

00376 2
2ej

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



ESTUDIO DE LA RECUPERACION DE LA VEGETACION
Y LA FERTILIDAD DEL SUELO EN TERRENOS
SUJETOS AL SISTEMA DE PRODUCCION AGRICOLA
TLACOLELE, EN EL MUNICIPIO DE ALCOZAUCA,
GUERRERO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(**ECOLOGIA Y CIENCIAS AMBIENTALES**)
P R E S E N T A :
FRANCISCO JAVIER DIAZ PEREA

1994

DIRECTOR (A) DE TESIS: M. EN C. MA. JULIA CARABIAS LILLO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

**Con mucho cariño a mis padres
y hermanos**

A Sara y Aleyda con amor

A los compañeros del PAIR

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi gratitud a todas las personas que hicieron posible este trabajo. En primer lugar, quiero agradecer a Julia Carabias su apoyo y entusiasmo para dirigir esta tesis, gracias por las pacientes revisiones de los resultados y las ricas discusiones que durante este trabajo tuvimos.

Gracias a la Dra. Silvia Elena Purata, a los Maestros en Ciencias Víctor Manuel Toledo, Consuelo Bonfil, Alejandro Casas y Roberto Cruz por las detalladas revisiones de los borradores y por sus valiosos comentarios y sugerencias para mejorar el trabajo. Quiero expresar un profundo agradecimiento al Dr. Jorge Meave por la revisión crítica del trabajo, así como por sus importantes observaciones al mismo.

Este trabajo fue posible gracias a la participación de un gran número de personas. Rafael Obregón y Adolfo González despertaron mi interés para abordar el estudio de este sistema agrícola. Ellos me acompañaron en los recorridos por el municipio para definir el área de estudio y en algunos muestreos de la vegetación, durante ese tiempo me transmitieron sus conocimientos acerca de los sistemas de producción en el municipio y mantuvimos provechosas reflexiones para "tratar de entender" al tlacolola. En particular con Rafael mantuve un constante intercambio de opiniones conforme avanzó el trabajo.

En el trabajo de campo me apoyaron Lydia Martínez, Virginia Cervantes, Vicente Arriaga, Anaíramiz Aranguren, Matias Martínez, Guillermo, Margarita y Sara, gracias por su valiosa ayuda y por compartir la montaña. Alfredo Anador participó en los muestreos del suelo y me ayudó identificando parte del material vegetal, estoy en deuda con él.

Por supuesto quiero agradecer al pueblo de Alcozauca y en particular a los habitantes de Cerro Azul la ayuda y el conocimiento que me brindaron, me apoyaron en múltiples aspectos lo cual fue vital para este trabajo.

También agradezco a todos los miembros del equipo Montaña del PAIR, por su constante aliento para esta tesis y por lo que he aprendido con ellos durante las provechosas discusiones sostenidas.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
INDICE GENERAL	ii
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE TABLAS	vii

I. INTRODUCCION 1

1. Consideraciones acerca de los sistemas de producción tradicionales y la producción agrícola en México. 5
2. La producción agrícola del municipio de Alcozauca y la importancia estrategica del tlacolole 7
3. La sucesión: un enfoque para el estudio del tlacolole 12
4. Objetivos e hipótesis de trabajo 16

II. EL MEDIO NATURAL EN EL MUNICIPIO DE ALCOZAUCA 17

III. METODOLOGIA 22

1. Selección de las parcelas de estudio 22
2. Muestreo de la vegetación 25
- 2.1 Evaluación del retoño de tocones y crecimiento de *Quercus magnoliifolia* 26
3. Muestreo del suelo 28
4. Acopio de información sobre el tlacolole 29
5. Análisis de la información 32
- 5.1 Vegetación 32
- 5.2 Suelos 34
- 5.3 Erosión del suelo 34
- 5.4 Relación suelo-vegetación 35

IV. RESULTADOS 36

1. Estrato herbáceo 36
 - 1.1 Representatividad del muestreo 36
 - 1.2 Composición florística 36
 - 1.3 Análisis multivariado 42
 - 1.4 Estructura y diversidad 53
2. Estrato leñoso 57
 - 2.1 Representatividad del muestreo 57
 - 2.2 Florística 57
3. Estructura 65
4. Regeneración vegetativa en la comunidad 70
5. Crecimiento de *Quercus magnoliifolia* 74
6. Suelo 74
 - 6.1 Descripción de los perfiles 74
 - 6.2 Características físico-químicas de los suelos 78
 - 6.3 Erosión 83
7. Relación suelo-vegetación 85
8. Descripción de los estadios de recuperación de las parcelas 89

V. DISCUSIÓN 91

1. El diseño 91
2. Muestreo de la vegetación 91
3. Técnicas empleadas en el análisis de los datos de la vegetación 92
4. Florística 93
5. Estructura 96
6. Regeneración 99
7. Crecimiento de *Quercus magnoliifolia* 101
8. Desarrollo de la vegetación 101
9. Suelo y relación suelo-vegetación 102
10. Perspectivas para el tlacolole 106

VI. REFERENCIAS 110

Anexo 1 118

Anexo 2 122

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Alcozauca en el estado de Guerrero	18
Figura 2. Distribución de pendientes en el municipio de Alcozauca, Guerrero	19
Figura 3. Relieve característico de la zona de estudio	20
Figura 4. Localización de Cerro Azul y ubicación de las parcelas estudiadas	24
Figura 5. Relaciones área acumulada-número acumulado de especies en el estrato herbáceo	37
Figura 6. Relaciones área acumulada-varianza acumulada de la cobertura del estrato herbáceo	38
Figura 7. Dendrograma de la clasificación aglomerativa basada en el índice de similitud de Jaccard, método de aglomeración promedio no ponderado	43
Figura 8. Dendrograma de la clasificación aglomerativa basada en el índice de Czekanowskii, método de aglomeración promedio no ponderado	44
Figura 9. Ordenación típica de los cuadros de un transecto. La ordenación se realizó con un análisis de correspondencia	46
Figura 10. Ajuste de los resultados de los dos primeros ejes del análisis de correspondencia basado en la información florística del estrato herbáceo de las parcelas.	47
Figura 11. Ordenación de los cuadros del muestreo del estrato herbáceo con un análisis de correspondencia sin tendencia	48
Figura 12. Clasificación divisiva (TWINSpan) de los cuadros de muestreo del estrato herbáceo	50
Figura 13. Grupos de cuadros definidos con la clasificación divisiva Twinspan, localizados en el esquema de ordenación que se produce con el análisis de correspondencia sin tendencia	51
Figura 14. Diversidad promedio de los grupos de cuadros con respecto a su posición en el eje 1 del análisis de correspondencia sin tendencia (DECORANA)	56
Figura 15. Relaciones área acumulada-número acumulado de especies en el estrato leñoso	58

