract	17
III.2. Introduction	18
III.3. Methods	21
III.4. Results and discussion	22
III.5. Acknowledgements	40
III.6. Literature Cited	40
IV. Landscape Management Among Tzotzil Coffee Growers of Polhó, Chiapas, Mexico: an Alternative to Deforestation (aceptado por <i>Human Ecology</i>)	43
IV.1. Abstract	44
IV.2. Introduction	45
IV.3. Methods	49

IV.4. Results and discussion	50
IV.5 Concluding remark	64
IV.6. Literature Cited	65
IV.7. Acknowledgements	68
V. Floristic Heterogeneity in Rustic Coffee Plantations, and its role in the conservation of plant diversity. A case study of the Chinantec Region of Oaxaca, Mexico (para ser enviado a <i>Biodiversity and Conservation</i>)	69
V.1. Abstract	70
V.2. Introduction	70
V.3. Methods	73
V.4. Results	74
V.5. Literature Cited	86
VI. El proceso de estructuración de los cafetales rústicos y su papel en la conservación de la biodiversidad. Un estudio de caso en un área indígena de México (para ser enviado a <i>Ecological Applications</i>)	91
VI.1. Abstract	92
VI.2. Introducción	92
VI.3. Material y métodos	94
VI.4. Resultados	99
VI.5. Agradecimientos	108
VI.6. Literatura Citada	108
VII. Discusión general	112
VIII. Literatura citada en los apartados generales	120

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en comunidades indígenas del sureste de México, en los Altos de Chiapas y en el norte del estado de Oaxaca. Tuvo por objetivo contribuir al conocimiento de los factores históricos, socioeconómicos y culturales que afectan el establecimiento y la estructura florística de las plantaciones rústicas de café, así como evaluar las implicaciones de estos sistemas agroforestales para la conservación de la diversidad de plantas leñosas y en la dinámica del paisaje. Es una investigación de tipo etnobotánico y etnoecológico que tiene importancia: (1) para el desarrollo teórico-metodológico de estas disciplinas, pues contribuye al entendimiento de los factores que median las interrelaciones sociedad-cultura \times naturaleza; (2) para el diseño de estrategias regionales y nacionales de conservación de la biodiversidad.

Se describieron los conocimientos ecológicos de los campesinos que intervienen en el establecimiento y la estructuración de los cafetales rústicos, y se analizó el cambio de la cobertura y el uso del suelo en Polhó, Chiapas a lo largo de un período de 23 años. Se midieron los atributos de la estructura y la diversidad de los árboles de sombra de las plantaciones rústicas, se recabó información sobre la historia de manejo de las parcelas y de las especies presentes. Se estudiaron las relaciones entre estas variables, y se calcularon estimadores de las diversidades α y β . Se aplicaron índices de estructuración de comunidades para el análisis de las reglas de estructuración de los cafetales, en Rancho Grande, Oaxaca.

El conocimiento ecológico de los campesinos parece ser crítico para el establecimiento y estructuración de las plantaciones rústicas de café, siendo lo más relevante el conocimiento relacionado con la sucesión ecológica. Fueron observadas dos rutas para establecer los cafetales y (1) a partir de parcelas previamente cultivadas (la condición predominante); (2) a partir de la vegetación secundaria. Las actividades de manejo llevadas a cabo para establecer el cafetal (tolerancia, promoción y cultivo de árboles nativos e introducidos y fijadores de N, eliminación de especies colonizadoras pioneras) parecen ser análogas con el proceso de sucesión ecológica.

El análisis de la dinámica del paisaje en Polhó, Chiapas, reveló que la vegetación secundaria se incrementó mientras que las tierras con cultivos anuales disminuyeron. La sucesión ecológica es el proceso responsable de los cambios en el paisaje durante los 23 años analizados (1973-1996), y representa la reversión del proceso de deforestación reportado para el período anterior a la década de 70s. Este proceso estuvo en parte auxiliado por el establecimiento de sistemas agroforestales de café diversificados; ciertos factores (ej., el tipo de tenencia de tierra) y procesos socioculturales (ej., la adopción de la cafecultura orgánica) son las principales causas subyacentes que mantienen el patrón de dinámica del paisaje para el área como un todo. Ello sugiere que las plantaciones rústicas de café juegan un papel importante en la dinámica del paisaje, contribuyendo al establecimiento y manutención de la cubierta forestal, la reducción de la fragmentación del ecosistema y la manutención de la heterogeneidad del paisaje.

Los resultados mostraron que con respecto a la estructura florística, los cafetales rústicos estudiados son agroecosistemas complejos, variables y dinámicos, tanto espacial como temporalmente. Se encontraron 35 especies de sombra, de las cuales 77% son originarias de las selvas secundarias y maduras de la región. Se encontraron dos grupos de cafetales por su estructura florística: un grupo con mayor abundancia de *Cordia alliodora* y otro con mayor abundancia relativa de *Inga latibracteata* y otras especies. Esta variación en los cafetales está correlacionada con la edad del sistema y el tipo de cobertura anterior de la parcela. Hay una tendencia de homogeneización de los cafetales rústicos a lo largo del tiempo (alrededor de los 20 años). Considerando todas las especies silvestres, los cafetales presentan diversidad $S_{max} = 33.7$, $\alpha=5.8$ y $\beta= 3.8$; y $S_{max} = 13.0$, $\alpha=2.2$ y $\beta= 4.9$ sólo para las especies de selva madura. Esto significa que, para conservar 75% de las especies silvestres encontradas (pioneras y de selva madura), es necesario tener 15 parcelas de cafetales mientras que para hacer lo mismo solamente para las especies de selva madura son necesarios 21 cafetales. En contraste, los cerca de 110 cafetales de Rancho Grande pueden albergar 34 especies silvestres.

Se encontró que los cafetales rústicos están estructurados, de un modo no aleatorio. Esto sugiere que hay una "lógica" implícita de construcción de estos sistemas. Dichos patrones son distintos para las especies que se encuentran bajo diferentes grados de manipulación antropogénica. Para el conjunto total de especies, se encontraron asociaciones positivas ($A_4^+ = 19.9\%$, $p = 0.001$) y una varianza en la riqueza significativamente alta ($V = 223\%$, $p = 0.001$). Cuando las especies son separadas hubo asociaciones significativas positivas entre las especies toleradas ($A_4^+ = 41.4\%$, $p = 0.001$). También, hubo anidación (N) para los dos grupos de especies: toleradas ($N = 47.3\%$, $p = 0.001$) y promovidas/cultivadas ($N = 39.9\%$, $p = 0.001$). Sin embargo solamente para las especies toleradas este patrón estuvo asociado con la edad del cafetal ($\chi^2 = 6.378$, $p = 0.019$). Entre las especies toleradas se encontró un proceso de depuración con el tiempo: la eliminación de especies de vegetación madura y el mantenimiento de las especies de vegetación secundaria, sobre todo, con alto valor económico como *Cordia alliodora*. Se encontró que hay una jerarquización u orden en el arreglo de las especies. Las plantaciones rústicas de café están estructuradas por un "paquete" cultural y tecnológico de especies, alrededor del cual puede haber variaciones: primero el campesino satisface las necesidades de la sombra prototípica del cafetal (e.j., *Inga* spp. y otras leguminosas), luego siguen las especies de sombra útiles que son promovidas y las especies cultivadas. En el contexto de la dinámica temporal de los cafetales rústicos (*establecimiento-desarrollo-declinación-renovación*), este proceso de estructuración tiene importantes consecuencias para la conservación de la diversidad vegetal.

Las PRC pueden ser importantes reservorios para la diversidad vegetal en áreas muy deforestadas, contribuyendo a la manutención de paisajes heterogéneos y a la conservación de especies vegetales leñosas, pero es el conjunto de cafetales heterogéneos y variables, en el mosaico del paisaje, el que tiene un valor importante para la conservación. El impulso a la cafecultura diversificada con especies nativas locales, el apoyo gubernamental al sector cafetalero indígena y campesino, así como la promoción del consumo interno y la certificación ecológica del café, son elementos que pueden reforzar la conservación de la

diversidad vegetal y la recuperación de la cubierta forestal en áreas deforestadas a la vez promueven el desarrollo socioeconómico en las áreas más marginadas del país.

ABSTRACT

The study was conducted in indigenous villages in the highlands of the of Chiapas State and the north of Oaxaca State, in southeastern Mexico. The purpose of this investigation was to understand the historical, socio-economic and cultural factors influencing the establishment and the floristic structure of rustic coffee plantations, as well as to evaluate the implications of these agroecosystems for the conservation of wood plant diversity and landscape dynamics. The study looks for a contribution on (1) theoretical and methodological development of the fields of ethnobotany and ethnoecology insofar as it contributes with knowledge regarding the factors mediating the interactions of society and culture with nature, and (2) the design of strategies for conservation of biodiversity at the regional and national levels.

The study describes the farmers' knowledge regarding the establishment and structure of rustic coffee plantations and analyzes the changes in vegetation cover and land-use over a period of 23 years, in Polhó, Chiapas. Data were collected on the structure and diversity of shade trees, the management history of the plantations and their plant species present. Relationships between these variables were analyzed, and measures of α and β diversity were calculated. Indices of community structuring were employed to analyze processes of community structuring in the coffee plantations, in Rancho Grande, Oaxaca.

Tzotzil ecological knowledge was critical for design and construction of rustic coffee plantations, most importantly that regarding ecological succession. Two routes for coffee plantations establishment were observed: (1) from previously cultivated fields (predominant condition); (2) from secondary vegetation. Coffee-grower's activities (protection/promotion of native trees, crop and N-fixing tree cultivation, colonizer and pioneer species elimination) appear to be analogous to ecological successional processes.

The analysis of landscape dynamics in Polhó revealed that secondary tropical and temperate vegetation increased, whereas cultivated land with annual crops decreased. The ecological succession is the immediate cause that has induced changes in the landscape of Polhó over the last 23 years, and represents a reversion of the deforestation process reported for the previous period. It was in part assisted, as our interview analysis suggests, by the planting of diversified coffee agroforests. Also, certain social and cultural factors (i.e., land tenure mode) and process (i.e., organic coffee growing adoption) constituted the most important underlying causes of the maintenance of the pattern of landscape change over the entire area. This information suggests that rustic coffee plantations played an important role in the landscape dynamic by contributing to the establishment and maintenance of forest cover, the reduction of ecosystem fragmentation and the maintenance of heterogeneity in the landscape.

The results demonstrated that the studied coffee plantations are complex agroecosystems that are variable and dynamic in their floristic structure. Thirty-five species of shade trees

were found, of which 77% are typical of the secondary growth and mature forests of the region. Based on their floristic structure, two groups of coffee plantations were observed: one with greater abundance of *Cordia alliodora*, and the other with a relatively larger abundance of *Inga latibracteata* and other species. This variation in the structure of the coffee agroforests was correlated with the age of the plantation and the type of original forest cover at the site. A tendency towards the homogenization of the floristic structure of the coffee agroforests was observed over time (approximately 20 years). For all wild tree species, the coffee systems exhibited S_{max} of 33.7, α -diversity of 5.8 and β -diversity of 3.8 species, and $S_{max} = 13.0$, $\alpha=2.2$ and $\beta=4.9$, when considering only species from mature forest. These results indicate that, in order to conserve 75% of the wild tree species (pioneer and mature forest species), 15 coffee parcels are necessary, whereas if the same percentage of mature forest species is to be conserved, 21 parcels are required.

The rustic coffee plantations studied were not structured randomly. This result suggests the existence of "implicit logic" of coffee plantation construction. Such patterns were variable in terms of the species under different degree of anthropogenic manipulation. Strong positive associations among the total species ($A_4 = 19.9\%$, $p = 0.001$) and only the tolerated ($A_4^+ = 41.4\%$, $p = 0.001$), as well as a tendency for pioneer, promoted and cultivated species to associate were found. The variance in richness was high ($V = 223\%$, $p = 0.001$). In addition, the analyses demonstrated nesting (N) within each of two groups of species: those which are tolerated ($N = 47.3\%$, $p = 0.001$) and those, which are promoted/cultivated ($N = 38.9\%$, $p = 0.001$) in the coffee plantations. Nonetheless, only for tolerated species this pattern was significantly associated to coffee plantation age ($\chi^2 = 6.378$, $p = 0.019$). Among the tolerated species, a process of progressive elimination through time was found, in which species from mature forest are replaced by those from secondary growth and/or those of high economic value, such as *Cordia alliodora*. A hierarchical or ordered arrangement in the species assemblages was found which suggesting that the farmer first satisfies the need for shade in the coffee plantation (*Inga* spp. and other legumes), and then complements this with some promoted shade species and finally with cultivated tree species. Coffee agroforests are structured by a cultural and technological "package" of species. This structuring process has important consequences for conservation of woody species, in the context of the temporal dynamics of rustic coffee plantations (*establishment-decline-renovation*).

Rustic coffee plantations can be important for plant diversity reservoirs in deforested areas, contributing to the maintenance of landscape heterogeneity and to the conservation of woody plant species. However it is the assemblage of diverse coffee plantations within the landscape mosaic, which has value for the conservation of plant diversity. At the same time, coffee production can improve the quality of life in indigenous communities. The promotion of diversified coffee production with native species, the governmental support for the peasant coffee-producing sector, as well as the internal consumption and ecological certification for coffee are actions which can contribute to the conservation of plant diversity and forest recovery in deforested regions while promoting socio-economic development of the most marginalized sectors of the country.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

I.1. Marco teórico general de la tesis: los factores humanos y la biodiversidad. En las últimas tres décadas se ha ampliado la discusión sobre el problema de la degradación de los recursos naturales y el mantenimiento de la biodiversidad. Esta discusión no sólo se ha dado en el campo de la ecología, sino también en la economía y en las ciencias sociales. Tales discusiones se basan en el reconocimiento de dos aspectos fundamentales: (1) que existe la necesidad de utilizar un enfoque transdisciplinario para comprender las conexiones a través de los sistemas ecológicos, económicos y sociales de manera integrada (Alcorn, 1984; Toledo, 1992; Lubchenco et al., 1994; Constanza, 1993; Pahl-Vostl, 1995; Forester y Machlis, 1996; Berkes y Folke, 1998; Holling et al., 1998); y (2) que la conservación no puede basarse únicamente en las áreas naturales protegidas, pues las áreas manejadas representan un gran porcentaje de los ecosistemas en el mundo (Pimentel et al., 1992; Vandermeer y Perfecto, 1997). Además, en una parte importante de las áreas manejadas de manera tradicional se puede mantener un segmento considerable de la diversidad biológica (Toledo, 2000), y esto es particularmente relevante en las regiones donde la deforestación ha reducido significativamente la superficie ocupada por los ecosistemas originales (Noble y Dirzo, 1997).

Para cumplir el objetivo de la conservación de los recursos silvestres en su totalidad es necesario, entonces, realizar dos movimientos complementarios: (1) extender los análisis más allá de las causas inmediatas de los problemas ambientales (el uso y la extracción de los recursos de un ecosistema), y dirigirse a las causas subyacentes - los factores económicos, institucionales, sociales y culturales que dirigen las actividades o acciones humanas (Grainger, 1992; Folke, 1996); y (2) cambiar la visión dominante en la ecología de la conservación clásica que considera en su estrategia únicamente las áreas naturales protegidas, particularmente en las regiones del mundo donde el componente sociocultural y étnico son muy relevantes, incorporando en las estrategias generales de la conservación las áreas manejadas de modo tradicional (Pimentel et al., 1992; Vandermeer y Perfecto, 1992; Gadgil et al., 1993; McNeely, 1994; Jordan, 1995).

La discusión anterior tiene importantes repercusiones políticas, pues las acciones gubernamentales tomadas durante las últimas décadas para revertir las tendencias en las tasas de deforestación y la pérdida de biodiversidad no parecen haber tenido éxito en muchos países del hemisferio sur (Ostrom, 1995). Uno de los problemas relacionados con esta falta de efectividad en la toma de decisiones en el ámbito del gobierno es que los análisis realizados hasta la fecha sobre este tema han sido de carácter seccional y a escala macro (escala de países o grandes regiones) (Brown y Pearce, 1994). Este hecho ha generado una multiplicidad de modelos y esquemas que no han ayudado a la elección entre hipótesis que compiten entre sí, ni han auxiliado a generar un cuadro consistente de las variables humanas que afectan, por ejemplo, las tasas de deforestación. Consecuentemente, las intervenciones no son eficaces cuando hay poco acuerdo científico y cuando el problema es determinado por un conjunto complejo de procesos y factores (Ostrom, 1995; McNeely et al, 1995). Como ha sido señalado por varios autores, una forma de empezar a cubrir los vacíos extensos que existen en nuestro conocimiento de los factores humanos asociados con la biodiversidad es realizar estudios sistemáticos de variables tanto

ecológicas como humanas, en un número amplio de agrupaciones a escala micro a través del tiempo (Ostrom, 1995; McNeely et al., 1995).

Con esta tesis se pretende contribuir al conocimiento de cómo los factores humanos afectan la biodiversidad de las comunidades vegetales y a nivel del paisaje), tomando como modelo de estudio las áreas cafetaleras indígenas y las plantaciones rústicas de café en México.

I.2. El problema teórico central: la biodiversidad de los sistemas rústicos de café en las áreas indígenas de México. Diversos estudios realizados sobre las plantaciones rústicas de café (PRC) en México revelan que estos agroecosistemas presentan características que los hacen interesantes tanto para la investigación etnobotánica y etnoecológica, como para la ecológica (Soto-Pinto, 2000). Este interés es de carácter tanto teórico como práctico.

Los cafetales rústicos son sistemas estructuralmente complejos que vienen siendo adaptados por las comunidades indígenas desde hace por lo menos un siglo a sus plantaciones agroforestales y sistemas de manejo múltiple de los ecosistemas. Esto confiere a las PRC un carácter de "experimentos" culturales recientes, que posibilitan el análisis de la evolución del manejo tradicional de los recursos naturales y de la adaptación de cultivos introducidos. Las PRC son sistemas en los que los campesinos combinan estrategias de subsistencia, a través de la explotación de los diversos recursos vegetales que se asocian al café, con estrategias de producción para el mercado, en las que el café es el principal producto, pero otras especies económicamente relevantes (maderables, no maderables) también pueden ser comercializadas. Tales características hacen de las PRC excelentes modelos para los estudios etnoecológicos y etnobotánicos, tales como: de las prácticas de manejo de la vegetación y de los suelos para establecimiento de sistemas agroforestales, de los criterios de selección de especies útiles, la identificación de especies potenciales, sus usos y formas de manejo.

Las regiones cafetaleras de México son muy heterogéneas desde el punto de vista ambiental (diversidad climática, edafológica, de relieve, etc.) y ecológico (diversidad de ecosistemas) (Nolasco, 1985; Moguel y Toledo, 1999). Además, esta región presenta una elevada riqueza cultural representada por una decena de grupos indígenas (Toledo y Moguel, 1999) que conocen, manejan (Toledo et al., 1995) y, en muchos casos como ha sido reportado, promueven esta diversidad (Caballero, 1994; Casas et al., 1996). Esta conjunción entre alta diversidad biológica y elevada diversidad cultural hace de las regiones cafetaleras indígenas áreas modelo para el estudio de los factores humanos: sociales, históricos, culturales e institucionales que afectan la biodiversidad, es decir, su mantenimiento o degradación y pérdida.

A la ecología le interesan las plantaciones rústicas de café porque son sistemas biológicamente muy diversos. Se ha reportado (Moguel y Toledo, 1999) que entre el 60 y el 70% (de un total de cerca de 850.000 ha) de los sistemas de producción de café en México se da bajo la cobertura de muchas especies de árboles, y que la mayoría de estas especies forman parte de la vegetación original. Por ejemplo, Soto-Pinto et al. (2001) encontró que el 40% de las especies de la vegetación natural del norte del estado de Chiapas están presentes en los cafetales. Esta alta diversidad biológica se explica en parte por el hecho de que las áreas cafetaleras en México (y en el mundo) se ubican dentro de la zona geográfica

intertropical, que es una región que alberga una parte significativa de la biodiversidad a escala planetaria (Gentry, 1992, 1995; Lugo, 1988); por otro lado, estos sistemas se han mantenido en un estado diversificado por las propias comunidades indígenas. En un país con altas tasas de deforestación como México (Cairns et al., 2000), es más que relevante el estudio de la biodiversidad de las plantaciones rústicas de café por el papel trascendente que estos sistemas pueden jugar en estrategias regionales y nacionales de conservación.

En términos prácticos, las PRC tienen gran importancia para dos dimensiones de la actividad humana comúnmente enfrentadas o antagonizadas: la conservación ecológica versus la producción y el desarrollo socioeconómico. Por un lado, hay evidencia de que las PRC son sistemas interesantes para incorporarse al diseño de estrategias nacionales de conservación (Moguel y Toledo, 1999). Diferentes autores reportan que tales sistemas constituyen refugios potenciales para la biodiversidad de remanentes boscosos en un paisaje fragmentado (Purata y Meave, 1993; Rice y Ward, 1996; Perfecto et al., 1996), y que en México son particularmente importante en aquellas regiones del país identificadas como de alto valor para la conservación de la biodiversidad por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Moguel y Toledo, 1999). Así, las plantaciones rústicas de café pueden ser importantes reservorios para la biodiversidad, particularmente, en el contexto actual de pérdida o "crisis" de la biodiversidad (Wilson, 1988). Por otro, en términos socioeconómicos, las PRC pueden constituirse en una actividad rentable, que influya positivamente en la calidad de vida de los millares de comunidades indígenas y campesinas en las áreas del trópico mexicano aptas para la producción del aromático, sobre todo, cuando las organizaciones de productores logran la certificación ecológica de su café o entran a un mercado "justo" (Murphy, 1995).

I.3. Los estudios sobre la biodiversidad en los cafetales rústicos en México. Es importante señalar que, de modo general, el cafetal rústico es un sistema aún poco explorado y los estudios sobre estos agroecosistemas todavía están, en su gran mayoría, en una etapa descriptiva. Los estudios realizados hasta la fecha se han dirigido a aspectos de inventario de los diversos *taxa* (enfoque comunitario) que ocurren en estos sistemas, así como estudios de aspectos sobre su distribución, abundancia y utilización (ver Moguel y Toledo, 1999). Los invertebrados (Ibarra-Núñez, 1990; Perfecto et al., 1996, 1997) así como los vertebrados; y en particular de éstos últimos los mamíferos (Estrada et al., 1993; Gallina, 1995), las aves (Greenberg et al., 1997, 1997a) y los reptiles (Rendón-Rojas, 1994) han sido los organismos más estudiados. En contraste, las plantas vasculares han sido mucho menos estudiadas (Rendón y Turrubiarte, 1985; Jiménez-Ávila, 1987; Soto-Pinto et al., 2001). Entre estos estudios, con raras excepciones (Jiménez-Ávila, 1979, 1980; Altieri y Nestel, 1992; Nestel y Dickeschen, 1990; Nestel et al., 1993; Nestel, 1995; Soto – Pinto et al., 2002), no se ha buscado establecer correlaciones entre los diversos elementos de la biodiversidad y los factores ecológicos, ambientales, históricos, socioculturales y tipos de manejo.

A nivel del paisaje los estudios son todavía más escasos que los estudios con enfoque en la comunidad. Además, las dos investigaciones más relevantes son a macroescala, donde se homogeneizan y no se detectan muchos procesos reconocibles sólo a microescala. Estos son los casos de los estudios realizados por Nestel (1995) a escala de todo el país, y el estudio de Rice (1997) correspondiente a un estado. Sólo el primer estudio discute los

factores humanos relacionados con la dinámica de la cafecultura y la biodiversidad. Otra limitación que presentan estos trabajos es que se basaron sólo en la información estadística disponible, reportada en la literatura, por lo tanto no tuvieron un control de la calidad de los datos que utilizaron en sus análisis. Sin embargo hay que destacar que estos dos estudios son una referencia fundamental para entender la dinámica de la cafecultura y su impacto ambiental y ecológico general en México.

En su estudio Nestel (1995) analiza el papel de los factores macroeconómicos (fluctuación de precios en el mercado) e institucionales (políticas de modernización o intensificación del sector cafetalero en México) en la dinámica del paisaje de la cafecultura nacional y sus consecuencias ecológicas y ambientales. El autor reporta que durante el período de bonanza de los precios del café (1970-1980) la superficie cultivada creció ya que se incorporaron nuevas tierras forestales al proceso productivo. Por otro lado, en el mismo periodo, la producción y productividad del aromático fueron impulsadas por las políticas gubernamentales. Como resultado, 30% de los cafetales bajo sombra de México fueron transformados a cafetales a pleno sol, con impactos fuertemente negativos en la biodiversidad y en los procesos ecosistémicos locales y regionales. Según Nestel (1995), hay indicaciones de que las áreas cafetaleras indígenas fueron las menos susceptibles a estas políticas, sin embargo, no existen estudios de caso para corroborar esta hipótesis ni para identificar los factores que explican esta supuesta diferencia de la dinámica del paisaje en las áreas cafetaleras indígenas.

1.4. Alcances de esta tesis. Observaciones preliminares sugieren que la construcción de un cafetal rústico llevada a cabo por productores indígenas parece ser análogo al proceso de sucesión. El manejo que realiza el productor para establecer el cafetal implica, por un lado la perturbación del sistema ecológico, lo que afecta la disponibilidad de sitio. Ello dispara varios procesos que pueden ser aprovechados o ignorados por el campesino, tales como: la inmigración y colonización, el establecimiento, la competencia entre las especies de plantas (Connell y Slatyer, 1977; Pickett et al., 1987). Pero las actividades que el campesino realiza para establecer y mantener el estrato arbóreo-arbustivo del cafetal sugieren un conocimiento y manipulación de la sucesión ecológica. En esta tesis se describe el papel del conocimiento ecológico tradicional en el establecimiento y construcción de las plantaciones rústicas de café en un área indígena.

Mientras diversos estudios que han sido realizados sobre las plantaciones rústicas de café son utilizando herramientas de la ecología de comunidades la investigaciones que han sido realizadas a nivel de paisaje son muy escasas. Los trabajos existentes utilizaron escalas demasiado amplias. Cuando se trata de generar modelos explicativos de los factores humanos que influyen en la biodiversidad, estos estudios de baja resolución espacial son poco útiles. Para lograr la construcción de modelos explicativos más robustos es necesario realizar varios estudios de caso a nivel más detallado (Ostrom, 1995). Esta tesis trata de contribuir en esta última dirección, evaluando el papel que los factores macroeconómicos, históricos, demográficos e institucionales han jugado en la dinámica del paisaje (cambios de la cobertura vegetal y en el grado de fragmentación de los ecosistemas) en un área cafetalera indígena (microescala).

Las investigaciones realizadas sobre los cafetales rústicos en varias regiones de México establecen que éstos son sistemas complejos, dinámicos y variables en términos de su estructura florística, es decir, que se presentan de forma heterogénea incluso en una misma área geográfica y cultural. En esta tesis se evalúa la heterogeneidad espacial y temporal de las plantaciones rústicas y se identifican algunos factores que explican tal heterogeneidad. Se analiza también cómo diferentes factores topográficos (la altitud), socioeconómicos y tecnológicos, de manejo de la parcela (edad y cobertura del suelo anterior del cafetal) se relacionan con la estructura florística de los cafetales. Una contribución relevante de esta tesis es el análisis de los componentes de la biodiversidad: α y β , lo cual posibilita un mejor entendimiento del papel de los cafetales rústicos para la conservación.

Estudios preliminares indican que las actividades de manejo para la construcción del cafetal se constituyen sintéticamente: (a) del cultivo de especies domesticadas; (b) de la promoción y cultivo de especies silvestres de crecimiento rápido, fijadoras de nitrógeno, maderables, frutales - proceso definido como "promoción" (Casas et al., 1996); (c) del mantenimiento y la protección de árboles y arbustos que anteriormente existían en la parcela, de los individuos de especies consideradas útiles y - que es un proceso definido como "tolerancia" (idem); (d) de la eliminación de algunos individuos de especies arbóreas, arbustivas, colonizadoras y pioneras, y de la incorporación de su biomasa al suelo. Tales actividades parecen análogas a algunos procesos naturales (e.j., la colonización, el establecimiento, la competencia) que probablemente ocurrirían sin la intervención humana y que serían determinados únicamente por factores ecológicos o estocásticos. A partir del análisis de la estructuración de las plantaciones rústicas de café, se exploran la combinación de la teoría etnobotánica moderna sobre el manejo de recursos vegetales junto con la aplicación de los modelos nulos utilizados en el estudio de comunidades no manejadas para analizar el proceso de construcción de los cafetales y sus implicaciones para la conservación de la biodiversidad de plantas vasculares en el contexto de la dinámica de las plantaciones rústicas de café.

Finalmente, esta tesis busca contribuir no solamente a ampliar el conocimiento sobre la diversidad vegetal de las plantaciones rústicas de café y sobre su papel en la dinámica del paisaje, sino que, también ayuda a analizar algunas de las implicaciones de diferentes factores que influyen en el mantenimiento de la diversidad vegetal a escala local y regional. Esto es particularmente importante cuando se trata de la diversidad de especies leñosas, que es el componente básico que da soporte al sistema como un todo. La tesis también avanza en el entendimiento de cómo distintos factores influyen en los cambios en la cobertura forestal y en el grado de fragmentación de los ecosistemas (nivel del paisaje), fenómenos que están relacionados con la pérdida de la biodiversidad en otros niveles (Saunders et al., 1991). Esta tesis también contribuye al desarrollo metodológico de la etnobotánica, en la medida en que se exploran los métodos ecológicos de búsqueda de patrones de estructuración en comunidades no manejadas, junto con los elementos de la teoría etnobotánica sobre el manejo de plantas, para probar la hipótesis de que sí hay una "lógica de construcción" de las plantaciones rústicas de café", es decir, si los campesinos siguen algunas reglas generales comunes en la estructuración de sus cafetales, o éste es un proceso completamente idiosincrásico, aleatorio. También se analizan las implicaciones que puede tener esta posible lógica de construcción" del cafetal para la diversidad de especies leñosas.

I.5. Preguntas centrales de la tesis:

- ¿Los factores socioeconómicos (tales como, la fluctuación de precios y las políticas gubernamentales), culturales (instituciones locales) e históricos (procesos de organización social), orientan o moldean las decisiones sobre el establecimiento de los cafetales, e influyen en la dinámica del paisaje de un área cafetalera indígena; es decir, en el cambio de la cobertura forestal y uso del suelo, y consecuentemente en el grado de fragmentación del ecosistema a lo largo del tiempo?. De ser así, ¿Qué implicaciones tiene ello para la conservación de la biodiversidad?
- ¿Está relacionada la estructura florística de los cafetales rústicos con los factores topográficos (altitud), históricos (el uso del suelo o la cobertura anterior y el tiempo de manejo de las parcelas) y las características socioeconómicas y tecnológicas de los productores? ¿Qué implicaciones tiene ello para la conservación de biodiversidad de plantas vasculares?.
- ¿ Son los cafetales rústicos sistemas manejados estructurados?. De ser así, ¿Cuales las reglas que se basan los campesinos para estructurar sus cafetales? ¿Hay un arreglo ordenado de introducción o eliminación de las especies del cafetal? ¿Cómo se dan estos procesos a lo largo del tiempo? ¿Qué implicaciones tiene ello para la conservación de diversidad de plantas leñosas?

I.6. OBJETIVOS

I.6.1. General

- Analizar el papel de factores topográficos, históricos y socioeconómicos en el establecimiento y la estructura florística de los cafetales rústicos, a nivel tanto local como regional, así como sus implicaciones para la conservación de la diversidad de especies vegetales leñosas.

I.6.2. Específicos

- Describir e identificar los conocimientos ecológicos indígenas que inciden en el establecimiento y la estructuración de las plantaciones rústicas de café.
- Describir la dinámica del paisaje en un área cafetalera indígena y evaluar la influencia de factores socioeconómicos, demográficos, institucionales y culturales en ella.
- Evaluar cómo los factores físicos, socioeconómicos, históricos (el uso del suelo anterior y la edad de la parcela) afectan la estructura florística de las plantaciones rústicas de café.
- Analizar los patrones de variación de la estructura florística de las plantaciones rústicas de café.
- Analizar la estructuración de las plantaciones rústicas de café.
- Evaluar el papel de las plantaciones rústicas de café en la conservación de la diversidad de especie leñosas.

CAPITULO II
METODOLOGÍA GENERAL

II. METODOLOGÍA GENERAL

En este estudio se utilizan tanto métodos ecológicos, como geográficos y etnográficos. En función de esto, la metodología fue dividida en tres puntos de investigación: la ecológica donde se utilizaron herramientas de la ecología de comunidades y ecología del paisaje); y etnoecológica.

II.1. Las áreas de estudio

Se eligieron dos áreas de estudio entre los principales estados cafeticultores del país (Chiapas y Oaxaca), pues en estos estados se encuentra cerca de 52% de superficie cultivada y 44% del número total de comunidades cafetaleras de México. Además, estos estados son responsables de 56% de la producción total de café en México (Santoyo et al., 1996). En estos estados existe una presencia importante de comunidades de pequeños productores de café indígenas que utilizan sistemas bajo sombra diversificada. Las áreas elegidas se ubican dentro o cerca de regiones con alto valor para la conservación en el trópico húmedo los bosques mesófilos de los Altos y la Sierra Norte de Oaxaca).

II. 2. Los Altos de Chiapas

La primera región considerada en este estudio se localiza en el municipio de San Pedro Chenalhó ("pozo de agua"), en Los Altos de Chiapas, entre los $19^{\circ}59'49''$ y los $19^{\circ}59'44''$ de latitud norte, y los $92^{\circ}33'41''$ y $92^{\circ}30'32''$ de longitud oeste (Figura 1).

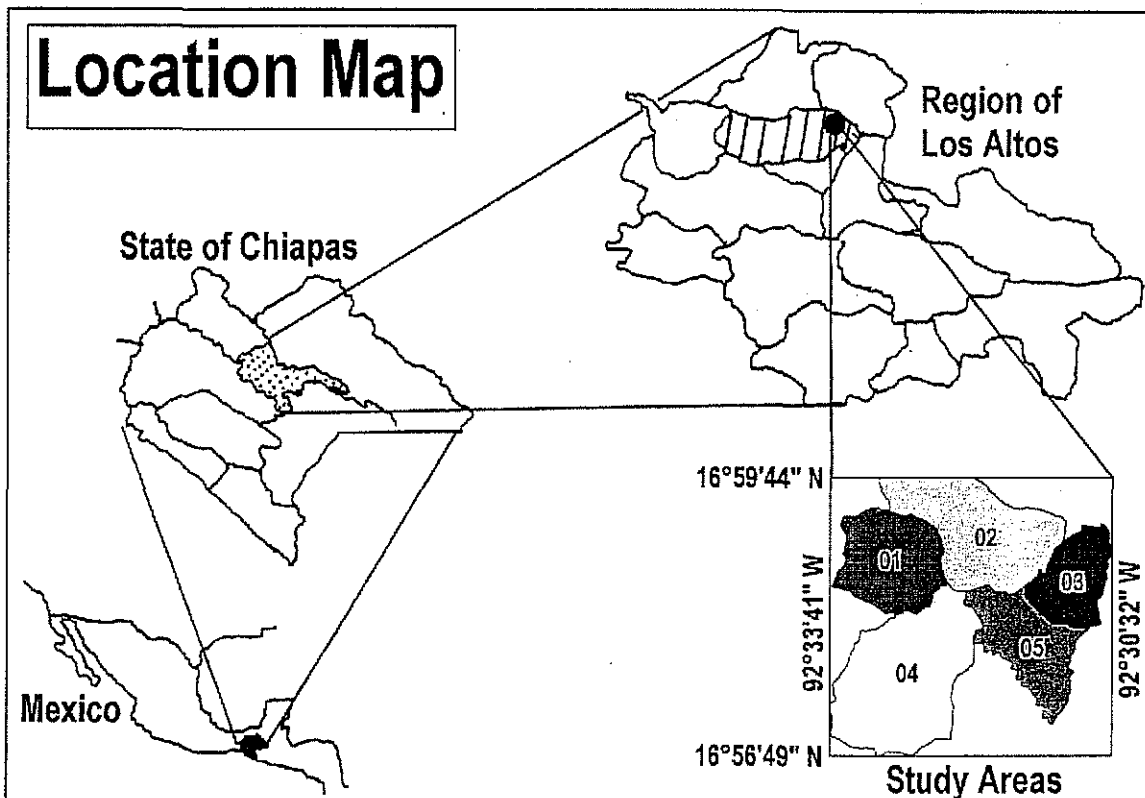


FIGURE 1.— Localización de los Altos de Chiapas donde se ubica el municipio de Chenalhó y la comunidad de Polhó en el estado de Chiapas.

Se seleccionaron cinco subáreas que corresponden al 100% del territorio de la comunidad y a una pequeña porción de las comunidades de Tzajalukum, Acteal, Poconichin, Narajantik Bajo y Alto, Yabteklum y Yebeljoj. Estas presentan características ambientales contrastantes. Debido al patrón de dispersión parcelario es casi imposible determinar los límites de cada comunidad, así que las subáreas de estudio fueron definidas según criterios fisiográficos (mediante porciones de parteaguas y cauces), y en algún caso disyunciones estructurales (fallas).

Las altitudes promedio distinguen a tres áreas ecogeográficas, una más cálida al norte (la subárea 1, con 1250 msnm, y la subárea 2, con 1150 msnm); una semi-templada al sur (las subáreas 4 y 5, ambas con 1400 msnm); y al oriente una zona templada (la subárea 3 con 1680 msnm) (Figura 1).

En el municipio se presentan climas distintos, según la clasificación de Köppen modificada por García para la República Mexicana: (1) el tipo C (w2) o templado – subhúmedo con lluvias abundantes en verano en las partes más altas; y (2) en las partes más bajas, al norte, el clima es del tipo A(C)(m) o semicálido – húmedo con lluvias veraniegas en abundancia. Las temperaturas promedio donde prospera el café están entre 18 y 22⁰C con una precipitación pluvial anual de 2000-2500 mm (Majomut, 1993).

Los Luvisoles órticos y crómicos (INEGI, 1991) son los suelos predominantes en el área (subáreas 1, 2, 4 y 5); son suelos caracterizados por un horizonte B arcilloso, poco profundo y de baja fertilidad. En la subárea 5 las rendzinas son los suelos dominantes (INEGI, 1991). No hay ríos navegables y los tipos de vegetación existentes son bosques de coníferas (subárea 3) y posiblemente algunos fragmentos de bosque mesófilo (en las subáreas 4 y 5) y de selva mediana sub-perennifolia (en las subáreas 1 y 2).

El paisaje del municipio es un mosaico de milpas, huertos familiares, cafetales sombreados diversificados y algunos bajo sombra especializada, bosques en diversos estadios de sucesión ecológica, con elementos florísticos tropicales dominantes - *acahuales* – en las áreas al norte (subáreas 1, 2), y con elementos templados en las áreas hacia el sur (subáreas 4 y 5) y oriente (subárea 3), terrenos en barbecho (“descanso”), y unos pocos potreros, platanales y parcelas con caña.

La Unión de Ejidos y Comunidades del Beneficio Majomut, con la cual se colaboró en esta investigación, está formada en su mayoría por productores de café orgánico pertenecientes a los municipios de San Pedro Chenalhó y San Juan Cancuc, al norte de Los Altos. En éstos municipios, los habitantes viven diseminados en varios poblados (*parajes*) que son la unidad básica de la comunidad, y que están conformados por 20 a 200 familias (Majomut, 1993). La propiedad comunal (predominante) y ejidal son las principales formas de tenencia de la tierra, habiendo pocas propiedades privadas (INEGI, 1996).

Los cafetaleros de Polhó son mayas - tzotziles con arraigo secular a la tierra y aunque la propiedad es comunal, cada árbol tiene su propietario. La organización de la producción es familiar. La agricultura de temporal, cuyo cultivo principal es el maíz, y el cultivo del café para la venta, constituyen las dos actividades económico-productivas fundamentales de la comunidad.

II. 3. La Chinantla, Oaxaca

La zona de estudio está localizada en el estado de Oaxaca, en el poblado de Rancho Grande, el cual pertenece al ejido Cerro Armadillo Grande, Municipio de Valle Nacional, Distrito de Desarrollo Rural 109 (Tuxtepec) (Figura 2). Desde el punto de vista hidrológico, el área se localiza en la cuenca del río Papaloapan. El clima es cálido - húmedo. El área presenta una elevada precipitación pluviométrica, donde los municipios más cercanos del pueblo, Valle Nacional y , se reportan 3590,3 mm y 5000 mm (Rzedowski y Palacios, 1977) de precipitación respectivamente. Es una zona de transición entre la selva alta perennifolia y la selva alta sub-perennifolia de montaña (Romero-Romero et al.,1999).

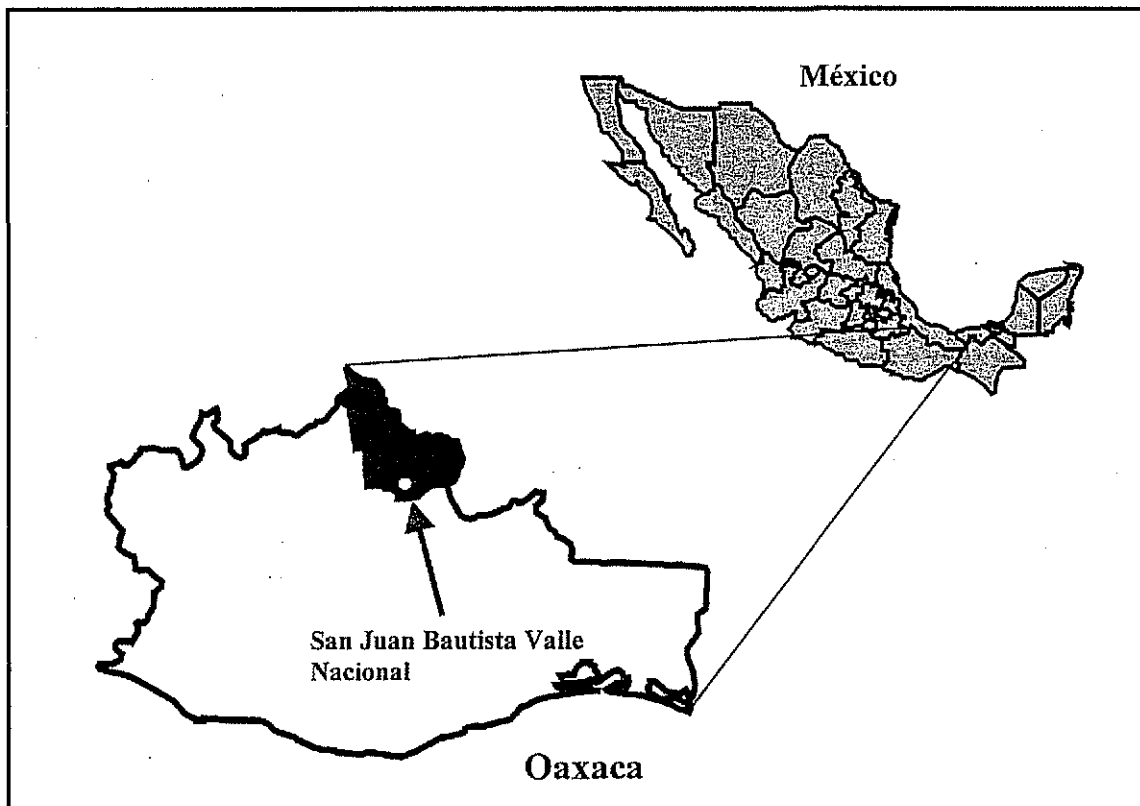


Figura 2: Localización del área de estudio en Oaxaca.

La comunidad se encuentra a aproximadamente 45 km. de la cabecera municipal, con acceso por una carretera de terrecería, en la porción E de la Sierra Norte de Oaxaca. Los pobladores son indígenas Chinantecos (Grupo lingüístico Otomangue; Suárez Savini, 1995), formados por una población de 181 individuos, distribuidos en 38 viviendas; con un promedio de 4.8 individuos por vivienda (INEGI, 1991).

Las actividades económicas principales son la producción de café, en agroecosistemas rústicos, para su venta en el mercado regional (café pergamino y oro), así como el cultivo de maíz - frijol - calabaza (*milpa*), cuya producción es exclusiva para el auto consumo. Además, algunos campesinos también se dedican al cultivo, en parcelas de *acahual* y de cafetal, de la vainilla (*Vainilla* spp.) y del ixtle (*Aechmea magdalenae*) para su comercialización. También se explotan especies maderables valiosas regionales (*Cedrela odorata*; *Cordia alliodora*), e introducidas (*Swietenia* spp.) en el interior de las parcelas de café.

El manejo de los recursos y del paisaje realizado por los chinantecos de Rancho Grande y de comunidades vecinas produce un paisaje complejo constituido por un mosaico de milpas, huertos familiares, cafetales, acahuales de diferentes edades y parches de selva madura.

II. 4. La investigación ecológica

II.4.1. El enfoque de ecología de comunidades. Se utilizó como una de las medidas de diversidad la riqueza de especies leñosas de un área determinada y se consideró además, la abundancia de las especies. La riqueza presenta algunas ventajas; integra varias facetas de la biodiversidad (genética, orgánica, ecológica), es fácilmente mensurable; y además, ya existe una cantidad sustancial de información sobre patrones en la riqueza de las especies para varias regiones del mundo (Gaston y Spicer, 1998), sobre todo para la región neotropical (Gentry 1982, 1995) que permiten hacer comparaciones con los datos del presente estudio.