Figura 16. Relaciones área acumulada-varianza acumulada de la cobertura del estrato leñoso	59
Figura 17. Ordenación típica de la información del estrato leñoso en un transecto. La ordenación se realizó con un análisis de correspondencia	62
Figura 18. Ordenación de las parcelas a partir de la información florística del estrato leñoso. La ordenación se realizó con un análisis de componentes principales, centrado para cada especie	63
Figura 19. Perfil de la vegetación en una parcela juvenil e histogramas de las clases de altura de los individuos leñosos	66
Figura 20. Perfil de la vegetación en la parcela intermedia e histogramas de las clases de altura de los individuos leñosos	67
Figura 21. Perfil de la vegetación en la parcela sin uso agrícola e histogramas de las clases de altura de los individuos leñosos	68
Figura 22. Distribución de frecuencias de la densidad de individuos leñosos mayores de 1 m en cada parcela	71
Figura 23. Ordenación de las parcelas a partir de las variables de la estructura de la vegetación. La ordenación se realizó con un análisis de componentes principales centrand y estandarizando cada variable	72
Figura 24. Ordenación de las parcelas a partir de las características fisicoquímicas del suelo. La ordenación se realizó con el método de componentes principales centrand y estandarizando cada variable	80
Figura 25. Correlación entre el primer componente principal de la ordenación basada en la estructura de la vegetación y el de las características del suelo	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los ambientes tlacoleros	2
Tabla 2. Sistemas de producción de maíz en el municipio de Alcozauca, Guerrero	9
Tabla 3. Clasificación del sistema tlacolole entre la población mixteca	11
Tabla 4. Escala de cobertura utilizada en el registro del estrato herbáceo	27
Tabla 5. Características registradas en cada horizonte del suelo durante el levantamiento del perfil	30
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos evaluados en las muestras de suelo y técnicas de laboratorio empleadas	31
Tabla 7. Número de especies por familia en cada condición	39
Tabla 8. Distribución de las especies en categorías de cobertura (a) y frecuencia (b) en cada condición	40
Tabla 9. Valores de importancia de las especies con una frecuencia superior a 0.3 en cuando menos una condición	41
Tabla 10. Cobertura relativa de las principales especies en cada grupo que se obtiene con la clasificación divisiva Twinspan	52
Tabla 11. Número de especies y cobertura relativa (C.R.) de las principales familias en los grupos de cuadros que se obtienen con la clasificación Twinspan	54
Tabla 12. Mediana del número de especies y porcentaje de cobertura del estrato herbáceo en los grupos de cuadros que se obtienen con la clasificación Twinspan	55
Tabla 13. Promedio del índice de diversidad de Shannon para los grupos de cuadros que se obtienen con la clasificación divisiva (Twinspan)	56
Tabla 14. Número de especies por familia encontrados en el estrato leñoso	60
Tabla 15. Índice del valor de importancia de las especies más representativas del estrato leñoso en cada parcela	64
Tabla 16. Variables de la estructura de la vegetación consideradas para la ordenación de las parcelas	69
Tabla 17. Porcentaje de individuos leñosos que retoñaron de tocón, en las parcelas en descanso	73

Tabla 18. Porcentaje de la población de <i>Quercus magnoliifolia</i> que retoñaron de tocones en las parcelas en descanso	73
Tabla 19. Porcentaje de tocones que no retoñaron en las parcelas en descanso	75
Tabla 20. Altura promedio (m) de los individuos marcados de <i>Quercus magnoliifolia</i> en cada fecha de registro	75
Tabla 21. Características físicas de los suelos en cada parcela	76
Tabla 22. Características del perfil del suelo en cada parcela	77
Tabla 23. Resultados de los análisis químicos en cada parcela	79
Tabla 24. Prueba de t de Student para la comparación de los parámetros fisicoquímicos entre las profundidades 0-10 y 10-20 cm de cada parcela	82
Tabla 25. Calidad agronómica de los suelos en el área de estudio	84
Tabla 26. Erosión del suelo en la zona de estudio (T/ha/año) considerando tres escenarios	86
Tabla 27. Estadísticos de la correlación múltiple entre nitrógeno total, cobertura del dosel, densidad de individuos leñosos y cobertura de herbáceas	88
Tabla 28. Estadísticos de la correlación lineal porcentaje de materia orgánica-cobertura del dosel	88
Tabla 29. Ciclo de vida, hábitat y forma de crecimiento de las especies herbáceas	95

I. INTRODUCCION

La región de La Montaña del estado de Guerrero está considerada como una de las zonas de mayor marginación socioeconómica de México. Habitada por distintos grupos étnicos (mixtecos, tlapanecos y nahuas), su producción agrícola se dedica básicamente al autoconsumo. En parte, el atraso económico de la región se explica por las fuertes limitaciones de la mayoría de sus ecosistemas para aplicar una agricultura tecnificada (Obregón, 1989). No obstante, éste ha sido el escenario natural con el que históricamente han interactuado los indígenas de la región, desarrollando tecnologías tradicionales que aplicadas en un contexto particular, les han permitido subsistir por siglos sin provocar un notable deterioro del ambiente por el uso de sus recursos naturales.

La existencia de estas prácticas tradicionales de manejo de los ecosistemas y de una riqueza de recursos vegetales poco conocidos, hacen de La Montaña un área que puede proporcionar enseñanzas valiosas para el uso y manejo de los recursos naturales (Viveros y Casas, 1985). En este contexto, el Programa de Aprovechamiento Integral de los Recursos Naturales de La Montaña de Guerrero viene estudiando los sistemas de producción agrícola presentes en el municipio de Alcozauca. Entre los más importantes se encuentra un tipo de agricultura itinerante conocida en la región con el nombre de "tlacolole".

Obregón (1989) define al tlacolole como un sistema basado en la roza-tumba-quema de la vegetación como labor esencial para la preparación del terreno. Se practica en laderas con fuertes pendientes (mayores de 25°), en terrenos que pueden ser o no pedregosos. Altitudinalmente se le encuentra entre los 1,400 y 2,800 m s.n.m., abarcando todos los mesoclimas y una gran parte de las litologías existentes en la zona. Tradicionalmente, el cultivo se realiza durante dos (excepcionalmente tres) ciclos agrícolas consecutivos. Después del uso agrícola, los terrenos pasan por un periodo de descanso antes de que vuelvan a utilizarse. Este periodo oscila entre 3 y 20 años y guarda una estrecha relación con las condiciones ambientales en las que se establece (Tabla 1).