Se muestrearon diez transectos de 25 × 4 m (0.1 ha) por parcela de cafetal (un total de 220 transectos en 22 parcelas analizadas; es decir 2.2 ha), orientados en dirección de la pendiente. Los transectos fueron dispuestos a una distancia aleatoria, mínima de 5 y máxima de 10 m, entre cada uno. Esta metodología de muestreo es una adaptación del método de Gentry (1982), y una metodología muy similar fue utilizada por Romero-Romero et al. (2000) para el estudio de la vegetación secundaria de una región de La Chinantla cercana al área de estudio de esa propuesta.

Se contaron y colectaron ejemplares para identificación de todos los individuos arbóreos, y sólo los arbustivos y hierbas útiles (no se colectaron muestras de las variedades de café pues estas pueden ser identificadas en campo).

Se tomaron medidas del diámetro a la altura del pecho, es decir, a 1.30 m del suelo (DAP), con auxilio de una cinta métrica y de un vernier, y de la altura (con auxilio de un clisímetro) de todos los individuos arbóreos con más de 2.50 cm de DAP que estuviesen dentro del perímetro del transecto. También se realizaron colectas botánicas y herborización del material en campo; las colectas fueron depositadas en el Herbario Nacional de la UNAM. Se registraron con su nombre chinanteco, español o ambos.

Se calculó la densidad de individuos (número de individuos/ha) y la abundancia absoluta (número de total individuos de cada especie en la parcela) y relativa (número de individuos

de una especie por el número total de individuos muestreados, en la parcela) para cada especie.

Se colectó información de la parcela de tipo histórica (tiempo de uso de la parcela como cafetal, uso anterior) y geográfica (altitud y coordenadas geográficas).

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron del tipo florístico-estructural (el número de especies por unidad de área y la abundancia de las especies, definidas como variables dependientes, y del tipo histórico- geográfico (uso previo y edad de la parcela altitud), definidas como variables independientes.

Con los resultados obtenidos se realizaron análisis estadísticos factoriales para probar las hipótesis de no - dependencia (H_0) o dependencia (H_A) entre las variables medidas y los factores seleccionados, y sus interacciones. De ese modo, a partir de una matriz con todos los datos y el auxilio del paquete estadístico GLIM (Crawley, 1993), se hizo una regresión log- lineal para las variables discretas o conteos, y para las variables categóricas (Zar, 1984; Sokal y Rohlf, 1995), y un ANDEVA para los datos continuos o mediciones (Zar, 1984; Sokal y Rohlf, 1995).

Por otro lado, para la elaboración de una tipología de cafetales se utilizaron los análisis estadísticos multivariados (Correlación Canónica). Se realizaron los análisis a partir de matrices de abundancia de las especies en 0.1 ha/cafetal y matriz de presencia-ausencia de especies/cafetal (Gauch, 1986; Reyment y Jöreskoj, 1996; Manly, 1997). Se probaron los índices de estructuración de comunidades (Diamond y Gilpin, 1982; Gilpin y Diamond, 1982; Wright y Biehl, 1982; Wilson, 1987; Wilson et al., 1987; Stone y Roberts, 1990, 1992; Silvertown y Wilson, 1994) con base en matrices de presencia y ausencia.

II.4.2. El nivel del paisaje. El nivel de paisaje, es el nivel más difícil de delimitar por la escala de los fenómenos que detecta, y por ende, la más arbitraria de las categorías mensurables (tipos de hábitat y cobertura) Sin embargo, en este tiene se pueden integrar los diferentes aspectos ecológicos, sociales y económicos, pues a esta escala tales aspectos interactúan y producen patrones espacio-temporales reconocibles (fragmentación, cambio del tamaño y de la forma de los polígonos de las clases de cobertura vegetal), de allí que se haya considerado importante abordarlo en esta tesis.

Esta parte del estudio constó de dos procedimientos metodológicos: (1) el levantamiento de información sobre la historia de manejo de las parcelas junto a los productores; y (2) análisis del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo entre diferentes fechas. Para el primer procedimiento, se hizo una exploración preliminar del área abarcando todas las comunidades pertenecientes a la Unión Majomut, con la finalidad de hacer una prospección para la selección de una comunidad. Se explicó el proyecto a los delegados y líderes de las comunidades pertenecientes a la Unión. Posteriormente se seleccionó una comunidad con base en criterios geográficos (heterogeneidad ecofisiográfica), geopolíticos (importancia de la comunidad en el ámbito regional, y sus interrelaciones espaciales con las demás comunidades de la Unión), de diversidad productiva (que representara la gama de

estrategias productivas campesinas de manejo del paisaje de la zona) y de diversidad fisionómica de los cafetales.

A través de recorridos de campo junto con campesinos tzotziles dentro del área de la comunidad seleccionada y mediante una revisión de la literatura, se hizo una caracterización ambiental general. Paralelamente se hizo el registro fotográfico del paisaje y de los diversos usos del suelo en los diferentes *barrios* de la comunidad (Majomut 1 y 2, X'oyep 1 y 2, Polhó Centro, Canolal, Majunpenpetik 1 y 2).

Para identificar los cambios de uso del suelo y de cobertura de vegetación dentro del análisis de la dinámica del paisaje, se utilizaron las fotografías aéreas disponibles, tomadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), para los años 1973 (a escala 1:50:000), 1987, 1991 y 1996 (a escala 1:75:000).

Se identificaron las áreas de interés dentro de las fotografías aéreas correspondientes a cada una de las fechas de las tomas fotográficas mencionadas (73-87-91-96). Estas áreas fueron registradas en formato digital mediante un escáner de cama plana, empleando una resolución de 600 dpi. Después, dentro de las porciones de interés de las fotografías aéreas escaneadas y mediante el uso de un programa convencional de manejo de imágenes en computadora personal, se delimitaron y agruparon, trazando manualmente en la pantalla, todas las áreas (límites de polígonos) que presentaban tonalidades de gris y texturas semejantes. Se usó alternativamente un estereoscópio de espejos para corroborar, por fotointerpretación estereoscópica en el modelo tridimensional, que en el interior de las áreas delimitadas se identificase un solo tipo de cobertura-uso del suelo.

Las imágenes fotográficas aéreas en formato digital, con los trazos de los polígonos de cobertura y uso del suelo, se integraron dentro del Sistema de Información Geográfica (SIG) ILWIS (Versión 2.2, ver ITC, 1998). Simultáneamente y también dentro del SIG, se digitalizaron todas las curvas de nivel (cada 20 m), a partir de la carta topográfica a escala 1:50:000 del INEGI (1991), con el auxilio de una tableta digitalizadora y de una impresión en color ampliada del sector de interés de dicha carta. Con la información de las curvas de nivel y mediante procedimientos de interpolación en mapas raster, se generó el Modelo Digital de Terreno (MDT) del área de estudio, con una resolución espacial de 3 m (tamaño del píxel).

Se aplicó un método de restitución fotogramétrica digital en línea (en "tiempo real", ver ITC 1998), es decir, al trazar los polígonos de cobertura se realizaba su corrección inmediata de la distorsión en las fotografías producida por el relieve del terreno, particularmente abrupto en el área de estudio, asimismo por la distorsión generada por la proyección fotográfica de punto central cónico (López Blanco et al. 1996, Romero Hernández y López Blanco 2000). Cada trazo realizado en pantalla, en la fotografía correspondiente, es corregido simultáneamente, ya que existe una correspondencia previa, establecida mediante la asignación de puntos de control del terreno en coordenadas UTM y su asociación con los valores altitudinales de cada punto en la fotografía, tomados del DTM.

Se realizó una valoración para establecer la exactitud de la geometría de los rasgos fotointerpretados y corregidos fotogramétricamente, con respecto a algunos rasgos del relieve y de la red de cauces. La información fotográfica de campo sirvió para realizar ajustes en la delimitación de los polígonos de cobertura vegetal y de uso del suelo. Se definió la leyenda para las clases de cobertura y uso del suelo, y se procedió al etiquetado de los polígonos, por fecha, subárea de estudio y cobertura.

Se cuantificaron las superficies de los diferentes tipos de cobertura-uso del suelo para cada fecha de evaluación (73-87-91-96), considerando independientemente cada una de las cinco subáreas de estudio (A1...A5). Se realizó una serie de sobreposiciones digitales en el SIG para obtener las matrices de cambio de cobertura-uso, a partir de los cruzamientos entre los cuatro mapas por fecha analizada.

II. 4.3. Investigación etnobotánica y etnoecológica: métodos etnográficos. El estudio del proceso de establecimiento o construcción de los cafetales rústicos se hizo a través de entrevistas estructuradas (Martin, 1995; Alexiades, 1996), diseñadas previamente, con productores de café, de modo independiente. Se recabó información sobre el conocimiento etnoecológico y etnobotánico que interviene en este proceso, y sobre las posibles condiciones iniciales presentes al momento de su establecimiento (origen e historia de la parcela). De manera general, se contempló en la entrevista los siguientes aspectos:

- Qué especies fueron seleccionadas (excluidas, toleradas, promovidas y cultivadas); y cuáles los criterios de selección para mantener o eliminar las especies de la parcela del cafetal. En el caso de las especies que fueron sembradas o promovidas en el sistema se preguntó sobre el tipo de germoplasma utilizado (semilla, plantilla, estaca), y su procedencia (otro ecosistema local, otros agroecosistemas, si fue comprada fuera de la comunidad o si fue regalada o traída de otra región, y cuál).
- Cuáles eran las especies de plantas útiles asociadas al cafetal y qué usos les asignan los diferentes productores, la parte usada y el destino (venta, consumo interno o ambos); y cuál era el conocimiento o la percepción del productor sobre la biología (ej., velocidad de crecimiento, fenología) de las especies asociadas al cafetal y su influencia o papel en el desarrollo del mismo.

Para el estudio sobre el conocimiento ecológico indígena en Chiapas, que incide en el proceso productivo del cultivo de café, se realizaron entrevistas abiertas y estructuradas (Martin, 1995; Alexiades, 1996), entre una muestra de 50 productores, socios de la Unión, dispersos por todo el área de la comunidad. Se interrogó sobre las prácticas de manejo del cafetal y de conservación del suelo, así como sobre otros datos etnoecológicos (número, superficie y ubicación de unidades de manejo por productor). Esas entrevistas fueron conducidas en la parcela de cada campesino (en español y tzotzil) con ayuda de un intérprete de la propia comunidad (un técnico bilingüe de la Unión o un promotor de café orgánico). Además, fueron registradas la altitud y la posición geográfica de las parcelas, así como se tomaron datos de historia de manejo (uso anterior, tiempo de uso como cafetal) para todas la parcelas.

CAPITULO III

**TZOTZIL MAYA ETHNOECOLOGY: LANDSCAPE PERCEPTION
AND MANAGEMENT AS A BASIS FOR COFFEE AGROFOREST
DESIGN (ACEPTADO POR *JOURNAL OF ETHNOBIOLOGY*)**

TZOTZIL MAYA ETHNOECOLOGY: LANDSCAPE PERCEPTION AND MANAGEMENT AS A BASIS FOR COFFEE AGROFOREST DESIGN

FABIO PEDRO S. DE F. BANDEIRA^{a,b} JORGE LÓPEZ BLANCO^b, and VICTOR M. TOLEDO^c

Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana. Km. 3, Br 116, Campus Universitario, Feira de Santana, Bahia, Brasil, CEP 44031-460. fpbandeira@uefs.br

Instituto de Geografía, UNAM, Campus Universitario, Coyoacán, CP 04510, México, DF., México. jlblanco@servidor.unam.mx

Instituto de Ecología, UNAM Instituto de Ecología, UNAM, Apartado Postal 41-H, Sta. María de Guido, Morelia, Michoacán, 58090, México. vtoledo@oikos.unam.mx

ABSTRACT.—In the Los Altos de Chiapas and others regions of Mexico, indigenous producers maintain multilayered, rustic coffee agroforests (RCAs). Focused on Polhó (municipality of San Pedro Chenalhó), a Tzotzil Maya community, indigenous ecological knowledge and landscape categorization relevant to the design and establishment of RCAs were identified. The methodology involved: (1) structured interviews with 50 coffee growers encompassing ecological knowledge (soils, microclimate, vegetational units, and succession); and management history of RCAs; (2) collection of vouchers of vascular plants having ethnobotanical importance; and (3) identification of plants within one hectare of a SCA. As a result of their multiple-use strategy of natural resource management, Tzotzil informants recognize several vegetational units, types of soils, and types of microclimatic conditions. Tzotzil ecological knowledge is critical to the design and establishment of RCA, especially regarding ecological succession. Two common routes for RCA establishment were observed: (1) from other cultivated field (predominant rout); (2) from secondary vegetation. Coffee growing activities such as protection/promotion of native trees, cultivation of crops and N-fixing tree cultivation and elimination of pioneer species seem analogous to ecological succession processes.

Key words: Tzotzil, rustic coffee agroforests, ethnoecology, ecological succession, landscape management

RESUMEN.— En la región Los Altos de Chiapas y en otras partes de México los productores indígenas mantienen sistemas agroforestales rústicos multi-estratificados (SAR). En Polhó (municipio de San Pedro Chenalhó), una comunidad maya Tzotzil, se estudió el conocimiento ecológico indígena y la categorización del paisaje que es relevante en el diseño y construcción de los SAR. Los métodos incluyeron: (1) entrevistas estructuradas con 50 productores de café sobre su conocimiento ecológico (suelo, microclima, unidades de vegetación y sucesión) y la historia de manejo de los SAR; (2) colecta y herborización de plantas vasculares con importancia etnobotánica; y (3) identificación de las plantas en un hectárea de SCA. Como resultado de estrategias de uso para el manejo de los recursos naturales, los informantes Tzotziles reconocen diversas

unidades de vegetación, tipos de suelos, y de condiciones microclimáticas. El conocimiento ecológico de los Tzotziles es crítico para la construcción de los SAR, siendo el conocimiento ecológico de la sucesión lo más importante. Fueron observadas dos rutas para el establecimiento de los SAR: (1) a partir de otro terreno cultivado (la condición dominante); (2) a partir de la vegetación secundaria. Las actividades que realiza el productor de café (protección/promoción de árboles nativos, cultivo de especies domesticadas y fijadoras de N, eliminación de especies colonizadoras y pioneras) parecen ser análogas al proceso de sucesión ecológica.

Palabras-clave: Tzotzil, sistemas agroforestales de café, etnoecología, sucesión ecológica, manejo del paisaje.

INTRODUCTION

In the coffee-growing regions of Latin America, forest exploitation ranges from little disturbed natural forests to agroindustrial, monospecific plantations. Between these two extremes the rustic coffee agroforests under indigenous management can be seen in an intermediate position. In Mexico, the coffee crop is dominated by traditional small-scale growers in terms of both the number of cultivators and the total amount of land planted in coffee (Moguel and Toledo 1999). As in other regions of Latin America (Perfecto et al. 1996), these coffee growers maintain multilayered, shaded coffee agroforests that combine relatively high and sustainable economic benefits with a seemingly diversified, productive system. In the rustic coffee system, coffee bushes substitute the plants growing on the floor of mature and/or secondary forests. The result is an exuberant coffee garden with a great variety of arboreal, shrub-like, and herbaceous species, both wild and domesticated. Because indigenous ecological knowledge is critical for the construction of these rustic coffee agroforests, this paper is devoted to exploring by a case study how indigenous producers employ their perception of soils, climate, vegetation masses, plant species and ecological processes, in order to create and manipulate their coffee gardens.

The study site.—The study area is located in the Los Altos de Chiapas region, between 19°59'49" and 19°59'44" N latitude, and, 92°33'41" and 92°30'32" W longitude. It lies within the municipality of San Pedro Chenalhó, whose name is partly derived from Tzotzil, *Chenalhó*, 'water well'. This study area encompasses 1837.6 ha (about 13%) of the total 130 km² of the municipality of Chenalhó (Figure 1). Five subareas with contrasting environmental conditions were selected for this study. They include all of the land associated with the studied community, Polhó, as well as a small extension of land belonging to the Tzotzil communities of Tzajalukum, Acteal, Poconichin, Narajantik Bajo, Narajantik Alto, Yabteklum and Yebeljoj¹.

In the northern sector of the municipality of Chenalhó, where Polhó is located, the climate is of the type (A)C(m), namely a sub-warm-humid with abundant summer rains, as defined by the Köppen classification as modified by García for Mexico (SEGOB 1988). The average temperature in this zone where coffee thrives ranges from 18 to 22° C, and the annual rainfall is between 2000 mm and 2500 mm. Geomorphologically, the study area is defined by steep slope mountainsides, formed by folded structures of Cretaceous limestone,

and similarly sheer high hills. In the structurally controlled bottom of valleys there are some alluvial plateaus of Quaternary age.

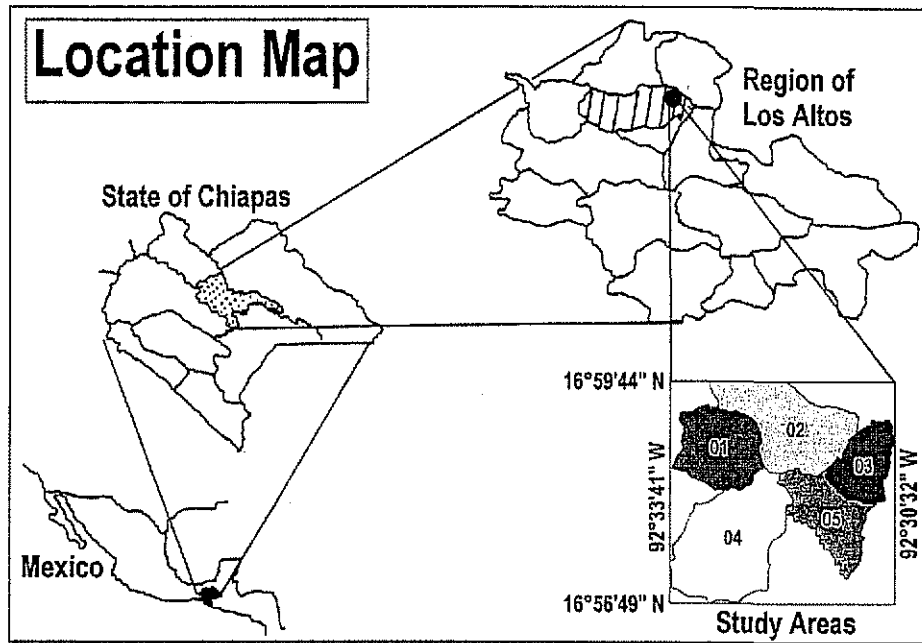


FIGURE 1.— Location map of study area showing the Chiapas State, Los altos de Chiapas region, Chenalhó municipality and the studied five subareas in Polhó village.

Predominant soils in the area, particularly in subareas 1, 2, 4, and 5, are orthic and chromic Luvisols (INEGI, 1991), which have a characteristic clayey B horizon, are shallow, and exhibit low fertility. Rendzina soils are the dominant type in subarea 5. The area is devoid of navigable rivers and the vegetation types present are coniferous forests (subarea 3) together with fragments of cloud forests (in subareas 1, 2, 4, and 5), which have been deeply altered by centuries of slash and burn agriculture.

The estimated total population of Polhó is 78 households with 399 people (INEGI 1991). Between the 1970's and the 1990's, Chenalhó's population doubled (INEGI, 1991), recording a 54% growth (from 13522 to 30680). The houses are built with local materials, such as clay and wood, and are hay-thatched, although in recent years the building patterns have changed and concrete houses with metallic or cardboard roofs are being adopted. In the mid 1990's, Polhó people proclaimed themselves a *Zapatista* Autonomous Municipality as a result of a confrontation between them and Chenalhó municipal authorities, who have a close relationship with local rulers (*caciques*). This close relationship has perpetuated the long history of local people exploitation in the region.

Moreover, the emergence of paramilitary forces since 1996 and the more active presence of the Mexican Army in the region have been additional sources of insecurity and social conflict.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Local landscapes.—The landscape in Polhó is a patchy mosaic of ‘milpas’, homegardens, diversified groves for shaded coffee, a few specialized shaded coffee plantings, ‘potreros’ (grazing grasslands), banana and sugarcane plantings, fallow fields, and forests in various stages of ecological succession. The dominant floristic elements of these forests leads to their separation into two types of secondary vegetation: (1) the ‘acahuales’, in which tropical elements are dominant, which occur in the northern zones encompassing subareas 1 and 2, and (2) secondary vegetation with conifers, which is located to the south including subareas 4 and 5, and to the east, subarea 3. The surface covered by mature coniferous and cloud forests is nowadays very small. The coniferous forests in the more temperate areas have an extent of 26 ha of conserved woodland, and 30 ha of altered woodland (F. Bandeira et al., n.d.). These two fragments of forest, which were located in the more elevated and protected areas, crowned the landscape until 1997, when they were largely cut down by the Mexican Army, and to a lesser extent, by 2500 newcomers who had been displaced from their communities (Unión Majomut, personal communication, 2000) as a result of the ‘Zapatista’ conflict in the region (Collier et al. 1994). These immigrants settled on these lands after a massacre carried out by paramilitary groups in December 1997 in the community of Acteal, near the study site.

Majomut: an indigenous coffee grower organization.—The *Unión de Ejidos y Comunidades Beneficio Majomut* is an organization that is mostly formed by organic and conventional coffee growers from the municipalities of San Pedro Chenalhó and San Juan Cancuc, in the northern part of the Los Altos de Chiapas region. In these municipalities, people live in several scattered settlements or *parajes*, which are the basic units of the community; each one of these harboring between 20 and 200 households (Majomut, 1983).

The main modes of land tenure are a Mesoamerican communal property regime (the prevailing mode) and the *ejido* (an institutional land tenure system created by the Mexican State in the beginning of the XXth century to distribute land among rural communities). Privately owned estates are less common (INEGI 1991). By custom, land use rights may change hands in two ways. Usually, they are simply inherited from father to son. Less commonly, the use of communally owned land is allocated by traditional authorities. The average size of individual properties is 2 ha, with a trend towards extreme reduction and spatial dispersion of agricultural fields.

Even though the land is communal property, each tree has an owner. Production is organized by family: coffee production is sold and the products of the ‘milpa’ are kept for home consumption. These activities are the basis of the economy of the Polhó community. Rain-fed subsistence agriculture occupies a central role in this agricultural production system, mostly in the form of ‘milpas’, which are polycultural fields in which the main crop is maize; milpas are interplanted with beans, squashes, and chili, and these crops are supplemented by gathering tolerated weedy species considered edible —the ‘quelites’. These ‘milpas’ —the most important feature of Mesoamerican agriculture— are based on slashing and burning mature or secondary vegetation, with cultivation cycles punctuated by relatively long fallow periods for restoring soil fertility and for reducing populations of unusable weedy plants, pest, and plant pathogens. In contrast, coffee growing is much more recent. Coffee was introduced into the region less than 100 years ago and adapted to the *Maya solares*: permanent gardens including useful trees, shrubs, herbs, climbers, epiphytes

and annuals, which are owned by a household, and whose produce is either for consumption (most) or the market. It was the grandparents and parents of the current producers who brought the shrubs from the coffee *fincas*, privately owned large rural estates, in Soconusco, where they were employed as *jornaleros* (day laborers). Only in the XXth century was coffee cultivation incorporated into the indigenous food production system, and it has played a significant role in the regional economy during the last four decades.

The coffee growers of Polhó are Tzotzil with ancient roots in the land. This research builds upon earlier studies of Tzotzil culture, including studies of Tzotzil cosmology (Vogt 1964; Jacorzynski and López-Hernández 1998), ethnobotany (Breedlove and Laughlin 1993), and various others ethnographic, anthropological, historical, and socioeconomic topics (Collier 1990; Nigh 1989; Laughlin 1969; Wasserstrom 1989; Parra-Vázquez 1993a).

METHODS

General survey.— During December 1996 (15 days) and March 1997 (15 days), an initial general survey of the area was carried out in all of the communities belonging to *Majomut*, with the purpose of selecting one of these communities for study. We interviewed delegates and leaders of each community visited in order to explain the objectives of the research to be conducted. After this, the community of Polhó was selected for more detailed studies, based on geographical criteria (its ecophysiological heterogeneity), geopolitical status (its relevance at the regional level, and its spatial relations with other communities within *Majomut*), its diversity of production (productive and landscape managing strategies observed), and the apparent physiognomic diversity of its coffee agroforests.

We conducted an environmental inventory of the Tzotzil territory accompanied by local farmers and reviewed the extant literature. Also, a photographic record was made of the landscape and of the several land uses in the eight local geographical demarcations, or *barrios*, of Polhó: *Majomut 1*, *Majomut 2*, *X'oyep 1*, *Xoyep 2*, *Polhó Centro* (Central Polhó) *Canolal*, *Majunpenpetik 1*, and *Majunpenpetik 2*.

Detailed survey.—The specific methods employed in the detailed survey of the coffee agroforests of Polhó and of the ecological knowledge of its designers and actors were the following:

1. Structured interviews (Alexiades 1997) were carried out between June and July, 1997 (60 days) with 50 of the 173 local organic coffee producers. These structured interviews had the objective of eliciting local knowledge about the ecology (classification of the landscape or management units, of the phases of ecological succession, and of the vegetation types), pedology (classification of soil types), and climatology, following the system of Toledo (1990). Additionally, the surveyed producers were questioned about their management practices of the coffee agroforests and of soil conservation, as well as about other ethnoecological data, such as the number, surface and location of their management units. These interviews were carried out in the plots of each producer surveyed, either in

Spanish or in Tzotzil, with the aid of a bilingual worker from Majomut, or an organic coffee promoter².

2. Voucher specimens were made of all plants on a one-hectare plot of coffee agroforest in Polhó. Each voucher was accompanied by their corresponding Tzotzil and Spanish names, use, and parts used. The specimens were identified by the staff of the Herbarium of the Faculty of Sciences, UNAM (FCME), where they are housed.

3. For all surveyed plots, data were recorded on their history of management, such as past uses and time used as coffee agroforests; additionally, for some of these plots, elevation and geographical coordinates were recorded.

RESULTS AND DISCUSSION

Tzotzil ethnoecology.— Ethnoecology was defined by Toledo (2000:1181-2) as a multidisciplinary theoretical and methodological approach: "that explores how nature is perceived by human groups through a screen of beliefs and knowledge, and how humans, in terms of images and symbols, use and/or manage natural resources" (see also Toledo 1999).

This study reveals, describes and analyzes the systems of management of natural resources, that includes the cosmology, and local knowledge of biota, ecology, and pedology of the Tzotzil coffee producers of Polhó. Their ethnoecology incorporates structural, dynamic, relational and utilitarian components, deriving from a wisdom that has been produced and reproduced through several generations.

This discussion covers some of the aspects considered by other authors to be pertinent in the context of traditional Tzotzil coffee growing systems in the studied area, and focuses on the knowledge about the local ecological succession processes, vegetation, soils, climate, and part of the plant diversity that is managed as part of the floristic structure of coffee agroforests.

Ethnopedology.—Soils are fundamental for agricultural production processes. Thus, the ways in which Tzotzil farmers recognize and classify soil units enable them to establish adequate management patterns of this resource. This ethnopedological knowledge may be transmitted across generations as well as across space. The first step involves describing and analyzing local ethnopedology, so that the patterns of management of soils may be better understood.

The Tzotzil informants recognized distinctive soil categories based on color and texture, indicating that they observe, manage, and identify the arable surface of the soil. This result confirms the previous studies about Tzotzil ethnopedology (Pool-Novelo et al. 1992; Cervantes-Trejo 1995), and it demonstrates that the pedological classification elaborated by Tzotzil is comparable to other ethnopedological systems worldwide that are based in the same criteria (Barrera-Bassols and Zinck 2000).

The primary lexeme for soil is *Lum*. The recognized subclasses of soil are named by a secondary productive lexeme, which is formed by a lexeme for color, followed by a lexeme

for texture, both of which are placed before the primary lexeme *Lum*. Thus, Tzotzil ethnopedology has a hierarchical structure with a general rank containing two inferior ranks, essentially generic and specific. The generic rank has different textures, suggesting different degrees of workability and humidity. The specific rank deals with color and fertility. As reported by Pool-Novelo et al. (1990), texture is the most important characteristic for Tzotzil ethnopedology, followed by color. In total six soil types were recorded, according to the Tzotzil ethnopedology of Polhó (Table 1).

TABLE 1.—Ethnopedological categories recognized by the Tzotzil informants in Polhó, Chiapas.

Color	Texture	
	<i>cham-Lum</i> 'clayey soil'	<i>chab-Lum</i> 'silty soil'
<i>ik'</i> 'black'	<i>ik'al cham-Lum</i> 'clayey black soil'	<i>ik'al chab-Lum</i> 'silty black soil'
<i>k'an</i> 'yellow'	<i>K'anal cham-Lum</i> 'yellow clayey soil'	<i>k'anal chab-Lum</i> 'yellow silty soil'
<i>tzoj</i> 'red'	<i>Tzajal cham-Lum</i> 'red clayey soil' (unproductive land)	<i>Tzajal chab-Lum</i> 'red silty soil' (unproductive land)

Two classes of soils are recognized with respect to texture: "clayey" (*cham-Lum*) and "silty" (*chab-Lum*), and they correspond to the soil categories used by the Tzotzil of San Juan Chamula (Chamula): "heavy soils" (*cham-Lum*) and "medium soils" (*cuc-Lum*), respectively; these soils types are widespread in the Los Altos de Chiapas region (Cervantes-Trejo 1995). This difference in soil nomenclature is due to dialectal differences between the two communities. Cervantes-Trejo (1995) found in Chamula one additional soil texture category named "sandy or light soils" (*yi'al-Lum*), which was not reported in the coffee agroforests that were visited in Polhó. In this community, red, clayey soils are predominant, perhaps corresponding to the Orthic Luvisols previously reported to exist in the area (INEGI 1991). According to Pool-Novelo et al. (1990), soil classifications of based on texture have a tendency to designate different management conditions presented by these soils. These authors emphasize a relation between soil texture and humidity throughout the year, which together seem to define the timing for performing certain agricultural activities, the degree of difficulty of such activities, and the number of harvests that may be obtained during one year. Additionally, soil texture of the soil determines the technology that must be employed, such as the specific characteristics of the hoes (Pool-Novelo et al. 1990).

Attending to color, the Tzotzil informants of Polhó recognize three soil classes based on color present in the studied area: *ik* 'black', *k'an* 'yellow', and *tzoj* 'red'. The black color

of the soils in the coffee agroforests is perhaps due to a high content of organic matter, which is derived from the decomposition of the usually thick layer of leaves that are mainly shed by the trees that provide shade, such as "*chalum*" or *kok* (*Inga* spp.), which are abundant in the coffee agroforests.

In Chamula, Cervantes-Trejo (1995) found the same color categories recorded for Polhó, but she reports two additional types of soil: *chacxik* 'gray' and *zac* 'white'. The gray soils develop from local soil management, by the addition of sheep manure to the *k'anal cuc-Lum*, "yellow silty, or medium, soil" a characteristic of Tzotzil agropastoral systems with grazing sheep within carstic zones; cultivation helps give the soil a gray color (Cervantes-Trejo 1995). In contrast, the farmers in Polhó do not develop this agropastoral systems and because of that the "gray" soil is absent of Polhó.

Tzotzil soil ethnotaxonomy, both in Polhó and in the other Maya communities of Los Altos de Chiapas, suggests a relationship between soil color and soil fertility (Pool-Novelo 1992; Cervantes-Trejo 1995). The Tzotzil lexemes used to name the color of soils *ik* 'black', *k'an* 'yellow', and *tzoj* 'red', are associated fundamentally with a decreasing level of fertility. Among the Tzotzil taxa of silty texture soils, *chab-Lum*, the lexemes for color describe the degree of erosion of the black, top horizon of the soil, which when well developed is classified as *ik'al chab-Lum*. However, as this top horizon's organic matter is washed away by the rain, a new color lexeme is assigned by Tzotzil informants in accordance with the ethnopedological system.

Through a process of surface erosion due to surface water run-off, these "silty black soils" are susceptible to being converted into *k'anal cuc-Lum* "yellow silty, or medium, soil," or further to *tzajal cuc-Lum* "red silty, or medium, soil." The perception of these processes associated with the dynamics of soil fertility is mirrored in the Tzotzil system for classification of soils and provides the framework for a connection of traditional techniques of soil management and soil conservation (Cervantes-Trejo 1995).

Techniques for soil conservation practiced in Polhó, as well as in other communities of the coffee growing areas of the region, range from the traditional activities of farming families such as tilling, addition of organic fertilizers (crop remains, manure, the hulls and flesh of coffee berries), the introduced techniques of organic agriculture, and the past traditional practices that were resuscitated by agricultural assistance workers of Majomut. These practices include: terrace building and installation of living fences or stones. All these techniques use local materials and germplasm, and are part of traditional knowledge of local people. Nevertheless, "innovative technology" for soil conservation, biological control of pests and diseases, and of cultivation, has been diffused both by the technical staff of Majomut and by local organic coffee promoters, and subsequently adopted in coffee agroforests. This process of innovation has taken place through the participation of local people, and the valorization of both the traditional knowledge and the resources available in the region's ecosystems. For example, in the composition of compost or manure several "organically-grow" materials have been used, including hay, banana leaves, herbs, and shrubs growing near the coffee agroforests. Likewise, for living fences use has been made of a varied spectrum of plant species growing in the 'acahuales', 'milpas' and home gardens of Tzotzil households.

Differences between Chamula and Polhó ethnopedologies may partly reflect dialect variations such as the different name used for the same soil type *cham-Lum* and *cuc-Lum*, although additional factors also help explain the ethnopedological differences observed. The geographic areas where Polhó and Chamula are located present different climatic, geological and physiographic characteristics that generate different soil types in them. Additionally, farmers of the two communities use different soil management techniques that change soil fertility, an example of which is the “gray” soil produced only in Chamula. These differences are recognized by local farmers who encode them accordingly. Therefore, while the systems for classifying soils are structurally and taxonomically equivalent between the two communities, the soil types identified and recognized exhibit some differences.

Tzotzil conceptualization of their territory.— The Polhó region presents a considerable heterogeneity in its physiography and vegetation types. Moreover, the distribution of forest fragments and of surface water in the area are non-homogenous. All these factors contribute to a high diversity of environmental conditions and, consequently, a mosaic of suitable areas for agriculture recognized by Tzotzil informants. This knowledge is essential to coffee production, because this crop has ecophysiological constraints that limit the environmental range where it may be successfully grown and become productive (Willson 1999).

The Tzotzil of Polhó seem to conceptualize the environmental complexity of their territory using the same categories as other Maya Tzotzil in Los Altos de Chiapas region. They recognize and name two different landscapes in their territory: *kisin osil* “warm farmland”; and *sikil osil* “cold farmland.” An additional intermediate or temperate physiographic zone is recognized by the Tzotzil but not formally named. Although these categories are used in general to name the areas in Los Altos de Chiapas region with low and high elevation, respectively (Maffi 1999), they possess ethnoecological significance since they establish a conceptual link between the physical and human geography and social organization (Maffi 1999). According to Luiza Maffi (1999), these categories:

“do not simply designate physiographic features of the land such as climate or vegetation . . . Rather, within the framework of what is commonly known as the Mesoamerican hot/cold dichotomy, these categories refer more specifically to the differential fertility and productivity of the land, by analogy with the concepts of the healthy vs. the diseased human body. The hot country and cold country categories should therefore be understood as ethnoecological concepts that inherently imply human relationship with the land” (Maffi 1999).

Within the context of coffee production, the territorial distinction made by the Tzotzil in the region allows them to order their space in terms of ecogeography and productivity. The ecological characteristics of any given area will determine what specialized crops may be grown there, together with maize, beans, squashes, chilies and other basic staples that historically characterize the diet of the Maya. Specialized crops such as coffee, citrus, bananas and other tropical fruits, and sugarcane are only cultivated in the *kisin osil* (Maffi 1999), although some producers may establish fields within the *sikil osil*, either as an

experiment or because they do not have available fields in the “hot country”. Also, this territorial differentiation allows for the identification of differences in agricultural productivity, which in part is determined by the different climatic and altitudinal characteristics of these two named zones (Maffi 1999).

This ecogeographical and landscape heterogeneity, recognized by the Tzotzil, should differentiate zones with optimal conditions where coffee would be most productive; indeed, farmers take these factors into account when they decide what use will be assigned to each available plot. The optimal area for coffee production appears to coincide with subareas 1 and 2 (Figure 1 and Table 2) having an average elevation of 1150-1250 m asl, and where ‘acahuales’ and coffee agroforests were found to be more densely distributed, together with maize, sugarcane and banana. These mentioned subareas were unambiguously classified by local farmers as “hot” country (Table 2).

TABLE 2.— Distribution of the Tzotzil categories of the conceptualization of their territory in Polhó, Chiapas

Tzotzil term	Sub-area	Average elevation (range) m asl	Land use/cover
<i>kisin osil</i> 'warm farmland'	1	1250 (1017 - 1500)	coffee fields, secondary vegetation with tropical floristic elements (<i>acahuales</i>), corn fields sugarcane and banana planting
	2	1150 (867 - 1584)	
<i>sikil osil</i> 'cold farmland'	3	1600 (1418 - 1920)	corn fields secondary vegetation with conifers coniferous forests
Unnamed 'temperate farmland'	4	1400 (1339 - 1680)	corn fields secondary vegetation with conifers and some coffee fields
	5	1400 (1320-1540)	

Subarea 3, with an average elevation of 1600 m asl, is recognized to be largely homogeneous and it is utilized for basic crops and coniferous forest maintenance. In contrast, subareas 4 and 5, with an elevation range between 1320 and 1680 m asl and an average of 1400 m asl, are recognized as more heterogeneous and they harbor portions of “hot,” “cold,” and “temperate” land (Table 2). Subareas 4 and 5 are used mainly for basic staple crops, with only a few coffee agroforests and a considerable portion of secondary

vegetation dominated by conifers (Table 2). In general, the potential coffee growing areas in Polhó exhibit considerable portion and include elevations between 1000 and 1600 m asl, the areas of high precipitation (above 2000 mm), this being evenly distributed along the year and with a well defined dry season; and the zones where the annual mean temperature is 18°C. Only a minor extension of the communal territory of Polhó is unfavorable for coffee cultivation. These lands corresponds to subarea 3, and the southern parts of subareas 4 and 5 that are above 1600 m asl (Figure 1). These marginal lands are reserved for forestry activities (gathering of firewood and medicinal plants) and partly for conservation purposes (communal forest reserves). These forest areas, together with water sources, are considered sacred by Tzotzil of Polhó and special ceremonies take place there.

Tzotzil categories of ecological succession.— Although the Tzotzil informants do not have a specific name for ecological succession, its stages are perceived and identified by them by means of floristic and structural features intrinsic to the vegetation, such as vertical structure, and the diameter and heights of the trees present in a site. These indicators of ecological succession are related to time elapsed after fields were released from cultivation of annual crops, such as maize, beans, squashes, chili and peanut (González-Espinosa et al. 1994). In Polhó, they recognize different stages of ecological succession in the patches of vegetation previously used for rain-fed agriculture, which originate after their cultivation ceases, i.e., when fields are allowed to go into “*descanso*” (Spanish for fallow) (Figure 2).

The lands where grasses and other annual or perennial herbaceous species are abundant are named *tz' i' leltik*. These are fields that were recently abandoned after a few cycles of planting/harvesting, because the cultivator perceived a decrease in soil fertility. The sites where the remains of previous crops (i.e., “*rastrojo*,” Spanish for maize stalks) are still noticeable and where shrub species such as *k'ail* (*Thitonia rotundiflora*) are abundant, are frequent in the Polhó area and are named *k'ajbenaltik* or *te'lal kájbe* by Tzotzil informants. This difference of the nomenclature among informants is derived from dialectal variation in Tzotzil. In these two former cases the vertical structure of the vegetation is simple, lacks a tree stratum, and their cultivation ceased less than five years ago.

Successional stages that are more complex, both floristically and structurally, than those mentioned above are given the following names, in order of succession: *unenaltik*, from *unen*, ‘tender’, which refers to age and bole diameter of trees; *toyolaltik*, from *toyo*, ‘tall’, a mid-successional stage with taller structure; and, *abmaltik*, the mature or primary forests that have nearly vanished, according to local people. It may be safe to assume that the system for the classification of ecological succession of the Tzotzil in Polhó is equivalent to the classification used in Los Altos de Chiapas region, based on the recognition in the vegetation of a chronological sequence of changes, whose recognized stages are grassland, named *tz' i' leltik*; *shrubland*, *k'ajbenaltik*; early successional forest, *unenaltik*; mid-successional forest, *toyolaltik*; and, mature forest, *abmaltik*.

efficiency will be a function of the successional stage at which the coffee agroforest is established together with other factors, such as the distance and accessibility of the field, the size and age structure of the household, the head of household's financial resources, and other environmental components (topography and soil fertility). In theory, the cost of establishing a coffee agroforest will be greater if it is started in an early successional stage (*tz' i' leltik* and *k'ajbenaltik*) than if it begins in a more advanced stage (*unenaltik*, *toyolaltik* or *abmaltik*), other factors mentioned being similar and constant.

Because of the increase in population pressure and the land scarcity in Los Altos de Chiapas, the time during which fields are left to fallow has been shortened in recent years (Parra-Vázquez 1993a, 1993b). This intensification of land use causes a reduction in the number of fields (close to 5) and in the surface area for cultivation available per household (average of 2 ha). Hence, it has an adverse effect on agricultural productivity. Given this unfavorable scenario, the establishment of coffee agroforest systems and the utilization of ecologically sensitive, "organic" techniques for coffee production appear to act as stabilizing factors, both for the economy of households and for the environmental sustainability of the zone.

Multiple-use management of the ecosystem and the landscape by the Tzotzil.— Multiple-use strategies, as theorized by Toledo (1992), are based on the utilization of the temporal and spatial diversity of the resources and ecological processes of these areas. Tzotzil in Polhó maintain several types of land use (LU) and land cover (LC) classes in order to take advantage of the varied natural resources characteristic of the ecosystem (Figure 3).



FIGURE 3.—Landscape and management units recognized and named by the Tzotzil in Polhó, Chiapas (Photo by F.P. Bandeira). Legend: 1. *Chobtik*, cornfield; 2. *Tz' i' leltik*, land dominated by grasses and other annual or perennial herbaceous species; 3. *K'ajbenaltik* or *te'lal kájbe*, sites cleared the previous year where the shrub *k'ail* (*Thitonia rotundiflora*) —seen in the first plane— is abundant; 5. *k'ajvetik/unenaltik*; early successional forest with a canopy of *Inga* spp. where coffee is grown/secondary shrubland.

This "multiple-use" strategy appears to be similar to those used for the management of natural resources by other traditional communities in the highlands and lowlands of the intertropical zone (Denevan et al. 1984; Dufour 1990; Marten 1986; Noble and Dirzo 1997; Posey and Baleé 1989; Toledo 1990; Toledo et al. 1994).

In terms of the diversity of strategies employed, 38 (76%) of the 50 producers interviewed maintained three or more types of LU/LC simultaneously. These are: rain-fed fields (for maize and bean); rustic coffee agroforests; fields in fallow; secondary vegetation in different successional stages; and to a less extent, grasslands for cattle, banana and sugarcane plantations. Only six (12%) of these producers maintained merely one type of LU/LC, i.e., are specialized; in those cases they produced only coffee in their own fields, and they shared in the crop production and harvest, mainly maize, from fields belonging to close family members, especially their parents. 70% of the producers surveyed maintain three to five management units; these households who practice diverse land management may be most able to balance productive diversity and energetic efficiency: under the prevailing demographic, ecological and nutritional conditions diversification is optimal (Figure 4).