Al igual que otras variantes de agricultura itinerante, el tlacolole se basa en la rotación de terrenos y requiere periodos de descanso adecuados para que se recupere la fertilidad de los suelos y se regenere la vegetación. Éstas son condiciones indispensables para mantener una producción a largo plazo, bajo condiciones ambientales limitantes. Obregón (1989) estableció la hipótesis de que el tlacolole implica el uso de técnicas muy precisas en el manejo de la

Tabla 1. Características de los ambientes ticololeros

	Clima	Litología	Altitud m s.n.m.	Vegetación	Calidad agrícola del suelo	Tiempo de descanso
Ambiente 1	A(C)w ₀ A(C)w ₁	Mosaico de calizas y yesos con limolitas	1200-1800	Bosque tropical caducifolio, en las partes altas asociado con encinos	Baja	3-5 años
Ambiente 2	(A)Cw _{1(w)} (A)Cw ₁	Toba volcánica	1700-2100	Bosque de pino- encino	Aptos cuando la pendiente es baja	5-10 años
Ambiente 3	(A)Cw ₁	Diversas asociaciones limolita-yesos calizas yesos y calizas-lutitas	1600-2200	Bosque de encino	Varía de acuerdo con la litología	5-10 años
Ambiente 4	(A)Cw ₁	Arenisca-lutita y areniscas	1600-2200	Bosque de pino- encino	Poco aptos	5-10 años
Ambiente 5	Cw ₂	Toba volcánica	1900-2500	Bosque de pino- encino	Existen con buena calidad	10-15 años
Ambiente 6	Cw ₂	Areniscas y lutitas	1900-2500	Bosque de encino y de pino-encino	Poco aptos	10-15 años
Ambiente 7	Cm	Toba volcánica	2500-2900	Bosque de pino y de encino	Existen con buena calidad	15-20 años

Elaborada con información de Obregón (1989).

vegetación y los suelos, las cuales buscan mantener elementos que permitan la regeneración de la vegetación y con esto aminorar el deterioro de los suelos en las áreas donde se lleva a cabo. Si bien el tlacolole permite obtener una producción de subsistencia en condiciones ambientales limitantes para la agricultura convencional, es razonable suponer que se trata de un sistema frágil que conduce al deterioro de los ecosistemas cuando se modifican sus principios de manejo.

En el municipio de Alcozauca, y posiblemente en otros municipios de la región, actualmente la población enfrenta la necesidad de incrementar la producción agrícola y esto ha conducido a una expansión del sistema y a cambios en la técnica tradicional tlacololera (por ejemplo: reducción en el tiempo de descanso e introducción de agroquímicos). Estas modificaciones han hecho del tlacolole un factor importante de deterioro ecológico. La expansión del sistema podría explicarse por el agotamiento de las áreas con vocación para desarrollar una agricultura basada en la roturación de los suelos, por lo que el tlacolole tal vez representa el único medio para incrementar la superficie agrícola del municipio.

La importancia relativa de este sistema se aprecia en las siguientes estimaciones: Obregón, et al. (en prensa) indican que en La Montaña ocupa alrededor de 7,500 ha (8.3% de la superficie cultivada) y estiman que aporta el 11% de la producción de maíz; Obregón (1989) calcula que en el municipio de Alcozauca aporta el 15% de la producción de maíz; García y González (1986) señalan que alrededor del 88% de la población del municipio de Ometepec depende de este sistema tradicional. Con base en estos datos, el tlacolole puede considerarse de interés para la economía de las comunidades indígenas, al menos en estas áreas del estado de Guerrero. No obstante, para las instituciones oficiales representa un factor de deterioro ecológico importante y un sistema poco productivo, de aquí que su incorporación a los programas de desarrollo agrícola para la región ha generado fuertes controversias (Obregón, 1989).

Ante esta polémica sobre la problemática social y ambiental en torno al tlacolole, no puede rechazarse y descalificarse a priori este sistema agrícola, por lo que se considera de gran importancia su estudio, en la perspectiva de evaluar en forma rigurosa la supuesta sustentabilidad de sus prácticas de manejo y así valorar el potencial productivo que este tipo de agricultura ofrece para el municipio de Alcozauca y la región de La Montaña.

En este contexto, Obregón (1989) realizó un estudio de este sistema en Alcozauca; describió las prácticas agrícolas tradicionales que se siguen y contribuyó al entendimiento de

algunos de los rasgos agronómicos, ecológicos y sociales del tlacolole. García y González (1986), por otra parte, plantearon un esquema de investigación con el fin de analizar algunos aspectos ecológicos del sistema en el municipio de Ometepe.

La presente investigación, realizada en el municipio de Alcozauca, espera contribuir al conocimiento del tlacolole analizando algunos elementos del manejo de este sistema y su relación con la restauración del agrosistema, lo cual es importante para comprender el funcionamiento de esta forma de agricultura itinerante.

1. CONSIDERACIONES ACERCA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION TRADICIONALES Y LA PRODUCCION AGRICOLA EN MEXICO

Una parte importante de la población rural de México, sobre todo los indígenas, ha basado su subsistencia en el uso diversificado de sus ecosistemas y en la aplicación de un conjunto de prácticas tradicionales de manejo que les permiten la apropiación de los recursos naturales. Para Hernández-X. (1980), estas prácticas favorecen un uso conservacionista o no destructivo de los recursos naturales, hipótesis que, de acuerdo con Toledo (1990), recientemente comienza a ser examinada de manera rigurosa.

La estrategia de uso diversificado de los recursos y sus prácticas tradicionales asociadas han sido menospreciadas por los programas de desarrollo rural, al considerárseles como un signo de atraso. A partir de la década de los cuarenta, las políticas oficiales para el agro mexicano han promovido la adopción de modelos tecnológicos especializados y altamente tecnificados, entre ellos los generados en la llamada "revolución verde", que se basan en la explotación de unos cuantos recursos y la subexplotación o destrucción de una gran cantidad de otros.

En países como México, una de las principales críticas que se hace a la adopción generalizada de esta tecnología moderna, es que las condiciones que se requieren para su implantación se reducen a pequeñas porciones del territorio nacional: áreas con topografía plana, suelos fértiles y profundos, recursos de agua seguros o altamente probables y ciclos climáticos bien establecidos (Wellhausen, 1977).

En este contexto, la aplicación de los paquetes tecnológicos modernos han permitido elevar los rendimientos en zonas muy particulares del país; sin embargo, su implantación total o parcial en otras áreas del territorio ha traído consecuencias negativas en el medio natural. Así, la generalización del modelo tecnológico moderno ha implicado el uso indiscriminado de agroquímicos, el empleo irracional de las reservas de acuíferos y una mayor intensidad en el uso del suelo, prácticas que en muchos casos son responsables de un gradual deterioro o la pérdida de diversos recursos naturales, como son: erosión, abatimiento de la fertilidad y salinización de los suelos; agotamiento de los mantos acuíferos, y contaminación de suelos y cuerpos de agua.

Ante esta panorámica, la producción agrícola en México enfrenta una realidad contradictoria, ya que "no sólo no ha resuelto el problema de la producción alimentaria con

la simple expansión de la frontera agrícola y la tecnificación, sino que con ello se está atentando contra los medios para la producción futura, mediante el impacto ecológico generalizado y la reducción del espectro genético de las especies cultivadas" (Caballero, 1978).

A lo anterior se agrega que aspectos como el crecimiento demográfico, la pobreza extrema (que obligan a una mayor intensidad en el uso del suelo) y la falta de una política institucional adecuada de apoyo a la agricultura de temporal, han provocado que aumente el riesgo de una caída en los rendimientos y de un mayor deterioro de los recursos naturales, como reflejo del desquebrajamiento cultural entre la tecnología tradicional y la dinámica de los ecosistemas naturales (Obregón, 1989).

Ante esta realidad, diversos autores han señalado que la solución a la problemática planteada por el actual modelo de desarrollo rural en el país, para el presente y futuro, involucra una compleja red de soluciones complementarias en lo económico, cultural, tecnológico y biológico (Viveros y Casas, 1985 y Toledo et al., 1985).

En relación con el aspecto tecnológico, se considera que para responder a la heterogeneidad ambiental del país debe contarse con una diversidad de opciones tecnológicas como base para el desarrollo de nuevos modelos para el uso sustentable de los recursos naturales. En este sentido, se ha propuesto revalorar a los sistemas tradicionales de producción (Nigh, 1983; Toledo et al., 1985; Gliigo, 1981). Esta corriente de pensamiento plantea que las prácticas tradicionales de manejo de los recursos naturales deben ser consideradas como base para el diseño de sistemas alternativos de producción que sean ecológicamente adecuados y aprovechen la oferta ambiental, es decir que sean sustentables.

Al respecto, Gliigo (1981) destaca el acervo tecnológico que existe en América Latina para realizar una agricultura ambientalmente sana, aunque indica que hacen falta conocimientos en detalle que impiden el uso de tales tecnologías. Por esta razón, él propone que la investigación tecnológica debe también dirigirse al conocimiento "de los ecosistemas, de sus recursos, tanto individuales como en forma integrada y de sus atributos". De esta manera, se considera que la investigación acerca de la tecnología tradicional debe abarcar también el estudio de los procesos ecológicos involucrados en la regeneración de los recursos naturales (por ejemplo suelo y vegetación) y las relaciones que existen entre las prácticas tradicionales de manejo y los diferentes sistemas naturales sobre los cuales se establecen.

2. LA PRODUCCION AGRICOLA EN EL MUNICIPIO DE ALCOZAUCA Y LA IMPORTANCIA ESTRATEGICA DEL TLACOLE

En 1985, la población del municipio de Alcozauca se estimaba en 13,726 habitantes, de los cuales 90% pertenecían a la etnia mixteca (Viveros y Casas, 1985), encontrándose distribuidos en 21 comunidades.

Desde el punto de vista económico, Viveros y Casas (1985) señalan que en Alcozauca pueden encontrarse articuladas diferentes relaciones económicas, algunas de las cuales provienen de las sociedades mixtecas y otras que resultan del modelo capitalista contemporáneo.

Toledo (1994) considera que la economía municipal está constituida por dos circuitos fuertemente vinculados: uno de autoconsumo que incluye a la mayoría de la población, y un circuito comercial que comprende a los trabajadores del gobierno, pequeños comerciantes, agricultores y ganaderos prósperos, que en conjunto no representan ni el 10% de la población total. El mismo autor establece que uno de los principales rasgos de la economía de Alcozauca es que las fuentes de capitalización de la zona son: 1) los salarios de los trabajadores del gobierno, 2) las obras o proyectos productivos financiados por el gobierno federal a través del ayuntamiento o instituciones oficiales y, sobre todo, 3) la venta de fuerza de trabajo de la mayoría de los campesinos, que emigran a los centros maquiladores y de agricultura empresarial, principalmente del noroeste del país, durante la época del año en que cesan las labores agrícolas; de esto último que la zona se defina como exportadora de mano de obra barata.

En orden decreciente de importancia, las actividades productivas encontradas en el municipio son las siguientes: agricultura, ganadería nómada, caza, pesca, recolección de insectos y vegetales silvestres, diversas prácticas de extracción forestal que sustentan varias actividades económicas secundarias y por último actividades terciarias como el comercio y la administración pública (Obregón, 1989). El cultivo más importante es el maíz, que se produce asociado con frijol y calabaza, cultivándose en menor proporción hortalizas y algunos frutales.

En cuanto a la producción alimentaria, el municipio no es autosuficiente, ni siquiera en los años de buen temporal, alcanzándose un déficit de 2,000 toneladas de maíz y 200 de frijol en años de sequía (Toledo, 1994).

En el municipio, González et al. (1988) definieron nueve sistemas de producción agrícola (Tabla 2), y señalan que una familia campesina maneja uno o varios de ellos para la producción de básicos. Entre estos sistemas se encuentra la agricultura de roza-tumba-quema llamada tlacolole; por medio de éste se cultiva maíz en asociación con frijol y calabaza. Winter (1985) considera que este tipo de agricultura se ha practicado desde tiempos prehispánicos en la región mixteca, y Romero (1985) refiere la existencia de este sistema productivo al inicio de este siglo.

Obregón et al. (1990) estiman que el tlacolole tiene reglas de funcionamiento que reducen el riesgo de deterioro del ambiente, el cual se produciría por el uso agrícola. Obregón (1989) reporta que las prácticas que aplican los mixtecos, como parte del manejo de este sistema, buscan adecuarse a las condiciones ambientales del lugar donde se establece. Dichas prácticas se describen a continuación:

1. La apertura de los terrenos de cultivo se hace por manchones, en medio de zonas con vegetación primaria o con etapas sucesionales avanzadas. Esta práctica presumiblemente permite la dispersión de propágulos hacia las áreas abiertas, favoreciéndose la regeneración de la vegetación.
2. En los terrenos que se abren al sistema se dejan tocones de leguminosas y encinos que rebrotan poco tiempo después que se inicia el descanso, considerándose que esto contribuye a una rápida restauración de la vegetación.
3. En algunas comunidades, ante la necesidad de prolongar el uso del suelo por más de un año, se dejan en pie una mayor cantidad de árboles (pinos y encinos) que sólo se podan.
4. En la tumba de árboles de gran porte, los troncos se dejan como parte del sistema, buscando que su posición sea perpendicular a la pendiente, lo que ayuda a proteger al suelo de la erosión.
5. La siembra y la limpia se hace con herramientas que sólo remueven la capa superficial del suelo, considerándose que con esto se favorece que el suelo mantenga su estructura.
6. La limpia se realiza de abajo hacia arriba, lo que aminora el arrastre de suelo por los fuertes escurrimientos de las partes superiores de la parcela.

Tabla 2. Sistemas de producción de maíz en el municipio de Alcozauca, Guerrero.

I. Sistemas con riego.

1. Sistema de riego en vega.
2. Sistema de riego en ladera.
3. Sistema de medio riego.

II. Sistemas sin riego.

1. Sistema anual de secano.
 2. Sistema de barbecho corto.
 3. Sistema de barbecho medio.
 4. Sistema de humedad residual.
 5. Sistema de tlacolole.
 6. Calmil.
-

Tomada de González et al. (1988).

7. La siembra asociada de maíz, frijol y calabaza, o de chilacayote, permite que poco después de establecerse el temporal los suelos queden cubiertos por el cultivar. En este proceso la calabaza y el chilacayote juegan un papel importante por sus hábitos rastreros y su cobertura, que protegen al suelo.
8. Antes de la quema se forman guardarayas y posteriormente se aplica el fuego en dos frentes, en horarios de mayor estabilidad atmosférica; estas medidas para el control del fuego tienden a evitar incendios forestales.

Con respecto a los ambientes para la producción tlacololera, Obregón (1989) definió siete tipos en el municipio, tomando en cuenta los siguientes factores: clima, litología, altitud, vegetación, suelo y tiempo de descanso (ver Tabla 1). Los campesinos, por su parte, clasifican al tlacolole en variantes de acuerdo con el tipo de clima y vegetación (Tabla 3), y éstas coinciden en parte con la clasificación realizada por Obregón (1989).