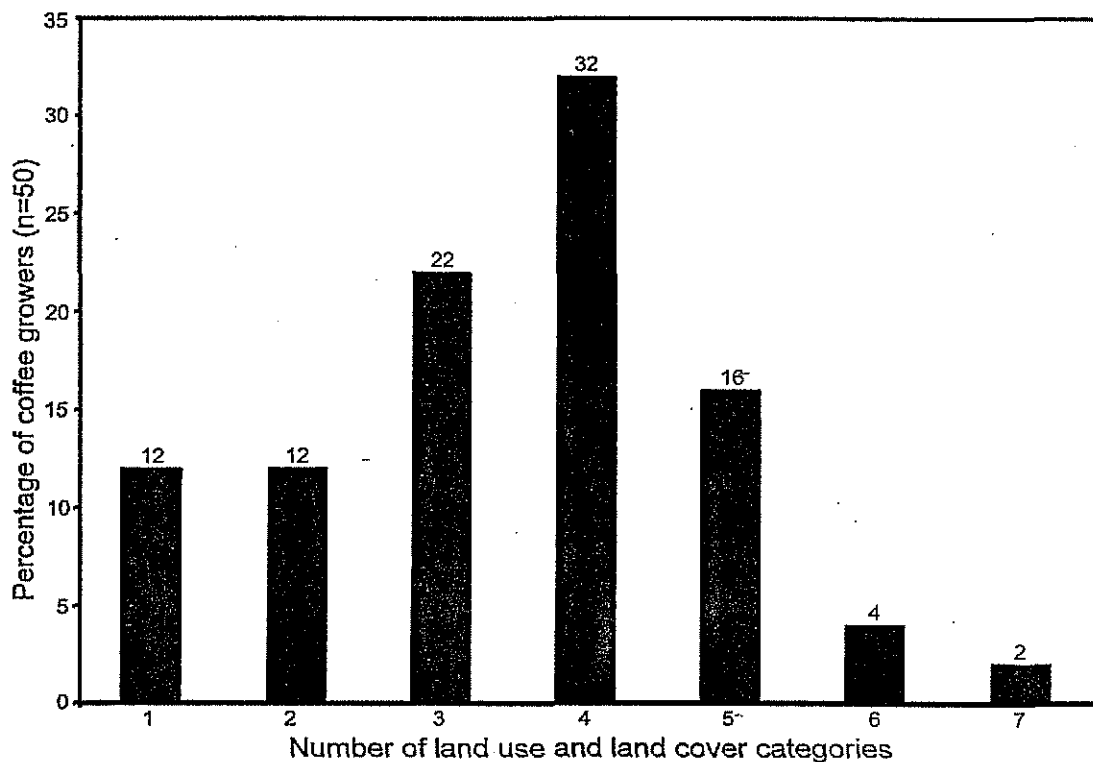


FIGURE 4.— Distribution of the number of land use and land cover maintained by Tzotzil coffee growers in Polhó, Chiapas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Out of the 278 fields mentioned by the 50 interviewed producers, 128 (46%) are devoted to the cultivation of coffee, 83 (30%) to rain-fed agriculture (maize and bean), 61 (22%) to ecological succession (fallow and secondary forest), and only 6 (2%) are used for other crops or productive activities including “pineapple”, *lobol* “banana”, “sugarcane” *vale* and *tz`i` leltik* “grazing land”) (Figure 5). In terms of total surface area, rain-fed agriculture is dominant, occupying over 50% of the territory (Bandeira et al., nd).

This result reveals two fundamental characteristics of traditional resource management and the economic system studied: (1) the Tzotzil manage their landscape using a multiple-use strategy (Toledo 1992), and (2) maize plays a central role in the economy of local peasants of Polhó, whereas coffee is exclusively a market product. The dynamics of the maize-coffee cultivation, and of the processes that are associated to it —i.e., deforestation for maize cultivation; management or clearing of the vegetation in order to allow the establishment of coffee; the management of ecological succession through the abandonment of cultivated field and through the establishment of diversified shaded coffee systems (reforestation)— must necessarily be the direct causes of the dynamics of the landscape itself.

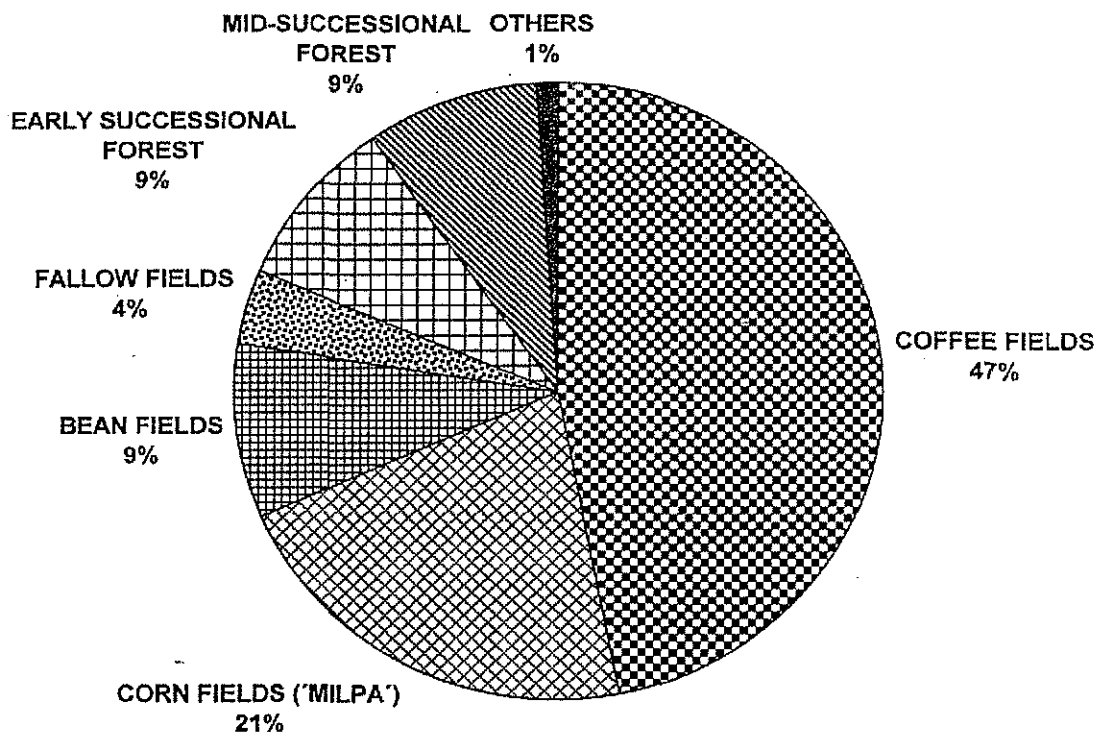


FIGURE 5.— Percentage of fields by category of land use/land cover in Polhó, Chiapas.

not contiguous; that is, they are scattered throughout the community's territory. Second, some of the dispersed fields lie outside the territorial limits of the community, within neighboring communities such as Tzajalukun, Yashgemel, Yabteklum and Yibeljoj, or even further away. Such a dispersed distribution pattern of productive lands forces some producers to walk one to five hours in order to reach their fields to do the necessary regular labor and to transport the harvest. It is probable that this considerable dispersion of fields is the result of several factors. The first of these is a sociocultural order and related to the patterns of marriage and of inheritance; the second, to the growing scarcity of land, and to the social and demographic processes historically involved in this scarceness.

Some comments are needed regarding the sociocultural factors. The post-marital residence pattern of the Tzotzil is patrilocal and there is a strict endogamy within the *barrios* of Chenalhó (Laughlin 1969). According to Laughlin (1969), in Chenalhó the elder sons leave the parental house when marrying and only inherit part of the land belonging to the household. The younger son stays in the parental house and receives a minor part of the father's inheritance. Daughters also inherit part of their father's land when they marry, for which the husband is made responsible. Land inheritance is, in other words, eminently partible. Thus, most of the producers interviewed had inherited some land from the father of their wife, but while some of these producers will reside in a different barrio or community, the fields tend to be some significant distance away from their houses. A similar spatial pattern has been described for other Tzotzil communities, such as Chamula (Cervantes-Trejo 1995). Inevitably, this pattern of partible inheritance eventually results in the observed dispersion of agricultural fields.

The demographic factor mentioned above relates to the pressure on the forested fields due to population increase during the past forty years in the Los Altos de Chiapas. This demographic surge has generated regional processes such as: migration, the expulsion of some members of the communities, and the colonization by the peasants of new lands (Parra-Vázquez, 1993a). Thus, some of the fields lying outside Polhó may have been bought, rented (a common practice in the region due to migration and land abandonment), or barely acquired legally by farmers.

The Tzotzil rustic coffee agroforest.—The floristic survey made in a coffee field measuring one hectare provides a detailed picture of rustic coffee production in Polhó. Figure 6 represents a schematization of the vegetation profile of the surveyed coffee field, depicting some of the species that are present in these productive systems in the region, and in Table 3 are represented by their botanic aspects, their Tzotzil name, their use (s), and the plant part (s) used.

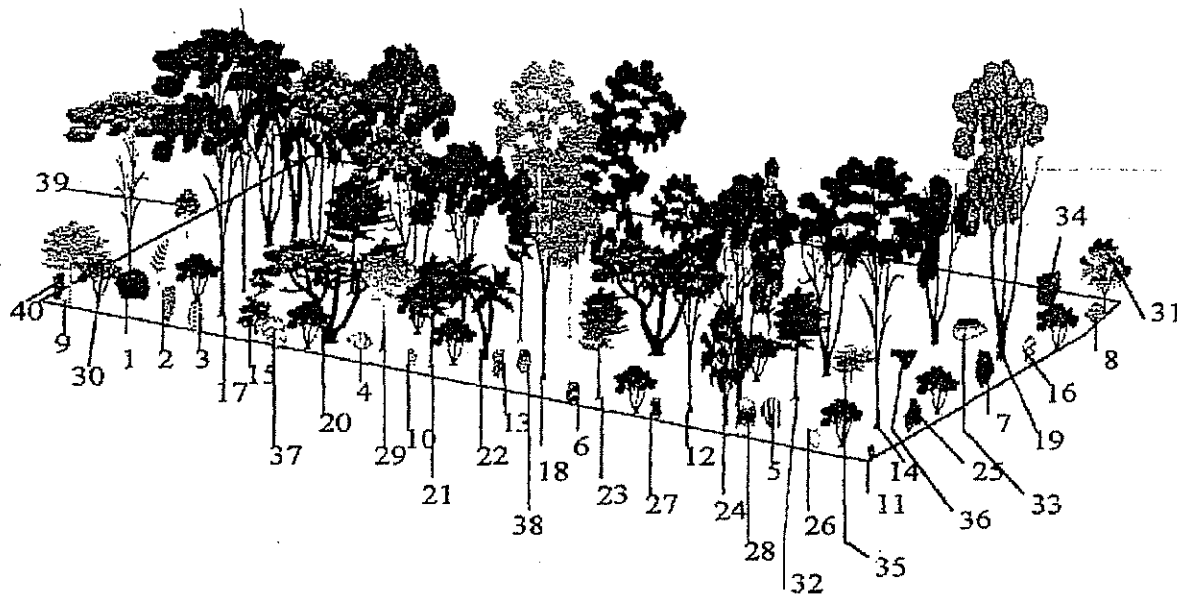


FIGURE 6.— A schematization of the vegetation profile of a 1 ha. coffee parcel in Polhó, Chiapas (the numbers represent the species in the table 3).

These rustic coffee agroforests are composed of a mixture of arboreal, shrubby, and herbaceous plant species, which are used as source of medicine, food, firewood, ceremonial effects, live fences, ornament, and other goods for the household. Some of these plant species belong to the original secondary vegetation; of these, most are fast growing pioneers species having short to medium life cycles, and a few are slow growing tolerant species having long life cycles. In addition, coffee agroforests acquire many plant species that are introduced by the cultivators; the most frequent origin of such germplasm being exchange among local relatives and neighbors, or it is carried from beyond the region either by occasional migrants or by governmental reforestation programs —as is the case of the “ciprés.” (*Cupressus* sp.).

A total of 42 species belonging to 35 genera and 23 families were recorded in the surveyed hectare of coffee agroforest (Table 3). Excluding the epiphytes, which were not collected, 18 of these species were of trees, 7 shrubs, 14 herbs, and 3 vines. According to management status as defined by Caballero (1996) and by Casas et al. (1996), these species are cultivated, tolerated and promoted, and their geographic origins are Mesoamerica, Europe, elsewhere in America and Asia. The similarity of these coffee agroforests in Polhó with the traditional Maya “solares” suggests the former to be an adaptation deriving from the introduction of coffee into the traditionally managed agroforests, a production system that can be traced to pre-Hispanic times.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLE 3.— The species present in one-hectare of rustic coffee plantations in Polhó, Chiapas, and their ethnobotanical information (Tzotzil name, uses, and plant part used).

No	Species	Growth Form	Common name	Tzotzil name	Used part ^a	Use (s) ^b
Amaranthaceae						
1	<i>Iresine celosia</i> L.	Herb	-	Tzajal kam vomol	1	2
Apiaceae						
2	<i>Eryngium</i> sp.	Herb	Cilantro	Kulantu	1	1
Araceae						
3	<i>Xanthosoma</i> sp.*	Herb	Malanga	Is- ak' max	1,2	1, 1
Asteraceae						
4	<i>Bidens pilosa</i> L.	Herb	-	Matas/tz'ekuntul	5	1
5	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Herb	-	Uskun-te'	5	1
6	<i>Tagetes erecta</i> L.	Shrub	Flor-de-	Nichim anima'	5	2, 7
7	<i>Tithonia rotundifolia</i> (Miller) Blake.	Shrub	muerto	K'ail	1	2, 8
8	<i>Tridax</i> sp.	Herb	-	Tzepenté	5	1
9	<i>Vernonia deppeana</i> Less.	Tree	-	Sitit	3	3
Commelinaceae						
10	<i>Commelina</i> sp.	Vine	Comelina	Tz'emení'	5	6, 7
Cucurbitaceae						
11	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Swartz*	Vine	Chayote	Ch'um-te'	6, 2	1
Cupressaceae						
12	<i>Cupressus</i> sp.*	Tree	Ciprés	Nukul pat	-	-
Chenopodiaceae						
13	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Herb	Epazote	Koko' on	1	1, 2
Euphorbiaceae						
14	<i>Croton draco</i> Schlecht.	Tree	Palo-de-sangre	Ch' ich'bot	1, 6	2, 3,4
Euphorbiaceae						
15	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzch *	Shrub	Nochebuen a	Sera nichim	5	5
Fabaceae						
16	<i>Phaseolus vulgaris</i> *	Vine	Frijol	Chenek'	6	1
Icacinaceae						
17	<i>Ocotepealum mexicanum</i> Greenm & Thomps.*	Tree	-	Kakav te'	6	1, 7
Lauraceae						
18	<i>Persea americana</i> Mill. *	Tree	Aguacate	On	6	1,4
19	<i>Persea schiedeana</i> Nees *	Tree	Chinino	Ib	6	1, 4
Mimosaceae						
20	<i>Inga cf. leptoloba</i> Schlecht.	Tree	Caspirol	Tz'erel	6, 7	1, 3, 4
21	<i>Inga vera</i> Willd.	Tree	Paterna	Chalon	6, 7	1, 3, 4
22	<i>Inga xalapensis</i> Benth.	Tree	-	Chalon	6, 7	1, 3, 4

TABLE 2

Musaceae						
23	<i>Musa acuminata</i> x <i>M. Balbisiana</i> *	Tall	Plátano	Kokon lo'bol	4, 6	1, 6
		Herb	guineo	Tzajal lo'bol	4, 6	1, 6
			Plátano rojo,	Mántzana lo'bol	4, 6	1, 6
			Plátano manzanillo			
Myrtaceae						
24	<i>Eucalyptus</i> sp.*	Tree	Dolar	-	5	5
25	<i>Psidium guajava</i> L.*	Tree	Guayaba	Potov	1, 6	1, 2
Phytolaccaceae						
26	<i>Petiveria alliacea</i> L.	Shrub	-	Poite'	1	2
Piperaceae						
27	<i>Piper sanctum</i> (Miquel) Schlecht.	Shrub	Hierba santa	Mumun	1, 4	1
Poaceae						
28	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf *	Herb	Zacate-	-	1	2
29	<i>Saccharum officinarum</i> L. *	Herb	limón Caña- de-azucar	Vale'	4	1
Rosaceae						
30	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl. *	Tree	Níspero	Nixpero	6	1
31	<i>Prunus persica</i> (L.) Stokes *	Tree	Durazno	Turasno	6	1
32	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Tree	Ceresa	Chix te'	6	1
33	<i>Pyrus communis</i> L. *	Tree	Pera	-	6	1
Rubiaceae						
34	<i>Coffea arabica</i> L. var <i>arabica</i> *	Shrub	Cafè arabigo	Kajve	6	1
Rutaceae						
35	<i>Citrus aurantifolia</i> Osbeck *	Tree	Limón	Eromunix	6	1
36	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck *	Tree	Naranja	Narinxa	1, 6	1
Solanaceae						
37	<i>Capsicum</i> sp.	Herb	Chile	Mukta' ich	6	1
38	<i>Nicotiana tabacum</i> L. *	Herb	Tabaco	Moy	1	2
39	<i>Physalis</i> sp.	Herb	-	Murusin itá	1	1
40	<i>Solanum americanum</i> Miller	Herb	Hierba mora	Kokonxo'	1	1
41	<i>Solanum</i> sp. *	Tree	Tomate de árbol	Caranato chichol	6	1
Verbenaceae						
42	<i>Lantana cf. camara</i> L.	Shrub	Té chino	Chi'il vet	1	2

These species were identified *in situ* by the authors.^aUsed plant part key: 1) Leaves, 2) Roots, 3) Trunk, 4) Stem, 5) Complete plant, 6) Fruits, 7) Branches. ^bUse Key: 1) Food, 2) Medicinal, 3) Firewood, 4) Shade, 5) Ornamental, 6) Soil protection, 7) Ritual, 8) Organic fertilizer. Note: The numbers in the first column refer to the species represented in figure 6.

The floristic survey—although not performed in other similar fields—and the field-visits accompanied by the owners to 52 fields of coffee agroforests in Polhó, seem to disagree with Quezada's (1995) statement regarding the impact that was brought about by the transfer by INMECAFE of technological packages inspired in the "Green Revolution," which during the 70's and 80's resulted in the intensification of the rustic polycultural systems over 30% of the shaded coffee production areas of Mexico (Nestel 1995), including other indigenous zones, such as the Sierra Norte de Puebla region (Beacauge 1997), a process that seems to have been absent in Polhó.

Instead, in Polhó we recorded only 7 of the 52 visited coffee fields (13%) as having a monospecific shade canopy —i.e., fields where a single tree species provides the shade needed for the growth of coffee, mostly belonging to the genus *Inga*— while the remaining 45 (96%) had a tree stratum composed of two or more woody species.

The discrepancy with the statement of Quezada (1995) may, in part, be explained by the low number of fields visited by this author ($n = 15$) compared to the those recorded in the present study ($n = 52$). This difference in sample size, and the fact that the earlier author did not specify the spatial distribution of his study sites, allows us to suggest that his conclusions may not be generally representative of the processes involved in shaping the diversity of the tree canopy used for shading coffee in the Polhó area.

In order to test these two contrasting hypotheses, it will be necessary to survey a representative number of coffee fields in the area to obtain a better understanding of the floristic composition and structure of the tree canopy used as shade for coffee in Polhó. However, two important remarks may be made at this point: first, in Polhó there is not a single unshaded coffee plantation. This suggests that the programs aimed at the elimination of shade in coffee plantations, carried on by INMECAFE in the state of Chiapas, have been unsuccessful in the Polhó area. The second observation which presently supports the rejection of the hypothesis of “modernization” of coffee production systems in Polhó is the preference by local coffee producers for unimproved coffee variants they inherited from their progenitors: the “*típica*” or “*criolla*” (*Coffea arabica* var. *arabica*) and the “*bourbon*” (*Coffea arabica* var. *bourbon*). This resistance of local coffee producers to adopt “technology packages” that promote the elimination of shade for coffee, the utilization of industrial inputs such as fertilizers and agrochemicals, and the adoption of high-yielding varieties —which hampered the production of coffee in Mexico during the 1970s and 1980s— largely shielded the area from its effects. Instead, such modernizing efforts were more successful in regions where private property prevailed and coffee production was in the hands of specialized middlemen or major entrepreneurs with substantial capital (Nolasco 1985).

The Tzotzil management of ecological succession: The design and construction of coffee agroforests.— As has been reported for other areas (Perfecto et al. 1996; Rice 1997), in Polhó rustic coffee agroforests are most commonly established on previously cultivated fields and to a lesser extent on secondary growth vegetation. This is demonstrated by the management history of 52 coffee-growing plots in Polhó: 33 (63%) were established on fields formerly used for other crops such as *chobtik* 'corn fields', *vale'tik* 'sugarcane fields', or *lo'boltik* 'banana fields'; 18 (35%) were established on secondary growth ('*acahuales*'), and 1 (2%) was established on mixed use land (crops and '*acahual*') (Figure 7). These data provide strong evidence that the evolutionary trend in landscape management in the Polhó area has revolved around substitution of plots planted with annual and other crops (sugarcane and bananas) with diversified shaded coffee-growing systems. Figure 8 shows how inhabitants of Polhó perceive the temporal relationships of vegetation types (that is, successional stages).

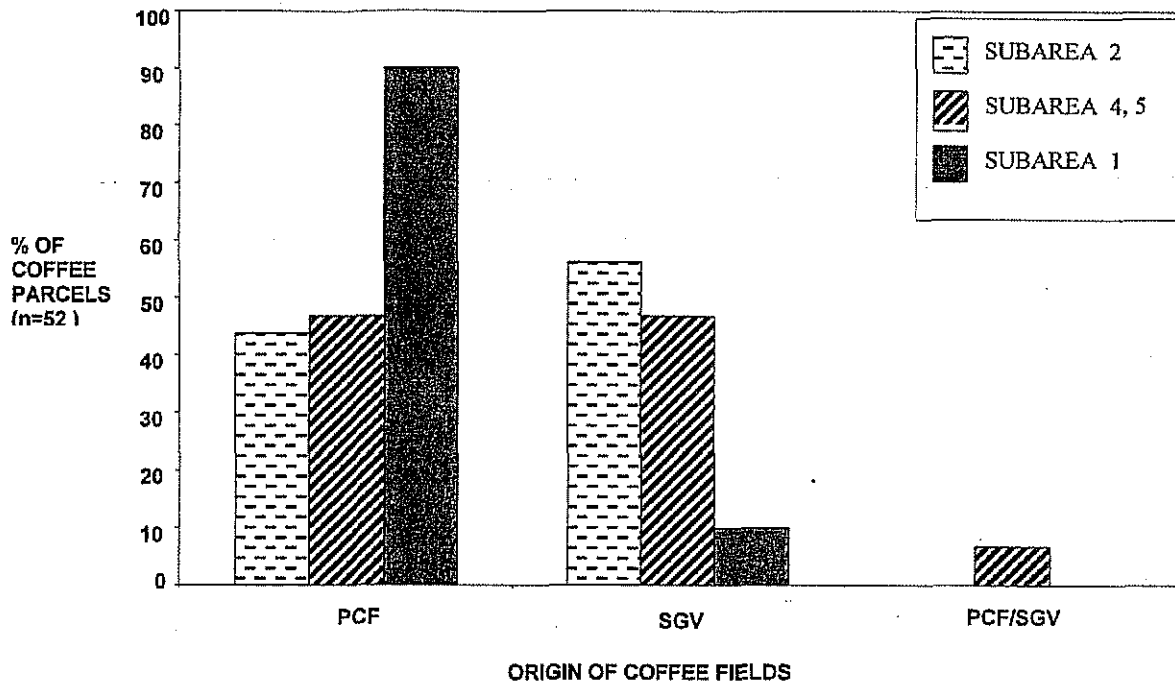


FIGURE 7.— Origin of coffee fields in Polhó, Chiapas. PCF: Previously Cultivated Fields; SCV: Secondary Growth Vegetation.

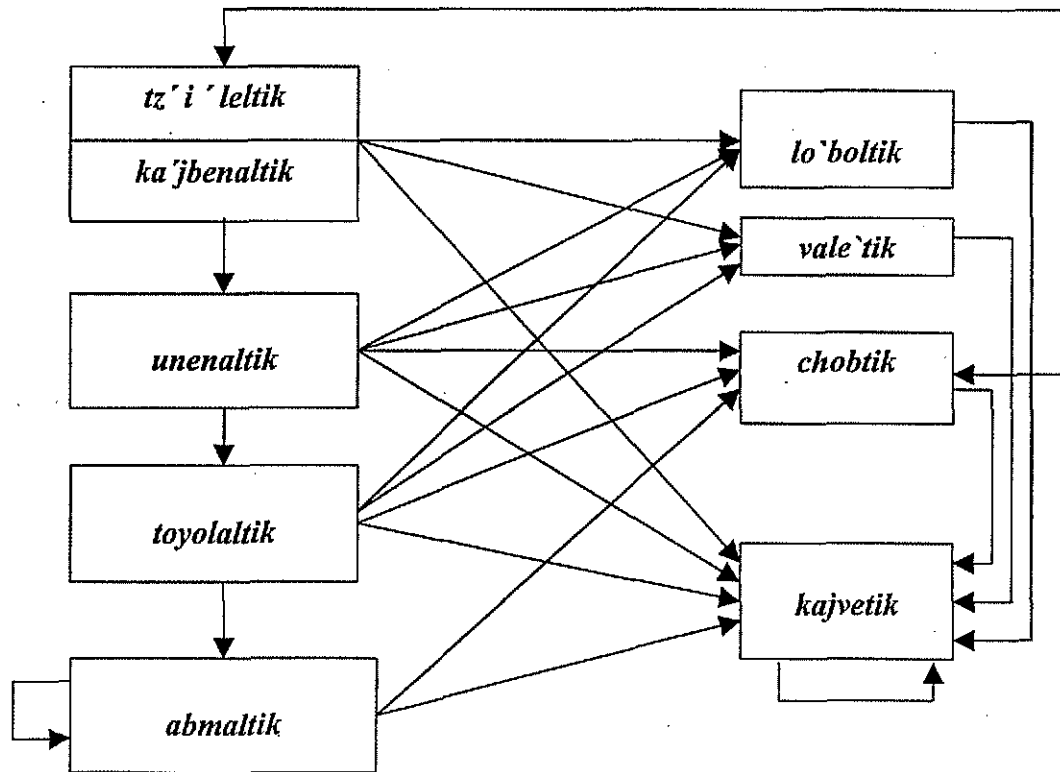


FIGURE 8.— Tzotzil perception of landscape dynamics in Polhó, Chiapas.

The main activities that are developed by coffee producers to create the coffee agroforest are: (1) the clearing of the understory of a patch of mature forest and the planting of coffee under the tree canopy, and (2) the establishment and maintenance of the tree and shrub strata by means of cultivation, tolerance, promotion and rejection of individuals and populations of plant species with the criterion of their "emically" perceived worth for the productive system.

Our preliminary observations of Tzotzil practices for the establishment of rustic polycultural systems suggest that the design and construction of coffee agroforests—and perhaps in other coffee producing indigenous zones of Mexico as well—are the outcome of a complex process of management of the floristic structure. By exerting some control over species composition, tree density, and number of plant species per unit area, farmers influence the survival rate of permanent, tolerant, pioneer plant species in two different ecological systems: 1) patches of mature forest; 2) lands where formerly rain-fed agriculture was practiced (in the cycle milpa-acahual) or where there were plantations of banana and sugarcane.

Thus, when establishing a coffee agroforest, the farmer, although in a not completely directed and controlled way, aims at obtaining a desired floristic composition or, in cases in which trees are already growing on a plot, at the use and modification of the existing floristic structure.

In this section we describe a case when a farmer establishes a coffee agroforest on fields previously used for rain-fed 'milpas' or other annual crops, which is the dominant situation in Polhó (Figure 8). In such cases, some of the events that will decide which floristic structure will result in the rustic coffee agroforests seem partially random—colonization and seed immigration—and may either be taken advantage of or remain unperceived by the farmers. Alternatively, the process may be managed directly by the farmer. These latter volitional factors imply the management of individual plants and populations by means of: (a) cultivation of domesticated species and, (b) promotion of fast growing, N-fixing, wood and fruit producing wild species, which is accomplished by the dispersion into the new coffee agroforests of seeds and propagules from other local ecosystems, such as "milpas," fields in fallow, secondary and mature vegetation; (c) tolerance and protection of species considered to be useful that were previously present in the new field; and, (d) the elimination of some individuals belonging to unwanted tree, shrub or pioneer species.

Through these management activities, the farmer appears to be setting forth a process which is analogous to that of natural ecological succession, by means of activities which will resemble the directional events that would occur without human intervention, i.e., a sequence of events determined purely by stochastic and historical-ecological processes, such as facilitation and inhibition, colonization and immigration of seeds ("seed-rain") and other propagules, competition, and others (McCook 1994). The activities carried on by local farmers for establishing and maintaining the tree-shrub canopy of a coffee agroforest suggests these farmers have an ample ecological knowledge and are thus able to manage succession to their advantage.

The adoption of coffee by Maya farmers originated in and was adapted to the model of agroforestry systems known and managed by these people before the Spanish Conquest. Present day Maya farmers also inherited some of the knowledge of plants and of ecological processes which is critical for the construction of such agroforests from their forebears. Some species of legume trees, such as *Inga* spp., have been utilized in agroforests since pre-Hispanic times, when they were interplanted with cacao (Gómez-Pompa 1987). This accounts for their widespread utilization in present-day rustic coffee agroforests.

The successful establishment of a coffee production system requires knowledge about the biology of certain key species, such as those of the genus *Inga*. This genus has many species in Mexico. They are fast growing small trees, and when cultivated have a dense, widespread canopy, some species being deciduous and shedding large amounts of leaf biomass. Many *Inga* species moreover have N-fixing capability. Species of *Inga* grow in the lower canopy of medium and tall evergreen tropical forests and as pioneer species in certain types of secondary vegetation. Such biological and ecological characteristics of species of *Inga* are recognized and utilized by Tzotzil farmers, who are conscious of several fundamental functions of these trees for the process of establishing and maintaining of coffee agroforests: (1) they provide shade to coffee shrubs during the early years of production when other trees in the field have not yet completed their development; (2) they provide organic matter to the soil in form of leaf mold; (3) they are adequate for shading coffee, but at the same time are easy to prune; (4) they protect the soil from the impact of rainfall; (5) the shade and mulch from *Inga* contributes to checking the growth of invasive species that enter into competition with the coffee shrubs and other useful saplings. Because of these characteristics, species of *Inga* seem to be biological models, or "archetypes" of shade trees for coffee agroforests during the initial stage of their establishment, and are amply used by local people, who recognize and protect the saplings of *Inga* spp., as well as of other trees, cultivating and promoting them by dispersing their seeds within the fields. Acting in such manner, farmers probably accelerate, foment, and direct, in part, the ecological succession of the managed vegetation patches. All this is accomplished by means of the management techniques described above, which induce processes that, at different rates, are also occurring in natural ecological succession, such as: the increase in survival rates of desired species, the decrease of the population numbers of invasive herbaceous species having high competition capability (grasses and sedges), the increase of organic matter content of the soil and the improvement of its physical structure, the favoring of the establishment of plants with strict nutrient requirements, and so on. In addition, by planting *Inga* spp. and other fast growing trees, farmers effectively favor the perching of bats and birds, who act as seed-dispersal agents for potentially useful species.

In conclusion, the perception, naming and identification of stages, and the understanding of the process of ecological succession of the vegetation by Tzotzil farmers in Polhó are all relevant for understanding how this ethnic group manages natural resources, in particular with respect to coffee production systems. The design and establishment by Tzotzil farmers in Polhó of a rustic coffee agroforest, which requires the use of adequate production and natural resource conservation technologies, is a process that has its ultimate foundations in the knowledge owned by the cultivators about the local diversity of plants and of their uses, the ecological processes that are potentially useful (ecological succession), and the natural resources (soils) and environmental factors (climate, topography) that may impose

constraints on the production system. A large part of this knowledge is transmitted from fathers to sons and is exchanged among near and allied relatives of large kindred. Additional information is acquired in practice during the process of management itself, or is supplied by the technical staff of Majomut through training and technology transfer programs.

NOTES

¹Because of the dispersed distribution pattern of fields, the boundaries of each community are almost impossible to define; as a consequence, study subareas were defined following physiographic criteria, such as basin limits, water courses, and, in a few cases, structural disjunction (faults).

²The "organic coffee promoter" originated from the process of merging with the European organic product market, after Majomut was granted certification by *Naturland*. The organic coffee promoter is a member of the community or barrio that is elected in a cooperative meeting, whose functions are to promote and diffuse technical information concerning the methods of organic cultivation among members of Majomut. The technical staff of Majomut, composed of agronomy technicians and engineers, is in charge of delivering training courses and of supervising the promoters' work.

ACKNOWLEDGMENTS

We wish to thank the technical staff of the Unión de Ejidos y Comunidades del Beneficio Majomut for their valuable support during the fieldwork; in particular, to its president, the technicians and engineers V. Pérez Grovas, E. Cervantes-Trejo, Alberto, Eliseo, Walter, Gilberto, Fernando and Juan. We also thank the organic coffee promoters of Polhó for their attentions while staying in the community and their willingness for sharing their knowledge, and finally, thanks are due to Mónica for her support and stimulus during the whole time that we visited the state of Chiapas. This research was made possible thanks to a scholarship granted by the *Secretaría de Relaciones Exteriores de México* (1997), support given by the Unión de Ejidos y Comunidades del Beneficio Majomut (1997), and the *Universidade Estadual de Feira de Santana, Brazil* (1998-2000) through the program of Academic Improvement of Technicians and Researchers. We are also grateful to Dr. William Baleé for his suggestions and revision of the English. We would like to thank Editor Dr. Naomi Miller for the *Journal of Ethnobiology* for offering many constructive suggestions for improving this paper.

LITERATURE CITED

Alcorn, J. 1993. Los procesos como recurso: ideología agrícola tradicional del manejo de los recursos entre los Bora y los Huastecos y sus implicaciones para la investigación, eds. E. Leff & J. Carabias, pp 329-365. In *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales*, (editors). CICH y Miguel Angel Porrúa, Ciudad de México.

- Alexiades, M. N (ed.). 1996. *Ethnobotanical Research: a Field Manual*. New York Botanical Garden. New York.
- Bandeira, F. P., J. L. Blanco, and V. M. Toledo. n.d. Landscape management among Tzotzil coffee growers of Polhó, Chiapas, México: an alternative to deforestation (Human Ecology in press).
- Barrera-Bassols, N. and Zinck, J. A. 2000. *Ethnopedology in a Worldwide Perspective: An annotated Bibliography*. ITC. Enschede.
- Beacauge, P. 1997. Integrating innovation: the traditional nahua coffee - orchard (Sierra Norte de Puebla, México). *Journal of Ethnobiology* 17(1):45-67.
- Breedlove, D. E. *La flora de Chiapas*. Instituto de Biología, UNAM, Ciudad de México.
- Breedlove, D. E. and Laughlin, R. M. 1993. *The Flowering of Man: a Tzotzil Botany of Zinacantán*. Smithsonian Institution Press. Washington.
- Caballero, J. 1994. La dimension culturelle de la diversité végétale au Mexique. *Journal D'Agriculture. Traditionnelle et de Botanique Appliqué*, nouvelle série, vol. XXXVI(2): 145-158.
- Casas, A., M. del Carmen Vázquez, J. L. Viveros and J. Caballero. 1996. Plant Management Among the Nahua and the Mixtec in the Balsas River Basin, Mexico: an Ethnobotanical Approach to the Study of Plant Domestication. *Human Ecology* 24(4):455-478.
- Cervantes-Trejo, E. 1995. Organización territorial de San Juan Chamula. Tesis de Maestría, Universidad de Chapingo, Texcoco.
- Collier, G. 1990. *Planos de interacción del mundo Tzotzil*. Instituto Nacional Indigenista y Consejo Estatal para la Cultura y las Artes. México, D.F.
- Collier, G., D. C. Mountjoy and R. B. Nigh. 1994. Peasant agriculture and global change. *Bioscience* 44(6):398-407.
- Dufour, D. L. 1990. Use of tropical rainforests by native Amazonians. *Bioscience* 40:652-659.
- Gómez-Pompa, 1987. On Maya silviculture. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos* 3(1):1-17.
- González-Espinosa, M., P. F., Quintana-Ascencio, N. Ramírez-Marcial and P. Gaytán-Guzmán. 1994. Secondary succession in disturbed *Pinus-Quercus* forest in the highlands of Chiapas, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2:351-360.
- INEGI, 1991. Resultados Definitivos Tabulados Básicos. Tomo II. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, México, D.F.
- Jacorzynski, W. R. and J. A. López-Hernández. 1998. La tierra sagrada de los Tzotziles: un estudio sobre ecología indígena. *Cuilcuilco* 5(2):13-45.
- Laughlin, R. M. 1969. The Tzotzil. In *Handbook of Middle American Indians*, vol 7. n. 9. , ed. E. Z. Vogt, pp. 152-194. University of Texas Press, Austin.
- Maffi, L. 1999. Domesticated land, warm and cold: linguistic and historical evidence on Tenejapa Tzeltal Maya ethnoecology. In *Ethnoecologia: Knowledge, Sources and Rights*, eds. Gragson, T. L. and B. G. Blount. pp. 41-56 The University of Georgia Press. Athens.
- Majomut, 1993. La Unión Majomut: una organización de productores que construye su propio camino. San Cristóbal de Las Casas.
- Marten, G. G. (ed.). 1986. *Traditional Agriculture in Southeast of Asia: a human ecology perspective*. Westview Press. Boulder.

- McCook, L. J. 1994. Understanding ecological community succession: causal models and theories, a review. *Vegetatio* 110:115-147.
- Moguel, P. and Toledo, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico: A review. *Conservation Biology* (13)1: 1-11.
- Nestel, D. 1995. Coffee in México: International market, agricultural landscape and ecology. *Ecological Economics* 15: 165-178.
- Nigh, R. B. 1975. Evolutionary ecology of Maya agriculture in highland Chiapas, México. PhD dissertation (Anthropology), Stanford University, Palo Alto, California.
- Noble, I. and Dirzo, R. 1997. Forests as human dominated ecosystems. *Science* 277:522-525.
- Nolasco, M. 1985. *Café y Sociedad en México*. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F.
- Parra-Vázquez, M. R. 1993a. Estructura económica y desarrollo campesino en la región Altos de Chiapas. PhD dissertation, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Parra-Vázquez, M. R. 1993b. La producción silvoagropecuaria de los indígenas de Los Altos de Chiapas. In *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales*, eds. E. Leff and J. Carabias pp. 445 - 487. CICH & Miguel Angel Porrúa, Ciudad de México, D.F.
- Perfecto, I. R. Rice, R. Greenberg and M. Van Der Voort. 1996. Shade Coffee: A disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience* (46):598-608.
- Pool-Novelo, L., E. Cervantes-Trejo and S. Meza-Díaz. 1991. La clasificación Tsotsil de los suelos en el paisaje cárstico de la subregión San Cristobal de las Casas, Chiapas. *RevistaTerra* (9)1:11-23.
- Quezada, A. M. 1995. *Crisis del café y estrategias campesinas: el caso de la Unión de Ejidos Majomut en los Altos de Chiapas*. Universidad Autónoma Chapingo, Dirección de Centros Regionales. México.D.F.
- Rice, R. A. 1997. The use patterns and history of coffee in eastern Chiapas, Mexico. *Agriculture and Human Values* 14:127-143.
- Toledo, Víctor M. 1990. The ecological rationality of peasant production. In *Agroecology and Small/Farm Development*, eds. M. Altieri and S. Hechet, pp. 51-58 CRC Press. Boca Raton.
- Toledo, Víctor M. 1992. What is Ethnoecology? origins, scope and implications of arising discipline. *Ethnoecologica* 1:5-21.
- Toledo, V. M. 2000. Indigenous peoples and biodiversity. in *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 1, ed. S. Levin, pp. 1181-1 a 1181. Academic Press, Princeton.
- Toledo, V. M. , B. Ortiz and S. M. Morales. 1994. Biodiversity islands in a sea of pasturelands: indigenous resource management in humid tropics of Mexico. *Ethnoecológica* 3:37-49.
- Toledo, V.M., A. I. Batis, R. Becerra, E. Martinez, and C. H. Ramos. 1995. La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia* (20) 4:177-86.
- Uhl, C. and Jordan, C. 1984. Succession and nutrients dynamics following forest, cutting and burning in Amazonian. *Ecology* 65:1476-90.
- Wasserstrom, R. 1983. *Class and Society in Central Chiapas*. University of California Press, Berkeley.
- Willson, M. 1999. *Coffee, cocoa and tea*. Crop production science in horticulture series; 8. CABI Publishing. Wallingford.

CAPITULO IV

**LANDSCAPE MANAGEMENT AMONG TZOTZIL COFFEE
GROWERS OF POLHÓ, CHIAPAS, MEXICO: AN ALTERNATIVE
TO DEFORESTATION (ACEPTADO POR *HUMAN ECOLOGY*)**

LANDSCAPE MANAGEMENT AMONG TZOTZIL COFFEE GROWERS OF POLHÓ, CHIAPAS, MÉXICO: AN ALTERNATIVE TO DEFORESTATION

FABIO PEDRO S. DE F. BANDEIRA

*Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana. Km. 3, Br 116, Campus Universitário, Feira de Santana, Bahia, Brasil, CEP 44031-460.
Present address: Instituto de Ecología, UNAM, Apartado Postal 41-H, Sta. María de Guido, Morelia, Michoacán, 58090, México. fpbandeira@uefs.br*

JORGE LÓPEZ BLANCO

Instituto de Geografía, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CP 04510, México, DF., México. jblanco@servidor.unam.mx

VICTOR M. TOLEDO

Instituto de Ecología, UNAM, Apartado Postal 41-H, Sta. María de Guido, Morelia, Michoacán, 58090, México. vtoledo@oikos.unam.mx

ABSTRACT.— This paper describes and analyzes the dynamics of landscape in Polhó, a Tzotzil Mayan village of Chiapas, Mexico, and the role of different human factors in shaping it. Structured interviews were conducted with 50 local peasant farmers. Moreover, a topographic map of the area was digitized and aerial photos from different dates were analyzed by GIS. Our analysis of the landscape dynamics in Polhó revealed that secondary tropical and temperate vegetation has increased whereas cultivated land with annual crops has decreased. The ecological succession is the immediate cause that has induced changes in the landscape of Polhó over the last 23 years, and represents a reversion of deforestation process reported for the previous period. But the process was also in part assisted, as our interview analysis suggests, by planting of diversified coffee agroforests. Also, an array of social and cultural factors and processes are discussed as the most important underlying causes in maintaining the pattern of landscape change over the entire area.

Key words: Chiapas, coffee agroforests systems, tropical reforestation, and underlying and immediate causes.

RESUMEN- En este trabajo se describe y analiza la dinámica del paisaje en Polhó, una comunidad Tzotzil de Chiapas, México, y el papel de diferentes factores humanos que moldean esta dinámica. Se realizaron entrevistas estructuradas con 50 campesinos de la comunidad. El mapa topográfico del área fue digitalizado y fotografías aéreas para diferentes años fueron interpretadas y analizadas a través de un SIG. El análisis de la dinámica del paisaje en Polhó revela que la vegetación secundaria tropical y templada ha aumentado mientras que las tierras con cultivos anuales han disminuido. La sucesión ecológica es la causa inmediata que ha inducido los cambios en el paisaje en los últimos

23 años en el área. Ello representa la reversión del proceso de deforestación que se reportó para el periodo anterior. El análisis de las entrevistas sugiere que tal proceso se incrementó a través del establecimiento de sistemas agroforestales diversificados de café. Se discuten ciertos factores socioculturales e históricos que constituyen las principales causas subyacentes que mantuvieron el patrón de cambio en el paisaje.

Palabras clave: Chiapas, sistemas agroforestales de café, reforestación tropical, causas inmediatas y subyacentes.

INTRODUCTION

Recent theoretical-methodological approaches to analyze problems related to natural resource management and conservation emphasize the need to combine different ecologic, economic and social perspectives to improve the understanding of the process involved. Therefore, our analysis and understanding of such problems should be based on the connections running through integrated ecological, economic and social systems (Ostrom, 1995; Perrings et al., 1995; Forester and Machilis, 1996; Berkes and Folke, 1998). In this multidisciplinary perspective, ecological and human systems should be seen as having "numerous feedback across scales in time and space". It then becomes necessary to turn toward the underlying causes – the economic, institutional, social and cultural factors that shape and direct human activities.

Moreover, several authors (McNeely et al., 1995) have pointed out the importance of social, historical, institutional and biophysical factors in the way indigenous and local people make decisions related to natural resource management, above all regarding biodiversity at its different levels: population, community and ecosystems, as well as at landscape approach. In particular, studies of deforestation in the tropics and the related human factors have advanced considerably over the last decade, generating various economic models with which to analyze the phenomenon (Kaimowitz and Angelsen, 1998). However, less attention has been focused on reforestation efforts embarked on by traditional communities (i.e., Anderson and Posey, 1985) and the factors that explain them.

Studies in Mexico, in particular the state of Chiapas, of the impact of human factors on biodiversity is limited. Scholarly analysis has considered the impact of growth in the energy sector on the region's population dynamics and landscape (Collier et al., 1994), deforestation on a regional scale, and the socioeconomic and physical factors shaping the phenomenon (Ochoa-Gaona and González-Espinosa, 2000). In the case of coffee growing, the process of intensification in coffee producing agro-ecosystems in the period 1970–1989 was analyzed, highlighting the importance of macroeconomic factors and official policies and programs designed to promote the transformation of some of these systems, and their negative consequences for the region's biodiversity and environment (Nestel, 1995).

In particular, in Mexico, in the context of the coffee production, traditional small-scale coffee growers dominate in terms of number and amount of land (Moguel and Toledo,

1999) and, as in other regions of Latin America (Perfecto et al., 1996), they maintain multi-layered shaded coffee agroforests. As a consequence, Mexico's coffee growing regions are seen as having great importance in overall strategies for ecological conservation (Moguel and Toledo, 1999). It is, then, highly relevant to understand how biodiversity in indigenous coffee growing areas is affected by the above-mentioned socioeconomic, institutional and cultural factors.