Para la producción de granos básicos, cada unidad familiar siembra en promedio 1.25 ha; la superficie tlacololera varía en función de la fuerza de trabajo con que se cuenta, calculándose que para cultivar 1.7 ha se requiere la participación de cuatro campesinos varones.

La superficie agrícola municipal se estima en 3,450 ha, de las cuales el 78% está destinada a sistemas de producción de temporal que se basan en la roturación de suelos, el 9% corresponde a sistemas que cuentan con riego, y el 13% restante corresponde a la superficie tlacololera, la cual aporta el 15% de la producción agrícola municipal (Obregón, 1989).

En la actualidad, los campesinos del municipio enfrentan la necesidad de aumentar su producción, lo cual podría explicarse por la descapitalización de las unidades de producción familiar, los bajos rendimientos en la producción y el aumento de la densidad de población (de acuerdo con Viveros y Casas (1985), ésta creció en los últimos 30 años con una tasa media anual del 3.27%). Esta nueva realidad ha incrementado la demanda de terrenos para cultivar y, ante la falta de áreas con aptitud para aplicar una agricultura basada en la roturación del suelo, el tlacolole ocupa gradualmente una mayor superficie municipal.

En la búsqueda por incrementar su producción, los campesinos han intensificado el tlacolole modificando las prácticas tradicionales asociadas a éste. Se observa una reducción en el tiempo de descanso, un aumento en el número de ciclos agrícolas a que se sujetan los terrenos y la introducción de agroquímicos. Es razonable suponer que estos cambios y la transformación

Tabla 3. Clasificación del sistema tlacolole entre la población mixteca

Nombre mixteco	Ambientes	Altitud (m s.n.m.)	Clima	Ciclo del cultivo (días)	Tiempo de descanso	Rendimiento (kg/ha)	
						1er año	2º año
Tlacolole de tierra caliente, ñuhu bicií	1	1200-1800	A(C) _{w₀} A(C) _{w₁}	180-195	3-5 años	1 500	1 800
Tlacolole de tierra de media montaña, ñuhu iñi	2, 3 y 4	1600-2200	(A)C(w ₁) _w (A)Cw ₁	195-210	5-10 años	1 150	600
Tlacolole de tierra de montaña, ñuhu saba	5 y 6	1900-2500	Cw ₁	210-240	10-15 años	850	500
Tlacolole de tierra fría de montaña	7	2000-2800	Cm	240-260	15-20 años	700	300

De acuerdo con Obregón (1989)

de áreas tlacololeras en sistemas de barbecho (sistemas con un corto período de descanso y más años de uso que el tlacolole) en sitios no propicios, incrementan la susceptibilidad de los suelos a la erosión y retardan o evitan la regeneración de la vegetación, con lo cual estas áreas estarían en riesgo de perder su potencial productivo.

En el municipio se observan microregiones que presentan un adecuado manejo del sistema y otras en las que el deterioro empieza a ser evidente, sobre todo en aquellas localidades en que se establecen lo que Obregón (1989) definió como "tlacololes desesperados", que son aquellos que no cumplen con las prácticas tradicionales de manejo, por lo que sus efectos degradantes son evidentes. Este mismo autor señala que la degradación ambiental originada por el tlacolole resulta paradójica si se considera que en el municipio la superficie cultivada por medio de este sistema es de 450 ha, las cuales requieren 4,500 ha para mantener una rotación adecuada de terrenos (considerando dos años de uso agrícola y veinte años de descanso). Esta última superficie representa sólo el 13.8% del área que podría emplearse para el tlacolole en Alcozauca. De acuerdo con estos datos, podría inferirse que el municipio cuenta con 28,000 ha que potencialmente pueden incorporarse a este sistema, para lo cual será necesario evaluar el riesgo de deterioro del ambiente que implicaría la aplicación del tlacolole.

En esta perspectiva, se considera importante estudiar si las prácticas tradicionales de manejo conducen a la restauración del agrosistema, lo cual permitiría tomar decisiones informadas sobre el tlacolole. Así, en este trabajo se analiza la relación que existe entre la práctica de dejar tocones, como parte del manejo del sistema, y la restauración de la vegetación; además se analiza la relación entre la restauración de la vegetación y la recuperación de la fertilidad del suelo.

3. LA SUCESION: UN ENFOQUE PARA EL ESTUDIO DEL TLACOLE

Pearce y Turner (1990) consideran que una de las metas de la sustentabilidad debe ser el mantenimiento o incremento en el acervo de los recursos naturales. En un contexto agrícola esto involucra el mantenimiento de la base de recursos de los cuales dependen los agroecosistemas, la conservación del suelo, el agua y la diversidad genética (Brown et al., 1987). De acuerdo con estas ideas, para que la agricultura migratoria funcione como un sistema sustentable, es indispensable que se cumplan los procesos que conducen a la regeneración de la vegetación y a la restauración y conservación de la fertilidad de los suelos,

lo cual depende del manejo de los elementos del agrosistema y del periodo de descanso de las parcelas. Por ello, para comprender el funcionamiento del tlacolole es necesario analizar los procesos de restauración de la vegetación y la fertilidad de los suelos.

Desde un punto de vista ecológico, el enunciado anterior puede plantearse como la necesidad de conocer la respuesta de los ecosistemas a las perturbaciones provocadas por la intervención humana. Así, se considera conveniente analizar la restauración del agrosistema tlacolole bajo el enfoque de la sucesión ecológica, sin olvidar que como parte del análisis no pueden disociarse los procesos que ocurren a nivel de la vegetación y el suelo debido a la estrecha interdependencia que entre ellos existe.

La sucesión ha sido un concepto central en el pensamiento ecológico (Bazzaz, 1979; Peet y Christensen, 1980), desde que Cowles en 1899 y Clements en 1916 lo propusieron para explicar los cambios temporales observados en las comunidades (Colinvaux, 1986). En este concepto se reconoce una de las propiedades relevantes de las comunidades, que es su carácter dinámico.

Este fenómeno ecológico ha despertado el interés de un gran número de investigadores, y su complejidad es la causa de que aún existan muchas interrogantes acerca de los mecanismos, dirección y velocidad de la sucesión. Asimismo, los aspectos funcionales del proceso (productividad, ciclos de nutrientes, etc.) habían sido poco estudiados hasta la década pasada.

Este proceso ecológico ha sido objeto de fuertes controversias, a pesar del esfuerzo invertido en el desarrollo de la teoría (al respecto pueden citarse las revisiones de Drury y Nisbat, 1973 y de Connell y Slatyer, 1977; entre otras). El debate en torno a la sucesión se ha centrado en los mecanismos que la promueven, la naturaleza de las comunidades y los métodos seguidos para su estudio.

Por sobre las divergencias que manifiestan los autores, actualmente se reconoce que el proceso es más complejo que lo sugerido por el modelo unidireccional propuesto por Clements (1916). En este sentido, Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes (1980) señalan que la complejidad y naturaleza de la sucesión varía de acuerdo con el tipo de ecosistema examinado, por lo cual ha sido imposible desarrollar un modelo general de regeneración de las comunidades que sea de aplicación a todos los ecosistemas.