The present study has as its goals: to describe the landscape dynamics in an indigenous coffee growing community and identify its immediate and underlying causes, in other words, to describe the relationship between changes in land use and land cover in the area in a given period and the following factors: (1) demography (population growth and migration); (2) agricultural prices (the evolution of coffee prices over the last 20 years); (3) political and institutional factors (public policy for coffee growing in Mexico in the period under consideration); (4) social and historical factors (the relevant social, and above all productive and organizational, processes in the region); and (5) the role of local institutions in regulating resource usage and landholding patterns.

Study site.—The study area is located between 19°59'49" and 19°59'44" N latitude, and, 92°33'41" and 92°30'32" W longitude, in the municipality of San Pedro Chenalhó — from the Tzotzil word *chenalhó* or "water well" — in the highlands (in Spanish *Los Altos*) of Chiapas, Mexico (figure 1). The five sub-areas selected for this study present contrasting environmental conditions (figure 2). These areas comprise all the land belonging to the study community, and small adjacent areas belonging to the communities of Tzajalukum, Acteal, Poconichin, Narajantik Bajo, Narajantik Alto, Yabteklum and Yebeljoj. The study area encompasses 1837.6 ha out of the total of 130 km² constituting the municipality of Chenalhó.

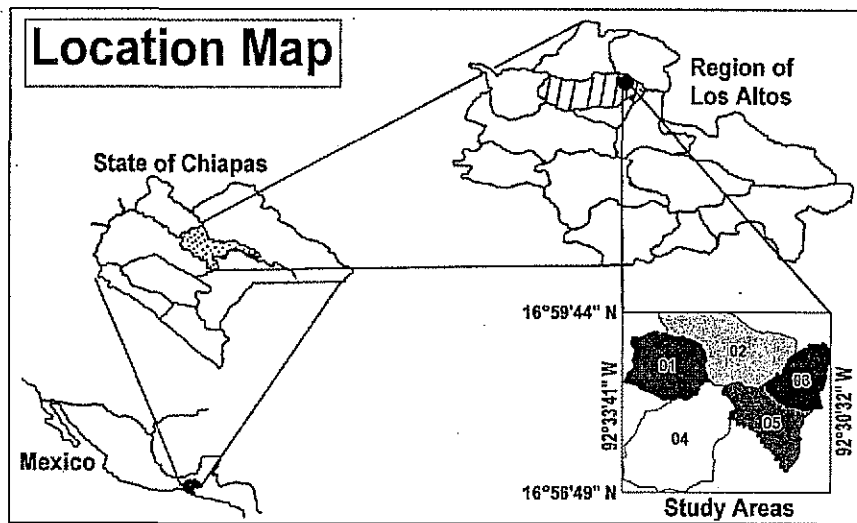
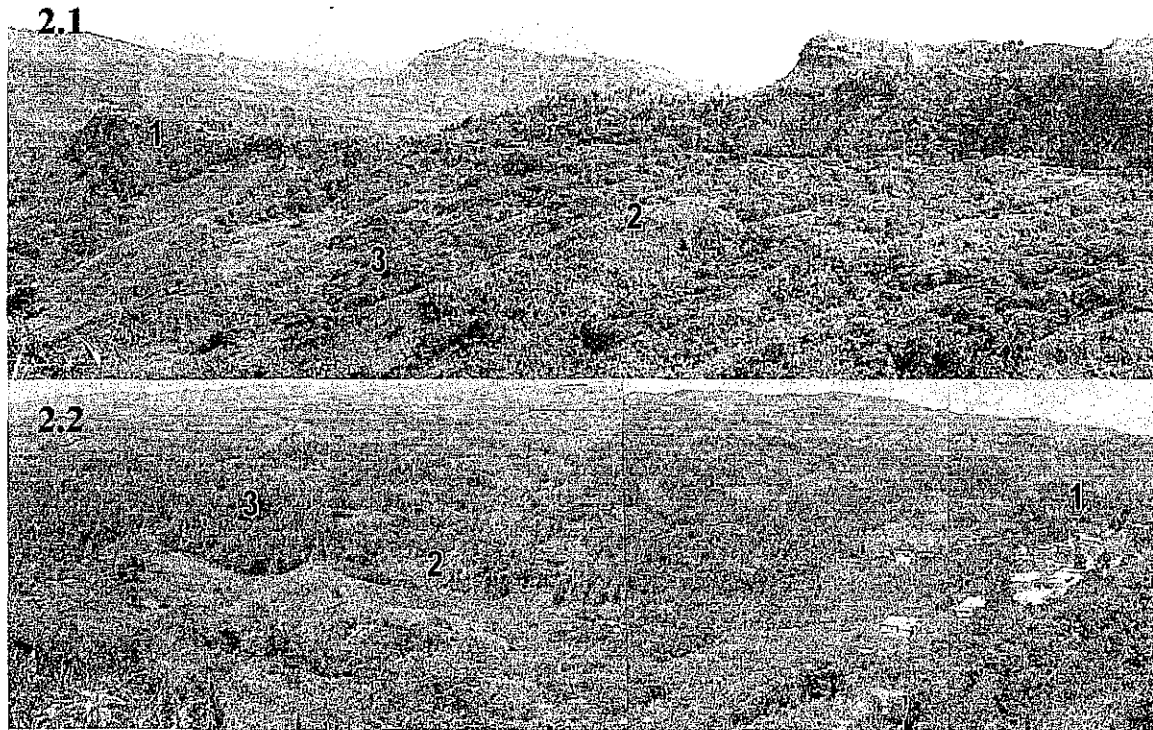


Figure 1: Location map of study area showing the Chiapas State, Los altos de Chiapas region, Chenalhó municipality and the five subareas studied in Polhó village.



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

FIGURE 2: Overview of landscape in two contrasting areas in Polhó, Chiapas. (Photos by F. P. Bandeira). (2.1.) Sub-area 2, in the north showing: secondary growth vegetation with floristic tropical elements (*acahuales*) and coffee orchards (3), cornfields (2) and the Tzajalukum community (1); (2.2) sub-areas 4 and 5, in the south showing patches of secondary growth with *Pinus spp.* (3), coffee orchards (2) and the community of Polhó (1).

In the northern sector of the municipality of Chenalhó, where Polhó is located, the climate is type (A)C(m), i.e., sub-warm and humid with abundant summer rainfall, in accordance with Köppen's classification, modified by Garcia for Mexico (SEGOB, 1988). The average temperature in this zone, where coffee thrives, is 18 to 22° C, with annual rainfall of 2000-2500 mm.

The area is devoid of navigable rivers and the vegetation consists mainly of coniferous forest (sub-area 3) with some fragments of cloud forest (in sub-areas 1, 2, 4, and 5), which have most likely been radically altered by centuries of slash and burn agriculture.

Polhó's total population is approximately 399 people (INEGI, 1991). In the 1990's, the area joined the self-proclaimed *Zapatista* Autonomous Municipalities due to the local inhabitants' conflict with the municipal authorities of Chenalhó, appointed to office by an official electoral system with a long history of close reciprocity with exploitative local despots (*caciques*).

Local landscape.—The landscape in Polhó is a patchwork of cornfields, household gardens, diversified groves for shaded coffee, a few specialized shaded coffee plantings, pastureland, banana and sugarcane plantings, fallow fields, and forests in various stages

of ecological succession. The dominant floristic elements of these forests separate them into two groups: (1) *acahuales*, secondary growth stands where tropical elements are dominant, found in the northern part of the study area, comprising sub-areas 1 and 2, and (2) secondary growth with conifers, found mainly to the south, in sub-areas 4 and 5, and to the west, in sub-area 3. Today the surface covered by old-growth coniferous and cloud forests has been greatly reduced. In the more temperate areas, conserved coniferous forests cover 26 ha, and altered coniferous forests 30 ha. These two fragments of vegetation, which were located in the more elevated and protected areas, crowned the local landscape, until 1997 when they were largely deforested by the Mexican Army, and to a lesser extent by 2500 newcomers who were displaced from their communities (Unión Majamut, personal communication, 2000) due to the conflict in the region involving the *Zapatista* rebels (see Collier, 1994). These immigrants settled on these lands after a massacre of local inhabitants by paramilitary groups in December 1997 in the community of Acteal, near the study site.

Tzotzil peasants - The coffee growers of Polhó are Tzotzil Mayans with their ancestral roots in the land. The main modes of land tenure are communal ownership (the prevalent mode) and the *ejido*, with a small number of privately owned estates (INEGI, 1991). Access to landholding follows traditional custom, by which communal land is assigned to the various producers, usually to be cultivated by them, who eventually inherit it to their descendents. Although land is held in communal property, each individual tree has an "owner". Family organizes production, coffee is grown for sale and the remaining fields are used for subsistence farming, with these two activities constituting the basis of the community of Polhó's economy. Rain-fed subsistence farming occupies a central place in the local production system, mostly in the form of the traditional *milpas*: multiple crop systems in which the main crop is corn, interspersed with beans, squash and chili peppers, supplemented by gathering quelites – tolerated arvensis, edible weed species commonly included in the local diet. The *milpa* — a central feature of Mesoamerican agriculture — is based on slashing and burning old or secondary growth, alternating cultivation cycles with long fallow periods to restore soil fertility and control populations of unusable weed species, plagues and plant pathogens.

In contrast, coffee growing is much more recent. Coffee was introduced to the region less than 100 years ago and adapted to the Mayan *solares* — permanent household gardens that include useful trees, shrubs, herbs, climbers, epiphytes and annuals, whose produce is either for subsistence (most) or the market. The parents and grandparents of the present day producers brought the shrubs from the *fincas* — privately owned large rural estate plantations — in Soconusco, where they were employed as day laborers.

However, it was not until the twentieth century that coffee cultivation was incorporated in the indigenous production system, and today it occupies a vital role in the economy of the region's households and communities. The average size of individual holdings is 2 ha, with a tendency toward extreme reduction in size and spatial dispersion of agricultural parcels.

METHODOS

General survey.—An initial general survey of the area was prepared in December 1996, and from March to July 1997, which included all of the communities in *Majomut*, with the purpose of selecting one of these communities for the study. This general survey was based on interviews with delegates and leaders in each of the communities visited, in order to inform them regarding the objectives of the research to be conducted. As a result, the community of Polhó was chosen based on geographic criteria (ecophysiographic heterogeneity), geopolitical status (the community's importance at the regional level and spatial relations with other communities in *Majomut*), productive diversity (modes of production and landscape management strategies used), and physiognomic diversity of coffee agroforests.

The chosen community was analyzed on the basis of exhaustive first hand examination of its territory accompanied by local Tzotzil peasants and study of the available literature. Also, a photographic record was made of the landscape and of the different land uses found in the eight local geographical demarcations (*barrios*) of Polhó: Majomut 1, Majomut 2, X'oyep 1, X'oyep 2, Polhó Centro, Canolal, Majunpenpetik 1, and Majunpenpetik 2.

Detailed survey.—The specific methods applied in our detailed survey of the coffee agroforests of Polhó in order to analyze changes in land use/cover in the community area were as follows:

- Structured interviews (Alexiades, 1997) were conducted in June and July, 1997 with 50 of the 173 local organic coffee producers (30% of the total). Data were taken on the management history of all the surveyed parcels, on particulars such as past uses and time used as coffee agroforests, in addition to elevation above sea level and geographical coordinates in some cases.
- Entry, correction, classification and analysis of data in the GIS.

In order to identify changes in land use and cover within our analysis of the landscape dynamics aerial photographs were used, taken by the National Institute for Statistics, Geography and Information (INEGI) for the years 1973 (scale: 1:50:000), 1987, 1991 and 1996 (scale: 1:75:000).

Areas of interest were identified in the photographs corresponding to each of the aforementioned dates (73-87-91-96). These areas were then digitally recorded using a flatbed scanner, with resolution of 600 dpi (dots per inch). Next, within the parts of interest in the scanned aerial photographs, using conventional image editing PC software, all the areas (limits of polygons) with gray tones and similar textures were delimited and grouped, outlining them by hand on screen, and a mirror stereoscope was used to corroborate -- by stereoscopic photointerpretation in a three dimensional model -- that a single type of land use/land cover had been identified within the areas so delimited.

The aerial photographs in digital format, with the boundaries of the polygons of ground and land use were entered in a Geographic Information System (GIS) ILWIS (Version 2.2, see ITC, 1998). Simultaneously, all the level curves (every 20 m) were digitalized in

the GIS, based on the INEGI's 1:50:000 scale topographic map (1991), with the aid of a digital panel and an enlarged color printout of the area of interest in the map. With the information on the level curves and by interpolation on raster maps, a Digital Terrain Model (DTM) of the study area was generated, with spatial resolution (pixel size) of 3 m. A method of online photogrammetric restitution was applied (in "real time", see ITC, 1998). In other words, in tracing the ground cover polygons, an immediate correction was made for the distortion in the photographs produced by the relief of the terrain, particularly abrupt in the study area and the photographic projection of the central conical point (López Blanco et al., 1996, Romero Hernández and López Blanco, 2000).

Every line marked on the screen, in the corresponding photograph, was corrected simultaneously, based on a prior correspondence established by assigning terrain control points on UTM coordinates and associating these with the altitudinal values for each point in the photograph, taken from the DTM.

The results were evaluated to check the accuracy of the geometry of the photointerpreted and photogrammetrically corrected features, compared with features of the relief and the network of streams. The photographic data obtained in the field helped in adjusting the delimitation of the polygons of ground cover and land use. A legend was defined for types of ground cover and land use, and the polygons were then labeled by date, study sub-area and type of cover.

The surface areas of the different types of ground cover and land use were quantified for each evaluation date (73-87-91-96), considering each of the study's sub-areas independently (A1...A5). A series of digital overlays were prepared in the GIS to obtain the matrices of changes in land use and land cover, on the basis of the crosses between the four maps for the different dates analyzed.

RESULTS AND DISCUSSION

Landscape dynamics in Polhó (1973-1996): a descriptive model

On the basis of the data obtained from our research and our review of the available literature, we suggest a descriptive model to explain the landscape dynamics and changes in land use and land cover (LU/LC) in Polhó, Chiapas (Figure 3). The model accounts for the main immediate and underlying causes (those that guide the actions of the managers) that shape the local landscape dynamics.

The model also describes the different paths (A and B) the social-ecological system (sense Holling and Sanderson, 1996) as a whole can follow, and their probable impact: on populations (local extinctions), on the ecosystem (biogeochemical cycles) and on the local landscape (changes in forest cover, fragmentation), although this paper deals only with path B. Also, the model examines how the different factors and process (a and b) we have discussed may influence decisions made by the managers. Thus, we present: (1) "a" factors or processes, which lead to decisions being adopted that produce a negative impact on biodiversity; (2) "b" factors or processes, which shape decisions that diminish the negative impact of changes in the landscape. In the following sections we present the

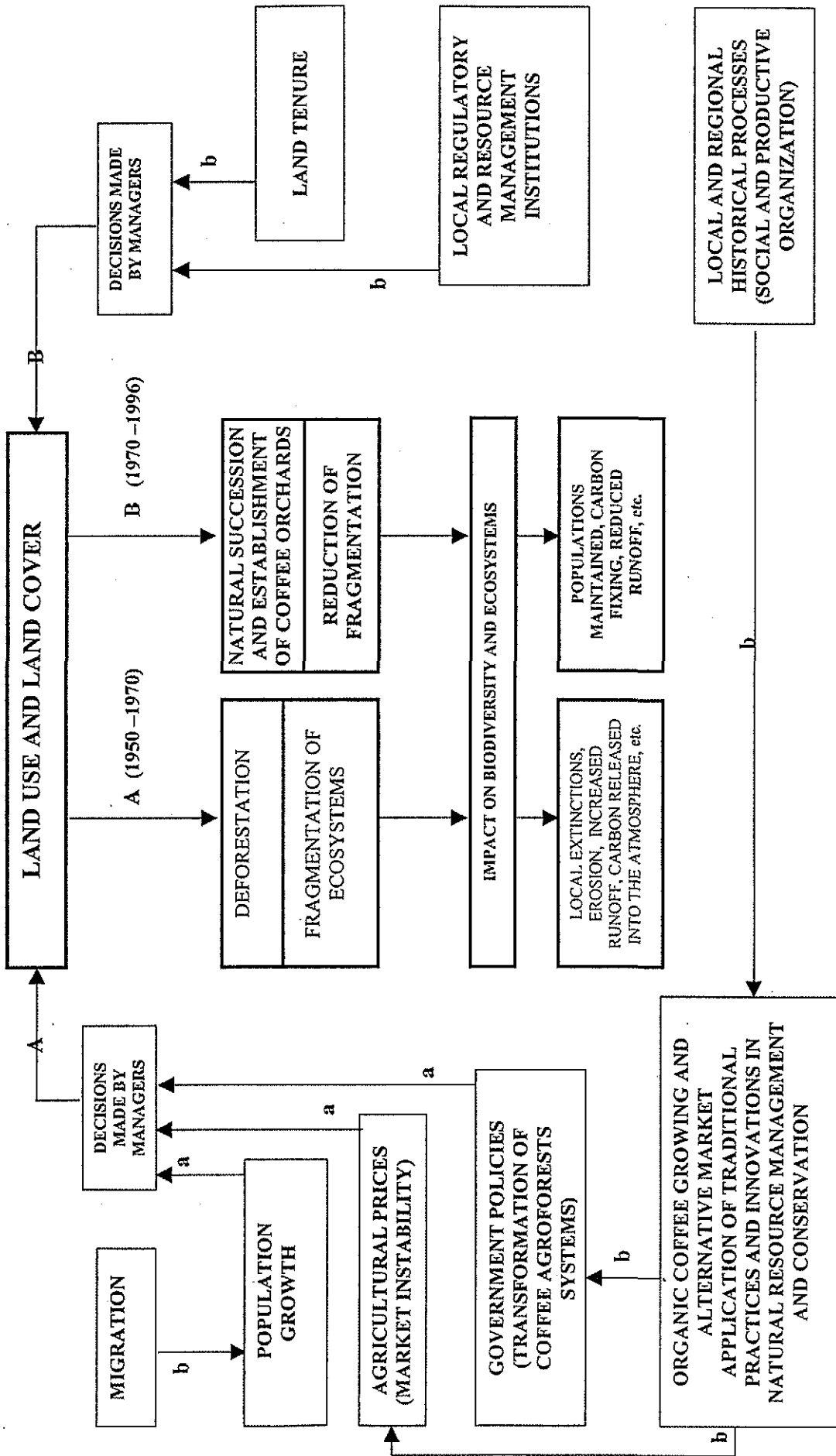


Figure 3: Descriptive model of the landscape dynamic in Polhó, Chiapas in 1973-1996, showing the main immediate and underlying causes of the process. The main path (b) is related to rustic coffee plantations that have been established in Polhó area since 1970s and these path produce several socioeconomic and environmental positive impacts to ecosystems, landscape and people.

general results of our analysis and discuss each of the determining factors separately, as well as the evidence of their influence on the local landscape dynamics.

The role of coffee production system design and succession: immediate causes of landscape change.

Immediate causes are defined as direct actions by indigenous producers, use and management of natural resources (soils and plant populations and communities) for the purpose of producing coffee, in particular during the formation of agroforest systems (Bandeira et al., nd). These actions entail changes in the structure and dynamics of local resource management that are in turn reflected in changes in forest cover and land use. Hereinafter we will describe in more detail what these changes have consisted of over a specified period.

Table 1 summarizes the general data that characterize the process of change in LU/LC in the area of Polhó between 1973 and 1996, in the five sub-areas (A1 – A5) in which the study area was divided. One pertinent observation is that the overall pattern of change in the landscape persists between the different dates analyzed (1973, 1987, 1991 and 1996). This pattern is characterized by a reduction of lands used for annual crop farming (AT) and an increase, both in areas with secondary growth comprising tropical floristic elements (*Heliocarpus* sp., *Croton draco*, etc.) - AC - (the heading coffee plantations come under¹) and secondary growth with temperate floristic elements (*Pinus* spp.) – VS (Figure 4).

The increase in areas covered with secondary growth, both in the warmer sub-areas to the north (1 and 2) and in the more temperate and sub-warm sub-areas to the south and the east (3, 4 and 5), indicate that landscape evolution in the area has been dominated by a process of ecological succession, in which part of the forest cover that had been converted to farmland prior to 1970 has been recovered.

¹ It is not possible to distinguish traditional coffee agroforests from secondary tropical growth by means of photointerpretation, because the two kinds of cover produce similar spectral response patterns. Only secondary growth dominated by species of *Pinus* spp., are distinguishable. On the other hand, there appears to be a relationship between the distribution of these two kinds of secondary growth and the environmental conditions prevailing in the sub-areas studied, which allowed for greater differentiation among these, specifically sub-areas 1, 2 are at an average altitude of 1250 and 1150 meters, while sub-areas 4 and 5 have an average of 1400 meters, and sub-area 3 1600 meters. To facilitate identification of vegetation types, we also made use of an ample photographic record, elaborated over the course of numerous visits to the entire study area.

TABLE 1: Surface areas for types of land use and cover in Polhó, Chiapas for the years 1973, 1987, 1991 and 1996, in the five sub-areas studied (A1-A5).

A. TOTAL (ha)	A1	A2	A3	A4	A5
AT					
1973	236.77	311.31	136.48	338.18	204.46
1987	226.7	295.5	134.2	351.24	198.13
1991	233.05	286.77	112.93	348.8	187.95
1996	192.24	244.26*	sd	291.08	133.56*
AC					
1973	106.47	174.52	0	20.4	16.45
1987	119.27	195.63	0	24.04	14.86
1991	113.32	204.34	0.52	20.25	17.13
1996	154.13	247.76*	sd	34.1	40.69*
BM					
1973	3.12	5.28	0	27.91	13.3
1987	0.36	0	0	5.04	2.18
1991	0	0	0	0.49	1.9
1996	0	0	sd	0	0
BTC					
1973	0	0	23.02	0	0
1987	0	0	25.52	0	0
1991	0	0	26.48	0	0
1996	0	0	sd	0	0
BTP					
1973	0	0	28.41	0	0
1987	0	0	28.3	0	0.04
1991	0	0	30.46	0	0
1996	0	0	sd	0	0
VS					
1973	0	0	38.8	88.48	63.96
1987	0	0	38.71	94.98	82.97
1991	0	0	56.32	105.77	91.18
1996	0	0	sd	150.14	123.94*

NB: The values marked with an asterisk in areas 2 and 5 are the result of extrapolation of data obtained for the area covered in the aerial photograph from 1996. The types of land use and cover are: AT: Seasonal Agriculture (land planted this year and fallow land); AC: Tropical Secondary Growth (*acahual*); BM: Non-Differentiated Forest; BTP: Disturbed Coniferous Forest; BTC: Conserved Coniferous Forest; VS: Coniferous Secondary Growth; sd: no data (areas not covered on the INEGI's flight in 1996)

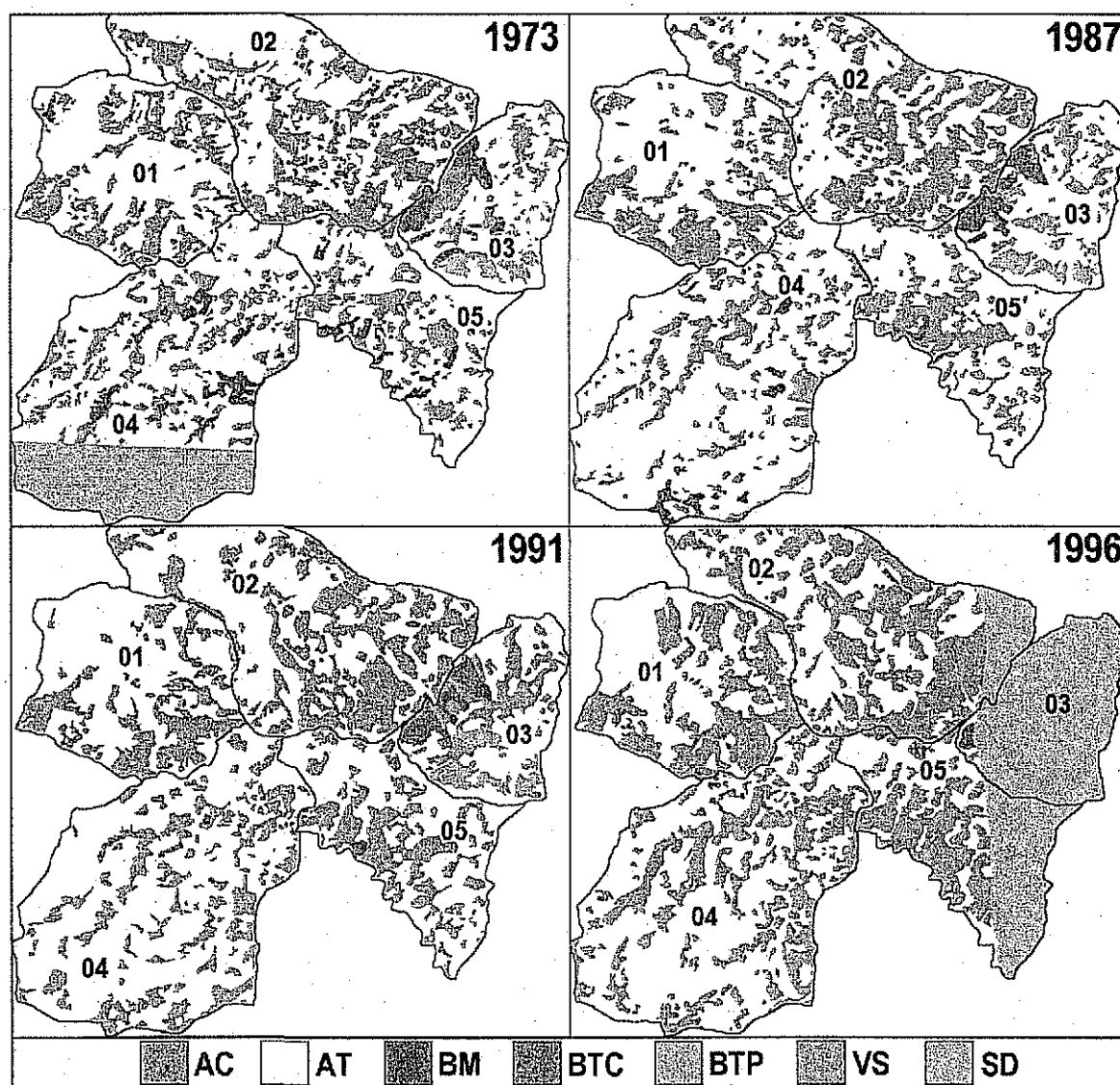


FIGURE 4: Map of land use and land cover changes, in Polhó, Chiapas, Mexico between 1973, 1987, 1991 and 1996. Legend: AT: Agricultural lands with annual crops AC: Secondary growth with tropical floristic elements (the heading coffee plantations come under); VS: Coniferous secondary growth; BM: Non-differentiated forest cover; BTP: Disturbed coniferous forest; BTC: Conserved coniferous forest. SD: No data available.

In general, two markedly distinct periods can be identified in terms of the dynamics of the social-ecological system in Polhó, **Period I** – between the 1950s and the 1970s, dominated by a process of deforestation, and **Period II** – from the 1970s until 1996, characterized by the recovery of part of the area's forest cover (figure 3). Although the first period is not properly speaking the subject of this paper, there are some important observations to be made here. The period leading up to the 1970s is exceedingly long and the landscape dynamics corresponding to it is by no means homogeneous, as the occupation of the area dates from the Late Classical period (Lee, 1972). Nonetheless, we can state that demographic phenomena defined Period I. It was with acceleration of population growth in the Chiapas highlands starting in the 1950's that an accelerated

process of deforestation was observed in the area as a result of increasing demands on the land from society and a corresponding shortening of the fallow time (Parra-Vázquez, 1993). Thus, by 1973 nearly 65% of the study area had already been converted into seasonal farming (*milpa-acahual* cycle). In view of these considerations, we can define the period from the 1950s to the 1970s as one of an accentuated process of deforestation, or conversion of forest land to seasonal farming with shorter fallow periods.

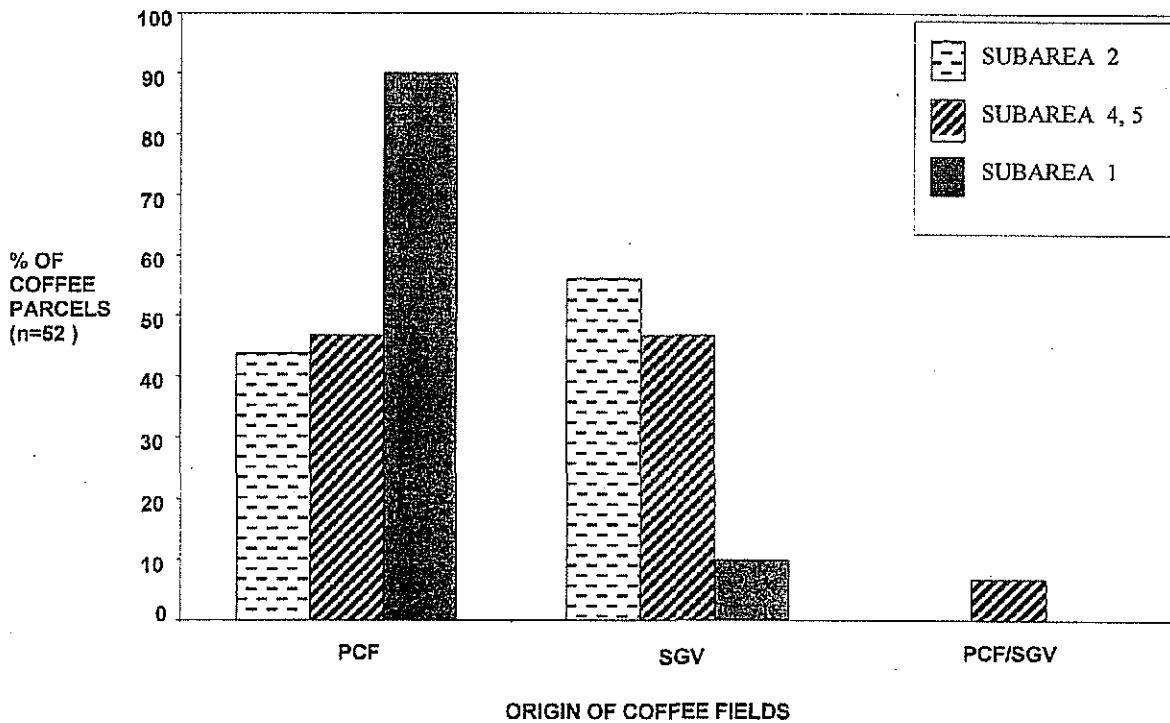
In this paper we put forward the hypothesis that the phenomena observed in the study area starting in the 1970s result from a combination of two distinct processes: (1) abandonment, for long periods of time, of areas used for seasonal farming (*milpa*), or in other words, lengthening of fallow periods; (2) acceleration of the succession process in order to establish traditional coffee plantations by manipulating parts of such process, and stabilization of portion of the secondary growth surface as a result of its transformation into a permanent multi-crop system (agroforest coffee production). As it can be observed, this manipulation takes the form of a variety of processes and management practices: planting fast-growing, nitrogen fixing, deciduous trees, such as some species of the genus *Inga*, and domesticated species; a probable improvement in seedlings surviving rate of useful wild species, through selective protection, nurturing and sparing, and elimination of individuals of highly competitive, short-lived, colonizing shrubs and herbaceous plants, incorporating their biomass into the soil (Bandeira et al., n.d.).

The evidence supporting our hypothesis includes historical and empirical data and interviews with local peasants concerning the management history of their parcels.

The literature on the evolution of coffee growing in Chiapas State and the farm and livestock censuses prepared by the INEGI confirm our hypothesis, reporting that growth in areas planted with coffee has been a noticeable regional trend from the 1930's through the 1990's, in the parts of the state suitable for its cultivation. Rice (1997) stated "The growth and importance of coffee production in Chiapas is something of a national phenomenon". According to this author "area and production have grown steadily since 1930... The area in coffee today is more than three times that found in Chiapas in 1950". For the period covered in this study, it is reported that the area planted with coffee in the state has gone from nearly 140,352 ha in 1970 to 231,305 ha in 1992 (*idem*). This growth in cultivated surface was achieved by incorporating forest land (old and secondary growth) in the coffee production process, by substituting other crops (annual, permanent and semi-permanent) with coffee.

Surveys among producers in the state on the management history of their parcels also tend to confirm our hypothesis that the spread of secondary tropical growth (particularly in areas 1 and 2, and in the northernmost parts of areas 4 and 5), was due fundamentally to the establishment of new fields managed as traditional diversified coffee agroforests, more than a process of natural ecological succession. The results of the overall inventory taken of the management history of 52 coffee growing parcels in Polhó indicate that 33 (63%) of these were established on lands formerly used to raise other crops such as corn (*chobtik*), sugarcane (*valetik*) or bananas (*lo'boltik*); 18 (35%) were established on

acahuales, and 1 (2%) on mixed-use land (crops and *acahual*). This overall pattern persists when the total area is divided into sub-areas (Figure 5).



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FIGURE 5: Origin of coffee fields by type of managed unit in Polhó, Chiapas. TCU – Agricultural lands (corn and beans fields, bananas and sugarcane fields); AC – Secondary growth vegetation.

Thus, 44% of the coffee growing parcels in sub-area 2 were formerly used as farmland (TCU: corn, beans, bananas, sugarcane), and 56% were *acahuales* (AC). On the other hand, in sub-area 1 the change is more noticeable, and the percentages are more contrasting: in the sample of coffee growing lands inventoried in the sub-area, 20 (90%) were TCU and 10% AC. Sub-areas 4 and 5 follow a similar pattern: 50% of the coffee growing land was TCU, 44% was AC y 6% was mixed use land (part TCU and part AC). These data provide strong evidence that the evolutionary trend in landscape management in the Polhó area has revolved around substitution of parcels planted with annual crops (swidden-fallow or *milpa* – *acahual* cycle) and other crops (sugarcane and bananas) with diversified shaded coffee growing systems, above all in the warmer sub-areas (1 and 2), and to a lesser extent in the temperate sub-areas (4 and 5). Figure 6 shows how local inhabitants have perceived this changing pattern of land use in the area.

Further evidence in support of our hypothesis is the average age of coffee growing parcels in the different sub-areas: 9 years in sub-area 1, 11 years in sub-area 2, and 14 years in sub-areas 4 and 5. These data demonstrate that, on average, the coffee growing parcels inventoried were established, to a significant extent, both in the 1970's (sub-areas

1 and 2) and in the 1980's (sub-areas 4 and 5). These findings coincide with the results of our analysis of changes in LU/LC.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

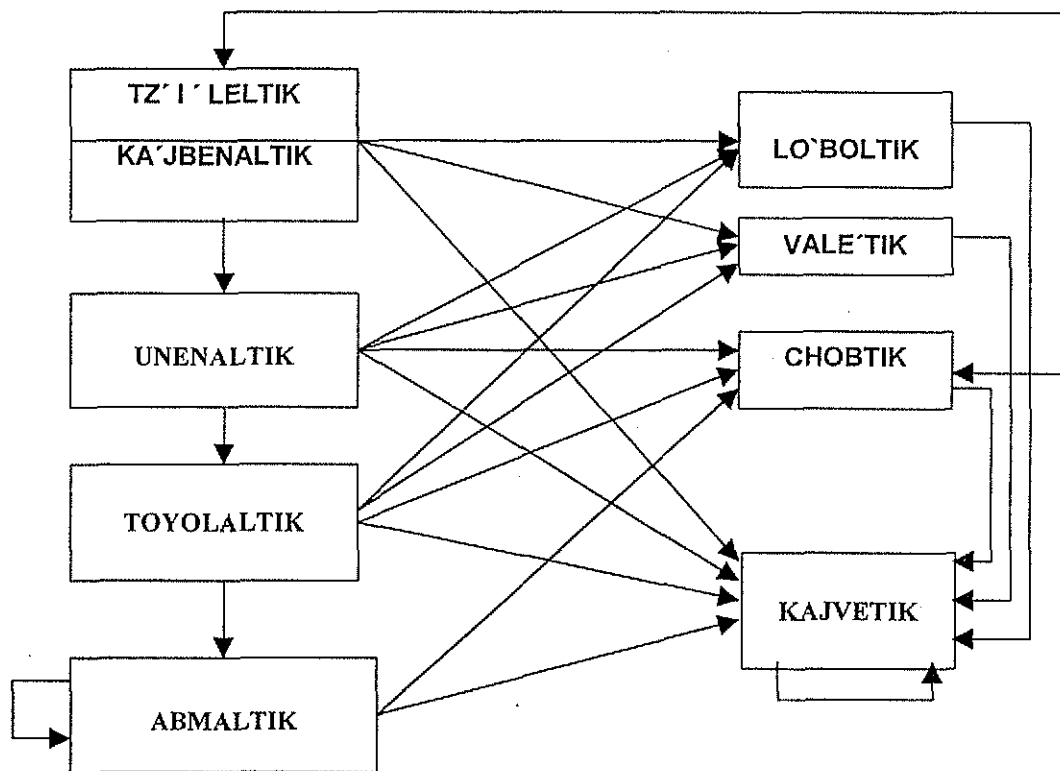


FIGURE 6: Changes in land use and cover in Polhó, Chiapas, as perceived by tzotzil growers. (*chobtik*, cornfield; *tz' i' leltik*, land dominated by grasses and other annual or perennial herbaceous species; 3. *K'ajbenaltik* or *te'lal kájbe*, sites cleared the previous year where the shrub *k'ail* (*Thitonia rotundiflora*) is abundant; 5. *Unenaltik*, early-successional forest; *toyolaltik*, mid-successional forest *abmaltik*, old-growth forest; *k'ajvetik*, coffee fields; *loboltik*, banana fields; *vale'tik*, sugarcane fields).

Considering the period 1973-1991, which comprises the above-mentioned periods, we find that 25.3% of the land used for seasonal farming in the total area was converted to secondary tropical growth (14.7%) and secondary coniferous growth (10.4%) (Table 2).

TABLE 2: Surface area (ha) and percentage (%) of transition between types of land use and cover by sub-area in Polhó, Chiapas (1973/1991).

SUB-AREAS		TOTAL SURFACE AREA (ha)	TYPES OF LAND USE AND LAND COVER (%)				
			AT	AC	VS	BTP	BTC
1	AT	236.76	75.82	24.18			
1	AC	106.47	48.53	51.47			
2	AT	311.28	67.85	32.15			
2	AC	174.51	42.59	57.41			
2	BM	5.27	23.21	76.79			
3	AT	136.47	65.29	0.17	23.89	8.82	1.84
3	VS	38.77	33.80	0.47	44.52	7.67	13.54
3	BTP	28.43	29.34	0.37	12.02	44.48	13.78
3	BTC	23.02	10.27	0.00	13.20	12.25	64.29
4	AT	338.17	81.30	3.09	15.61	0.00	
4	AC	20.4	70.37	19.27	10.36	0.00	
4	VS	88.47	56.77	6.61	36.62	0.00	
4	BM	27.91	32.34	0.12	65.82	1.72	
5	AT	204.45	74.95	4.97	19.97	0.11	
5	AC	16.45	43.91	33.11	22.98	0.00	
5	VS	63.95	38.52	0.80	59.51	1.17	
5	BM	13.31	21.32	7.57	64.08	7.04	

In absolute terms this means that nearly 300 ha previously used for seasonal farming (*milpa*) were converted to secondary growth (with and without coffee) between 1973 and 1991. It is important to point out that, in the same period, parts of the area covered with coniferous and secondary tropical growth vegetation were converted to *milpas* – 46.4% and 46.92% respectively – while other parts of conserved and disturbed coniferous forest were similarly converted in proportions of 10.3% and 29.3% respectively (Table 3). But, the overall balance between secondary succession and clear cutting is positive, resulting in an overall increase in the forest cover observed. This means that the stabilization of part of the areas covered with secondary growth through shaded coffee growing did not lead to greater social pressure on the primary and disturbed forests, nor did it necessarily imply a shortening of fallow periods in annual crop growing areas (corn, beans) as the areas with tropical and coniferous secondary growth vegetation recorded a growth in their surface area of 10.6% and 24.5% respectively. This outcome is the reflection of an overall strategy emphasizing multiple uses for ecosystems and landscapes implemented by the Tzotzil peasants of Polhó. Such a management strategy tends to maintain a highly heterogeneous landscape in the area (Bandeira et al., n.d.), which in all likelihood will be accompanied by a similarly high degree of diversity in other levels (populations, communities), as has been reported by other authors for some areas in the intertropical zone under traditional management (Nabhan et al., 1982).

TABLE 3: Transition matrix between types of land use and land cover in Polhó, Chiapas, 1973/1991.

Ha	BTC	AT	AC	VS	BTP
BTC	14.80	2.36	0.00	3.04	2.82
AT	0.00	907.98	178.17	126.22	0.00
AC	0.00	147.59	164.36	5.90	0.00
BTP	3.92	8.34	0.11	3.42	12.64
VS	5.25	87.96	6.54	87.72	0.00
%	BTC	AT	AC	VS	BTP
BTC	64.3	10.3	0.0	13.2	12.2
AT	0.0	74.7	14.7	10.4	0.0
AC	0.0	46.4	51.7	1.9	0.0
BTP	13.8	29.3	0.0	12.0	44.5
VS	2.80	46.92	3.49	46.79	0.00

Increased coniferous secondary growth (in sub-areas 3, 4 and 5), unlike the case of tropical vegetation (sub-areas 1, 2 and the northernmost parts of sub-areas 4 and 5), is not the result of a managed succession. The recovery of a significant portion of the forest cover in the area is also the result of management decisions, both at the community and individual levels, related both to the time parcels are left fallow and to the collective designation of parts of the communal lands as forest preserves.

It is important to point out that the reduction in area of non-differentiated (ND) forest should not be understood as a process of deforestation *per se*, because this type of vegetation is confused in the photointerpretation with secondary growth²; however, it is possible that part of this vegetation has in fact been cleared in the period following the 1970's.

The role of demographic factors: population growth and migration

As it has occurred in the Chiapas highlands, in general, there was a population explosion in the study area starting in the 1950s when Chenalhó's population tripled in number (INEGI, 1970, 1991). By the 1970's the deforested area (converted to cultivated land with annual crops) amounted to 65% of the total land surface of the community studied. For the period analyzed in this study (between the 1970's and the 1990's), Chenalhó's population doubled (INEGI, 1991), recording 54% growth (from 13522 to 30680)³. The results of our analysis of LU/LC indicate that there was some degree of recovery of forest cover during the same period, with a reduction in the area under cultivated land with annual crops. While prior to the 1970's there were social pressures on the land which

2. The fragments of non-differentiated forest (in sub-areas 1, 2 and 4) are confused with secondary growth in these areas in the photographs after 1973, and therefore could not be accurately distinguished by means of photointerpretation. As these fragments are very small in size, they were grouped together with the secondary growth in analyzing the photographs from 1987, 1991 and 1996.

³ There are no population data available for the study area until the 1980's when Polhó appears for the first time in INEGI statistics, but we have assumed that the pattern of demographic evolution reported for the municipality to which the community belongs extends to the entire area.

triggered a process of deforestation occurring in the period covered in this study, although the population continued to grow there was a partial reversal of the deforestation, and recovery of part of the forest cover (secondary growth and agroforest systems).

Some socio-cultural adaptive processes and the importance of organic coffee growing, access to alternative markets and traditional local institutions are suggested to be buffering forces that counteract social pressure on the land.

Emigration has been suggested to be an adaptive response by social systems to demographic pressure on resources (Brown and Pierce, 1994). This phenomenon makes it possible to soften the impact of scarcity of arable land and its exhaustion after years of uninterrupted cultivation, by fallowing seasonal farmland, thereby favoring succession. Migrants who find seasonal work in other parts of Chiapas and Mexico, or even abroad, in many cases send part of their earnings to their families, aiding in the reproduction of the family unit. According to historical statistics compiled by the INEGI (1991), less than 0.1% of the total population of the municipality of Chenalhó moved elsewhere in Mexico or abroad in 1985. Therefore, this factor alone cannot be used to explain the spread of secondary growth observed.

This process could be also explained by fallowing of farmland in one area and opening new parcels for raising crops in other areas within the same community. However, given that the pattern of resurgence of secondary growth was observed in all the sub-areas studied, this hypothesis is unlikely to be correct.

We suggest three hypotheses to explain the phenomenon described above: (1) producers in Polhó are opening new parcels to grow corn and beans in areas increasingly distant from the community (which is unlikely as there is no land available in most of the region); (2) the reduction of seasonal farmland, and as a consequence of corn production, is being compensated for by purchasing corn from local producers, using the income obtained from the sale of coffee; and (3) families in Polhó reduced their consumption of corn. Studies by Quezada (1995) appear to corroborate the second hypothesis; according to that author, 40% of family income comes from selling coffee, although it is also possible that different family units combine the latter two strategies, and to a lesser extent migration by some members of the family unit. Consequently, the largest families or those with the lowest incomes, the smallest parcels to grow coffee, corn and beans, may have suffered a negative impact in their nutrition.

The role of the productive-organizational process: The 'Unión de Ejidos y Comunidades Beneficio Majomut' and the biological conversion of coffee production

The strengthening of the organizational process for production and marketing of coffee, which began in the 1980's with the union of over 3000 members from 18 Tzotzil communities, principally, and Tzeltals (1052 producers and 17 communities at present; Pérez-Grovas, 2001) allowed indigenous communities to achieve vertical integration in the market and insertion in the international market through partial elimination of intermediation, acquisition of equipment and technology (dry process), and government

loans (Quezada, 1995). This process represented the appropriation of the different stages of the coffee production process (growing, processing, marketing) by the communities.