Entre los modelos propuestos para explicar el desarrollo de las comunidades vegetales, se encuentran los conocidos como "florística de relevo" y "composición florística inicial" (ver las

revisiones de Drury y Nisbet, 1973 y de Connell y Slatyer, 1977). Estos modelos difieren en los mecanismos que determinan el reemplazamiento de especies durante la sucesión.

El esquema de la florística de relevo considera que durante el desarrollo de la vegetación, las especies modifican el ambiente de tal forma que gradualmente se facilita el establecimiento de especies propias de comunidades maduras.

El modelo de la composición florística inicial sugiere que durante la sucesión, el establecimiento de las especies características de estados maduros no es promovido por las poblaciones establecidas con anterioridad. En este caso, los cambios en la composición florística son determinados por las historias de vida de las especies.

Oliver (1981), propuso un patrón general para el desarrollo de los bosques basado en los estadios fisonómicos que se presentan, considerando las etapas siguientes: iniciación del rodal, exclusión de vástagos, reiniciación del sotobosque y madurez.

A pesar de las divergencias planteadas en los modelos, se han definido los patrones estructurales que de manera general se presentan a lo largo de un gradiente sucesional y las tendencias globales de cambio en el ecosistema durante este proceso, que en ocasiones han resultado controvertibles (por ejemplo el esquema propuesto por Odum, 1972).

Bazzaz (1979) indica que durante las primeras etapas de la sucesión secundaria se presentan especies con tasas altas de crecimiento, heliófitas, de ciclo de vida corto, que producen semillas longevas en gran número, llamándoseles a estas especies "pioneras". Conforme la sucesión avanza se encuentran especies de ciclo de vida más largo, con menores tasas de crecimiento, muchas de las cuales son tolerantes a la sombra.

También se sabe que la dirección y rapidez del proceso dependen de una multitud de factores, entre los cuales Spurr y Burnes (1980) señalan: tipo de perturbación, extensión del área perturbada, momento de la perturbación, calidad de las áreas circunvecinas al sitio perturbado y disponibilidad de especies al momento de la perturbación. Los estudios acerca de la sucesión secundaria realizados en diferentes regiones del país revelan que existen diversas variables, tanto ambientales como relacionadas con el manejo de las áreas perturbadas, que afectan el curso de este fenómeno ecológico (Gómez-Pompa et al., 1976; Purata, 1986).

Con respecto a la relación suelo-vegetación en áreas sujetas a uso agrícola, Ewel (1986) destaca la importancia de la vegetación sucesional, que se establece durante el tiempo de descanso, para aminorar el deterioro de los suelos y para la recuperación de su fertilidad.

El establecimiento de una comunidad pionera dominada por hierbas disminuye la pérdida de nutrientes por arrastre y lixiviación (al incorporarse a las plantas) e impide que el suelo quede desnudo y expuesto a la erosión. Adicionalmente, algunas familias de vegetales (como las Leguminosas) coadyuvan a restablecer la fertilidad del suelo, al incorporar nutrientes (como el nitrógeno y fósforo) al sistema, por medio de diversos mecanismos biológicos.

García y González (1986), al hacer una revisión bibliográfica de los trabajos que relacionan la sucesión vegetal y la fertilidad de los suelos en áreas sujetas a roza-tumba-quema, enlistaron las siguientes hipótesis acerca de esta relación, las cuales han sido motivo de controversia:

- La reducción en los tiempos de descanso provoca la disminución de la fertilidad de los suelos, incrementándose así mismo la susceptibilidad a su erosión;
- Existe un umbral óptimo de fertilidad de los suelos y aunque se aumente el tiempo de descanso, la fertilidad de los suelos no se incrementa significativamente;
- Cuando la fertilidad de los suelos es baja, la recuperación de la vegetación es lenta;
- Las especies secundarias reciclan los nutrientes en mayor cantidad que las primarias;
- Durante la sucesión, el calcio aumenta rápidamente, mientras que el nitrógeno lo hace más lentamente, y
- La erosión y la pérdida del suelo es el efecto final que se produce por la perturbación frecuente de la vegetación.

4. OBJETIVOS E HIPOTESIS DE TRABAJO

El objetivo principal de este estudio fue conocer los cambios en la vegetación y el suelo que se presentan durante el periodo de descanso de terrenos utilizados para el tlacolole. Para ello, se plantearon los siguientes objetivos particulares:

1. Caracterizar a través de la vegetación y las propiedades físicas y químicas del suelo a terrenos manejados bajo el sistema tlacolole con diferente tiempo de descanso.
2. Relacionar el tiempo de descanso de las parcelas con la fertilidad de los suelos para reconocer las tendencias que manifiestan sus propiedades físicas y químicas.
3. Analizar el papel que desempeñan los individuos dejados como tocones en las parcelas en la regeneración de la vegetación.
4. Analizar la relación entre la restauración de la vegetación y la conservación del suelo por medio de evaluaciones cualitativas e indirectas.

Los antecedentes expuestos fueron la base para generar las siguientes hipótesis de trabajo.

1. La vegetación de los terrenos sujetos al tlacolole se restaura durante el periodo de descanso, por lo que a mayor tiempo de descanso las comunidades presentan características florísticas y estructurales que las hacen más semejantes a las comunidades originales.
2. En asociación con el proceso de regeneración de la vegetación, la fertilidad de los suelos se recupera hasta restaurar la capacidad productiva de los terrenos de modo que puedan volver a utilizarse.
3. La práctica tradicional de dejar tocones en las parcelas que se abren, como parte del manejo del tlacolole, es relevante en la restauración de la vegetación. Los tocones que retoñan llevan a un rápido restablecimiento de los elementos leñosos, lo cual favorece la recuperación de las características originales de la comunidad.
4. La restauración de la vegetación contribuye a evitar el deterioro de los suelos, al reducir la pérdida de nutrientes del sistema y la erosión del suelo.

II. EL MEDIO NATURAL EN EL MUNICIPIO DE ALCOZAUCA

El municipio de Alcozauca se ubica en la porción oriental del estado de Guerrero, entre los paralelos 98° 18' y 98° 31' de longitud oeste y 17° 15' y 17° 30' de latitud norte. Está enclavado en la vertiente norte de la Sierra Madre del Sur, en la región llamada La Montaña de Guerrero, ocupando una superficie aproximada de 550 km². Limita al norte con el municipio de Tlalistaquilla, al noreste con Tlapa, al sur con Metlatonoc, al este con el Estado de Oaxaca y al oeste con el municipio de Xalpatlahuac (Figura 1).

Su relieve lo constituye un complejo sistema de montañas con estrechos valles intermontanos. La mayor parte de sus terrenos son sumamente escarpados y dominan las pendientes fuertes (Figura 2). Las altitudes máximas se encuentran en su porción sur alcanzando 2 900 m s.n.m., en tanto que las mínimas en los fondos de las cañadas son de 1 200 m s.n.m. Hidrográficamente, el municipio pertenece a la Cuenca del Río Balsas, a la cual llegan los escurrimientos por la vía del río Tlapaneco.

Como consecuencia de su gran diversidad geomorfológica y de sustratos litológicos, del amplio gradiente altitudinal y de las diferentes condiciones de humedad y temperatura, en Alcozauca la vegetación es muy variable y diversa, lo que la hace una área compleja y diversa. Gran parte de la superficie forestal está cubierta por bosque de pino-encino y bosque de encino. En orden decreciente de extensión le siguen: bosque tropical caducifolio, vegetación riparia, bosque espinoso y pequeños manchones de Juniperus (Toledo et al., 1984).

EL AREA DE ESTUDIO (CERRO AZUL)

El trabajo se realizó en la comunidad de Cerro Azul. Ésta se localiza aproximadamente a tres km al Suroeste de Alcozauca, la cabecera municipal. Esta zona se caracteriza por un clima semicálido subhúmedo (A)Cw₁. Los terrenos de Cerro Azul se localizan sobre las laderas de exposición norte de un cinturón montañoso que forma parte de la cuenca en donde se encuentra la cabecera municipal (Figura 3). Las pendientes son moderadas en las partes bajas y se vuelven abruptas en las partes altas.

Con respecto a la litología, en la parte baja de la cuenca se presentan areniscas y lutitas. Una porción de las laderas está dominada por yesos y calizas y en las áreas que rodean el poblado de Cerro Azul predominan tobas volcánicas.

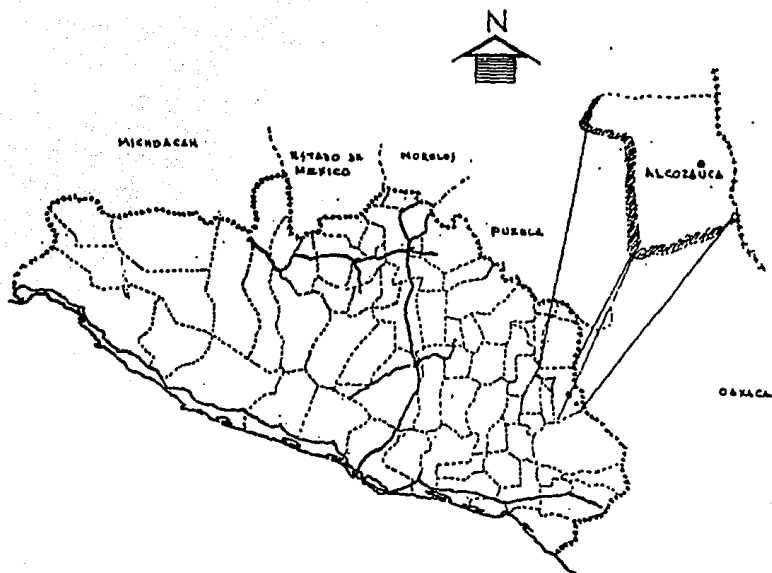


Figura 1. Localización del municipio de Alcozauca en el estado de Guerrero

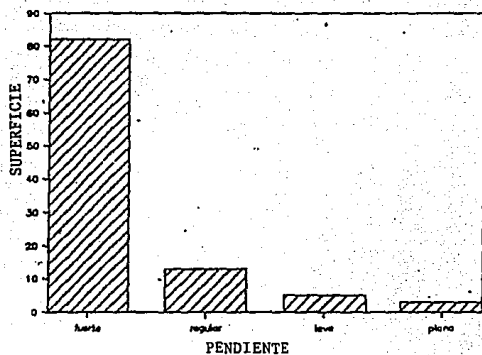


Figura 2. Distribución de pendientes en el municipio de Alcozauca, Guerrero. Tomado de Obregón (1989).

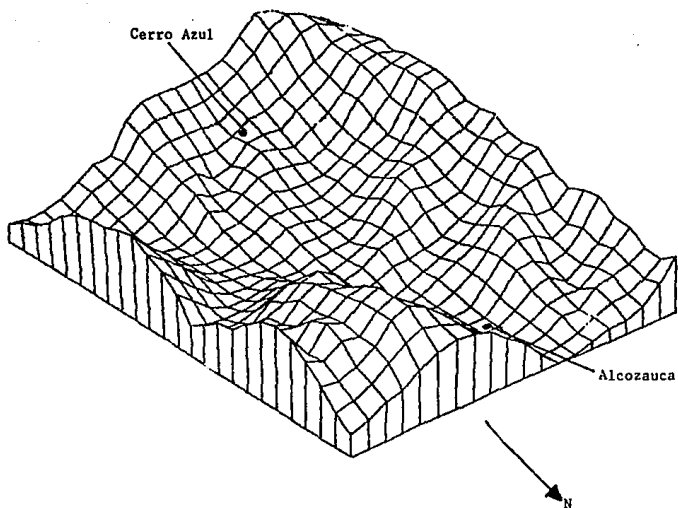


Figura 3. Relieve característico de la zona de estudio.

En las partes medias de las laderas, sobre la cota de 1800 m s.n.m., se presenta un bosque de encino con dominancia de *Quercus magnoliifolia*, que se dispone a manera de un estrecho cinturón a lo largo de la cadena montañosa y es sustituido en las partes altas por un bosque de encino-pino, en donde participan como dominantes *Quercus magnoliifolia*, *Pinus montezumae*, *P. pringlei* y otras especies de *Pinus*.

Por debajo de la cota referida, se presentan entremezclados terrenos de cultivo, manchones de bosque tropical caducifolio y comunidades secundarias derivadas de este tipo de vegetación, observándose individuos de las siguientes especies: *Lysiloma acapulcensis*, *Leucaena esculenta* y diversas especies de los géneros *Bursera* y *Acacia*.

Del mosaico ambiental descrito, esta investigación se realizó en la franja del bosque de encino. Las parcelas elegidas mantienen similitud con respecto a los siguientes factores ambientales: clima (semicálido subhúmedo), litología (tobas volcánicas), pendiente (entre 50° y 60°), exposición (norte) y altitud (cota de 1800 m s.n.m.).

III. METODOLOGIA

1. SELECCION DE LAS PARCELAS DE ESTUDIO

Considerando que en este trabajo se estudió la relación entre el tiempo de descanso y la restauración de la vegetación y el suelo, el criterio que se siguió para seleccionar las parcelas de estudio fue que éstas presentaran similitud en las condiciones ambientales y en el manejo, con el fin de disminuir las posibles fuentes de variación en los factores del ambiente y en las prácticas de manejo del tlacolole, las cuales pueden influir en los resultados. Se localizaron terrenos que se utilizaron para el tlacolole con diferente tiempo de descanso y un área sin uso agrícola. Este diseño supone que esta última parcela representa a las condiciones del suelo y vegetación previas a la aplicación del tlacolole y contra ella se compararon las características del suelo y la vegetación encontradas en los terrenos con diferente tiempo de descanso.

La decisión de restringir el estudio a una unidad ambiental uniforme tiene la desventaja de no permitir la extrapolación de los resultados de esta investigación a otras áreas; sin embargo, ofrece la ventaja de analizar la relación tiempo de descanso-restauración del agrosistema restringiendo otras fuentes de variación (condiciones ambientales y formas de manejo) que también influyen en la restauración del agrosistema.