This process culminated with Unión Majomut's coffee being certified organic in the 1990's, which represented the conquest of a highly advantageous market niche, which has been growing on a global scale in recent years (Murphy, 1995). The adoption of organic growing methods is part of the strategies producers have found to overcome the crisis coffee growing has gone through over the last twenty years. Thus, in the last 15 years the biological reversion (Altieri, 1995) of coffee production systems has been a relevant process in the area. Of the 149 ha of coffee growing lands recorded for Polhó, according to the Unión Majomut database, 76.5 ha (51%) had already been converted to organic production by 1996, and the trend has continued until now (Pérez-Grovas, 2001).

These processes have enabled families to increase their income, and has strengthened the social-productive organization by increasing the cooperative's credibility, notwithstanding some vicissitudes it has been exposed to over time. On the other hand, this explains, in part, why producers have not abandoned coffee, even with the crisis affecting the sector.

These observations imply that coffee growing has gained increasing importance in the area's peasant economy, and therefore that coffee growing has played a fundamental role in ecosystem management decisions, and, as a consequence in the local landscape dynamics.

The fact that producers do not convert all of their land to organic production may mean that they are weighing factors such as available time, the necessary investment of labor or energy (organic coffee growing is much more labor intensive than conventional methods), involvement in other productive activities and the distance from their homes to their different parcels, seeking to balance production costs and income, with the emphasis more on minimizing costs than maximizing profits.

The introduction of organic coffee growing and the substitution of part of the slash and burn farmland with coffee in the area is a result of coffee's direct and comparative advantages: the higher market price for organic coffee and non – organic (in the alternative market⁴), added to points awarded for quality; a probable higher profit margin (energy efficiency) in coffee production over corn, which gives growers a very low return on their labor (Parra-Vázquez, 1993); the option of borrowing, renting or buying parcels to plant corn in other producing communities; the income obtained by selling coffee, which enables local families to buy staple products that they do not produce internally. Thus, producing coffee on land formerly planted with low-yield corn crops could easily be perceived by the producer as a far more advantageous alternative. A cost-benefit analysis of the overall productive process in the area and an evaluation of per capita consumption and corn production would help to corroborate and clarify these observations.

⁴ The alternative market offers a minimum price of 120 dollars per 100 pounds of coffee, with considerably higher prices for internationally certified organic coffee.

Nevertheless, it is important to emphasize that tendencies to increase the area used to produce coffee and the reduction in lands used for annual crop farming, despite the overall amount and the proportion of the community's total arable land surface dedicated to the latter activity, is significantly higher than for other kinds of LU/LC, which confirms the subsistence-based nature of peasant family production in Polhó.

The role of traditional local institutions and the land tenure mode

The role of local institutions and the land tenure mode in decisions made by managers and in social regulation of the use of natural resources has been extensively commented on and debated by various authors (Berkes, 1989; Ostrom 1990; Bromley, 1992), in particular in Mexico (Alcorn and Toledo, 1998). Communal and *ejido* ownership present several features that invest them with enormous social potential for the institution of sustainable forest resource management schemes (Thoms and Betters, 1998).

In many Mexican communities (Alcorn and Toledo, 1998), local institutions play a fundamental part in guiding the actions of individuals within the community. The fact that every tree has an owner, who is appointed to it by traditional usage, imposes relatively restrictive norms of conduct on the individual with regard to the use of natural resources. Therefore, loss of forest resources, because it represents a threat to the basic form of energy on which local families depend, wood being their sole available source of fuel, can bring pressure on them to change their attitudes.

Nevertheless, there are limits imposed by the relationship between the family size, population growth, and land availability and quality. Local institutions can prevent over exploitation provided they not infringe upon the producers' right to plant crops for their own consumption. Excesses are sanctioned, but the need to subsist is an imperative and can deter punishment. A possible local energy crisis caused by loss of forest resources prior to the 1970's could have been an important factor in decisions affecting the forest reserve, which has been enlarged since, as part of the strategies local government has implemented to confront the problem of environmental degradation caused by social pressure on the land.

A relevant fact about the region's political dynamics reflects the strengthening of ethnic identities in Chiapas, with repercussions in collective decisions affecting the territory and the use of its resources. In the 1990's, Polhó declared itself an Autonomous Municipality aligned with the *Zapatista* insurgent movement and withdrew its recognition of the municipal authorities in Chenalhó, historically characterized by their despotic practices and their ties to the state apparatus (Collier, 1994). Thus, the traditional authorities acknowledged the historic condition of marginalization to which their communities have been subjected, and the ineptitude and ineffectiveness of the central government in solving their problems, actively and openly joining the regional *Zapatista* movement. This brought along it the vindication of the right to self-determination, their culture and the values that shape their societies. It is no idle coincidence that this movement emerged at the heart of the state's coffee growing region.

The role of market forces

Insertion of peasant economies in the market is not a recent phenomenon. In fact, peasant economies have been tied in different ways to the hegemonic capitalist system (Palerm, 1980). Above all, various models have been developed and put forth to explain the relationships that grow up between peasant economies and the market (Palerm, 1980; Toledo, 1990; Netting, 1993) and the LU/LC changes and agricultural transformations that results from this relationship (Collier et al., 1994; Behrens et al. 1994; Brondizio et al., 1994; Hammond et al., 1995).

In the case of indigenous peasant coffee growing, the dynamics is defined from the moment the peasant establishes exchanges with nature and with the market in which coffee plays the central role (Toledo, 1990) as cash crop. In a subsistence based micro economy that combines strategies involving production for the market, management decisions are affected by the tension between the usage value and the exchange value of products that can be consumed internally by the productive unit or sold on local and regional markets (Várèse and Martin, 1993), such as fruit, fiber, wood, corn, beans, etc.

In the case of the community of Polhó, the tension would appear to be take place, rather, between production systems that are competing for land: the traditional *milpa* and the coffee agroforest. The tendency, however, seems to have been to maintain a certain balance between the two systems, with the former predominating, as it is vital to attend to the immediate subsistence requirements of the local families.

It was to be expected that this tension would intensify when – starting in the 1970's according to Parra-Vázquez (1993) – the region's productive structure began to shift toward coffee growing, becoming dependent on the international market in the process.

As a result, the evolutionary process in the landscape would be intensified and consequently the peasant economies would be left to the mercy of the chaotic and cyclical fluctuations of their markets. This, in turn, would render these economies more dependent upon the dominant capitalist social environment and more vulnerable to the system's recurrent crises, with possible implications in the landscape dynamics.

Nevertheless there is evidence that contradicts these predictions. Between the 1970's and the 1990's the coffee growing sector has gone through two characteristic phases. A boom in prices on the international market (1970's-1989), and a period of crisis in the sector (1987-1990s). The last crisis was caused by the collapse of coffee price mechanisms via the International Coffee Agreement in 1989, that have resulted in a fall in Mexican production in recent years. For example, "between the 1988/1989 and the 1992/1993 crop cycles in coffee national production fell 33%. The coffee growing area in 1993 was slightly larger than in 1989, implying that lower maintenance and/or abandonment of coffee land was the cause for this fall (as opposed to switching to other crops, a difficult endeavor with a perennial crop like coffee)" (Rice, 1997).

There was a relative price recovery starting in 1996, but prices again plunged to critical levels, where they have remained to date, around 70 dollars per 100 pounds. As Quezada

(1995) also observed for the community and the study period considered, the results indicate that international agricultural prices (fluctuations in coffee prices) have altered neither the overall tendency toward recovery of forest cover nor the expansion of coffee growing. The behavior of the social-ecological system in the area has remained constant over time in spite of such factors. Therefore, there must be other factors that act jointly to counteract the negative pressures generated by the such macroeconomic factors. One could argue that, given that the coffee agroforest is a system that takes around four years to become commercially productive, and it is to be expected that a response by producers to the crises in the coffee sector (which are cyclical and take years to revert) will not be immediate. However, as we have been able to confirm, the period of crisis between 1987 and 1996 (a 9 year span) did not alter the trend toward recovery of secondary tropical growth.

The insertion of the Chiapas highlands region in the market, therefore, has not followed the same pattern throughout the region, and in particular it would appear that the coffee growing regions have responded differently to the phenomenon, due to their respective social processes and the strategies they have adopted.

Three different reasons may explain the phenomenon described above. The first was previously discussed here: conversion to organic coffee growing, with the chance of obtaining better prices than for non-organic coffee, even in periods of crisis. Secondly, as Quezada (1995) points out, coffee fields are a long term investment, which represent a savings for family units that can invest less labor in them during periods of low prices, leaving their coffee fields temporarily abandoned without losing their value as a productive system. Third, the coffee agroforest, in addition to providing a marketable product, also provides firewood (obtained by pruning shade trees), fruit, and medicinal and ritual plants (Bandeira et al., n.d.) that complement the dietary and other needs of peasant families. Above all, the coffee agroforest appears to constitute an important reserve of renewable fuel (firewood), a resource that has become increasingly scarce due to reductions in the community's forest reserves.

Consequences for ecology, and biodiversity of different patterns of landscape changes in Polhó: some hypotheses.

The fact that in the Chiapas highlands the demographic, historical, institutional and macroeconomic factors we have discussed herein have operated and interacted in different ways implies that there are in turn different consequences for ecosystems and biodiversity, as a function of the dominant process or dynamics. Therefore, the impact caused may be positive (new growth or recuperation of part of the forest cover, reducing landscape fragmentation, and maintaining populations); or negative, if deforestation is accentuated over time, leading to increased ecosystems fragmentation, with the corresponding impact on biodiversity (local extinction), the carbon cycle (as a result of carbon being released into the atmosphere), the hydrological dynamics (increased runoff and the resulting impact on lower altitude lands) and soil retention (increased erosion and annual soil loss), as has been reported in part of the region (Ochoa-Gaona and González-Espinosa, 2000) and for tropical region of Mexico as a whole (Cairns et al., 2000).

It is highly probable that the landscape dynamics observed in Polhó between the 1970's and the 1990's, typified by recuperation of part of the forest cover, has had a positive impact on the local environment at its different levels (watershed, biodiversity, soil, etc.), due to the reduction or reversal of environmental degradation (deforestation, genetic erosion, high annual soil loss) in the area. The process appears to be the result of having converted part of the cultivated land with annual crops (*milpas*), less suited to the topographical conditions (sharply sloping land) and soils observed in the area, to systems better suited to local conditions (traditional diversified organic coffee growing). A study of the area by Pérez - Grovas (2001) provides evidence to corroborate some of these hypotheses.

Possible Scenarios

Although one could outline multiple scenarios in time for the future development of the social-ecological system in Polhó, we will consider only three of these: (1) The area occupied by coffee agroforests continues to grow, reaching a point of dynamics multi-equilibrium (Constanza, 1993; Perrings et al., 1995) where a balance exists between production for consumption and production for the market; in other words, this means maintaining strategies based on multiple use of resources; (2) the surface area occupied by coffee agroforests continues to grow until cash crops (coffee and others that may be introduced, in addition to expansion of banana and sugarcane) completely replace subsistence agriculture, which would imply a transformation of the traditional system of multiple use of the landscape and ecosystems into a system specializing in coffee or multiple cash crops; (3) a reversal of current trends, with an increase in seasonal farmland and a reduction of coffee orchards, forests and *acahuals*, with the corresponding increase in the rate of deforestation and ecosystem fragmentation, with adverse consequences for the environment and biodiversity (Saunders et al., 1991).

In our opinion, the combination of cultural - the central role of the *milpa* system and corn in the Mesoamerican world view (Rees, 1974) -, socioeconomic factors (improved living conditions with the proceeds from selling coffee) and processes such as social and productive organization in the area and the spread of organic coffee growing, help maintain the diversified land use system and ecosystems in Mayan coffee growing communities. Theories of the destruction or disappearance of the peasantry with its incorporation in the hegemonic capitalist system as low-cost, unskilled labor, to which various urban and political sectors subscribe (Parra-Vázquez, 1993) have, in many cases, failed to materialize. In Chiapas in particular, the *Zapatista* Mayan indigenous uprising is above all a clear sign of a powerful social resistance demanding respect for its political and cultural differences from the State, and inclusion on its own terms in the Nation's future progress.

CONCLUDING REMARK

A secondary succession favored by longer fallow periods for farmland and the establishment of diversified coffee agroforests with a managed succession constitute the main immediate causes of the landscape dynamics observed in the study area. The

convergence of market forces (the boom in coffee prices during the period 1970 - 1989) and the role of the state agency INMECAFE until the late 1980's largely explain the expansion of coffee growing in Polhó. On the one hand, expansion of diversified agroforest coffee producing systems permitted the stabilization of part of the area's forest cover, reducing social pressure on the land (conversion of forest land to agriculture) derived from the dramatic population growth recorded in the period in question. On the other hand, social and productive organization, the shift toward organic coffee growing and the role of traditional local institutions in resource management and land tenure explain the sustained tendency to increase diversified coffee growing land and *acahual*. These factors appear to counteract the negative effects (increased deforestation) produced by the crisis in coffee prices that started in the late 1980s, the disappearance of the state agency created to support the sector and the population growth recorded during the period.

Our analysis of the socio-ecological dynamics observed in Polhó suggests a shift from a phase of intense deforestation (1950-1970) to reforestation (1973-1996), which, interestingly enough occurred under conditions of constant demographic pressure. Such a process demonstrates that the system has a high degree of resiliency and potential for long-term social and environmental sustainability, and provides evidence that this indigenous social-ecological system in all likelihood has a non-linear dynamics (Holling, 1986; Günter and Folke, 1993; Gunderson et al., 1995).

LITERATURE CITED

- Alcorn, J. and Toledo, V. (1998). Resilient resource management in Mexico's forest ecosystems: the contribution of property rights. In Berkes, F. & Folke, C. (eds), *Liking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 216-249.
- Altieri, M. (1995). *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Alexiades, M. N. (ed.). (1996). *Ethnobotanical research: a field manual*. The New York Botanical Garden. New York, N.Y.
- Anderson, A. B. and Posey, D. (1985). Manejo do cerrado pelos índios Kayapó. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica 2*:
- Bandeira, F. P., J. L. Blanco, V. M. Toledo. (nd). Tzotzil Maya ethnoecology: landscape perception and management as a basis for coffee agroforest design *Journal of Ethnobiology in press*.
- Behrens, M. G. Baksh and M. Mothes. (1994). A Regional Analyses of Bari Land Use Intensification and Its Impact on Landscape Heterogeneity. *Human Ecology 22 (3)*: 279-316.
- Berkes, F. & Folke, C. (eds), (1998). *Liking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Berkes, F. (1989). *Common Property Resources: Ecology and Community-Based Sustainable Development*. Belhaven, London.

- Brondizio, E. S., E. F. Moran, P. Mausel and Y. Wu.(1994). Land Use Change in the Amazonian Estuary: Patterns of Caboclo Settlement and Landscape Management. *Human Ecology* 22 (3): 249-278.
- Bromley, D. W. (ed.).(1992). *Making the Commons Work: Teory, Practice and Policy*. Institute for Contemporary Studies. San Francisco.
- Brown, K and Pearce, D. (1994). *The Causes of Tropical Deforestation: The economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of the tropical forest*. UBC Press, Vancouver.
- Cairns, M. A., P. K. Haggerty, R. Alvarez, B. H. J. De Jong and I. Olmsted.(2000). Tropical Mexico's recent land use change: a region's contribution to the global carbon cycle. *Ecological Applications* 10 (5): 1426-1441.
- Collier, G.(1994). Basta! Land and the Zapatista rebellion in Chiapas (with Elizabeth Lowery Quaratiello). Food First, Oakland.
- Collier, G., D. C. Mountjoy and R. B. Nigh.(1994). Peasant agriculture and global change. *Bioscience* 44 (6):398-407.
- Costanza, R.(1993). Developing ecological research that is relevant for achieving sustainability. *Ecological Applications*, 3(4): 579-581.
- Forester, J. D and Machlis, G. E.(1996). Modeling Human Factors That Affect the Loss of Biodiversity. *Conservation Biology* 1(4):1253-1263.
- Gadgil, M. and Berkes, F.(1991). Traditional resource management systems. *Resource Management and Optimization* 8:127-41.
- Gunderson, L. C. S. Holling, and S., Light.(1995). *Barriers and Bridges to the Renewal of Ecosystems and Institutions*. Columbia University Press. NY.
- Günther, F. and Folke, C.(1993). Characteristics of nested living systems. *Journal of Biological Systems* 1: 257-274.
- Hammond, D. S., P. M. Dolman and A. R. Watkinson.(1995). Modern Ticuna Swidden-Fallow Management in the Colombian Amazon: Ecologically Integrating Market Strategies and Subsistence Driven Economies?. *Human Ecology* 23 (3):335-356.
- Hernández, L. and Bray, D.(1991). Mexico: Campesinos and coffee. *Hemisphere* (summer 1991):8-10.
- Holling, C. S. (1986). Resilience of ecosystem: Local surprise and global change. In W. C. Clark and R. E. Munn (eds.), *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 79-103.
- Holling, C. S., and S. Sanderson. 1996. Dynamics of (dis)harmony in ecological and social systems. In S. Hanna, C. Folke and K.-G. Mäler, *Rights to Nature*. Island Press. Washington, DC, pp. 57-85.
- Holling, C. S. Berkes, F. Folke, C.(1998). Science, sustenaibility and resource management. In Berkes, F. & Folke, C. (eds), *Liking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press. P. 342-62
- INEGI. (1970). IX Censo General de Población y Vivienda, 1970. Chiapas, Resultados definitivos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI. (1980). X Censo General de Población y Vivienda, 1980. Chiapas, Resultados definitivos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

- INEGI. (1991). XI Censo General de Población y Vivienda, 1990. Chiapas, Resultados definitivos. Datos por localidad (integración territorial), Tomo I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- ITC (1998) *The Integrated Land and Water Information System ILWIS Version 2.2 for Windows, User's Manual*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.
- Kaimowitz, D. and A. Angelsen.(1998). *Economic models of tropical deforestation: a review*. Center for International Forestry Research. Bogor.
- Lee, T. A. Jr.(1972). Jmetic Lubton: Some Modern and Pre-Hispanic Maya Ceremonial Customs in the Highlands of Chiapas, Mexico. *New World Archaeological Foundation* (21): 1-27.
- López-Blanco J., I. Valdez Muciño y J. Ugalde Rivera. (1996). Corrección fotogramétrica de segmentos digitizados de fotografías aéreas aplicando un SIG, para la determinación del uso del suelo en la Sierra de Quetzaltepec, México. *Invesigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía* 33:9-30.
- McNeely, J. A., M. Gadgil, C. Levéque, C. Padoch and K. Redford. (1995). Human Influences on Biodiversity. In V. H. Heywood and R. T. Watson (eds), *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Moguel, P. and Toledo, V. M.(1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico: A review. *Conservation Biology* (13) 1: 1-12.
- Murphy, E. C.(1995). La Selva y la atracción magnética de los mercados: El cultivo orgánico del café en México. *Desarrollo de Base* 19 (1): 27-34.
- Nabhan, G. P., A. M., Rea, K. L., Hardt, Mellink, E. and C. F. Hutchinson.(1982). Papago influences on habitat and biotic diversity: Quitovac Oasis Ethno-Ecology. *Journal of Ethnobiology* 2:124-143.
- Netting, McC. R.(1993). *Smallholders, Householders: Farm Families and Ecology of Intensive, Sustainable Agriculture*. Stanford University Press. Stanford.
- Nestel, D.(1995). Cofee in México: International market, agricultural landscape and ecology. *Ecological Economics* 15: 165 - 178.
- Ochoa-Gaona and González-Espinosa, M. (2000). Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography* 20: 17-42.
- Ostrom, E.(1990). *Governing the Commons: The evolution Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press., Cambridge.
- Ostrom, E.(1995). A framework relating human "driving forces" and their impact on biodiversity. Workshop in Political Theory and Policy Analysis. Indiana.
- Palerm, A.(1980). *Antropología y Marxismo*. Nueva Imagen. México.
- Parra-Vázquez, M. R.(1993). Estructura económica y desarrollo campesino en la región de los Altos de Chiapas. Unpublished PhD thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Perrings, C., R. K. Turner and C. Folke.(1995). *Ecological economics: The study of Interdependent Economic and Ecological Systems*, Beijer Discussion Paper Series No. 55. Beijer Institute, Stockholm.
- Pérez-Grovas, V.(2001). Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo de café orgánico en la Unión de Ejidos Majomut, Región de los Altos de Chiapas. In O. Maserá y S. López-Ridaura (eds), *Sustentabilidad y Sistemas Campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural*, Mundi-Prensa, México, pp.45-81.

- Perfecto, I, R. Rice, R. Greenberg y M. Van der Voort.(1996). Shade Coffe: A disappearing Refuge for Biodiversity . *BioScience* 46 (8): 598 - 608.
- Quezada, A. M.(1995). *Crisis del café y estrategias campesinas: el caso de la Unión de Ejidos Majomut en los Altos de Chiapas*. Universidad Autónoma Chapingo, Dirección de Centros Regionales. México.
- Rees, M. J. (1974). Law, land and Religion: an analyzes of *milpa* ownership. *Human Mosaic* 7:21-30.
- Romero Hernández D. y J. López Blanco (2000) Producción e integración de fotomapas digitales para la evaluación del crecimiento urbano en el Municipio de Texcoco, Estado de México: Período 1970-1989-1997. *Invest. Geográf. Boletín del Instituto de Geografía* 42:48-66.
- Saunders, D. A, R. J. Hobbs, and C. R. Margules.(1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- SEGOB, 1988. *Enciclopedia de los Municipios del Estado de Chiapas*. Secretaría de Gobernación del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez.
- Thoms, C. A. and Betters, D. R.(1998).The potential of forest management in Mexico's forest ejidos. *Forest Ecology and Management* 103:149-157.
- Toledo, V. M.(1990). The ecological rationality of peasant production. In, Miguel Altieri and Susanna B. Hecht (eds.), *Agroecology and Small Farm Development*. CRC Press, Inc., Florida, pp. 53 - 60.
- Toledo, V. M.(1991). *El juego de la supervivencia: un manual para la investigación etnoecologica en Latinoamérica*. Consorcio Latiamericano sobre Agroecología y Desarrollo, Berkeley.
- Várèse, S. and Martin, G.(1993). Ecología y Producción en dos áreas indígenas de México y Perú: experiencias y propuestas para un desarrollo culturalmente sustentable. In E. Leff & J. Carabias (eds.), *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales*. CICH y Miguel Angel Porrúa. México, pp 717 - 40.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the technical staff of Unión de Ejidos y Comunidades del Beneficio Majomut for their valuable support during the field work; in particular the organization's president, engineers and technicians: V. Pérez Grovas, E. Cervantes-Trejo, Alberto, Eliseo, Walter, Gilberto, Fernando and Juan. Thanks are also due to the organic coffee promoters of Polhó for their attention while we were staying in the community and their willingness to share their knowledge, and finally, to Mónica Fihrl for her support and stimulus during the whole time that we visited the state of Chiapas. This research was made possible by a scholarship granted by the Mexican Ministry of Foreign Affairs (1997), the support we received from Unión de Ejidos y Comunidades del Beneficio Majomut (1997), and Universidade Estadual de Feira de Santana, Brazil (1998-2000) through the program of Academic Improvement of Technicians and Researchers. We are also grateful to Padraic Smithies for the English translation of this paper. We also want to thank Agustín Arrelano Reyes for his technical advice in photointerpretation and using the Geographic Information System, and Lourdes Villers for the logistic assistance provided by her laboratory at the UNAM School of Physical Geography and her help in our bibliographical research.

CAPITULO V

**FLORISTIC HETEROGENEITY IN RUSTIC COFFEE
PLANTATIONS, AND ITS ROLE IN THE CONSERVATION OF
PLANT DIVERSITY. A CASE STUDY OF THE CHINANTEC
REGION OF OAXACA, MEXICO (PARA SER ENVIADO A
BIODIVERSITY AND CONSERVATION)**

Floristic Heterogeneity in Rustic Coffee Plantations, and its role in the conservation of plant diversity. A case study of the Chinantec Region of Oaxaca, Mexico

Fábio P. Bandeira^{1, 2}, Carlos Martorell³, Javier Caballero² and Jorge A. Meave⁴

¹*Depto. de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Km 3, Br 116, Feira de Santana, Bahia, Brasil CEP 44031-460;* ²*Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM, DF, México;* ³*Instituto de Ecología, UNAM, DF, México.* ⁴*Facultad de Ciencias, UNAM, DF, México.*

Abstract – This paper analyzes the patterns of floristic variation in a random sample of rustic coffee plantations of a Chinantec community of Oaxaca, Mexico. Coffee plantations in the study area included up to 45 plant species that provide foods, medicines, timber, firewood and other products for the household economy. They included significantly more wild plant species than cultivated ones. They were mostly wild trees used for shade and other purposes. The floristic structure of rustic coffee plantations was highly variable. This variation is more a result of human management than a result of ecological factors. Coffee plantations may be seen as heterogeneous patches within the mosaic formed by the different forms of land use. The comparison of their α and β -diversity shows that a single coffee plantation does not contribute significantly to plant conservation. Rather, it is the sum of the heterogeneous patches in the fragmented landscape what makes this agroforestry system valuable for plant diversity conservation. Overall the 110 coffee plantations of Rancho Grande may harbor 34 species of wild trees including both mature forest and pioneer species. This number is equivalent to that of wild tree species found in a 0.1 plot in a local montane forest ecological reserve.

Key words: alfa diversity, beta diversity, plant species richness, rustic coffee plantation, in situ conservation.

INTRODUCTION

Rustic coffee plantations of the indigenous areas of Mexico are an example of complex, highly diverse and multipurpose agroforestry systems, as defined by Nair (1989). In these systems, the understory is occupied mainly by coffee, while shade is provided by many useful wild and cultivated trees. The result is a complex “coffee garden” (Moguel and Toledo 1999), that provides cash income, in addition to medicines, food, fuel and other plant products for the household economy (Moguel and Toledo 1999; Soto Pinto et al. 2000). According to Moguel and Toledo (1999) by 1991 a total of 850,000 ha were devoted to coffee cultivation in Mexico, and at least 70% of the producers worked holdings less than 2 ha in size. During the decades of the 1970s and the 1980s, the originally diversified shade trees component was eliminated or substituted by a few species of *Inga* spp. (Mimosaceae) in one third of the total coffee producing area of Mexico (Nestel 1995). Most of this area corresponds to large holdings whose owners have incorporated the use of agrochemicals and sun-grown varieties. In contrast, diversified shaded systems with limited or no use of agrochemicals have persisted in the majority of the small-scale holdings of the indigenous regions (Nestel, 1995). This is the case of

Oaxaca, one of the three more important coffee-producing states of Mexico. The other two are Chiapas and Veracruz.

Coffee growing areas in Mexico have a high biological importance because altitudinally they are located in a transitional zone between Nearctic and Neotropical floristic realms (Moguel and Toledo 1999). Furthermore, they are recognized centers of species richness and endemism. Since the landscape in coffee growing areas is generally highly fragmented, rustic coffee plantations may play a significant role in biodiversity conservation (Hansen et al. 1991; Rice and Ward 1996; Perfecto et al. 1996, Moguel and Toledo 1999). For example, indigenous coffee agroforestry systems are critical in the maintenance of a high diversity of arthropods (Perfecto et al. 1996, 1997), birds (Aguilar-Ortiz 1982, Greenberg et al. 1997), small mammals (Gallina et al. 1996) and other vertebrates (Rendón-Rojas 1994). In relation to plant diversity, it has been pointed out that coffee plantations are a refuge for a high number of orchids and other epiphytes of the cloud forest (Moguel and Toledo 1999; Nir 1988, Williams-Linera et al. 1995). Furthermore, Purata and Meave (1993) suggested that rustic coffee plantations may be the only refuge left for a significant number of tree species. In the highlands of Chiapas, for example, Soto-Pinto et al. (2001) reported that 72 out of 77 plant species growing in rustic coffee plantations are wild plants typical both from the cloud forest and the tropical rain forest.

Although the existing evidence suggests that coffee plantations may play a significant role in plant diversity conservation, this issue is still poorly investigated. Despite its economic and biological importance, the floristic structure of coffee agroforestry systems in indigenous areas and its spatial and temporal variation remains largely neglected, and except for the study by Soto et al. (2001), plant diversity of coffee plantations has not been systematically documented. The study of the floristic structure of rustic coffee plantations is needed to assess their potential for plant diversity conservation. This would allow to address questions such as: How many and which wild plant species may grow in the rustic coffee plantations? Are all them equally important for biodiversity conservation, and do they represent a significant proportion of local plant diversity? How does management by coffee cultivators shape the floristic structure of a coffee plantation? Are coffee plantations floristically variable? If so, what does this variability imply for plant diversity conservation in the coffee growing areas?

Based on the examination of the floristic structure of rustic coffee plantations of a Chinantec indigenous village in Oaxaca State, this study addresses the above questions.

STUDY AREA

This study was conducted in Rancho Grande, a village belonging to the Ejido Cerro Armadillo Chico, located in the municipality of Valle Nacional, Oaxaca State, Mexico (Figure 1). This is a mountainous region with a warm and humid climate. Elevation ranges from 660 to 1150 m a.s.l. Mean annual temperature is 22°C and mean annual precipitation is about of 4000 mm. The study area is in a transitional zone between the tropical rain forest and the cloud (or montane) forest. Although, the local landscape is highly fragmented, this region is considered a priority conservation area by the National

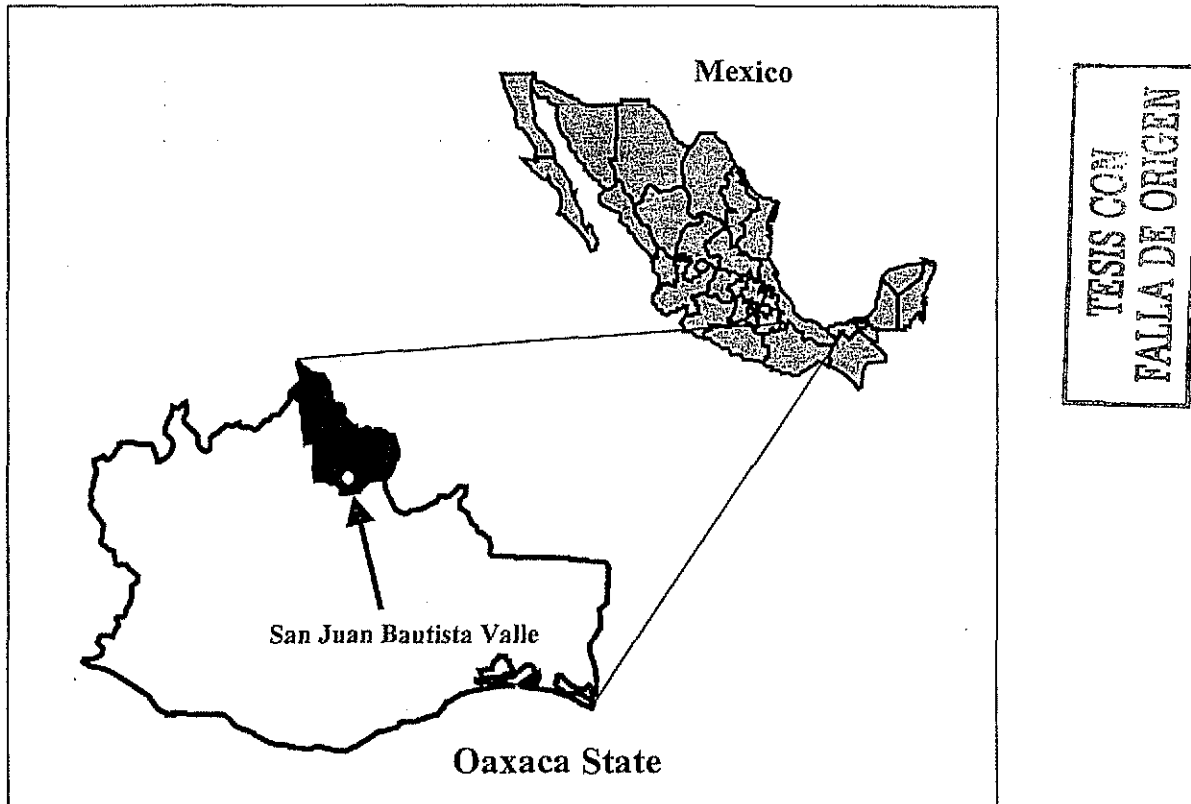


Figure 1: Location map of study area showing the Oaxaca State and Valle Nacional municipality.

The village of Rancho Grande has 181 inhabitants belonging to 38 households (INEGI 1991). All people are Chinantec speakers, a language in the Otomangue linguistic group (Suárez-Savini 1995). Most households in Rancho Grande are involved in coffee production. This activity is the major source of cash income for the local households. The total area devoted to coffee growing is about 230 ha (Table 1), with each household maintaining three different plantations on average. Besides growing coffee, they cultivate corn, beans and squash, an agroecosystem known in Mesoamerica as "milpa", by mean of slash and burn methods. The entire harvest obtained from the milpa is devoted to subsistence. Some households cultivate vanilla (*Vanilla spp.*) intercropped with coffee shrubs, and *ixtle* (*Aechmea magdalenae*) under the canopy of secondary growth ("acahual"). These two crops are grown for commercial purposes. Another relevant activity is the extraction of timber species such as *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora*. These species are promoted, cultivated or tolerated in the coffee rustic systems.

The combination of different land use forms by the Chinantec of Rancho Grande has produced an heterogeneous landscape composed by small patches of corn fields, coffee plantations, home gardens, fallow fields, secondary and mature forests. The assembly of commons regulates land use and natural resource exploitation. The assembly recently

agreed to conserve most of the remaining patches of forest. One of them is a patch with mature forest more than 100 years old.

Table 1: Types of land use and land cover in the study area.

Land Use and Land Cover Categories	M.P/p	M.S (ha)	Total surface	
			(ha)	(%)
Rustic coffee plantations	3	2.1	229.77	56.9
Corn fields (milpas)	-	0.3	11.3	2.8
Early and late-vegetation growth	0.8	2.3	102.54	25.4
Protected areas of mature forest*	-	-	60	14.8

M. P/p – Mean number of parcels per producer; M. S. – Mean surface

* In this category are included the communal reserve and other areas protected because their high risk.

METHODS

Data collection

The floristic structure of the rustic coffee systems of Rancho Grande and its variation as related to topographical, technological and socioeconomic factors was assessed by means of both ecological and ethnographic methods. A total of 22 randomly selected coffee plantations were sampled in order to assess their species composition and the relative abundance of shrub and tree species. Each coffee plantation was sampled by means of parallel transects following the method used by Gentry (1982), as modified by Romero-Romero et al. (2001) for the study of small patches of montane forests. This method was adapted to the small area of the coffee plantations by modifying the size of each transect from 50 × 2m to 25 × 4m. A total of 10 parallel transects were established with a down slope orientation in each coffee plantation. All transects were placed at random. A minimum distance of 5 m between transects was maintained in order to prevent sample resonance, that is, that only coffee shrubs were sampled since the distance between coffee shrubs is 4 m. In addition to the 22 coffee plantations one of the patches with natural vegetation under conservation was also sampled. This was the patch contained the oldest forest. A 0.1 ha plot, at the center of the patch to avoid edge effect, was established for this purpose.

All trees with a diameter larger than 2.5 cm at the breast height (DBH) and only useful shrub and herbaceous plants indicated by the plantation owner that helped to sample it, were collected in both the transects in coffee plantations and in the plantation in mature forest. Ferns, epiphytes and cacti were not considered in this study. Botanical specimens were numbered under Fabio Bandeira's collection number. They were taxonomically identified and deposited in the National Herbarium at the Universidad Nacional Autónoma de Mexico (MEXU). Height was recorded by mean of an altimeter for each individual tree. Structural parameters such as stem density (number of stems/ha), relative abundance, as well as relative frequency of each species was calculated.

The owners of the 22 sampled coffee plantations were interviewed in order to obtain information on the history of land use, as well as the use and management of the plant species found in each plantation. Both economic and ethnographic data were obtained during structured interviews (Martin 1995; Alexiades 1996).

Data Analysis

The 22 coffee plantations sampled were subjected to a Correspondence Analysis (CA) (Gauch 1986; Reyment and Jöreskoj 1996; Manly 1997) in order to assess variation in floristic structure. For this purpose, we only used binary data as well as the relative abundance of wild species. In a second analysis, we assessed the effects of factors such as altitude, previous land cover, parcel age, and householder's characteristics on the conservation value of the plantations, estimated as floristic structure (expressed as a CA score for each coffee plantation under the relative abundances matrix) and species richness. A log-lineal regression was used for the analysis of the relationship of the above factors to species richness, and for floristic structure (CA score) was used an ANOVA (Zar 1984; Crawley 1993; Sokal and Rohlf 1995). The GLIM 4.0 software was used for this purpose (Royal Statistical Society 1992), and the models were simplified following Crawley's (1993) recommendations. The proportion of wild, native cultivated and non-native cultivated species in the coffee plantations was analyzed by means of a G heterogeneity test (Sokal and Rohlf, 1995).

The contribution of within and between-plantation variation to the total wild tree and shrub diversity conserved by coffee plantations was evaluated by means of the α and Whittaker β coefficients (Magurran 1988; Colwell and Coddington 1995). A high β -diversity means that individual coffee plantation host different species, such that the larger the number of plantations, the more species would be protected. To estimate the total number of wild species that the whole system of coffee plantations of Rancho Grande could protect, the curve of the cumulative species richness for different numbers of coffee plantations was calculated. For this, random combinations of plantations were generated from the total of 22 plantations sampled. These combinations were generated in groups from two up to twenty plantations utilizing the Microsoft Excel program. The number of different species that each combination protected was recorded. The average richness conserved by different numbers of plantations was estimated. A two-parameter hyperbole was adjusted to these data. The method of maximum likelihood, applied to the Eadie-Hofstee transformation (Colwell and Coddington 1995), was used for this purpose. The curve was then used to extrapolate the species richness to the whole of the 110 plantations of Rancho Grande.

RESULTS

Overall Dynamics and Structure of Rustic Coffee Plantations.

According to interviews and observations, coffee plantations are dynamic systems whose effective life is of around 20-40 years. Three different stages may be distinguished during a plantation life cycle: establishment, development and declination. The cultivation cycle begins with the establishment of a plantation in a forest patch. This patch can be either in mature forest or in a young secondary forest. Coffee cultivation may also be established

in secondary growth forests developed from abandoned former coffee plantations. Before planting the coffee shrubs, local farmers eliminate the majority of the existing shrubs and herbs; however, the majority of the trees and useful plants, such as *Chamaedorea tepejilote*, are spared. The development stage of a plantation may last up to 20 years. During this period of time, Chinantec cultivators may gradually eliminate a number of wild shade trees and replace them by cultivated species, such as avocado (*Persea americana*) and jinicuil (*Inga jinicuil*), banana (*Musa acuminata x balbisiana*), orange (*Citrus sinensis*). Other cultivated fruit trees are also introduced during this stage in the development of the plantation. While many incoming pioneer species are constantly eliminated from the plantation, others are allowed to establish and are even promoted. This process is not synchronic among coffee plantations. Each coffee grower establishes and manages the plant species of his parcel in different time which others ones.

The two most notorious examples of this are *Cordia alliodora* and *Inga latibracteata*. During the declining stage, coffee production decreases significantly, although Chinantec cultivators may continue harvesting coffee for a few more years. However, when harvesting is no longer profitable they can make one of three different choices: to abandon the plantation, allowing the secondary forest to grow; to renew the plantation by replacing old coffee shrubs with new ones and eliminating some shade trees; or to convert the coffee plantation into a corn field, grassland or fruit tree plantation. Interviews suggested that these three choices mainly depend on the market value of coffee. When prices are high Chinantec cultivators may choose to renew the plantation. When prices stay low for several years, they prefer to abandon the plantation or to switch to a different land use.

In general coffee plantations of Rancho Grande are functionally and structurally complex. In addition to coffee, they include many other plant species that provide food, medicines, timber, firewood and other products for the household economy and for the local market (Table 2). They include introduced cultivated plants as well as wild species under different degrees of management. Cultivated species are either native or introduced from the Old World and from other Neotropical regions. Six coffee varieties were recorded: mundo novo, caturra, bourbom, oro azteca, típica, and colombia. Other cultivated plants include orange (*Citrus sinensis*), cassava (*Manihot esculenta*), banana (*Musa acuminata x balbisiana*) and avocado (*Persea americana*).

More than two thirds of the 45 plant species found in the 22 plantations sampled are wild plants. Wild species account for 77% of the trees encountered in the coffee parcels. Several of them are endemic to Mexico and at least one species, *Inga latibracteata*, is endemic to the studied region. Wild species occur either in the mature vegetation or in secondary growth. When a coffee plantation is established, growers leave standing those plants considered to be useful or to provide good shade.

Useful plant populations may also be encouraged in order to maximize their availability. This is the case of the "tepejilote" - *Chamaedorea tepejilote* -, a palm present in many of the coffee plantations. The inflorescence of this palm is a very appreciated food in the La Chinantla region. As a result of promotion practices such as elimination of competitors

and active dispersion of propagules by Chinantec growers, the density of this plant species in a single coffee plantation may be as high as 240 individuals/ha. Herbaceous plants are commonly eliminated from the system since they are thought to compete with coffee.

Table 2: Botanical, ethnobotanical and ecological data of the species present in rustic coffee plantations of Chinantla, Oaxaca, México.

Family	Species	G. Form	CS ^a	Uses ^b	U ^c	F ^d
Acanthaceae	<i>Unidentified</i>	t	TP	1, 3	I	0.14
Actinidiaceae	<i>Saurauia scabrida</i> Hemsl.	t	TM	4, 7	I	0.09
Anacardiaceae	<i>Mosquitoxylum jamaicense</i> Krug & Urb.	t	TP	1, 3	I	0.05
Arecaceae	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm. ex Mart.	p	PM	4	III	0.41
Asteraceae	<i>Unidentified</i>	s	TP	3	I	0.09
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	t	TP	1, 5	III	0.77
Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	h	CI	3, 4	I	0.05
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	t	TP	-	I	0.05
Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	t	TP	1	I	0.14
Euphorbiaceae	<i>Croton draco</i> Schltld.	t	TP	1, 2	I	0.09
Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.	h	CI	4	I	0.09
Fabaceae	<i>Erythrina folkersii</i> Krukoff & Moldenke	t	CN	7	I	0.09
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i> sp.	t	TM	1, 3, 6, 7	I	0.18
Lauraceae	<i>sp 1 (Unidentified)</i>	t	TM	1, 5, 6	III	0.14
Lauraceae	<i>sp 2 (Unidentified)</i>	t	TM	1, 5, 6	III	0.05
Lauraceae	<i>Licaria capitata</i> (Schltld. & Cham.) Kosterm.	t	TM	5, 1, 6	III	0.05
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	t	CN	1, 4	I	0.18
Lauraceae	<i>Persea schiedeana</i> Nees	t	PM	1, 4	III	0.23
Marantaceae	<i>Calathea lutea</i> (Aubl.) Schult.	h	PP	7	I	0.05
Marantaceae	<i>Calathea</i> sp.	h	PPM	4	I	0.45
Marantaceae	<i>Thalia</i> sp.	h	PP	4, 7	I	0.36
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	t	PP	1, 5	III	0.41
Meliaceae	<i>Swietenia</i> sp.	t	CN	1, 5	II	0.14
Mimosaceae	<i>Inga jinicuil</i> Schltld. & Cham. ex G. Don	t	CN	1, 3, 4,	I	0.09
Mimosaceae	<i>Inga latibracteata</i> Harms	t	PP	1, 3	I	1
Mimosaceae	<i>Inga</i> sp.	t	PP	1, 3	I	0.32
Mimosaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schldl.) Benth. subs. <i>stenocarpa</i> (Urban) S. Zárate	t	TP	1, 3	I	0.27
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	t	TM	1, 3	I	0.09
Musaceae	<i>Musa acuminata</i> x <i>M. balbisiana</i>	h	CI	3, 7	III	0.09
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	t	TP	1, 3	I	0.18
Poaceae	<i>Saccharum officinarum</i> L.	h	CI	3, 4	I	0.09
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	t	CI	3, 4	I	0.09
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	t	CI	3, 4	I	0.23
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	t	CI	3	I	0.45
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> DC.	t	TMP	1, 3	I	0.18

Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegee ex Standl.	t	TMP	7, 3	I	0.09
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn	t	PM	1, 3, 4, 7	III	0.27
Solanaceae	<i>Cestrum dumetorum</i> Schltldl.	s	TP	1, 4	I	0.23
Sterculiaceae	<i>Theobroma cacao</i> L.	t	CN	3, 4	I	0.05
Tiliaceae	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	t	TP	1, 7	I	0.18
Tiliaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	t	TP	1, 7	I	0.27
Tiliaceae	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	t	TP	1, 3	I	0.05
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	t	TP	7	I	0.27
Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i> Schltldl. & Cham.	t	TP	1, 3	I	0.41
<i>Unidentified</i>		t	TM	5, 1, 3	I	0.14

^a (CS) Cultural Status: (TM) Tolerated Mature Forest, (PM) Promoted Mature Forest, (TP) Tolerated Secondary Growth, (PP) Promoted Secondary Growth, (CN) Cultivated Native, (CI) Cultivated Introduced. ^b Uses - (1) Coffee shade, (2) Medicinal, (3) Firewood, (4) Food, (5) Timber, (6) Construction, (7) others. ^c Destiny: (I) to consume of household unit exclusively, (II) to sell in local and regional markets, (III) Both. ^d Relative Frequency.

Only useful annuals of cultural importance, such as *Thalia* sp. and *Calathea lutea*, are tolerated in coffee plantations and sometimes their populations are promoted by favoring seed dispersal. Pioneer species such as *Cordia alliodora* or some species of *Inga* genera are an important element of the wild flora of coffee plantations. They may be already present when the coffee plantation is established in sites under secondary ecological succession. These plant species may also colonize coffee plantations established in mature forest if the cultivators allow this to happen.

Mean total density of all plant groups combined (trees, shrubs and herbs, and useful palms) in the rustic coffee systems is 370.5 individuals/hectare (range: 150-610 individuals/ha. Mean density of trees is 275.9 trees/ha (range: 110-510 trees/ha).

Heterogeneity of the floristic structure. Excluding coffee, epiphytes and the herbaceous colonizing plants that are periodically removed by Chinantec cultivators, the number of plant species occurring in a coffee plantation ranged from 4 to 19 species, with an average of 9 species per plantation (Table 3). The number of wild species was always much higher than that of cultivated plants. Only two species (4.4%) were common in most of the plantations. They were *Inga latibracteata*, which occurred in all of the 22 plantations sampled, and *Cordia alliodora*, which was found in 17 plantations. In contrast, 37 species (82.2%) were found in less than one third of the plantations.

Table 3: Characteristics of rustic coffee systems sampled in the Chinantla, Oaxaca, Mexico.

Parc els	Score CA axis1	Alt (m asl)	Area (ha)	Age (years)	Previous Land Cover	Total Number of Indiv.	Number of species per 0.1 ha
P1	0.3451	681	2	22	EVG	61	15
P2	0.2323	660	1.75	16	EVG	13	4
P3	-0.6825	703	3	30	LVG	55	9
P4	0.6254	706	2	25	LVG	42	19
P5	0.7672	668	2	15	EVG	15	4
P6	-0.3329	724	1.5	17	EVG	40	13
P7	-0.5224	726	5	34	LVG	50	6
P8	-0.6753	740	3	9	EVG	49	16
P9	-0.7976	681	1.7	20	EVG	24	4
P10	0.2989	766	5	7	EVG	27	10
P11	-0.5469	750	1.7	35	LVG	36	10
P12	-0.4904	843	1.25	20	LVG	52	9
P13	-1.0753	875	1	4	EVG	52	9
P14	-0.324	900	2	19	LVG	58	14
P15	0.3768	906	1	20	LVG	23	6
P16	1.493	901	1	8	LVG	31	11
P17	0.5881	905	3	10	EVG	24	5
P18	0.5515	917	1	20	EVG	28	5
P19	-0.2314	928	2	25	LVG	57	11
P20	0.2499	922	2	25	LVG	32	9
P21	-0.1054	922	1.5	10	EVG	31	11
P22	0.256	943	1	18	EVG	15	5

CA axis 1 - Value of coordinate in the Correspondence Analysis 1; Alt - Altitude (meters above sea level); Previous Land Cover (EVG - Early-vegetation growth; LVG - Late-vegetation growth); Total Number of Indiv. - Number of all tree, useful shrub and herbaceous individuals.

Considering only the wild tree species, thirteen of them (48.2%) were found in only one to three plantations, whereas nine of them occurred in only four to six plantations (33.3%). The Correspondence Analysis indicating that coffee plantations are highly heterogeneous in terms of floristic composition. This is particularly true for the wild species, particularly those used for shade. As shown by the Correspondence Analysis carried out on the matrix for wild tree species present in the 22 plantations that occurred in at least two of them, it was not possible to recognize any clear pattern of floristic variation (Figure 2), indicating that the shade component of coffee plantations is highly heterogeneous. These results suggest in general that the shade layer of coffee plantations the study area is formed basically by a small group of common species, and that the different coffee parcels have a variable number of rare species shared with few or no other plantations.

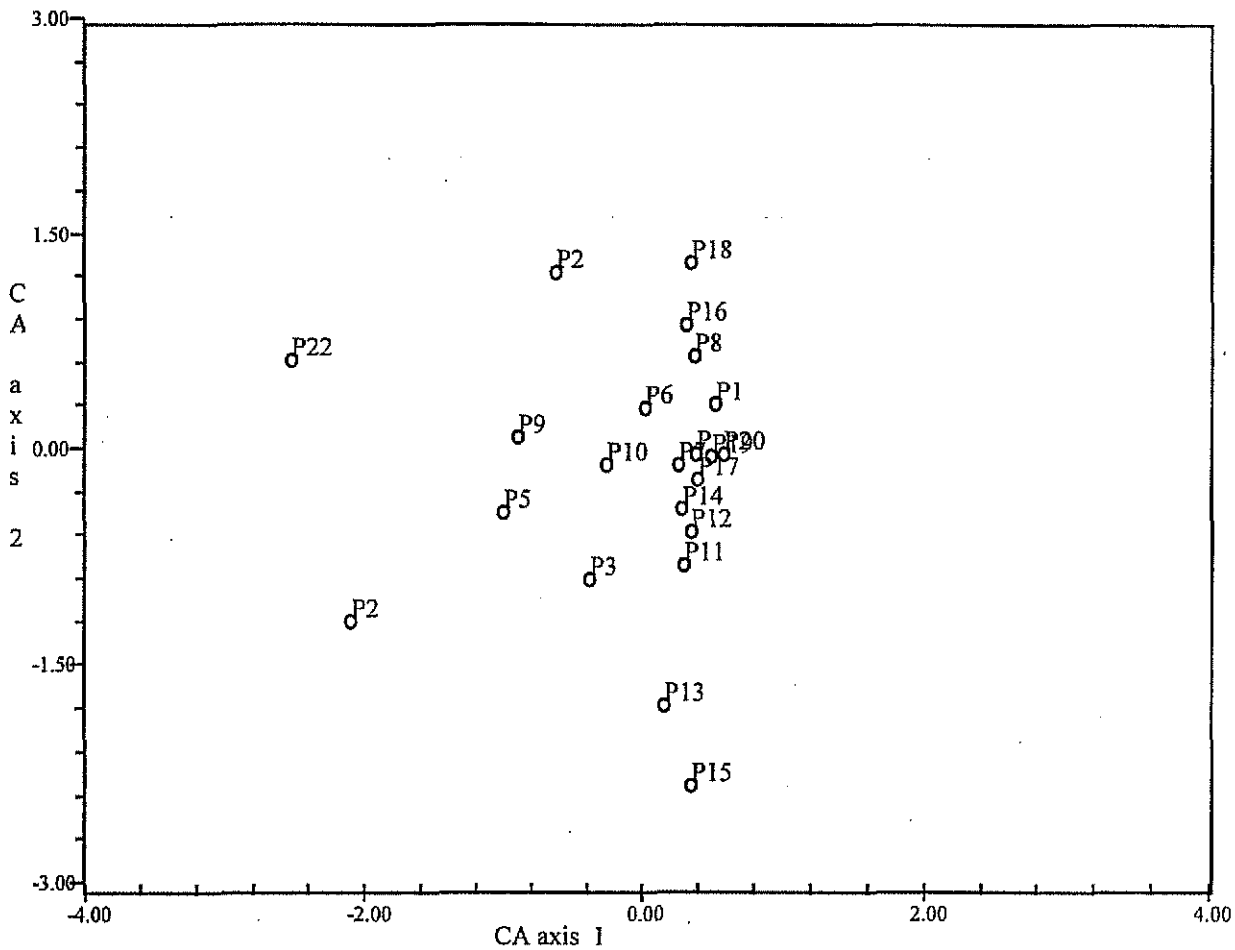
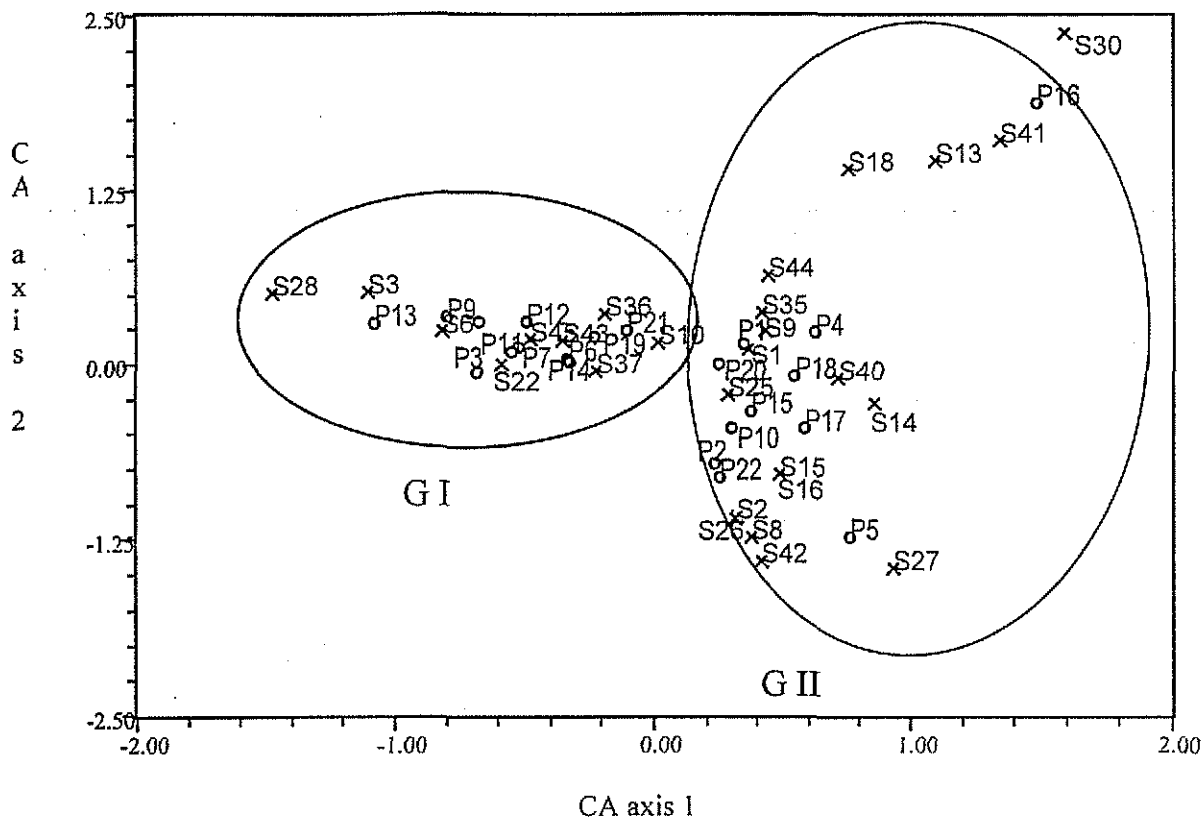


Figure 2: Ordination of the 22 coffee plantations (P) through a Correspondence Analysis on the matrix presence/absence for the 26 wild tree species.

In contrast to these results, the Correspondence Analysis carried out on the matrix of relative abundance of the wild shade species revealed a distinct pattern. This pattern was defined by the relative abundance of *Cordia alliodora* and *Inga latibracteata* along with another group of wild native tree species and a few introduced and native crops with low relative abundances. Figure 3 shows the projection of the 22 coffee parcels in space of the characters (the relative abundance of the tree 27 species recorded in the sample). It can be observed that there are two groups of coffee systems separated along the first axis. The first group is on the left side of the graph and is formed by 11 coffee plantations. The second group is on the right side and is also formed by 11 plantations. Those coffee parcels with higher relative abundance of *Cordia alliodora* belong to G I, while in G II, coffee parcels present higher abundances of *Inga latibracteata*. The other 25 species present in the coffee parcels had low relative abundances and did not contribute significantly to the distinction between these groups.

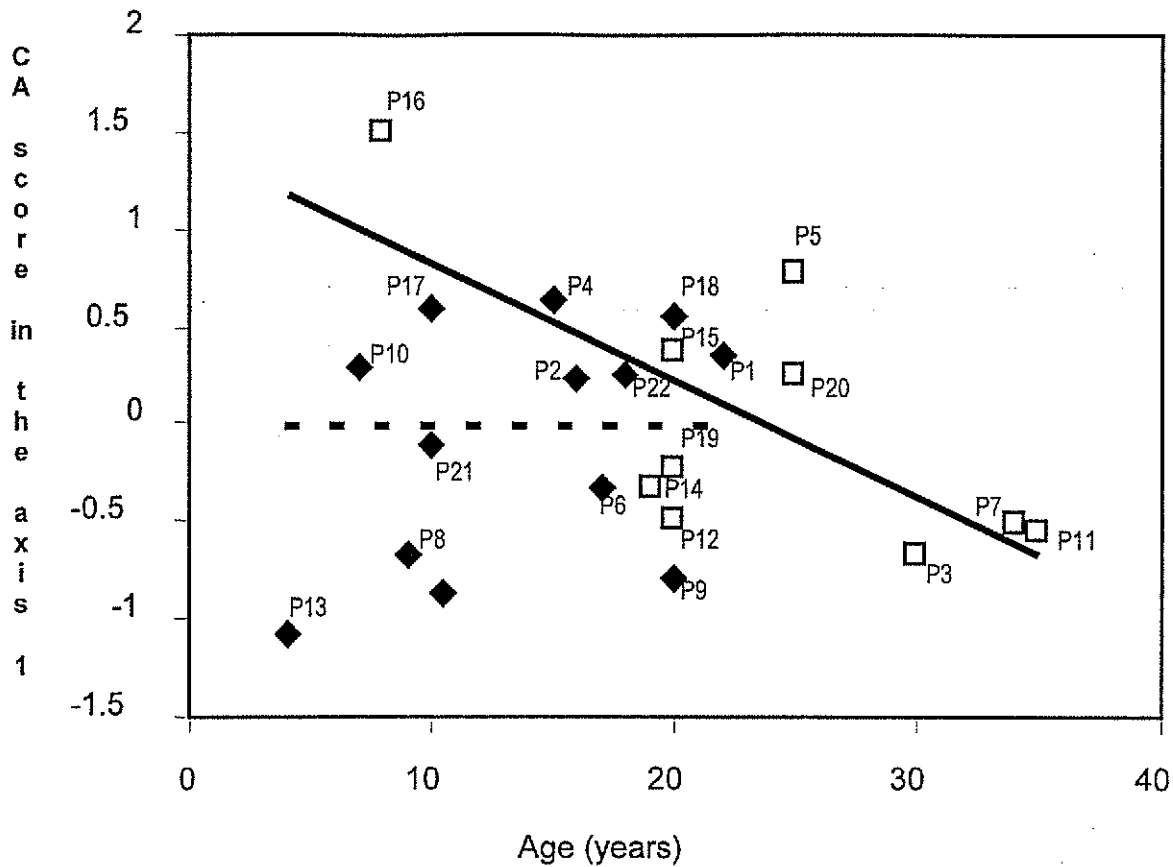
ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figure 3: Plantations and species CA ordination performed on a matrix of the relative abundance for wild tree species (S) in the 22 rustic coffee plantations sampled (P). Axis 1 represents the first coordinate and axis 2 represents the second coordinate.

The regression analysis revealed that the variation in the floristic structure (expressed as the CA score for each coffee plantation based on the relative abundances) of rustic coffee plantations is neither related to elevation or to technological and socio economic differences between coffee producers. The same result was obtained when species richness of coffee plantations was compared to the above factors. Variation patterns were rather related to land use factors and the dynamics of coffee cultivation system. Thus, variation in the floristic structure of shade trees was significantly related to the interaction between age of the plantation and the forest cover type existing before coffee cultivation started (Table 4). A strong tendency towards homogenization of the floristic structure was observed through time. This process of homogenization culminates around the twentieth year (Figure 4).



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figure 4: Curves that represent the relationship between age, origin and floristic structure of Chinantec rustic coffee plantations. The ◆ symbols corresponds to coffee plantations whose original vegetation was secondary growth. □ corresponds to those whose original forest cover was old-forest. Interrupted curve is the regression result for the first coffee plantations and lineal curve is the regression result for the second ones. Y-axis values are the score for each coffee plantations in the first coordinate of Correspondence Analysis performed on relative abundance matrix of wild species.

Table 4. Result of ANOVA for the relationship between age and origin with the floristic structure of coffee plantations. Floristic structure is expressed as score of the first axis Correspondence Analysis based on the relative abundance matrix

	Df	MS	F	P
Age	1	0.536	1.672936345	0.211
Origin	1	0.2119	0.661371663	0.426
Age*Origin	1	1.994	6.223572895	0.022
error	19	0.320394737		

$R^2=0.3088$

The Role of Coffee Plantations in Biodiversity Conservation. Rustic coffee plantations harbor an considerable number of wild tree species. The G test of heterogeneity applied to the proportion of wild and cultivated species present in the 22 plantations sampled (Table 5), shows that they include significantly more wild than cultivated plant species. The total number of cultivated species found in the coffee plantations was 12, while the

number of wild trees was 27. Less than half of the wild tree species grow in the mature forest. The rest are pioneer plants common in mature forest and in the secondary vegetation.

Table 5: Heterogeneity test applied to the proportion of wild and cultivated species present in the 22 plantations sampled in Rancho Grande, Oaxaca, México.

G		d.f.	P
Heterogeneity	40.1234	42	0.553
Goodness	214.0871	2	< 0.0001
Total	254.2104	44	< 0.0001

Variability in pioneer species composition is less, as they are more frequent in the 22 sampled plantations. Thus, α -diversity is higher for the pioneer species and lower for the mature forest trees, while β -diversity is lower for the pioneer species and higher for the mature forest species (Table 6). The comparison of the cumulative richness over cumulative number of plantations curves shows that pioneer species richness grows more rapidly than that of mature forest species with increasing number of plantations (Figure 6). Although the number of both mature and pioneer species predicted by the model used in this study (16 and 18 tree species, respectively) is very similar within plantations, the number of coffee plantations required to maintain any number of mature forest tree species will be higher than the number of plantations required to harbor the same number of pioneer species.

Table 6: Measures of the biodiversity components of rustic coffee plantations in Rancho Grande, Oaxaca, Mexico.

	Mature Forest Species	Pioneer species	All species
S =	13.0	15.0	28.0
α =	2.2	3.5	5.8
β =	4.9	3.3	3.8

S – Total richness; α - The average richness; β - Diversity among coffee plantations

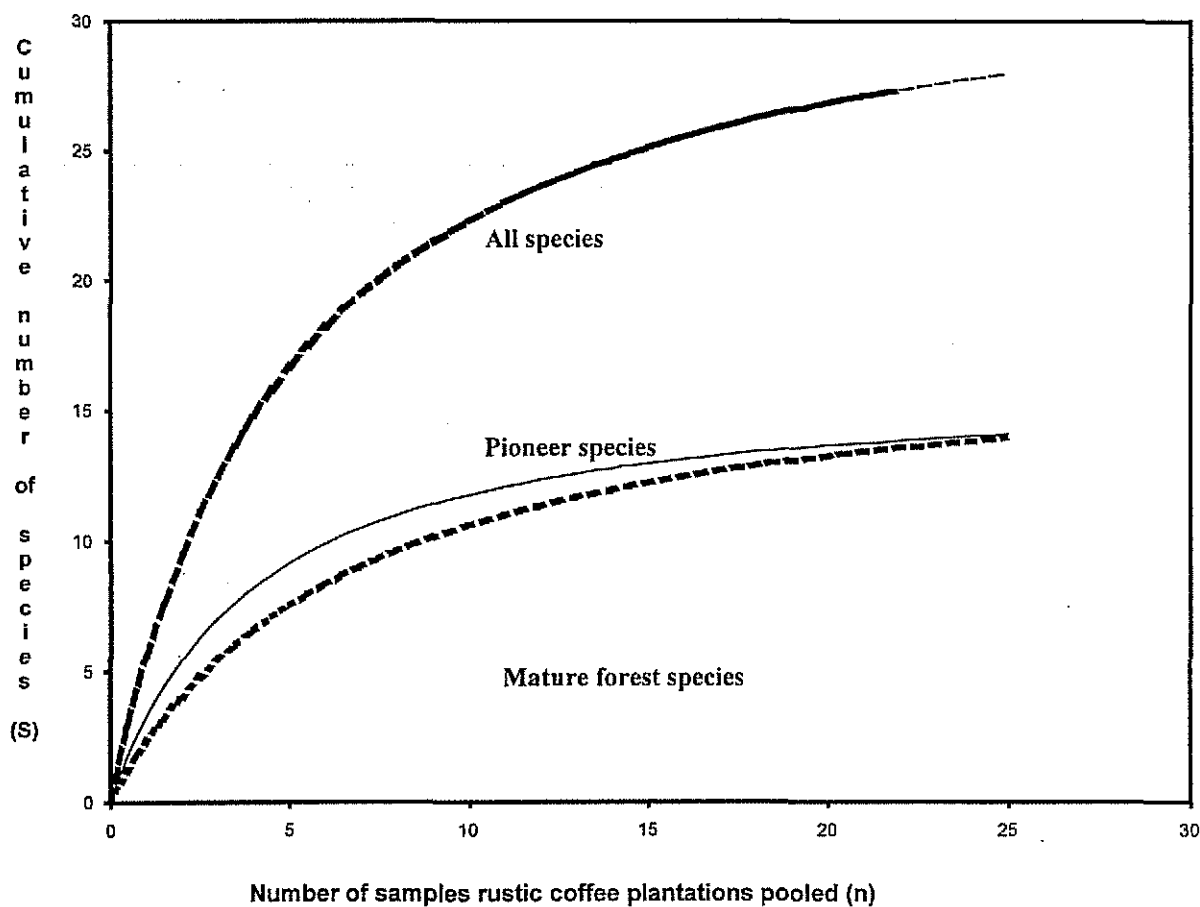


Figure 5: Cumulative curve for number of species in rustic coffee plantations of the Chinantla, Oaxaca, México.

According to this model described above, a total of 21 coffee plantations are needed to harbor 75% of the mature forest tree species, while only 16 plantations are required to harbor the same proportion of pioneer species. Overall, the 110 coffee plantations existing in Rancho Grande may harbor 34 species of wild trees, including both mature forest and pioneer species. This number is equivalent to the number of wild tree species found in a 0.1 plot in the montane forest ecological reserve recently established by the assembly of commons of Rancho Grande, and it is also similar to that reported for other montane forests of Oaxaca State (Rzedowsky and Palacios-Chávez 1977). A total of 35 tree species were recorded in 0.1 ha of the Rancho Grande montane forest reserve (Table 7), while for other localities in Oaxaca Gentry (1995) reported 39 and 48 species and Gallardo et al. (1998) reported 54 species in a *Cyrilla racemiflora* forest, and Arellanes (2000) recorded 52 species in a *Ticodendron incognitum* forest.

Table 7. Species list for a 0.1 ha plot of mature mountain forest, the Chinantla región, Oaxaca, Mexico.

Family	Species	Relative abundance
Actinidiaceae	<i>Saurauia scabrida</i> Hemsl.	0.03
Annonaceae	<i>Guatteria galeottiana</i> Baill.	0.03
Arecaceae	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Jacq.) Oerst.	0.01
Asteraceae	<i>Eupatorium araliaefolium</i> Less.	0.01
Bignoniaceae	<i>Amphitecna macrophylla</i> (Seem.) Miers ex Baill.	0.12
Clusiaceae	<i>Garcinia intermedia</i> (Pittier) Hammel	0.02
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus multilobus</i> (Pax) I.M. Johnst.	0.01
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i> sp.	0.04
Flacourtiaceae	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	0.02
Flacourtiaceae	Unidentified sp 1	0.13
Flacourtiaceae	Unidentified sp 2	0.01
Lauraceae	<i>Beilschmiedia aff. mexicana</i> (Mez) Kosterm.	0.01
Lauraceae	<i>Licaria capitata</i> (Schltdl. & Cham.) Kosterm.	0.07
Lauraceae	<i>Nectandra longicaudata</i> (Lundell) C. K. Allen	0.13
Lauraceae	<i>Persea schiedeana</i> Ness	0.04
Malpighiaceae	<i>Bunchosia lanceolata</i> Turcz.	0.01
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC.	0.02
Meliaceae	<i>Guarea glabra</i> Vahl	0.03
Monimiaceae	<i>Mollinedia oaxacana</i> Lorence	0.01
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	0.01
Piperaceae	<i>Piper marginatum</i> Jacq.	0.01
Rubiaceae	<i>Faramea schultesii</i> Standl.	0.01
Rubiaceae	<i>Hamelia calycosa</i> Donn. Sm.	0.01
Rubiaceae	<i>Hoffmania carlsoniae</i> Standl. & L. Williams	0.01
Rubiaceae	<i>Hoffmania excelsa</i> (Kunth) K. Schum	0.01
Rubiaceae	<i>Hoffmania nicotanaefolia</i> (M. Martens & Galeotti) L.O. Williams	0.02
Rubiaceae	<i>Psychotria costivenia</i> Griseb.	0.01
Rubiaceae	<i>Psychotria panamensis</i> Standl.	0.04
Rubiaceae	<i>Sommeria</i> sp.	0.10
Sapindaceae	<i>Cupania</i> sp.	0.01
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegees ex Standl.	0.02
Tiliaceae	<i>Heliocarpus</i> sp.	0.01
Turneraceae	<i>Erblichia odorata</i> Seem.	0.01
Urticaceae	<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.	0.01
Verbenaceae	<i>Callicarpa</i> sp.	0.01

DISCUSSION

The large abundance of *Inga latibracteata* and *Cordia alliodora* species in the majority of rustic coffee systems in the studied area may be explained by a synergism of cultural, historical and ecological factors. *Inga* trees have been an important element in the

Mesoamerican agroforestry systems. According to Gómez-Pompa (1987), since pre-Hispanic times *Inga* spp. have been utilized as a tutor tree in the cocoa (*Theobroma cacao*) plantations by the Yucatec Maya. At present, most indigenous coffee growers recognize *Inga* trees as a sort of the archetypical shade tree. The abundance of *Inga* trees is also a result of the recent diffusion of technological innovations by government agencies. During the decade of the 1970s, the Mexican Institute for Coffee (INMECAFE) promoted among most Mexican coffee growers the replacement of the diversified shade tree by a small group of *Inga* species. In some parts of Mexico they also promoted the complete elimination of tree shade and the introduction of sun-growing coffee varieties in order to increase the production for export. As reported by Nestel (1995) this program had less impact in the indigenous areas, in part because of the importance that many plant species associated with coffee have for the household economy in those areas. Another factor that explains the high abundance of *Inga latibracteata* may be an ecological one. As observed by the authors this species is abundant in secondary forests (*acahuales*), and apparently has a good ability to colonize recently disturbed areas such as those where the coffee plantations are established. Moreover, this species can be successfully propagated by seed and this is constantly promoted by coffee growers in their coffee plantations.

The explanation for the large abundance of *Cordia alliodora* is mostly economic and ecological. This species is highly appreciated by local peasants, because it is a valuable timber tree. The commercialization of *Cordia* wood may generate a significant cash income for the local households. According to local coffee growers, this species is tolerated in coffee plantations because it represents one sort of a savings account that can be used to cope with economic crisis or emergencies such as sickness or debt. As in the case of *Inga latibracteata*, the high abundance of *Cordia* may also be favored by its ability to colonize disturbed areas.

The results of the analysis of the variation in floristic structure show that at the village level, the increasing capitalization and insertion into the national and international markets by a group of coffee growers, did not seem to have an impact on the ecological management strategies of the plantations nor on the system's biodiversity. The strong relationship between floristic structure and the interaction between plantation age and original forest cover type indicates that over time plantations originating from old secondary forests become similar to those plantations originating in young secondary forest. This mainly involves an increase in the relative abundance of *Cordia alliodora*. The species/plantation curve for the plantations, which originated from young secondary growth, suggests that the floristic structure of this type of plantation does not change significantly over time.

As shown by the results of the analysis of the diversity of the rustic coffee plantations in Rancho Grande, these agrosilvicultural systems do contribute significantly to local plant diversity conservation, particularly to that of mature forest trees. Considering the heterogeneous composition of the shade trees, it is necessary to take into account the β -diversity in order to assess the contribution of rustic coffee plantations to plant diversity conservation. Given the floristic heterogeneity of coffee plantations, the number of tree species that could be harbored by all the coffee plantations of Rancho Grande depends

mostly on the variation that exists between plantations. This variation is particularly high in the case of the mature forest trees since a single plantation has a small number of these species and most of them occur in a small number of plantations. This variation may be a reflection of the natural rarity of the tree species found in the original mature forest.

CONCLUSIONS

Rustic coffee plantations of Rancho Grande are complex and floristically highly variable. Although they harbor an important number of wild tree species, more than half of them are pioneer species. Variation in their floristic structure is a reflection of an array of factors including the previous land use and plantation age. Through the coffee cultivation cycle, coffee growers modify the floristic structure of the plantation in such a way that maximize the abundance of certain tree species such as *Cordia alliodora* but different growers do not make this at the same time. The lack of synchrony between the coffee plantations management by different growers makes coffee plantations heterogeneous both in time and in space.

Coffee plantations may be seen as heterogeneous patches within the mosaic formed by the different forms of land use in Rancho Grande. As a result of this, the contribution of coffee plantations to the conservation of wild trees, mainly those of the mature forest, is limited. A single coffee plantation does not contribute significantly to plant conservation. Rather, it is the sum of the heterogeneous patches in the fragmented landscape that makes this agroforestry system valuable for plant diversity conservation.

The contribution of rustic coffee plantations may vary. In those areas where the natural forest still covers vast areas, coffee plantations play only a minor role in biodiversity conservation. In contrast, in those areas where natural vegetation has been drastically reduced and fragmented, as in the case of Rancho Grande, rustic coffee plantations may be the only viable way of plant diversity conservation. Coffee cultivation in rustic plantations may also contribute to biodiversity conservation in buffer zones around natural protected areas, mostly in those where either montane or tropical rain forest is present.

The analysis of the heterogeneity and diversity presented in this paper suggests that the contribution of the coffee plantations to wild tree conservation is a criterion that should be incorporated to the certification of environmentally friendly coffee cultivation. This would not only increase the robustness of the green seals, but it would also contribute to improve the living conditions of traditional coffee cultivators.

LITERATURE CITED

Aguilar-Ortiz, F. 1982. Estudio ecológico de las aves del cafetal. In: Jiménez-Ávila, E. and Gómez-Pompa A. (eds), Estudios ecológicos en el sistema cafetalero, pp 103-128. CECSA, México, D. F., pp. 103-128.

Alexiades, M. N (ed.). 1996. Ethnobotanical research: a field manual. The New York Botanical Garden, New York, N. Y.

Altieri, M. and Nestel, D. 1992. The weed community and Mexican coffee agroecosystems: effect of management upon plant biomass and species composition. *Acta Oecologia* 13: 715-726.

Anta, S. F. (eds). 1992. *Ecología y manejo integral de recursos naturales en la región de La Chinantla*. PAIR - UNAM y Fundación Friedrich Ebert, México, D. F.

Arellanes, Y. C. 2000. Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña de *Ticodendron incognitum* en la sierra norte de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura, UNAM, México, D.F.

Caballero, J. 1994. La dimension culturelle de la diversité végétale au Mexique. *Journal D'agriculture Traditionnelle et de Botanique Applique, nouvelle série*, 36:145-158.

Casas, A., Vázquez M. C., Viveros J. L. and Caballero J. 1996. Plant management among the Nahuas in the Balsas River Basin: an ethnobotanical approach to the study of plant domestication. *Human Ecology* 24:455-478.

Colwell, R.K. and Coddington J.A.. 1995. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. In: Hawksworth, D.L. (ed), *Biodiversity. Measurement and Estimation*, pp. 101-118. Chapman & Hall, Oxford, pp. 101-118.

Crawley, M. J. 1993. *GLIM for ecologists*. Blackwell Scientific, Oxford.

Gallardo, C., Meave, J. and Rincón. 1998. Plantas leñosas raras del bosque mesófilo de montaña IV. *Cyrilla racemiflora* L. (CYRILLACEAE). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62: 183-186.

Gallina, S., Mandujano S. and González-Romero A. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* 33:13-27.

Gauch, H. G. Jr. 1986. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Gentry, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.

Gentry, A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. In: Churchill S. P., Balsev H., Forero E. and Luteyn J. L. (eds), *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. The New York Botanical Garden. New York, N.Y.

- Greenberg, R., Bichier P., Angon A. C and Reitsma R.. 1997 .Bird populations and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas. *Biotropica* 29:501-514.
- Gómez-Pompa, 1987. On Maya silviculture. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos* 3(1):1-17.
- Hansen, A.J., Spies T.A, Swanson F.J., and Ohmann J.L.. 1991. Conserving Biodiversity in managed forests. *BioScience* 41:383-392.
- INEGI, 1991. Resultados definitivos tabulados básicos. Tomo II. México, D.F.
- Jiménez - Ávila, E. 1979. Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero: la estructura de los cafetales de una finca cafetalera en Coatepec, Ver, Mexico. *Biotica* 4 (1) :1-12.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement, Groom Helm, London.
- Manly, B. F. J. 1997. *Multivariate Statistical Methods: a primer*. 2a ed., Chapman & Hall, London.
- Martin, G. J. 1995. *Ethnobotany: a methods manual*. Chapman & Hall, New York, N. Y.
- Meave, J. C. Gallardo, A. Rincón, A. Otero y G. Ibarra Manríquez. 1996. La vegetación de la Chinantla, Oaxaca, México. En: Libro de Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica. p 749. Mar del Plata, Argentina.
- Moguel, P. and Toledo, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico: A review. *Conservation Biology* 13: 1-11.
- Nair, P.K. R. 1989. Agroforestry defined. In: Nair P.K. R. (ed). *Agroforestry Systems in the Tropics*, pp. 13-18. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 13-18.
- Nestel, D. 1995. Coffee in Mexico: international market, agricultural landscape and ecology. *Ecological Economics* 15 : 165-178.
- Nestel, D. and Altieri M.A.. 1992. The weed community of Mexican coffee agroecosystems: effects of management upon plant biomass and species composition. *Acta Oecologia* 13:715-726.
- Nestel, D., Dickschenand F. F. and Altieri M. A.. 1993. Diversity patterns of soil macro-coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2:70-78.
- Nestel, D. and Dickeschen F. 1990. Foraging kinetics of ground ant communities in different Mexican coffee agroecosystems. *Oecologia* 84:58-63.

Nir, M.M.A. 1988. The survivors: orchids on a Puerto Rican coffee *finca*. American Orchid Society Bulletin 57:989-995.

Noble, I. and Dirzo, R. 1997. Forest as Human -Dominated Ecosystems. Science 277: 522-525.

Nolasco, M. 1985. Café y Sociedad en México. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F.

Perfecto, I., Rice R., Greenberg R. y Van der Voort M. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. BioScience 46: 598 - 608.

Perfecto, I. J., Vandermeer, Hanson P. and Cartin V.. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. Biodiversity and Conservation 6:935-945.

Purata, S. and Meave, J. 1993. Agroecosystems as an alternative for biodiversity conservation of forest remnants in fragmented landscapes. In: Smithsonian Migratory Bird Center (ed), abstracts of Symposium on Forest Remnants in the Tropical Landscapes: Benefits and Policy Implications, Washington D. C., U.S.A., p. 9. Washington D.C., p.9.

Raaijmakers, J. G. W. 1987. Statistical analysis of the Michaelis-Menten equation. Biometrics 43:793-803.

Reyment, R. and Jöreskoj, K. J. 1996. Applied Factor Analysis in the Natural Sciences. Cambridge University Press, Cambridge.

Rice, R. and Ward, J. R. 1996. Coffee, conservation, and commerce in the western hemisphere: how individuals and institutions can promote ecologically sound farming and forest management in Northern Latin America. Smithsonian Migratory Bird Center and Natural Resources Defense Council, Washington, D.C.

Romero-Romero. M. A., Castillo S., Meave J. and van der Wal, H. 2000. Análisis florístico de la vegetación secundaria derivada de la selva húmeda de montaña de Santa Cruz Tepetotutla (Oaxaca), México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 67:89-106.

Rzedowski, J and Palacios-Chávez R.. 1977. El bosque de *Engelhardtia* (*Oreomunnea mexicana*) en la región de La Chianatla (Oaxaca, Mééxico): una reliquia del Cenozoico. Boletín de la Sociedad Botánica de México 36: 93-123.

Sarukhán K., J. 1968. Los tipos de vegetación arbórea de la zona cálido - húmeda de México. In: Pennington, T. D. y Sarukhán J. (eds), Manual para la Identificación de los Principales Árboles Tropicales de México, pp. 3 - 46. INIF - FAO, Roma, pp. 3 - 46.

Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. 1995. Biometry. 3a ed. W. H. Freeman and Company, New York, N. Y.

Soro-Pinto, L., Perfecto, I., Castillo-Hernández, Caballero, J. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the State of Chiapas, México. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 80:61-69.

Soto-Pinto, L., Romero-Alvarado Y., Caballero J. and Segura-Warnholtz G. 2001. Wood plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in northern Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 49: 977-987.

Suárez-Savini, 1995. Las lenguas indígenas mesoamericanas. Trad. Eréndira Nansen, INI y CIESAS, México, D.F.

Williams-Linera, G., Sosa V. and Platas T. 1995. The fate of epiphytic orchids after fragmentation of a Mexican cloud forest. *Selbyana* 16:36-40.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. 2a ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

CAPITULO VI

**EL PROCESO DE ESTRUCTURACIÓN DE LOS CAFETALES
RÚSTICOS Y SU PAPEL EN LA CONSERVACIÓN DE LA
BIODIVERSIDAD. UN ESTUDIO DE CASO EN UN ÁREA INDÍGENA
DE MÉXICO (PARA SER ENVIADO A *ECOLOGICAL
APPLICATIONS*)**

El proceso de estructuración de los cafetales rústicos y su papel para la conservación de la biodiversidad. Un estudio de caso de un área indígena de México

Fábio Pedro Bandeira^{1,3}, Carlos Martorell², Ernesto Vega² y Javier Caballero³.

¹Depto. de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Km 3, Br 116, Feira de Santana, Bahia, Brasil CEP 44031-460; ²Instituto de Ecología, UNAM, DF, México; ³Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM, DF, México.

Abstract – Coffee was introduced in México as cash crop by the end of the XVIII century. It has since been adopted by indigenous and peasant communities. These peoples empirically developed the rustic coffee plantations (RCP), multilayered shaded agroforests that include both wild and domesticated plant species. Because of their floristic and structural complexity, it has been suggested that these systems play an important role in biodiversity conservation in highly fragmented landscapes. This paper analyzes the assembly rules of vascular plant species in coffee agroforests systems of a Chinantec community of Oaxaca State, Southern Mexico, and its implication for biodiversity conservation. For this, a total of 22 coffee parcels were randomly selected. In each plot we sampled every vascular plant individual inside 10 transects (25 X 4 m). Coffee growers were interviewed about the history of management of the plant species. Different indices of community assembly were tested. Results indicate that RCP are not randomly structured. The plant species under different management intensities (tolerated, promoted and cultivated) presented different patterns of assembly. Strong positive associations between species were found, as well as a low checkerboarding. There was a significantly high variance in species richness among RCPs. When the groups of plant species are separated by its cultural status, nesting was significant for tolerated species, a pattern that was correlated with RCP age. As the plot matures, species from mature forest are removed from the system, while those from secondary forest are preserved, especially those of high economic value, such as *Cordia alliodora*. Analyses of promoted and cultivated species revealed a hierarchical or ordered arrangement in the species assemblages, which suggests that the farmer first satisfies the need for shade in the coffee plantation (*Inga* spp. and other legumes), and then complements this with promoted tree species and finally with cultivated species. This process has an important impact on biodiversity conservation.

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica*) fue introducido a México a finales del siglo XVIII como cultivo para exportación (Nolasco, 1985). A partir de entonces, este cultivo ha sido adoptado e integrado a los sistemas agroforestales de origen prehispánico por los diversos pueblos indígenas que habitan las regiones montañosas del sudeste de México. En este país, como en otras regiones de Latinoamérica, la mayoría de los productores de café son pequeños propietarios (Rice y Ward, 1996) que detentan gran parte de las tierras cultivadas. Al menos 70% de los productores trabajaban en parcelas < 2 ha y 90% < de 5 ha. En 1991, un total de 850,000 ha estaban destinadas al cultivo de café en México, de las cuales por lo menos 70% conservaban una importante cobertura de árboles para sombra (Moguel y Toledo, 1999). Estos pequeños productores mantienen predominantemente sistemas agroforestales biológicamente diversificados, siendo las plantaciones rústicas de café los sistemas más

relevantes para la conservación. Los tres estados productores más importantes son Chiapas, Veracruz y Oaxaca. De éstos, Oaxaca se destaca por el predominio de cafetales rústicos (Nestel, 1995).

Las plantaciones rústicas de café en áreas indígenas de México son sistemas agroforestales altamente diversos y de propósito múltiple (Nair, 1989). En estos sistemas, el estrato arbustivo está ocupado principalmente por el café, el cual se encuentra protegido por un dosel arbóreo conformado por muchas especies silvestres y algunas cultivadas. El resultado es un complejo “jardín de café” que proporcionan tanto un producto para el mercado como medicinas, alimentos, combustibles y otros productos vegetales para el autoconsumo (Moguel y Toledo, 1999, Soto-Pinto *et al.*, 2001).

Los cafetales rústicos que predominan en las áreas indígenas son establecidos a partir de parches de vegetación madura o de vegetación secundaria en diferentes estadios de sucesión (*acahuales*) (Perfecto *et al.*, 1996; Rice, 1997, Bandeira *et al.*, submitted). De este modo se aprovecha el estrato arbóreo-arbustivo de la vegetación preexistente para proporcionar sombra al café. A causa de ello, las plantaciones rústicas de café presentan una elevada biodiversidad, dentro de la cual destacan especies propias de la vegetación natural.

Diversos autores han señalado la importancia de las plantaciones rústicas de café para la conservación de la biodiversidad en paisajes altamente fragmentados (Rice y Ward, 1996; Perfecto *et al.*, 1996). En estas áreas, los sistemas agroforestales son críticos para la existencia de una diversidad alta de artrópodos (Ibarra-Núñez, 1990; Perfecto *et al.*, 1996, 1997), aves (Greenberg *et al.*, 1997, 1997a), pequeños mamíferos (Gallina *et al.*, 1994) y otros vertebrados (Rendón-Rojas, 1994). Sin embargo, poco se ha hecho por comprender qué factores determinan la diversidad de los cafetales. Factores como la altitud, el tamaño de la parcela, las condiciones socioeconómicas y tecnológicas de los productores, etc. no tienen efectos significativos sobre el número y la identidad de las especies vegetales que conforman el cafetal. La edad de la plantación, por el contrario, es de gran importancia en términos de la densidad de las especies presentes (Bandeira *et al.*, submitted). Ello nos indica que estamos ante sistemas sumamente dinámicos (Soto-Pinto *et al.*, 2001, Bandeira *et al.*, submitted). Considerando la variabilidad temporal, los procesos de construcción del cafetal rústico resultan de gran importancia para comprender plenamente dicho sistema.

La construcción de los cafetales rústicos es un proceso complejo de manejo de la biodiversidad vegetal por parte de los productores y es responsable en última instancia de la biodiversidad de los cafetales rústicos y consecuentemente de su valor para la conservación. A pesar de ello, los procesos de construcción de estos sistemas manejados han sido poco explorados. No se sabe, por ejemplo, si la presencia o ausencia de una especie está determinada únicamente por factores externos al sistema (tales como su valor comercial o utilitario), o bien por factores internos tales como la presencia de otras especies, en cuyo caso podemos afirmar que el cafetal está *estructurado*. La estructuración así definida es congruente con la hipótesis etnobotánica de que los campesinos tienen una “lógica de construcción” de los sistemas tradicionales de producción, es decir, que las especies vegetales que componen tales sistemas están determinadas según ciertas reglas o principios que se manifiestan en las decisiones de manejo de los productores. Dicha “lógica

de construcción” difícilmente puede ser dilucidada a partir de la información que proporcionan los propietarios del predio, puesto que éstos no la tienen estructurada en un discurso analizable. Es necesario inferir el proceso de construcción a partir de los cafetales mismos. Esto plantea dificultades metodológicas similares a las encontradas en el estudio de las reglas de ensamblaje de comunidades naturales (Gilpin y Diamond, 1982, Silvertown y Wilson, 1992). Dentro de este campo, se han buscado los patrones que diferentes procesos de ensamblaje pueden dejar en las comunidades. Dichos patrones se han buscado principalmente en la información binaria de presencia/ausencia de especies en las diferentes comunidades de una región, tales como las islas de un archipiélago. De este modo, las especies presentes en diferentes sitios pueden brindar información sobre procesos tales como la competencia, la facilitación, y la exclusión, y también sobre procesos como la colonización y el establecimiento, que tienen componentes estocásticos.

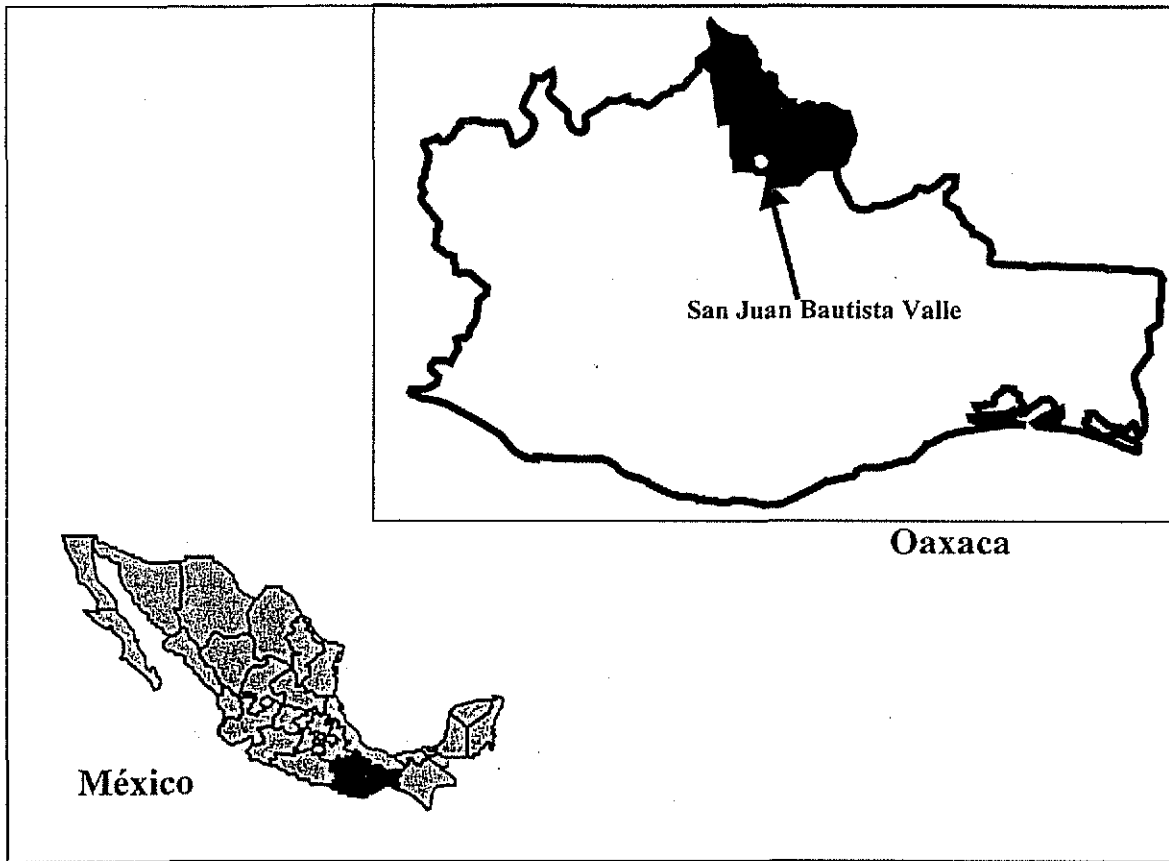
La lógica de construcción del cafetal está íntimamente ligada al manejo de la vegetación. Sin embargo, es posible distinguir grupos de especies que son manejadas de diferente forma. Mientras que las especies exóticas (por ejemplo, naranjas, caña de azúcar, etc.) deben ser sembradas a través de semillas, propágulos y estacas, y protegidas, las especies que se encontraban en el sitio antes del establecimiento del cafetal no requieren estos procesos. Tanto las especies arbóreas, arbustivas o herbáceas como las nativas o introducidas, se incorporan y mantienen dentro del cafetal bajo diferentes grados y formas de manipulación antropogénica. De ahí que las reglas de ensamblaje puedan diferir entre grupos de especies según su grado de manejo. En este estudio se enfocará este aspecto.

En este estudio se describe y analiza el proceso de estructuración de los cafetales a través de herramientas conceptuales etnobotánicas modernas (que posibilitan distinguir los diferentes estatus culturales de las especies vegetales) y de los métodos de búsqueda de reglas ensamblaje comúnmente utilizados en el estudio de comunidades naturales. Con estos elementos se evalúa el papel de los cafetales rústicos en la conservación de la diversidad vegetal en el contexto de la dinámica temporal de las plantaciones. En este estudio se explora la hipótesis de que las comunidades manejadas, como los cafetales rústicos, pueden estar estructuradas de modo no aleatorio. Esto indicaría en parte que los campesinos tienen implícitas reglas generales de estructuración en su sistema de conocimiento. Conocer estas reglas es esencial para entender cómo la biodiversidad es afectada en el contexto de la dinámica temporal de las plantaciones rústicas de café, y cómo esta dinámica afecta el valor de los sistemas para la conservación de plantas vasculares.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio

Este estudio fue realizado en Rancho Grande, una comunidad del municipio San Juan Bautista Valle Nacional, estado de Oaxaca (Figura 1). Las altitudes varían entre 660 y 1150 m (s.n.m.). Es una región montañosa de clima cálido y húmedo. La temperatura anual promedio es de 22°C y según los datos disponibles (Rzedowski y Palacios, 1977) para las áreas más cercanas a la zona, la precipitación anual está probablemente alrededor de los 4000 mm. La zona está ubicada en una región de contacto o transición entre la Selva Alta Perennifolia y la Selva Alta Sub-Perennifolia de Montaña.



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 1: Localización del municipio Valle Nacional en el noreste del estado de Oaxaca donde se ubica el área de estudio.

La comunidad de Rancho Grande tiene 181 habitantes distribuidos en 38 unidades domésticas (INEGI, 1991). Todos los habitantes son indígenas chinantecos. La mayoría de las unidades domésticas en Rancho Grande cultiva café para el mercado nacional y, más recientemente, para el internacional. Además del café los campesinos cultivan maíz, frijol y calabaza, un sistema tradicional de policultivo Mesoamericano conocido como milpa. Algunos productores cultivan *ixtle* (*Aechmea magdalenae*), bajo el dosel de la vegetación secundaria (*acahual*), y vainilla (*Vanilla* spp.), intercalada entre los arbustos de café. Ambos cultivos son producidos para el mercado. Otra actividad importante es la explotación forestal de especies maderables como *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* que se manejan en las plantaciones rústicas de café. La ganadería fue una actividad económica importante en la década de 1980, pero ha sido casi completamente reemplazada por el cultivo del café. En la actualidad el cultivo del café en La Chinantla tiene gran importancia, pues constituye una fuente de ingresos para centenas de unidades domésticas (Anta, 1992).

La combinación de las diferentes formas de uso del suelo por los chinantecos de Rancho Grande ha producido un paisaje heterogéneo compuesto por un mosaico de campos agrícolas (plantaciones rústicas de café y milpa), solares, potreros, y comunidades vegetales en diferentes estadios de sucesión. La comunidad presenta un sistema de regulación tradicional de los recursos naturales que limita la sobre-explotación de los recursos comunales tales como los bosques y el agua. Todas las decisiones que afectan estos recursos son tomadas en la asamblea general comunal. Sin embargo, las decisiones sobre el

manejo de la biodiversidad de las plantaciones de café (protección, introducción o eliminación de ciertas especies, regulación de la sombra, fertilización, etc.) son tomadas en forma individual por el propietario del predio.

Colecta de datos

Se muestrearon 22 parcelas de cafetal al azar. En cada parcela se eligieron diez transectos de 25 X 4 m (0.1 ha) (total de 22 parcelas o 2.2 ha), orientados en dirección de la pendiente, paralelos a las líneas de plantación de los cafetos. Los transectos fueron dispuestos a una distancia aleatoria mínima de 5 y máxima de 10 m entre ellos. Esta metodología de muestreo es una adaptación del método de Gentry (1982) utilizado para parches de bosques tropicales de montaña. Esa adaptación del método de Gentry fue necesaria debido a las dimensiones reducidas de los cafetales y para se evitar la resonancia en el muestreo (donde repetidamente se muestrearía solamente cafetos).

En cada transecto se registró la presencia de las especies y se colectaron ejemplares para identificación botánica de todos los individuos arbóreos con más de 2.5 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho, a 1.30 m del suelo), así como los individuos arbustivos y herbáceos útiles indicados por cada propietario de la parcela que dieron auxilio durante los muestreos, y que ya habían sido identificados previamente a través de entrevistas abiertas con campesinos del pueblo y colectas botánicas generales realizadas en los cafetales. Los especímenes colectados fueron depositados en el Herbario Nacional de la UNAM bajo la numeración de Fábio Bandeira.

Entrevistas

Se realizaron entrevistas estructuradas (Alexiades, 1996) con los dueños de los cafetales sobre los usos de las plantas y la historia de manejo de los elementos vegetales en la parcela. Las entrevistas se enfocaron en la obtención de datos sobre las decisiones que están involucradas en la construcción del cafetal. En particular, se buscó información sobre la selección de especies que se introducen o eliminan del sistema y los atributos de éstas. Estos antecedentes son indispensables al interpretar los resultados de los análisis numéricos. También se emplearon estos datos para clasificar a las especies como toleradas, promovidas y cultivadas.

En este sentido, se pueden distinguir los siguientes tipos de plantas en los cafetales: (1) las toleradas - éstas son plantas que estaban previamente en la parcela, o que inmigran o colonizan el cafetal en el transcurso del desarrollo de sistema y que son mantenidas y protegidas; (2) las promovidas - son plantas previamente existentes en las parcelas cuyas semillas son dispersadas de manera antrópica y cuyos propágulos son protegidos; (3) las cultivadas - aquellas especies que son ajenas al sistema original y que son introducidas en el cafetal. Estas plantas pueden ser tanto especies exóticas como plantas nativas domesticadas en Mesoamérica; (4) finalmente, algunas especies previamente existentes en la parcela o que inmigran y colonizan los cafetales a lo largo del tiempo son eliminadas del cafetal (Caballero, 1994; Casas *et al.*, 1996).

Las especies promovidas y cultivadas son más intensamente afectadas por el manejo, una vez que los campesinos modifican consciente y activamente su dispersión, colonización y éxito de establecimiento.

Análisis de los datos

Diferentes reglas de ensamblaje pueden operar simultáneamente en un cafetal. Por un lado, los requerimientos ecofisiológicos y las interacciones entre las especies pueden determinar en gran medida que dos especies se presenten juntas o que se excluyan. El campesino, por otro lado, impone al sistema su lógica de construcción. En la práctica es muy difícil diferenciar entre los patrones que son determinados por ambos procesos. Por esto puede ser útil dividir las comunidades representadas en cada cafetal en dos grupos, según su estatus cultural o el grado de manejo al que están sometidas: (1) el grupo únicamente de las especies toleradas, que pudiera depender en mayor medida de los requerimientos ecofisiológicos específicos y que (al menos en los cafetales más jóvenes) puede además reflejar la estructura natural de la comunidad a partir de la cual se estableció el cafetal; (2) otro grupo con las especies promovidas y cultivadas, cuya presencia está fundamentalmente determinada por las decisiones del cafeticultor. Al responder a diferentes fuerzas estructuradoras, consideramos que estos grupos pudieran presentar reglas de ensamblaje propias. Por ello, primeramente analizamos los datos para todas las especies en su conjunto y, posteriormente para los dos grupos de especies por separado.

A fin de buscar los patrones resultantes del proceso de construcción en los cafetales se empleó un conjunto de índices. Éstos nos proporcionan una medida de qué tan definido es cada patrón en la comunidad. El valor de los índices por sí mismo no nos indica si el patrón se debe al azar o es resultado de un proceso definido. Para ello es necesario evaluar qué tan probable es que el valor observado se deba a un proceso aleatorio. Las distribuciones probabilísticas de los índices de estructuración no son expresables de forma analítica, por lo que es necesario generarlas numéricamente a partir de un modelo nulo. La cuestión de cuál es el modelo nulo adecuado ha generado varias polémicas. Se sabe que en algunos casos, los totales marginales de la matriz (riqueza de especies de cada comunidad, y número de sitios en los que se presenta cada especie) pueden estar determinados por factores externos al sistema, y pueden generar una estructura aparente en los datos, aunque las especies no interactúen entre sí. Ante esto, se ha propuesto que la solución es generar un modelo nulo en el cual los valores marginales permanezcan fijos (Connor y Simberloff, 1979). Este proceso tiene el inconveniente de que los procesos de estructuración de la comunidad tienen efecto sobre los valores marginales de la matriz, y al fijarlos podemos incluir el efecto que nos interesa estudiar dentro del modelo nulo (estructura oculta). Esto nos impediría reconocer los efectos de la estructuración en las comunidades (Diamond y Gilpin 1982, Stone y Roberts 1992, Silvertown y Wilson 1994).

En un estudio previo encontramos que la riqueza de especies en un cafetal no depende del tamaño, la edad, la altitud u otros factores (Bandeira et al., submitted). El área muestreada, un factor que tiene un reconocido efecto sobre la riqueza de especies, fue mantenida constante. Por ello, en nuestro modelo nulo permitimos que la riqueza de especies de cada cafetal variara libremente. Por el contrario, el número de cafetales en los cuales se encuentra una especie depende de factores externos tales como el valor comercial o utilitario de la especie, o la capacidad de la misma para dispersarse espontáneamente hacia

el cafetal, por lo que se mantuvo fijo el número de cafetales en los cuales se encuentra cada especie. Con esta restricción se generaron mil matrices al azar. Sobre las matrices aleatorias se calcularon los índices de estructuración y se calculó la probabilidad p de que éstos fueran tanto o más extremos que los índices observados. Todas las pruebas fueron de dos colas. Como se calcularon varios índices, se consideraron significativos sólo aquellos con valores de p menores al valor crítico corregido mediante el método de Šidák para un $\alpha = 0.05$ (Sokal y Rohlf 1981). Las especies que se encontraron sólo en un cafetal fueron eliminadas del análisis debido a que están pobremente caracterizadas (Silvertown y Wilson 1994)

Índices

Se utilizaron seis índices para evaluar asociaciones entre especies, anidación, ajedrezamiento y varianza en riquezas.

Asociación entre especies: En las comunidades se encuentran pares de especies que tienden a presentarse juntas o bien a excluirse mutuamente. En tales casos se dice que las especies están asociadas positiva o negativamente. Para detectar este fenómeno se empleó el índice *Togetherness* (T), el cual, en caso de tener valores altos indica que existen asociaciones positivas en los cafetales (Stone y Roberts 1992). También empleamos el método de Gilpin y Diamond (1982) modificado por Wilson (1988) que nos permite evaluar la presencia de asociaciones positivas y negativas de diferentes intensidades. Los intervalos para cuantificar la intensidad de la asociación fueron (medidos en desviaciones estándar): menos de una, entre una y dos, entre dos y tres, entre tres y cuatro, y más de cuatro, y fueron denominadas A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 respectivamente, seguidos de un signo de + ó - dependiendo de si la asociación es positiva o negativa. Estos estadísticos no indican cuáles especies son las que están asociadas, lo que se evaluó mediante el método de Wright y Biehl (1982) para cada posible par de especies.

Anidación: Un patrón anidado implica que las comunidades más ricas contienen la mayoría de las especies de las comunidades más pobres, más otras adicionales. Para evaluar esto se empleó el índice N propuesto por Wilson (1988). En comunidades naturales esto se suele interpretar como evidencia de sucesión y facilitación. Como éstos procesos están ligados al tiempo, consideramos pertinente evaluar (en los casos en los que hubiera anidación significativa) si ésta estaba ligada a la edad del cafetal. De ser así, las especies más raras estarían presentes sólo en los cafetales más jóvenes o en los más viejos. Para probar esto se estimó la edad promedio de los cafetales en los que se encontró cada especie. Se consideraron como raras aquellas especies presentes en cuatro o menos parcelas. La relación entre rareza y edad se evaluó mediante tablas de contingencia, evaluando la significancia con la prueba exacta de Fisher (Sokal y Rohlf 1981).

Ajedrezamiento (*Checkerboarding*): Cuando cierto grupo de especies tiende a ocurrir siempre en conjunto, y su presencia excluye a otro grupo de especies asociadas entre sí se dice que ocurre ajedrezamiento. Un alto índice de ajedrezamiento (C) indica que esta estructura está presente (Stone y Roberts 1990, 1992) y que se pueden distinguir dos o más tipos diferentes de cafetales, cada uno con sus especies distintivas.

Varianza en riqueza: La varianza en la riqueza de especies (V) ha sido propuesta como una herramienta para evaluar si existe un número finito de nichos en una comunidad (Wilson et al. 1987). En los cafetales, los nichos pudieran equipararse a usos. De tal forma, si una especie proporciona un producto dado (p.ej., leña) sería innecesario introducir otras especies que lo proporcionen. De ser así, el número de especies debiera ser equiparable al número de productos que le son necesarios al campesino, manteniéndose baja la varianza.

RESULTADOS

Las plantaciones rústicas de café son resultado del proceso de manejo de la biodiversidad y de los recursos naturales, por parte de los campesinos, en diferentes niveles: del paisaje (de los suelos y de la vegetación) y de las poblaciones de plantas. Así, para establecer un cafetal el campesino toma decisiones sobre cuáles especies de árboles, arbustos y hierbas deben permanecer en el sistema (toleradas) o que deben ser introducidas o eliminadas. Hay procesos de inmigración, colonización y establecimiento de especies silvestres que también determinarán la estructura florística, pero que no son atribuibles al manejo activo. Dichos procesos no están bajo el control del productor, pero en algunos casos son aprovechados por los campesinos.

Como se pudo constatar en las entrevistas con los diferentes productores, la toma de decisiones sobre el manejo de las poblaciones de plantas está orientada por diferentes criterios biológicos, ecológicos, económicos y culturales relacionados con cada especie en particular, como son: la arquitectura de la copa de los árboles, el tamaño y forma de las hojas, la producción de hojarasca, la velocidad de reposición de las hojas en caso de las especies caducifolias, la velocidad de descomposición de las hojas, la densidad de la copa, la velocidad de crecimiento, el efecto en las plantas de café (competencia por nutrientes, agua, y alelopatía), el valor de uso (especies que sirven para el autoconsumo) o el valor de cambio (especies comercializables). No todos los requisitos son llenados por una sola especie. Solo el "chalauite" (*Inga latibracteata*) cumple todas las características como buena especie de sombra: copa con buena arquitectura (que permite el paso de una cantidad adecuada de luz), caducifolia, rápida reposición y descomposición de las hojas, crecimiento rápido, fácil de podar; además, las ramas se utilizan como combustible y los frutos son comestibles. Por ello, esta especie es considerada la especie prototipo para la sombra, y está presente en 100% de las parcelas muestreadas. Las demás especies presentes en los cafetales combinan características positivas y negativas en distintos grados: adecuada arquitectura de la copa pero pocas y pequeñas hojas ("guaje": *Leucaena diversifolia*); buena arquitectura pero perennifolia ("zapote mamey": *Pouteria sapota* sp.); alto valor de uso (frutos comestibles) pero mala arquitectura de la copa ("aguacate": *Persea americana*), etc. Estas especies son toleradas o promovidas en el sistema por los campesinos porque sirven como sombra provisional mientras crecen los árboles de sombra prototípicos ("chalauite liso" - *Inga* spp.), o también porque son útiles para el consumo de la unidad doméstica, como las frutales *Citrus* spp., "aguacate", "zapote". Otras son consideradas especies que no producen sombra, pues son arbustivas de poca altura, pero son toleradas por su utilidad como leña cuando se establecen los cafetales y los cafetos aún no crecen. Este es el caso del "huele-de-noche" - *Cestrum dumetorum* -, del "malitaj" (Asteraceae), etc. Estas especies presentan, por lo general baja frecuencia y algunas son eliminadas normalmente durante el desarrollo del cafetal. Una excepción notable es *Cordia alliodora*, una especie maderable con valor de cambio relativamente alto. A pesar de que los productores opinan que los árboles de esta especie compiten con el café por nutrientes y producen mala sombra debido a que dejan atravesar mucha luz, *Cordia* está presente en 77% de los cafetales muestreados.

Índices de estructuración de comunidades.

Para el conjunto total de especies, independientemente de su estatus cultural (si son toleradas, promovidas y cultivadas), se encontró que los cafetales presentan pares de especies fuertemente asociadas (índices T y A_4^+ , Tabla 1).

Tabla 1: Índices de estructuración para las plantaciones rústicas de café, la Chinantla, Oaxaca, México.

	Todas	p	Toleradas	p	Cultivadas/ Promovidas	p
Varianza	*223.0%	0.001	*204.6%	0.001	79.2%	0.024
Checkerboarder	*-15.4%	0.001	*-26.8%	0.001	-9.5%	0.064
Togetherness	*25.7%	0.001	*50.6%	0.001	20.2%	0.014
Nesting	-10.3%	0.070	*47.3%	0.001	*38.9%	0.001
Asoc -4s	-70.6%	0.218	0.0%	0.310	-2.8%	1.000
Asoc -3s	104.3%	0.138	19.8%	0.938	84.7%	0.286
Asoc -2s	-34.7%	0.454	-65.2%	0.320	0.0%	0.262
Asoc -1s	-20.1%	0.328	21.3%	0.756	-18.2%	0.692
Asoc -0s	*-20.4%	0.001	-25.5%	0.008	-28.4%	0.006
Asoc +0s	-13.6%	1.000	-55.1%	0.604	23.2%	1.000
Asoc +1s	-62.9%	0.428	0.0%	0.768	17.2%	1.000
Asoc +2s	-8.5%	0.668	78.2%	0.242	17.3%	0.622
Asoc +3s	2.0%	0.830	-21.9%	0.162	4.1%	0.834
Asoc +4s	*19.9%	0.001	*41.4%	0.001	18.1%	0.040

Obs.: *significativo con corrección de Sidak.

Mediante el método de Wright y Biehl (1982) detectamos 21 pares de especies asociadas, y sólo un par de especies (*Inga sp.*- *Citrus sinensis*) que se excluyen mutuamente (Tabla 2).

Tabla 2: Especies asociadas positivamente en las plantaciones rústicas de café, la Chinantla, Oaxaca.

Pares de especies	índice	p
<i>Asteraceae-Persea schiedeana</i>	4.40	0.043
<i>Asteraceae-Saccharum officinarum</i>	11.00	0.004
<i>Calathea sp-Citrus sinensis</i>	1.54	0.045
<i>Cecropia obtusifolia-Trema micrantha</i>	3.67	0.013
<i>Cordia alliodora-Cedrela odorata</i>	1.29	0.049
<i>Cupania dentata-Saurauia scabrida</i>	5.50	0.026
<i>Chrysophyllum mexicanum-Cecropia obtusifolia</i>	7.33	0.013
<i>Erythrina folkersii -Lonchocarpus sp.</i>	5.50	0.026
<i>Heliocarpus appendiculatus-Citrus sinensis</i>	2.20	0.029
<i>Heliocarpus appendiculatus-Trema micranhta</i>	2.75	0.046
<i>Inga sp- Citrus sinensis</i>	0.00	0.005
<i>Lauraceae sp 1-Leucaena diversifolia</i>	3.67	0.013
<i>Lippia mirycephala -Citrus sinensis</i>	1.71	0.017
<i>Lippia mirycephala-Heliocarpus donnellsmithii</i>	2.04	0.023
<i>Lonchocarpus sp-Inga jinicuil</i>	5.50	0.026

Cont. Tabla 2

<i>Manihot esculenta-Persea schiedeana</i>	4.40	0.043
<i>Persea americana-Citrus reticulata</i>	3.30	0.024
<i>Persea americana-Pouteria sapota</i>	2.75	0.046
<i>Psidium guajava -Inga jinicuil</i>	5.50	0.026
<i>Saccharum officinarum-Persea schiedeana</i>	4.40	0.043
<i>Trema micrantha-Chamaedorea tepejilote</i>	2.44	0.001
<i>Trema micrantha-Acanthaceae</i>	3.67	0.013

Corrección de bonferroni = 7.5075×10^{-05} .

A menudo estas asociaciones se encontraron entre especies pioneras, (ej., *Heliocarpus appendiculatus-Trema micrantha*), o entre especies promovidas o cultivadas (*Persea americana-Citrus reticulata*), así como las especies de mayor valor comercial (*Cordia alliodora-Cedrela odorata*).

También se encontró un índice de ajedrezamiento significativamente menor al esperado (Tabla 1). Esto significa que habría más diferenciación entre cafetales si el patrón fuera al azar.

Cuando las especies son separadas en dos grupos distintos, por un lado las toleradas y por otro las cultivadas y promovidas, el patrón encontrado para el conjunto completo de datos, de especies asociadas positivamente (A_4^+ y T) y elevada varianza en riqueza, se mantiene únicamente para el grupo de las toleradas (Tabla 1). En estas especies se encontró un patrón de anidación significativo (Tablas 1 y 3a). Este patrón mostró dependencia con la edad de la parcela ($\chi^2 = 6.38$, $p = 0.019$, Tabla 4), habiendo una pérdida de especies de selva madura. Las especies de vegetación secundaria o con alto valor económico permanecen, quedando al final únicamente *Cordia alliodora* en el sistema (Tabla 3a).

La matriz de especies cultivadas y promovidas también muestra anidación. Cuando se analizan únicamente las especies promovidas o cultivadas por separado, el patrón desaparece (Tabla 1), lo que nos revela que el alto valor de N en el conjunto de especies cultivadas y promovidas se debe a que uno de los grupos está anidado en el otro, y no a patrones intrínsecos de cada grupo constituyente. Al observar los datos, podemos inferir que son las especies cultivadas las que están anidadas en las promovidas (Tabla 3b). Este patrón no está relacionado con el tiempo ($\chi^2 = 2.039$, $p = 0.203$, Tabla 4).

Tabla 4: Tablas de contingencia resultante del análisis de la dependencia entre el patrón de anidación encontrado para las especies toleradas así como para las especies promovidas y cultivadas.

	Toleradas		Cultivadas y promovidas	
	Cafetal joven	Cafetal viejo	Cafetal joven	Cafetal viejo
Plantas Raras	8	5	5	3
Plantas Comunes	0	6	4	6

Toleradas: $\chi^2 = 6.378, p = 0.019$; cultivadas y promovidas $\chi^2 = 2.039, p = 0.203$

DISCUSIÓN

El análisis de las reglas de ensamblaje de los cafetales rústicos nos indican que éstos se estructuran de un modo no aleatorio, y que por lo tanto apoyan la hipótesis de que los productores comparten una lógica de construcción de dichos sistemas. Dicha lógica está implícita en su sistema de conocimiento. Separar las especies por su estatus cultural o de manejo posibilita elucidar tales principios implícitos, como lo demuestran los análisis por separado de los grupos de especies (las toleradas, las cultivadas más las promovidas, las promovidas únicamente). En otras palabras, cuando analizamos todos nuestros datos en conjunto, los patrones de anidación no resultaron significativos. Las causas que subyacen a esta estructura en los diferentes grupos son distintas. Los resultados demuestran que sólo en las especies toleradas el patrón está relacionado con el tiempo. Es probable que, al sobreponer ambos grupos, la complejidad resultante haya enmascarado las reglas de ensamblaje subyacentes. Por otro lado, ninguno de los patrones encontrados en la totalidad de los datos resultó significativo para el conjunto de especies cultivadas y toleradas. La clasificación etnobotánica de especies en toleradas, promovidas y cultivadas probó ser de gran utilidad en el análisis de la estructuración. Las reglas de ensamblaje son muy diferentes para cada categoría de plantas. Ello confirma las hipótesis iniciales de este trabajo.

A nivel del conjunto de todas las especies, encontramos que no existen tipos distintivos de cafetales, cada uno siendo conjuntos de especies exclusivas. De hecho, se encontró el patrón opuesto fue encontrado, como lo indica el ajedrezamiento menor al esperado por azar. Esto significa que los cafetales son sumamente homogéneos, y que rara vez una especie excluye a otras. Esto se evidencia en la ausencia de relaciones excluyentes (Tabla 2). De hecho, el sistema está más bien definido por asociaciones positivas (índices T y A_4^+). No está claro qué es lo que determina dichas asociaciones, aunque al parecer varias de ellas se deben al manejo de la luz por parte de los campesinos. Al haber niveles altos de radiación, pueden establecerse especies pioneras, a menudo sin la intervención directa del hombre. El patrón de asociación resultaría entonces de requerimientos ambientales semejantes. La presencia de ciertas especies en el cafetal sin la intervención directa del hombre es un factor que contribuye a que las reglas de estructuración de las especies toleradas difieran de las plantas más intensamente manipuladas.

Los resultados también indican que los cafetales rústicos son sistemas dinámicos en cuanto a su estructura florística y variables temporalmente, al menos en lo que se refiere a las

especies toleradas. Dicha dinámica está relacionada a un patrón de anidación, en donde los sistemas más ricos contienen la mayoría de las especies típicas de las comunidades pobres, más muchas adicionales. Estos conjuntos anidados se presentan sólo en los cafetales jóvenes (Tabla 4), sugiriendo un proceso de depuración a lo largo el tiempo. Las especies que tienden a ser eliminadas de los cafetales por el campesino son las especies de selva madura. No se trata de un reemplazo por especies de vegetación secundaria, pues hubiéramos obtenido un elevado ajedrezamiento con dos grupos excluyentes de especies. Por el contrario, el valor observado fue significativamente negativo. Ello implica una menor diferenciación entre cafetales de la esperada por azar. El proceso de depuración, con la eliminación selectiva de especies, conduce a la homogeneidad. Al final del proceso tiende a quedar únicamente *Cordia alliodora* dentro del grupo de especies toleradas. La varianza en la riqueza ($V = 223\%$, $p < 0.001$) entre cafetales es significativamente alta, lo cual concuerda con un proceso de homogeneización que produce cafetales empobrecidos.

Como pudo ser registrado, hay un proceso de evolución del sistema que no es concomitante entre todos los cafetales (no-sincronicidad), es decir, no todas las parcelas de cafetal son establecidas al mismo tiempo, y por lo tanto, las diferentes parcelas de cafetal se encuentran en diferentes etapas de evolución. Esto coincide con el patrón encontrado por Bandeira *et al.* (submitted), donde se reporta que, con base en la abundancia relativa de las especies, la estructura florística de los cafetales rústicos tiende a homogeneizarse a lo largo del tiempo, y que los cafetales procedentes de selva madura tienden a parecerse a acahuales jóvenes con el paso de los años. Esto último es congruente con la eliminación de especies de selva madura (y permanencia de especies pioneras) que hemos señalado.

Las entrevistas sobre el proceso de construcción de los cafetales refuerzan los resultados del análisis de las reglas de ensamblaje. Algunos campesinos comentan que al establecer sus cafetales tumban los árboles que generan demasiada sombra para los cafetos (como algunas lauráceas que son abundantes en las selvas de esta zona, especies del género *Ficus*, etc.), y que en la medida que las especies de sombra más adecuadas (leguminosas de rápido crecimiento, etc.) crecen, ellos también van tumbando algunas especies silvestres menos adecuadas para el cafetal (los árboles de copa densa, raíces laterales superficiales, no caducifolias, arbustivas de pequeño porte, etc.) que son utilizadas, en general, únicamente como combustible (*Chrysophyllum mexicanum*) o para construcción. La confirmación de los patrones sugeridos por el análisis mediante la información proporcionada directamente por los campesinos, da validez al uso de modelos nulos para estudiar las reglas de ensamblaje en sistemas manejados intensivamente.

La tendencia a que *Cordia alliodora* permanezca en el sistema por todo el periodo de evolución de los cafetales tiene razones tanto ecológicas como económicas (Bandeira *et al.* submitted): la gran capacidad de dispersión y colonización de áreas perturbadas, como el cafetal, de esta especie, y su valor de cambio relativamente alto, ya que es una especie maderable que según los campesinos de Rancho Grande representa una importante "reserva monetaria", que en última instancia puede ser comercializada y generar ingresos para las familias. Al mismo tiempo, esta especie puede también ser utilizada por las unidades domésticas para la elaboración de muebles, puertas, etc. A pesar de ser reconocida como un especie inadecuada para sombra, esta especie es tolerada en todas las parcelas de cafetal dónde está presente, presentando un alta frecuencia (77%).

La anidación no temporal observada en las especies cultivadas y promovidas nos habla de un conjunto de especies presentes en todos los cafetales, hasta en los más pobres, mientras que otras especies pueden ir enriqueciendo progresivamente el sistema. Las especies más frecuentes son las especies nativas de sombra (p.ej., *Persea schiedeana*, *Inga* sp., *Pouteria sapota*, *Cedrela odorata*, *Inga latibracteata*), algunas hierbas útiles (*Calathea* sp. y *Thalia* sp.) y la palma *Chamaedorea tepejilote*. Entre las especies más fuertemente anidadas encontramos plantas cultivadas introducidas (p.ej., *Citrus* spp.) y nativas de México introducidas en el área (p.ej., *Swietenia* sp.). Esto nos sugiere que hay una jerarquización en las plantas utilizadas en la estructuración del cafetal, debido probablemente a que hay un conjunto de necesidades que son secuencialmente satisfechas por los campesinos. Como lo muestra el orden de anidación (Tabla 3b), ante todo deben estar presentes las especies promovidas de sombra y otros usos y finalmente las cultivadas. En otras palabras, hay un grupo básico de especies, que puede ser definido como un “paquete” tecnológico y cultural, a partir del cual los campesinos empiezan a variar de manera idiosincrásica. Es decir, los campesinos tienen una idea básica implícita de lo que debe ser la estructura florística de su cafetal, y esta idea es compartida por los diferentes campesinos, a pesar de que ellos una vez que satisfacen los “requerimientos de lo que debe ser un cafetal rústico”, representados fundamentalmente por las especies de sombra, realizan variaciones alrededor de este plan básico, buscando la satisfacción de otras necesidades (producción de frutas, condimentos, medicinas, leña para la unidad doméstica).

En términos de la conservación de la diversidad vegetal, por un lado estos resultados sugieren que el papel que juegan los cafetales rústicos podría disminuir a lo largo del tiempo, pues hay una tendencia a eliminar a las especies de selva madura del sistema; por otro, los resultados también indican que los productores pueden enriquecer sus cafetales con especies tanto cultivadas introducidas como nativas de otras regiones de México. Ello tiene importantes implicaciones para la conservación de la diversidad de plantas, que deben ser analizadas en el contexto de la dinámica temporal de los cafetales rústicos.

Con base en estudios anteriores (Rice, 1997; Bandeira *et al.*, submitted), y parte en observación de campo y entrevistas con los productores, se puede describir el proceso general de evolución de las plantaciones rústicas de café. En la figura 2 se representa la dinámica temporal de los cafetales rústicos en el área de estudio. Se pueden identificar cuatro fases generales características: *establecimiento*, *desarrollo*, *declinación* y *renovación (o abandono o conversión)*.

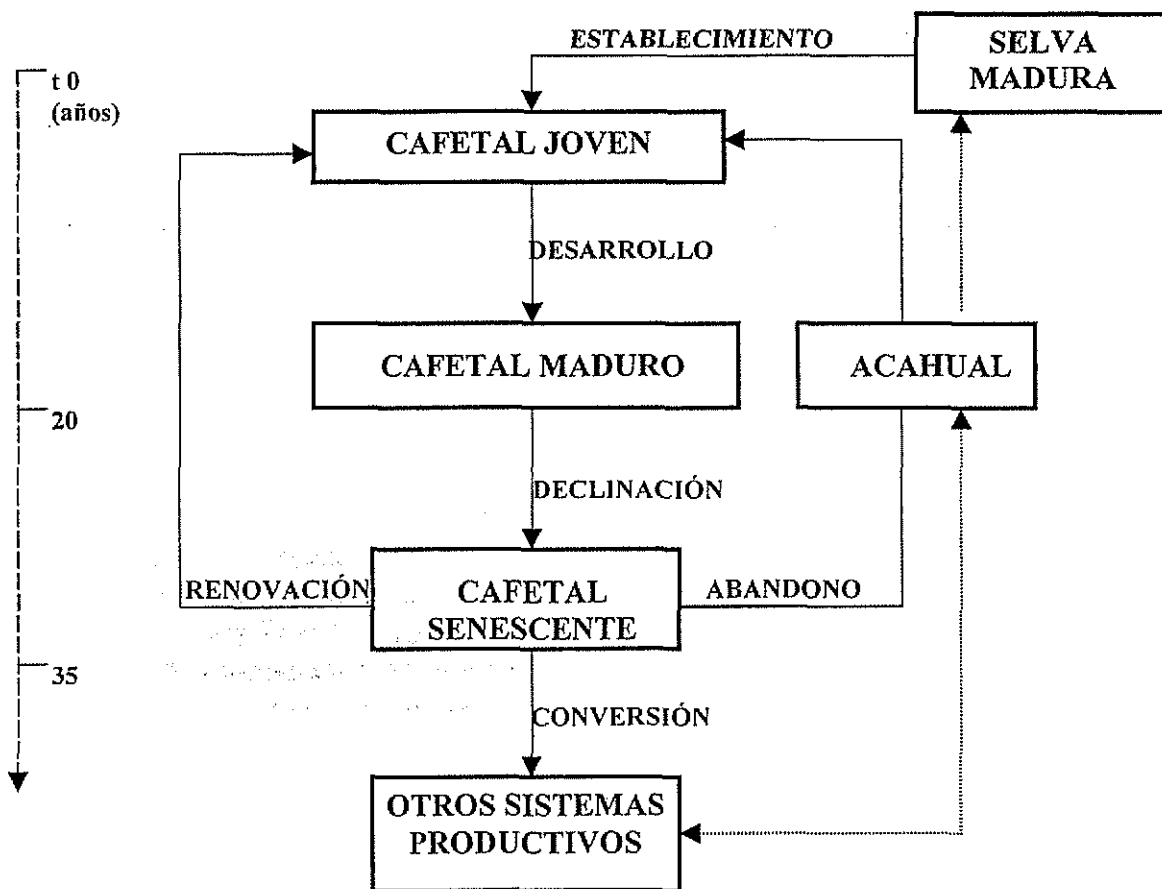


Figura 2: Dinámica de las plantaciones rústicas de café en Rancho Grande, La Chinantla, Oaxaca, México.

El *establecimiento* es el proceso de manejo de las plantas presentes en un parche de selva madura o secundaria, y consiste en la tumba de algunos árboles, la eliminación casi total del estrato arbustivo de la parcela y la siembra de las plantas de café. El *desarrollo* es la etapa de producción del cafetal dónde hay una depuración de las especies toleradas, la promoción de algunas especies nativas de sombra y el cultivo de algunas especies introducidas o nativas. En esta fase también se toleran o se eliminan especies que inmigran hacia el cafetal o que ya estaban en el banco de semillas. La *declinación* empieza alrededor de los 20 años, y puede llevar hasta 15 o 20 años. En esta etapa los cafetales bajan mucho su producción y el suelo puede haberse agotado tras varios años de cultivo. A partir de esta etapa el sistema puede tomar tres rumbos distintos, que están ligados a la dinámica de los precios en el mercado. Así, el sistema puede ser: (1) *renovado*: cuando se tumban algunos individuos del estrato arbóreo y se siembra nuevas plantas de café; esto se da más frecuentemente cuando hay un largo periodo de buenos precios o el café obtiene mejores precios debido a la certificación orgánica o el comercio justo (Bandeira *et al.* b, submitted); (2) el sistema también puede ser *abandonado*, sobre todo en periodos de muy bajos precios, o cuando hay mucha migración. La tercera ruta es la *conversión* del cafetal, es decir, el campesino puede decidir tumbar su cafetal y establecer otro sistema de cultivo con

mayor valor productivo pero menor valor de conservación (platanar, potrero, milpa, cítricos, etc.). Esto puede darse en periodos consecutivos de muy bajos precios, cuando el café ya no representa una fuente de ingresos, y en situaciones dónde los productores no pueden o no desean migrar.

Como fue descrito, una vez que los cafetales rústicos alcanzan la etapa de declinación productiva, la toma de decisiones de los campesinos son variables y están influenciadas por la dinámica de precios, a pesar de que hay otros factores institucionales, históricos y culturales que también son relevantes (Bandeira *et al.*, n.d.).

Las diferentes rutas que pueden seguir los cafetales generan impactos positivos o negativos para la biodiversidad, y hay evidencias de que estas rutas están relacionadas con la dinámica del precio del mercado. Así, en un escenario prolongado de precios elevados (periodo de bonanza) los cafetales tienden a ser renovados, para dar continuidad a la producción. La renovación genera un aumento del disturbio y favorece la colonización del sistema por especies pioneras. Pero a su vez, estas especies pueden ser toleradas en el sistema, empieza otra vez la depuración, la promoción de las especies nativas y el cultivo de las introducidas. El ciclo descrito en la figura 2 vuelve a repetirse. Esto probablemente tiene un impacto moderado en la diversidad biológica en su conjunto, pero puede ser importante en términos de las especies de la selva madura debido al proceso de depuración que sufren con el tiempo las especies toleradas. Por otro lado, durante el período de bonanza se incorporan continuamente más tierras forestales al proceso de producción del café, como se hizo durante el periodo entre las décadas de 1970 y los 1980 (Nestel, 1995) en México. De esa manera, puede ser que con el tiempo el paisaje sea dominado por parches de vegetación secundaria y por cafetales que progresivamente se tornan más pobres en términos de especies de la selva madura, debido a estos ciclos repetitivos de depuración. Sin embargo, este escenario es más benigno o preferible en términos de conservación de la biodiversidad como un todo (invertebrados e vertebrados), debido a la complejidad estructural de los cafetales rústicos (Perfecto *et al.*, 1996).

Otra ruta posible se da en el caso que haya una caída temporal en los precios de gran duración (p.ej., más de cuatro ciclos). Así, después de que alcancen la declinación los cafetales pueden ser abandonados por un período más largo de tiempo. Esta ruta puede tener repercusiones positivas para la biodiversidad, pues las especies de selva madura tendrían mayor probabilidad de recolonizar y establecerse en el sistema. Esto es factible siempre que los parches de selva madura remanentes en el área no estén demasiado alejados de las parcelas de cafetal

Finalmente, la ruta que representa un mayor impacto para la diversidad de especies de plantas es el de la conversión de los cafetales. Los periodos muy prolongados de precios bajos podrían representar una amenaza a la manutención de las plantaciones rústicas y a la diversidad vegetal, pues en estos contextos es altamente probable que haya cambios abruptos de uso del suelo hacia sistemas con poco valor para la conservación (milpas, potreros y monocultivos comerciales) (Perfecto *et al.*, 1996). Esta ruta tiene baja probabilidad, sobre todo en las áreas bajo manejo tradicional, debido a diversas razones: los cafetales son cultivos permanentes (Rice, 1997) y representan una inversión a largo plazo; ellos representan una gran parte de la fuente de ingresos económicos de las unidades

domésticas en las áreas indígenas cafeticultoras; se constituyen en una inversión a largo plazo; además del café para la venta, el cafetal proporciona otros productos vegetales útiles para el autoconsumo; por ejemplo, en las áreas altamente deforestadas los cafetales pueden representar la única fuente de combustible (Bandeira *et al.* b, n.d.). Según estos autores, otro punto fundamental que impide o reduce la conversión productiva es que muchas organizaciones de pequeños productores han logrado la integración vertical en el mercado y la certificación de su café (p.ej. Pérez-Grovas, 2001), y más recientemente a través de la compra de bonos de captura de carbono por compañías multinacionales a comunidades indígenas de Chiapas (Soto-Pinto *et al.*, 2001). Esto les ha ayudado a superar las crisis de los precios y a mantener sus cafetales rústicos. Debido a todos estos factores, la conversión, por lo menos en las áreas indígenas cafetaleras, es una ruta poco probable.

Nosotros sugerimos que una alternativa que ayudaría a mantener el papel ecológico de los cafetales rústicos para la conservación, que no dependa de la dinámica errática de los precios internacionales del aromático, es la instrumentación de programas gubernamentales que impulsen la diversificación de la sombra con especies nativas de selva madura, juntamente con una certificación ecológica (creación de sellos "verdes" o "amigables" con la biodiversidad nacionales) y mejores precios para el café. Estas pueden ser indicios que contribuyan a la conservación de la diversidad biológica en áreas indígenas al tiempo que incrementarían los ingresos de miles de unidades domésticas marginadas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue realizado con el apoyo de la Universidad Estadual de Feira de Santana, Brasil, quién concedió una beca a F. Bandeira durante los años de 1998-2001. Los autores agradecen el apoyo en la realización del trabajo de campo e identificación del material botánico al Biólogo Juan Martínez.

LITERATURA CITADA

- Anta, S. F. (coord.). 1992. *Ecología y manejo integral de recursos naturales en la región de la Chinantla*. PAIR - UNAM y Fundación Friedrich Ebert. México, D.F.
- Alexiades, M. N. (ed.). 1996. *Ethnobotanical research: a field manual*. The New York Botanical Garden. New York.
- Bandeira, F. P., Martorell, C., Meave, J. and Caballero, J. Floristic Heterogeneity in Rustic Coffee Plantations, and its role in the conservation of plant diversity. A case study of the Chinantec Region of Oaxaca, Mexico. submitted *Biodiversity and Conservation*.
- Caballero, J. 1994. La dimension culturelle de la diversité végétale au Mexique. *Journ. d'Agriculture Traditionell et de Botanique Appliquee, Nouvelle Série* 36:145-158.
- Casas, A., M. C. Vázquez, J. L. Viveros y J. Caballero. 1996. Plant management among the Nahua in the Balsas River Basin: an ethnobotanical approach to the study of plant domestication. *Human Ecology* 24:455-478.
- Connor, E.F. y D. Simberloff. 1979. The assembly of species communities: chance or competition? *Ecology* 60:1132-1140.

- Diamond, J. M. y M. E. Gilpin. 1982. Examination of the "null" model of Connor and Simberloff for species co-occurrences on islands. *Oecologia* 52:64-74.
- Gallina, S., S. Mandujano y A. González-Romero. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* 33:13-27.
- Gilpin, M. E. y J. M. Diamond. 1982. Factors contributing to non-randomness in species co-occurrences. *Oecologia* 52:75-84.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Greenberg, R. P. Bichier, A. C. Angon y R. Reitsma. 1997. Bird populations in shade and sun coffee plantations in central Guatemala. *Conservation Biology* 11:448-459.
- Greenberg, R., P. Bichier y J. Sterling. 1997a. Bird populations and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas. *Biotropica* 29:501-514.
- Ibarra-Núñez, G. 1990. Los artrópodos asociados a cafetos en un cafetal mixto del Soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomologica Mexicana*. 79:207-231.
- Moguel, P. and V. M., Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico: a review. *Conservation Biology* 1: 1-11.
- Nair, P.K. R. 1989. Agroforestry defined. In: Nair P.K. R. (ed). *Agroforestry Systems in the Tropics*. pp. 13-18. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Nestel, D. 1995. Coffee in Mexico: international market, agricultural landscape and ecology. *Ecological Economics*. 15:165-178.
- Nolasco, M. 1985. *Café y Sociedad en México*. Centro de Ecodesarrollo, México, D.F.
- Perfecto, I, R. Rice, R. Greenberg y M. Van der Voort. 1996. Shade Coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*. 46: 598 - 608.
- Perfecto, I.J., Vandermeer, P. Hanson y V. Cartin. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6:935-945.
- Rice, R. y Ward, J. R. 1996. *Coffee, conservation, and commerce in the western hemisphere: How individuals and institutions can promote ecologically sound farming and forest management in Northern Latin America*. Smithsonian Migratory Bird Center and Natural Resources Defense Council, Washington, D.C.
- Rice, R. A. 1997. The use patterns and history of coffee in eastern Chiapas, Mexico. *Agriculture and Human Values* 14:127-143.
- Rendón-Rojas, M. G. 1994. *Estudio de la herpetofauna en la zona cafetalera de Santiago Jalahuí, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
- Rzedowski, J y R. Palacios-Chávez. 1977. El bosque de *Engelhardtia* (*Oreomunnea*), una reliquia del Cenozoico. *Boletín Sociedad de la Botánica de México* 36: 93-127.
- Silvertown, J. y J. B. Wilson. 1994. Community structure in a desert perennial community. *Ecology* 75:409-417.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*. 2a edition. Freeman, San Francisco.
- Stone, L. y A. Roberts. 1992. Competitive exclusion, or species aggregation?. An aid in deciding. *Oecologia* 91:419-424.
- Stone, L. y A. Roberts. 1990. The checkerboard score and species distributions. *Oecologia* 85: 74-79.

- Soto-Pinto L., Y. Romero-Alvarado, J. Caballero y G. Segura-Warnholtz. 2001. Wood plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in northern Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 49: 977-987.
- Wilson, J. B. 1987. Methods for detecting non-randomness in species co-occurrences: a contribution *Oecologia* 73:579-582.
- Wilson J.B. 1988. Community structure in the flora of islands in Lake Manapouri, New Zealand. *Journal of Ecology* 76: 1030-1042
- Wilson, J. B., H. Gitay y A. D. Agnew. 1987. Does niche limitation exist?. *Functional Ecology volumen* 391-397.
- Wright, S. J. y C. C. Biehl. 1982. Island biogeographic distributions: testing for random, regular, and aggregated patterns of species occurrence. *The American Naturalist* 3:345-357.

Apéndice 1: Datos botánicos, etnobotánicos y ecológicos de las especies presentes en plantaciones rústicas de café en la Chinantla, México.

Familia	Especies	Forma de vida	EC ^a	Usos ^b
Acanthaceae	<i>No identificada</i>	a	TP	1, 3
Actinidiaceae	<i>Saurauia scabrida</i> Hemsl.	a	TM	4, 7
Arecaceae	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm. ex Mart.	palma	PM	4
Asteraceae	<i>No identificada</i>	ar	TP	3
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	a	TP	1, 5
Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	a	TP	1
Euphorbiaceae	<i>Croton draco</i> Schlttdl.	a	TP	1, 2
Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.	h	CI	4
Fabaceae	<i>Erythrina folkersii</i> Krukoff & Moldenke	a	CN	7
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i> sp.	a	TM	1, 3, 6, 7
Lauraceae	<i>Sp 1 (no identificada)</i>	a	TM	1, 5, 6
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	a	CN	1, 4
Lauraceae	<i>Persea schiedeana</i> Nees	a	PM	1, 4
Marantaceae	<i>Calathea</i> sp.	h	PPM	4
Marantaceae	<i>Thalia</i> sp.	h	PP	4, 7
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	a	PP	1, 5
Meliaceae	<i>Swietenia</i> sp.	a	CN	1, 5
Mimosaceae	<i>Inga jinicuil</i> Schlttdl. & Cham. ex G. Don	a	CN	1, 3, 4,
Mimosaceae	<i>Inga latibracteata</i> Harms	a	PP	1, 3
Mimosaceae	<i>Inga</i> sp.	a	PP	1, 3
Mimosaceae	<i>Leucaena diversifolia</i> (Schldl.) Benth. subs. <i>Stenocarpa</i> (Urban) S. Zárate	a	TP	1, 3
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	a	TM	1, 3
Musaceae	<i>Musa acuminata</i> x <i>M. balbisiana</i>	h	CI	3, 7
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	a	TP	1, 3
Poaceae	<i>Saccharum officinarum</i> L.	h	CI	3, 4
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	a	CI	3, 4
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	a	CI	3, 4
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	a	CI	3
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> DC.	a	TMP	1, 3
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegee ex Standl.	a	TMP	7, 3
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn	a	PM	1, 3, 4, 7
Solanaceae	<i>Cestrum dumetorum</i> Schlecht	ar	TP	1, 4
Tiliaceae	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz	a	TP	1, 7
Tiliaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	a	TP	1, 7
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	a	TP	7
Verbenaceae	<i>Lippia mirycephala</i> Schlttdl. & Cham.	a	TP	1, 3
<i>No identificada</i>		a	TM	5, 1, 3

^aEstatus Cultural (TM) Tolerada Selva Madura, (PM) Promovida Selva Madura, (TP) Tolerada Vegetación Secundaria, (PP) Promovida Vegetación Secundaria, (CN) Cultivada Nativa, (CI) Cultivada Introducida. ^bUsos - (1) Sombra café, (2) Medicinal, (3) Combustible, (4) Comestible, (5) Maderable, (6) Construcción, (7) otros.

CAPITULO VII
DISCUSIÓN GENERAL

VII. Discusión General

La importancia de las plantaciones rústicas de café en México

Como ha sido subrayado por varios autores (Nestel, 1995; Moguel y Toledo, 1996; Perfecto et al., 1996; Soto-Pinto, 2000), los cafetales rústicos en México tienen importancia tanto para la economía nacional como para la conservación ecológica en zonas altamente fragmentadas. El café es el segundo producto agrícola de exportación del país (Nestel, 1995). El cultivo también representa una fuente de ingresos para millares de comunidades campesinas e indígenas que producen el aromático en sistemas agroforestales biológicamente diversificados, en predios de menos de 5 ha ((Nolasco, 1985, Moguel y Toledo 1999). Debido a su elevada diversidad biológica, a la alta diversidad cultural asociada a las regiones cafeticultoras, así como a su importancia socioeconómica, el cafetal rústico es un sistema manejado con gran relevancia tanto teórica como práctica, ya que posibilita el análisis de los factores humanos y ambientales que afectan la biodiversidad y puede ser importante en la conservación ecológica.

Los factores humanos y la biodiversidad en las plantaciones rústicas de café

Cuando se introdujo el café en México a finales del siglo XVIII, los indígenas que habitaban las zonas montañosas del trópico lo integraron a sus sistemas agroforestales. Tal proceso no fue inmediato, sino que ganó relevancia a partir de la Revolución Mexicana, y más probablemente con la reforma agraria instrumentada en los años treinta, cuando miles de campesinos se organizaron en ejidos y tuvieron garantizado el derecho a sus tierras. Antes de este proceso, muchos de estos campesinos trabajaban como peones bajo un régimen de semi-esclavitud en las fincas cafetaleras. Después de la revolución en el campo, los campesinos pasaron a trabajar como jornaleros en las fincas que no fueron afectadas por el proceso de reforma, lo cual sucedió principalmente en el estado de Chiapas. Estos jornaleros llevaron a sus ejidos y comunidades las plantas de café. Éstas fueron introducidas inicialmente en sus solares y luego fueron ganando el paisaje, sustituyendo las parcelas de milpa, plátano y caña. En Chiapas este proceso se incrementó a partir de los años setenta, debido sobre todo al papel que jugó el Instituto Mexicano del Café (Rice, 1997). Esta descripción general del proceso de evolución del sector social cafetalero en México, sin embargo, no debe haber sido de la misma manera en todo el país, debido a las particularidades históricas locales y el alcance que la revolución y la reforma agraria tuvieron en cada región.

La etapa más reciente de evolución del sector social cafetalero indígena en México, inició en los ochenta, y se caracteriza por los procesos de integración vertical en el mercado, a través del fortalecimiento de las organizaciones de productores, de la inserción en el mercado justo y la certificación orgánica del café (Murphy, 1995). Este proceso surge en respuesta a la desintegración del INMECAFE a finales de esa década, a las crisis recurrentes en el precio y a un creciente movimiento mundial de consumidores de café producido en un contexto ambientalmente "amigable" y por pequeños productores. Este movimiento converge con el movimiento nacional indígena, que se agudiza en las zonas cafetaleras, muy marginadas, y que desemboca con el movimiento Zapatista en Chiapas.

Con la introducción del café, las regiones indígenas, que estuvieron dominadas por la dinámica determinada por el sistema de la roza-tumba-quema con largos períodos de descanso para el establecimiento de la milpa, se dio inicio a un proceso de cambio de uso del suelo, en el que el café empezó a jugar un papel relevante, a ejemplo de lo que sucedió en Chiapas (Rice, 1997). La economía campesina también pasó por transformaciones: mantuvo su modo de producción para el autoconsumo, pero sufrió una mayor integración al mercado, a través de la producción y comercialización de café.

A pesar de su reciente introducción en México, el café imprimió a las zonas indígenas una nueva dinámica en el paisaje. Estas áreas están marcadas por un modo campesino de apropiación de los recursos, basada en el manejo múltiple de los ecosistemas (Toledo, 1991) y por la producción tanto para el autoconsumo como para el mercado. En ellas, la interacción compleja entre diferentes factores históricos, socioeconómicos, culturales y demográficos. Éstas son las causas subyacentes que influyen en las decisiones de manejo de los productores sobre el uso del suelo (tumba de la vegetación y sembradío de cultivos anuales o abandono de las parcelas y establecimiento de cafetales rústicos), y consecuentemente en el grado de fragmentación del ecosistema, con diferentes impactos sobre la diversidad biológica y los procesos ecosistémicos.

En el estudio de caso de Polhó, en los Altos de Chiapas, se encontró una tendencia creciente en la superficie cubierta por vegetación secundaria y decreciente en las tierras con cultivos anuales. El análisis demostró que cerca de 65% de la cobertura forestal de ésta había sido talada al inicio de los años setenta, debido a la presión social sobre la tierra generada por un alto incremento demográfico iniciado en los años 50. Con el incremento del establecimiento de parcelas de cafetal bajo sombra y debido a decisiones colectivas tomadas por la comunidad para recuperar sus terrenos forestales, se favoreció el proceso de sucesión en el área, y a partir de los años setenta empezó un proceso de recuperación de parte de la cobertura forestal, tropical y templada, hasta los noventa. Puesto que este proceso fue parcialmente manipulado por los campesinos para establecer sus parcelas de cafetal, se puede decir que hubo un proceso de reforestación indígena parcial del área. Este hecho contrasta con las altas tasas de deforestación reportadas para el país (Cairns et al., 2000) y otras áreas del estado de Chiapas (Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000).

Lo anterior representó la reversión del proceso de deforestación reportado para el período antes de los setenta (Parra-Vázquez, 1993a, b), a pesar de que el incremento demográfico y la presión sobre la tierra que ocurrió entre los cincuenta y los setenta, se mantuvo durante el periodo estudiado (1970-1990). Esto sugiere que las plantaciones rústicas de café juegan un papel importante en la dinámica del paisaje, contribuyendo al establecimiento y la manutención de la cubierta forestal y de la heterogeneidad del paisaje, así como a la reducción de la fragmentación del ecosistema. Como ha sido reportado por otros autores (Ostrom, 1995), diversos factores culturales, institucionales, históricos pueden contrarrestar o amortiguar el efecto de la presión demográfica en áreas indígenas o bajo manejo tradicional. Las áreas cafetaleras indígenas en México parecen confirmar este modelo.

Estos hallazgos refuerzan la tesis de que a microescala el proceso de deforestación puede ser reversible aunque el incremento poblacional se mantenga elevado y no haya migración (Ostrom, 1995). En contraste la presión demográfica a macroescala, por ejemplo, a escala del país, es una causa importante de la deforestación (Brown y Pearce, 1995; Kaymovitz y Angelsen 1998). La reversión de este proceso en regiones con alta tasa de crecimiento poblacional parece darse particularmente en áreas donde existen instituciones locales reguladoras del uso de los recursos naturales que operan en un sistema de tenencia de la tierra colectivo (áreas comunales y ejidos) (Alcorn y Toledo, 1998); tal es el caso de las áreas indígenas productoras de café en México. Otro ejemplo, es el municipio de Zinacantán, cuyo territorio presenta una alta densidad poblacional pero tiene una tasa de deforestación más baja que otras regiones de Los Altos, debido a un manejo intensivo de floricultura en invernaderos (Soto-Pinto com. pers., 2002). Estos hallazgos también revelan que las sociedades tradicionales son sistemas complejos y dinámicos, y que los análisis sobre estos sistemas socioecológicos deben efectuarse en escalas temporales amplias.

La heterogeneidad espacial y temporal de las plantaciones rústicas de café y sus implicaciones para la conservación de la diversidad vegetal

La complejidad estructural de los cafetales rústicos confiere al sistema un alto valor para la conservación de la biodiversidad (Perfecto et al., 1996; Moguel y Toledo, 1999). No obstante, como revelaron los resultados de esta tesis, hay que considerar que en términos de su estructura florística los cafetales rústicos son sistemas dinámicos espacial y temporalmente. El estudio reveló una tendencia de homogeneización a lo largo del tiempo que culmina alrededor de los 20 años de existencia del cafetal, tanto cuando se considera la abundancia relativa de las especies como su presencia o ausencia. Hay que subrayar que los cambios más importantes se dan en los cafetales que se originaron de la vegetación secundaria tardía (*acahuales viejos*). En estos hay un aumento importante de las abundancias de *Cordia alliodora* a lo largo del tiempo, haciendo que su estructura florística se asemeje a la de los cafetales que se originaron de acahuales jóvenes. También se lleva a cabo un proceso de depuración de algunas especies de la selva madura que son eliminadas durante el desarrollo del cafetal; así, al final de un ciclo de evolución de un cafetal rústico (*establecimiento-desarrollo-declinación-renovación*), las especies que quedan son principalmente pioneras, sobre todo, las de alto valor económico.

El análisis de la diversidad en el interior (diversidad α) y entre parcelas de cafetal, es decir, el recambio de especies en el área (diversidad β) reveló que los sistemas rústicos pueden cumplir un papel relevante para la conservación de especies arbóreas del bosque maduro, siempre y cuando exista un número elevado de parcelas de cafetales rústicos heterogéneos en el área. Esto es así porque es el conjunto de parcelas como un todo (alta diversidad β) que puede conservar números de especies de árboles equivalentes a los hallados en áreas similares de vegetación no perturbada, ya que un número reducido de parcelas de cafetal sólo puede mantener pocas especies silvestres debido a la baja diversidad α promedio en ellas.

Estos resultados sugieren que, en términos del paisaje como un todo, las plantaciones rústicas de café pueden jugar un papel importante en la conservación, siempre y cuando

la vegetación no perturbada en dicha región sea reducida, es decir, en zonas muy deforestadas con un paisaje altamente fragmentado. En contraste, en las regiones donde todavía existe una superficie considerable de vegetación madura los cafetales tendrán poca importancia para la conservación de la diversidad vegetal. No obstante, cuando consideramos los servicios ecológicos que prestan estos sistemas agroforestales, tales como: el secuestro de carbono (Soto-Pinto et al., 2001), la protección de cuencas y reducción de las pérdidas de suelo, entre otros (Nestel, 1995, Moguel y Toledo, 1999), los cafetales rústicos presentan elevada importancia ambiental, aun en áreas poco deforestadas.

La construcción de los cafetales rústicos:

La construcción de una plantación rústica de café es un proceso complejo y que tiene lugar en una escala de tiempo amplia, de manejo de la diversidad vegetal presente en los parches de selva madura o secundaria, que definen grupos de plantas con diferentes grados de manipulación antropogénica: especies toleradas, promovidas y cultivadas. El análisis del proceso de estructuración de estos sistemas, por lo tanto, debió darse de modo separado para los grupos de plantas definidos según su estatus cultural. Esto se debe a que las diferentes especies deberían presentar distintas reglas de ensamblaje, debido a que cada una de ellas sufre diferentes grados de alteración o modificación de su dispersión y éxito de sobrevivencia en el cafetal.

La idea de que los agroecosistemas tradicionales poseen una “lógica de construcción” no es reciente. Los avances metodológicos en esta área no han sido muy rápidos, mismo porque los métodos etnográficos clásicos no revelan dicha lógica, en la medida que el campesino no tiene explicitadas las reglas de estructuración de su sistema de manejo, ni es posible analizar este fenómeno directamente de entrevistas. Además, la construcción de un agroecosistema se da en una escala de tiempo relativamente amplia y ello evita que los productores recuerden sin equivocarse todas decisiones tomadas sobre las plantas que existían en el sistema en su inicio, y sobre las que colonizaron la parcela durante el desarrollo de la plantación. La aplicación de los métodos ecológicos que buscan las reglas de estructuración en comunidades no manejadas demostró tener un gran potencial para el análisis de dichos procesos de construcción de las comunidades vegetales manejadas de forma tradicional, como las plantaciones rústicas de café, y sus implicaciones para la conservación de la diversidad vegetal. El análisis reveló que estos sistemas están estructurados de modo no aleatorio. En particular, se detectó que existe una anidación temporal en las especies toleradas, y el análisis sugiere que hay una eliminación preferencial de las especies de selva madura y un mantenimiento de las pioneras. Una hipótesis alternativa es la de que en verdad estos resultados reflejan una “guerra” contra las especies pioneras que el campesino acaba perdiendo, pues tratar de eliminarlas no reditúa el tiempo y la energía perdido en hacerlo. No obstante, la mayoría de estas especies tiene algún valor de uso o importancia económica para los productores, que al mantenerlas, además del café obtienen otros productos vegetales, lo que apoya la primera hipótesis: de que los campesinos mantienen activamente a las especies pioneras. Una tercera hipótesis intermedia entre las dos anteriores probablemente corresponda a lo que sucede en las parcelas de cafetal; es decir, el campesino mantiene parte de las especies pioneras porque estas les ofrece recursos alimentares, medicinales, combustibles y

sombra para los cafetos, pero también porque en parte no logra eliminarlas totalmente del sistema, y no es redituable hacerlo. También, se encontró que hay una jerarquización u orden en el arreglo entre las especies y que las promovidas y cultivadas están anidadas de manera no temporal. Esto sugiere que hay una "lógica" implícita de construcción de estos sistemas. Hay un grupo básico de especies, que puede ser definido como un "paquete" tecnológico y cultural, a partir del cual los campesinos empiezan a variar de manera idiosincrásica. Es decir, los campesinos tienen una idea básica implícita de lo que debe ser la estructura florística de su cafetal, y esta idea es compartida por los diferentes campesinos, a pesar de que ellos una vez que satisfacen los "requerimientos de lo que debe ser un cafetal rústico", representados fundamentalmente por las especies de sombra prototípicas, realizan variaciones alrededor de este plan básico, buscando la satisfacción de otras necesidades (producción de frutas, condimentos, medicinas, leña para la unidad doméstica). En términos de la conservación de la diversidad vegetal estos resultados sugieren que el papel que juegan los cafetales rústicos podría disminuir a lo largo del ciclo de cultivo, pues hay una tendencia a eliminar a las especies de selva madura del sistema; por otro, los resultados también indican que los productores pueden enriquecer sus cafetales con especies tanto cultivadas introducidas como nativas de otras regiones de México. Pero, esto debe ser analizado en el contexto del desarrollo del sistema.

Perspectivas de investigación: preguntas relevantes a ser exploradas

Por sus características biológicas, culturales e históricas, por su importancia para la conservación de la diversidad vegetal en áreas deforestadas y por la gran diversidad de ecosistemas y condiciones ambientales que existen en las regiones cafetaleras (Moguel y Toledo, 1999), las plantaciones rústicas de café son agroecosistemas modelo para el estudio de las interrelaciones entre las sociedades y culturas tradicionales y la naturaleza, y de los factores humanos y ambientales que afectan la diversidad de especies. A pesar de ello, estos sistemas han sido poco estudiados en México. Esta tesis amplía el conocimiento sobre la diversidad vegetal de las plantaciones rústicas de café y sobre su influencia en la dinámica del paisaje, al aportar evidencias sobre el papel de estos sistemas en la conservación de especies vegetales y en la recuperación y mantenimiento de la cobertura vegetal en áreas deforestadas. Sin embargo, hay algunas preguntas relevantes que merecen ser investigadas que por limitaciones de tiempo y recursos no pudieron ser abordadas en esta tesis, pero que contribuyen a la apertura de una línea de investigación promisorio.

Como se pudo evaluar en esta tesis, la construcción de los cafetales rústicos es un proceso complejo de manejo de las especies de plantas presentes en una parcela. Estas especies presentan grados distintos de manipulación antropogénica en función de su status cultural (toleradas, promovidas y cultivadas). No obstante, no solamente los individuos juveniles y adultos son manejados intensivamente, sino que las plántulas también son seleccionadas y protegidas activamente en las parcelas de cafetal. Por esto, es necesario investigar la dinámica de la comunidad de plántulas en el contexto de la dinámica temporal de los cafetales. Esto podría ayudar a profundizar el entendimiento del proceso de depuración y homogeneización de la estructura florística de los cafetales revelados en este estudio. También es necesario analizar la percepción y el conocimiento de los

campesinos sobre las plántulas, para entender qué tanto pueden diferenciarlas y con esto manipular la sucesión conscientemente en un cafetal.

Otra pregunta relevante a analizar en el futuro es cómo se da la dinámica del paisaje en áreas cafecultoras indígenas bajo diferentes patrones de evolución demográfica y con diferentes historias de introducción del cultivo. Esto es importante para probar si el café también ha modificado positivamente los cambios en la cobertura forestal en áreas en las que la introducción del aromático ha sido más reciente. También es necesario analizar si el café juega un papel similar en otras regiones indígenas y no indígenas donde también exista una presión social sobre la tierra debido al incremento demográfico, como en Los Altos de Chiapas. Varios estudios a microescala ayudarían a generar un cuadro más amplio de la dinámica del paisaje, de los procesos de deforestación y de regeneración, en áreas cafetaleras del país como un todo. Esto es particularmente importante para corroborar el papel que estas áreas tienen en la conservación ecológica, como puede ser el secuestro de carbono atmosférico.

Consideraciones finales

Las plantaciones rústicas de café pueden ser importantes reservorios de la diversidad de especies en áreas muy deforestadas, contribuyendo al mantenimiento de paisajes heterogéneos y a la conservación de especies vegetales leñosas. Pero es el conjunto de cafetales heterogéneos y variables, en el contexto de un mosaico del paisaje, lo que tiene un valor importante para la conservación de la diversidad.

Por otro lado, para evaluar el papel de estos sistemas para la conservación no es suficiente hacer inventarios biológicos puntuales en un pequeño número de parcelas, sin considerar la variabilidad espacial y la dinámica temporal o evolución del sistema, es decir, analizar el recambio de especies entre parcelas (β diversidad) y las diferentes etapas de desarrollo por las que pasa un cafetal rústico. Ésta es una consideración importante para hacer más robustos, por ejemplo, los "sellos verdes" o de café amigable con la diversidad biológica, que han crecido en los últimos años.

No se puede pensar en la conservación de la diversidad de especies leñosas de un cafetal sin considerar el efecto del manejo de las especies de plantas llevado a cabo por el campesino a lo largo del tiempo, ya que puede haber un proceso de depuración de especies en el curso del desarrollo del sistema. Además, hay que considerar que este proceso puede ser compensado si el cafetal es abandonado o enriquecido, una hipótesis que también necesita ser puesta a prueba. Asimismo, con las crisis del precio del café existe el riesgo, aunque menor, de que los cafetales rústicos sean sustituidos por sistemas con menor valor para la conservación, con impactos adversos para la diversidad biológica y el ambiente. Tal riesgo es reducido porque en muchas áreas indígenas cafetaleras operan instituciones locales de regulación del manejo de recursos naturales, también existe un proceso de organización socioproductiva y la adopción de la cafecultura orgánica. Estos factores pueden funcionar como un "buffer" para la actividad cafetalera contra dichas crisis de precios, aumentando la probabilidad de que las plantaciones rústicas se mantengan.

Es necesario tomar en cuenta que hay áreas donde tales instituciones y procesos pueden no estar operando, sobre todo, donde las reformas del artículo 27 de la Constitución Mexicana han sido adoptadas, modificando dramáticamente el tipo de tenencia de la tierra, de ejidos y comunidades hacia propiedades privadas. En estas áreas pueden haber cambios abruptos de uso del suelo, en los periodos prolongados de crisis de mercado del café, como el que se dio en los últimos años, lo que significaría un aumento en la tasa de deforestación y un aumento en la pérdida de diversidad biológica. Por eso, se recomienda que tomar medidas en dos direcciones. Primeramente, se deben establecer políticas públicas para el sector cafetalero, estas políticas deben contemplar el apoyo al sector de pequeños productores, particularmente, a las organizaciones consolidadas de pequeños productores, y en las que se consideren programas crediticios, y programas que impulsen el incremento del consumo interno, la promoción y elaboración de sellos verdes nacionales, y programas de diversificación de la sombra con especies nativas. En segundo lugar, hay que fortalecer las instituciones tradicionales locales que en muchos casos impiden la sobreexplotación de los recursos o son capaces de detectar problemas ambientales y tomar medidas colectivas para resolverlos. Para ello, es fundamental fortalecer las autonomías de los pueblos indígenas y crear mecanismos para combatir la reconcentración de la tierra en propiedades privadas.

En síntesis, la actividad cafetalera puede incrementar la calidad de vida en las comunidades indígenas productoras de café. El impulso a la cafecultura diversificada con especies nativas locales, el apoyo gubernamental al sector cafetalero indígena y campesino, así como la promoción del consumo interno y la certificación ecológica del café, son elementos que pueden reforzar la conservación de la diversidad biológica y la regeneración de la cubierta forestal en áreas deforestadas de México. Todo ello puede tener implicaciones ambientales positivas cuanto a los servicios ecológicos prestados por estos sistemas agroforestales, tales como: la captura de carbono atmosférico, la protección de cuencas, la conservación de recursos hídricos y de los suelos, a la vez que promueven el desarrollo socioeconómico en las áreas más marginadas del país.

CAPITULO VIII

LITERATURA CITADA EN LOS APARTADOS

GENERALES

Literatura citada en los apartados

- Alcorn, J. B. 1984. Development policy, forest and peasant farms reflections on Huastec managed forests' contributions to commercial production and resource conservation. *Economic Botany* 38: 389-406.
- Alcorn, J. B. y Toledo, V. 1998. Resilient resource management in Mexico's forest ecosystems: the contribution of property rights. In Berkes, F. & Folke, C. (eds), *Liking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 216-249.
- Alexiades, M. N. (ed.). 1996. *Ethnobotanical research: a field manual*. The New York Botanical Garden. New York, N.Y.
- Altieri, M. A. 1995. Agroecología: Creando sinergia para una agricultura sostenible. Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales. *Cuaderno de Trabajo 1*. Morelia. 63p.
- Altieri, M. y Nestel, D. 1992. The weed community and Mexican coffee agroecosystems: effect of management upon plant biomass and species composition. *Acta Oecologica* 13: 715-726.
- Anta, S. F. (coord.). 1992. *Ecología y manejo integral de recursos naturales en la región de la Chinantla*. PAIR - UNAM y Fundación Friedrich Ebert. México, D.F.
- Berkes, F. y Folke, C. (ed.). 1998. *Liking social and ecological systems*. Cambridge: Cambridge University Press. Cambridge.
- Beaucage, P. 1996. Integrating innovation: the traditional Nahua coffee-orchard (Sierra Norte de Puebla, México). *Journal of Ethnobiology* 17:45-67.
- Beer, J., R. Muschler, D. Kass and E. Somarriba. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforest Systems* 38: 139 - 164.
- Brown, S. y Lugo, A. 1994. Rehabilitation of Tropical Lands: A Key to Sustaining Development. *Restoration Ecology* 2: 97 - 111.
- Brown y Pearce, 1994. *The Causes of Tropical Deforestation: The economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of the tropical forest*. UBC Press. Vancouver.
- Caballero, J. 1994. La dimension culturelle de la diversité végétale au Mexique. *Journal D'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, nouvelle série 36:145-158.
- Carrol, C. R., J. H. Vandermeer and P. Rosser. 1990. *Agroecology*. McGraw-Hill, New York, N.Y.
- Carrol, C. R., A. M. Dix and J. S. Kettler. 1998. *Tropical agroecology and conservation ecology: to paths to sustainable development*. In: Conservation Biology. For the coming decade. Edited by Pegey L. Fiedler and Peter M. Kareiva. 2a ed. Chapman & Hall, London.
- Casas, A., M. del Carmen Vázquez, J. L. Viveros y J. Caballero. 1996. Plant management Among the Nahua and the Mixtec in the Balsas River Basin, Mexico: an Ethnobotanical Approach to the Study of Plant Domestication. *Human Ecology* 24:455-478.
- Cairns, M. A., P. K. Haggerty, R. Alvarez, B. H. J. De Jong y I. Olmsted.(2000). Tropical Mexico's recent land use change: a region's contribution to the global carbon cycle. *Ecological Applications* 10: 1426-1441.

- Colwell, R.K. y J.A. Coddington. 1996. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Hawksworth, D.L. (ed.). *Biodiversity. Measurement and Estimation*. pp. 101-118. Alden Press, Oxford.
- Connell, J. H. y Slatyer, R. D. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist* 111:1119-1144.
- Costanza, R. 1993. Developing ecological research that is relevant for achieving sustainability. *Ecological Applications* 3: 579-581.
- Crawley, M. J. 1993. *Glim for ecologists*. Blackwell Scientific. Oxford.
- Diamond, J. M. y M. E. Gilpin. 1982. Examination of the "Null" Model of Connor and Simberloff for Species Co-Occurrences on Islands. *Oecologia* 52:64-74.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada, D. Merritt Jr. 1993. Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, México. *Ecogeography* 16: 309-318.
- Forester, J. D y Machlis, G. E. Modeling human factors that affect the loss of biodiversity. 1996. *Conservation Biology* 1:1253-1263.
- Gadgil, M. 1987. Diversity: cultural and biological. *Trends in Ecology and Evolution* 2:369-373.
- Gadgil, M., Berkes, F. y Folk, C. 1993. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. *Ambio* 22:151-156.
- Gallina, S., S. Mandujano y A. Gonzalez-Romero. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* 33:13-27.
- Gaston, K. J. (ed.) 1996. *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference*. Blackwell Science, London.
- Gaston, K. J. y Spicer, J. I. 1998. *Biodiversity: an Introduction*. Blackwell Science, London.
- Gauch, H. G. Jr. 1986. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 298 pp.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanical Garden* 75 (1): 1-34.
- Gentry, A. H., 1995. *Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests*. In: *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. Biodiversity Conservation Symposium. The New York Botanical Garden. 21 - 26 June. 1993. Edited by S. P. Churchill, H. Bulsev, E. Forero and J. L. Luteyn. 702 pp.
- Gliessman, S. R. 1993. *Managing Diversity in Traditional Agroecosystems of Tropical México*. In: *Perspectives on biodiversity: case studies of genetic resource conservation and development*. Edited by C. S. Potter, J. I. Cohen and D. Janczewsk.
- Gómez-Pompa, A. y A. Kaus. 1992. Taming the wilderness myth. *BioScience* 42:271-279.
- González-Espinosa, M. Quintana-Ascencio, P. F. Ramírez-Marcial, N. y Gaytán-Guzmán, P. Secondary succession in disturbed Pinus-Quercus forest in the highlands of Chiapas, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2:351-360. 1991.

- Gilpin, M. E. y J. M. Diamond. 1982. Factors Contributing to Non-Randomness in Species Co-Occurrences. *Oecologia* 52:75-84.
- Grainger, A. 1992. Controlling Tropical Deforestation. Earthscan. London.
- Greenberg, R., P. Bichier, A. C. Angon y R. Reitsma. 1997. Bird populations in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala. *Conservation Biology* 11:448-459.
- Greenberg, R., P. Bichier, A., J. Sterling 1997a. Bird populations and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas. *Biotropica* 29(4):501-514.
- Hart, R. D. 1984. *Agroecosystems determinants*. In: Agricultural ecosystems. Ed. B. Stinner, R. Lowrance and H. Garfield J. By John Wiley & Sons Inc. USA.
- Holling, C. S. Berkes y F. Folke, C. (1998). Science, sustainability and resource management. In Berkes, F. & Folke, C. (eds), *Liking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press. Cambridge. pp. 342-62.
- Ibarra-Nuñez, 1990. Los artrópodos asociados a cafetos en un cafetal mixto del Soconusco, Chiapas, México. Variedad y abundancia. *Folia Entomológica Mexicana* 79:207-231.
- INEGI, 1991. *Resultados definitivos tabulados básicos*. Tomo II. México, D.F.
- ITC (1998) *The Integrated Land and Water Information System ILWIS Version 2.2 for Windows, User's Manual*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.
- Kaimowitz, D. y A. Angelsen. (1998). *Economic models of tropical deforestation: a review*. Center for International Forestry Research, Bogor.
- Jiménez - Ávila, E. 1979. Estudios Ecológicos del Agroecosistema Cafetalero: La estructura de los cafetales de una finca cafetalera en Coatepec, Ver, Mexico. *Biotica* 4:1-12.
- Jiménez - Ávila. 1980. Producción de materia orgánica en un bosque caducifolio de la zona cafetalera de Xalapa, Ver, Mexico. *Biotica* 5 (4) : 157-167.
- Lubchenco J., A. M. Olson, L. B. Brubaker, S. R. Carpenter, M. M. Holland, S. P. Hubbel, S. A. Levin, J. A. MacMahon, P. A. Matson, J. M. Melillo, H. A. Mooney, C. H. Peterson, H. R. Pullian, L. A. Real, P. J. Regal, y P.G. Risser. 1991. The Sustainable Biosphere Initiative: an ecological research agenda. *Ecology* 72: 371-412.
- Lugo, A. E. 1988. Estimating Reduction in the Diversity of Tropical Forest Species. P. 58-70. In: *Biodiversity*. E. O. Wilson (ed.) National Academy Press. Washington, D.C. 521 pp.
- McNeely, J. A. 1994. Lessons from the past: Forest and Biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 3:3-20.
- McNeely, M. Gadgil, C, Levéque, C. Padoch y K. Redford. 1995. *Human Influences on Biodiversity*. In: Global Biodiversity Assessment. V. H. Heywood and R. T. Watson. Cambridge University Press. Cambridge.
- Manly, B. F. J. 1997. *Multivariate Statistical Methods: A primer*. 2a ed. Chapman & Hall. 215 p.
- Martin, G. J. 1995. *Ethnobotany: a methods manual*. Chapman & Hall.
- Meave del Castillo, J. 1990. Estructura y composición de la selva alta perennifolia de los alrededores de Bonampak. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 147 pags.

- Meave, J. C. Gallardo, A. Rincón, A. Otero y G. Ibarra Manrínquez. 1996. La vegetación de la Chinantla, Oaxaca, México. En: Libro de Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica. p 749. Mar del Plata, Argentina.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Groom Helm, London. 179 p.
- Majomut, 1993. La Unión Majomut: una organización de productores que construye su propio camino. Documento mimeografiado.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. 1996. El café en México: ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* 43 : 40-55.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico: A review. *Conservation Biology* 13: 1-11.
- Murphy, E. C. 1995. La Selva y la atracción magnética de los mercados: El cultivo orgánico del café en México. *Desarrollo de Base* 19 (1): 27-34.
- Nestel, D. 1995. Coffee in Mexico: international market, agricultural landscape and ecology. *Ecological Economics*. 15 : 165-178.
- Nestel, D. y F. Dickschen. 1990. Foraging kinetics of ground ant communities in different Mexican coffee agroecosystems. *Oecologia* 84:58-63.
- Nestel, D., F. F. Dickschen y and M. A. Altieri. 1993. Diversity patterns of soil macro-coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2:70-78.
- Noble, I. y Dirzo, R. 1997. Forests as human dominated ecosystems. *Science* 277:522-525.
- Nolasco, M. 1985. *Café y Sociedad en México*. Centro de Ecodesarrollo, México.
- Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000. Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography* 20: 17-42.
- Ostrom, E. 1995. *A framework relating human "driving forces" and their impact on biodiversity*. Workshop in Political Theory and Policy Analysis. Indiana.
- Pahl - Wostl, C. 1995. *The Dynamic Nature of Ecosystems. Chaos and Order Entwined*. John Wiley & Sons.
- Parra-Vázquez, M. R. 1993. Estructura económica y desarrollo campesino en la región de los Altos de Chiapas. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.
- Parra-Vázquez, M. R. 1993b. La producción silvoagropecuaria de los indígenas de los Altos de Chiapas. En: *Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales*. E. Leff & J. Carabias (coord.). Ed. CICH y Miguel Angel Porrúa. México. p 445 - 487.
- Perfecto, I, R. Rice, R. Greenberg y M. Van der Voort. 1996. Shade Coffee: A disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience* 46: 598 - 608.
- Perfecto, I.J., Vandermeer, P. Hanson y V. Cartin. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6:935-945.
- Pimentel, D. , U. Stachow, D. A., Takacs, R. W. Brubaker., A. R Dumas., J. J. Meaney, J. A. S O'Neil, D. E. Onsi y D. B. Corzilius 1992. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. *BioScience*. 42: 354 - 362.
- Pickett, S. T. A. Collins, S. L. y Armesto, J. J. 1987. Models, Mechanisms, and pathways of succession. *Bot Rev.* 53:335-371.

- Purata, S. y Meave, J. 1993. *Agroecosystems as an alternative for biodiversity conservation of forest remnants in the tropical landscapes: benefits and policy implications*. Symposium abstracts (Washington D. C.), Smithsonian Migratory Bird Center.
- Rao, M. R., P. K. R., Nair y C. K. Ong. 1998. Biophysical Interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38: 3 - 50.
- Rendón-Rojas, M. G. 1994. estudio de la herpetofauna en la zona cafetalera de Santiago Jalahui, Oaxaca. Tesis de Lic. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
- Rendón, B. R., y Turrubiarde, N. G. 1985. *El cultivo del café : caracterización del manejo y estructura de cuatro huertos en el ejido "El Quemado", municipio de Atoyac de Alvarez, Guerrero*. Tesis de Licenciatura. UNAM. México.
- Reyment, R. y Jöreskoj, K. J. 1996. *Applied Factor Analysis in the Natural Sciences*. Cambridge University Press. 371 p.
- Rice, R. y Ward, J. R. 1996. Coffee, conservation, and commerce in the western hemisphere: How individuals and institutions can promote ecologically sound farming and forest management in Northern Latin America. Smithsonian Migratory Bird Center and Natural Resources Defense Council. Washington. D.C. 47 pp.
- Rice, R. A. 1997. The use patterns and history of coffee in eastern Chiapas, Mexico. *Agriculture and Human Values* 14:127-143.
- Romero-Romero, M. A. 1999. Sucesión y composición florística en acahuals derivados de la selva húmeda de montaña de Santa Cruz Tepetotutla. Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Romero-Hernández D. y J. López Blanco. 2000. Producción e integración de fotomapas digitales para la evaluación del crecimiento urbano en el Municipio de Texcoco, Estado de México: Período 1970-1989-1997. *Invest. Geográf. Boletín del Instituto de Geografía* 42:48-66.
- Rzedowski, J and Palacios-Chávez R.. 1977. El bosque de *Engelhardtia* (*Oreomunnea*) *mexicana* en la región de La Chianatla (Oaxaca, México): una reliquia del Cenozoico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 36: 93-123.
- Santoyo, V. H. C., S. Díaz, y B. Rodríguez. 1996. *Sistema Agroindustrial Café en México: diagnóstico, problemática y alternativas*. Ed. UACh, Chapingo.
- Sarukhán K., J. 1968. Los tipos de vegetación arbórea de la zona cálido - húmeda de México. En: Pennington, T. D. y J. Sarukhán. Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México. INIF - FAO. México. Pags. 3 - 46.
- Saunders, D. A, R. J. Hobbs, y C. R. Margules. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- Silvertown, J. y J. B. Wilson. 1994. Community structure in a desert perennial community. *Ecology* 75:409-417.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1995. *Biometry*. 3ª ed. W. H. Freeman and Company. NY. 887 pp.
- Soto-Pinto, L. Y. Romero-Alvarado, J. Caballero y G. Segura-Warnholtz. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in northern Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 49(3-4): 977-987.
- Stone, L. y A. Roberts. 1990. The checkerboard score and species distributions. *Oecologia* 5: 74-79.

- Stone, L. y A. Roberts. 1992. Competitive exclusion. or species aggregation?. An aid in deciding. *Oecologia* 91:419-424.
- Thoms, C. A. y Betters, D. R. 1998. The pontetial of forest management in Mexico's forest ejidos. *Forest Ecology and Management* 103:149-157.
- Todd, J. 1988. Restoring Diversity: The search for a social and economic context. In : Biodiversity. Ed. E. O. Wilson. National Academy Press. Washington, DC.
- Toledo, V. M. 1990. *The ecological rationality of peasant production*. En : Agroecology and Small Farm Development. Altieri Miguel A. and Susanna B. Hecht (ed.). CRC Press, Inc. Florida, pag. 53 - 60.
- Toledo, V. M. 1991. *El juego de la supervivencia: un manual para la investigacion etnoecologica en Latinoamerica*. Berkeley, CA Consorcio Latiamericano sobre Agroecología y Desarrollo.
- Toledo, V. M. 1992. What is Ethnoecology?: origins, scope and implications of arising discipline. *Etnoecológica* 1: 5-21.
- Toledo, V. M.. 1995. Campesinidad, Agroindustrialidad, Sostenibilidad: los fundamentos ecológicos y históricos del desarrollo rural. Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura e los Recursos Naturales. *Cuaderno de Trabajo 3*. Morelia, México. 29 p.
- Toledo, V. M.. 2000. Indigenous peoples and biodiversity. in *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 1, ed. S. Levin, pp. 1181-1 a 1181. Academic Press, Princeton.
- Toledo, V.M., Batis, A. I., Becerra, R., Martinez, E. y Ramos, C. H. 1995. "La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México". *Interciencia* 20: 177-86.
- Uhl, C. 1988. *Restoration of degraded lands in the Amazonian Basin*. In: Biodiversity. Ed. E. o. Wilson. National Academy Press. Washington, DC.
- Vandermeer, J. y Perfecto, I. 1997. The agroecosystem: A need for the conservation Biologist's Lens. *Conservation Biology*. 11: 591 - 592.
- Várèse, S. y Martin, G. 1993. *Ecología y Producción en dos áreas indígenas de México y Perú: experiencias y propuestas para un desarrollo culturalmente sustentable*. En: Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales. E. Leff & J. Carabias (coord.). Ed. CICH y Miguel Angel Porrúa. México. D.F. p. 717 - 740.
- Wilson, E. O. 1988. The Current State of Biological Diversity. P. 3-18. In: *Biodiversity*. E. O. Wilson (ed.) National Academy Press. Washington. D.C. 521 pp.
- Wilson, J. B. 1987. Methods for detecting non-randomness in species co-occurrences: a contribution *Oecologia* 73:579-582.
- Wilson J.B. 1988. Community structure in the flora of islands in Lake Manapouri, New Zealand. *Journal of Ecology*. 76: 1030-1042
- Wilson, J. B., H. Gitay y A. D. Agnew. 1987. Does niche limitation exist?. *Functional Ecology* 391-397.
- Wright, S. J. y C. C. Biehl. 1982. Island biogeographic distributions: testing for random, regular, and aggregated patterns of species occurrence. *The American Naturalist* 119:345-357.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2^a ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.