Otra consideración de peso fue que de no seguirse el criterio referido, se hubiera requerido muestrear una gran cantidad de condiciones (por la gran heterogeneidad ambiental del municipio), lo cual no era posible de cumplir por la falta de tiempo y de recursos humanos.

Para elegir las parcelas de estudio, se realizaron recorridos por las siguientes comunidades: Las Mesitas, Cerro Azul, Zoyatlán, Zaragoza e Ixquinatoyac. Durante los mismos, se recopiló información sobre el manejo del sistema y se hicieron observaciones a parcelas con diferente tiempo de descanso. Se prestó atención a la fisonomía de la vegetación, la presencia de tocones y el tipo de litología.

Como resultado de los recorridos, se determinó que los terrenos que pertenecen a la comunidad de Cerro Azul son los que más se ajustan a los requerimientos del proyecto. Aunque es conveniente señalar que la unidad ambiental donde se realizó el trabajo (bosque de *Quercus magnoliifolia* establecido sobre tobas volcánicas) es poco representativa de las condiciones ambientales del municipio. Al respecto, Toledo (1994) señala que en Alcozauca los bosques de *Q. magnoliifolia* preferentemente se establecen sobre calizas o calizas con yeso.

En la zona de estudio se efectuaron recorridos con campesinos de la comunidad. Ellos proporcionaron información acerca del tiempo de descanso de las parcelas, el manejo del tlacolole y los nombres de los dueños de los terrenos. Entre la información proporcionada, indicaron que durante los pasados 10 años los habitantes de Cerro Azul emplearon las laderas que rodean a su poblado para aplicar este tipo de agricultura migratoria, no obstante, estos terrenos han dejado de utilizarse por los bajos rendimientos obtenidos.

Se encontraron tres parcelas de aproximadamente 60 x 60 m con tres años de descanso; un área de 150 x 60 m con 7 u 8 años de descanso, compuesta por varias parcelas agrícolas, y un área de 70 x 50 m que no ha estado sujeta a la aplicación del tlacolole (Figura 4). Tomando como base el tiempo de descanso, los terrenos estudiados fueron denominados de la siguiente forma: juveniles a las parcelas con tres años, intermedia al área con 7-8 años y madura al terreno en el que no se ha practicado el tlacolole. En los predios la vegetación difirió en su fisonomía, aunque en todos ellos *Quercus magnoliifolia* fue la especie dominante.

En las parcelas juveniles la mayoría de los árboles midió entre 2 y 3 m altura, aunque se observaron algunos árboles emergentes. Estas áreas presentaron una gran cantidad de tocones, de los cuales una alta proporción retoñó. El estrato herbáceo se presentó en las zonas con baja cobertura del dosel y donde no había hojarasca.

En la parcela de edad intermedia, la mayoría de los individuos leñosos midió de 2 a 4 m de altura, aunque algunos árboles (de diferente tamaño) emergían sin formar un piso continuo. El estrato rasante está formado por hierbas que crecen en los sitios desprovistos de hojarasca. En esta parcela, también se encontró una cantidad apreciable de tocones que retoñaron y, por otra parte, el dosel era más cerrado que en las parcelas juveniles.

En el área madura, los árboles de entre 12 y 15 m son los que dan la fisonomía de la vegetación en este terreno y aportan la mayor cobertura, a pesar de que no forman un piso continuo. Además, se presenta una gran cantidad de individuos leñosos con menos de 4 m de altura y un menor número de árboles de tamaño entre 4 y 12 m. La comunidad herbácea es de poca cobertura y crece en los sitios sin hojarasca; ésta en algunas partes de la parcela alcanza un gran grosor.

En general, el vecindario biológico fue similar en todas las parcelas: bosque de encino-pino en la parte superior de las laderas, mientras que en la parte baja se presentaron áreas dedicadas a actividades agropecuarias. Las diferencias más notables fueron las siguientes: las parcelas juveniles 1 y 2 colindaban por uno de sus extremos con áreas con vegetación

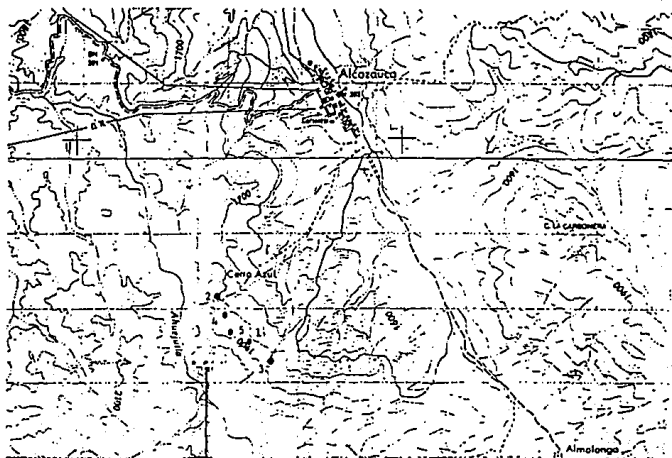


Figura 4. Localización de Cerro Azul y ubicación de las parcelas estudiadas.

- 1, 2 y 3= Parcelas con 3 años de descanso (Condición juvenil)
- 4= Parcela con 7-8 años de descanso (Condición intermedia)
- 5= Parcela sin uso agrícola (Condición madura)

secundaria derivada de la aplicación de ticolole (con cuatro años de descanso) y con el bosque de pino-encino por dos de sus extremos; además, la parcela 1 colindaba con un terreno de cultivo (barbecho), y la 2 con un pastizal inducido dedicado al pastoreo. La parcela juvenil 3 se ubicó en la ladera con la mayor pendiente, por dos de sus bordes limitaba con terrenos de cultivo (barbechos), por otro con vegetación derivada de la aplicación del ticolole y hacia la parte superior de la ladera con el bosque de encino pino. Las parcelas intermedia y madura limitan por dos extremos con el bosque de encino pino y con un pastizal inducido dedicado al pastoreo por los otros dos bordes.

2. MUESTREO DE LA VEGETACION

La vegetación se caracterizó a partir del muestreo de los estratos herbáceo y leñoso, definiéndose su composición florística y algunos rasgos de su estructura. El estrato herbáceo se diferenció del leñoso considerando la forma de crecimiento de los individuos. El interés de conocer en detalle el estrato herbáceo responde a las siguientes consideraciones:

1. Los primeros estadios de la sucesión son dominados por especies herbáceas.
2. La cobertura vegetal cumple un papel fundamental en la protección de los suelos, aminorando la erosión, sobre todo en sitios con fuerte pendiente. Por esta razón, las comunidades pioneras son importantes para reducir los riesgos de deterioro de los suelos, a partir del momento en que las parcelas inician su periodo de descanso.
3. Los cambios en la composición florística ayudan a describir a la sucesión.

El muestreo se efectuó en los meses de octubre y noviembre, que para la zona representan el fin del periodo de lluvias y el inicio de la temporada seca del año. Esta decisión supuso que en el momento del muestreo se presentaría la mayor expresión florística de las comunidades vegetales. Esta actividad se cubrió en dos años, en el primero, 1989, se registró el estrato herbáceo y en el segundo, 1990, el leñoso.

La vegetación se muestreó tomando como base transectos orientados en el sentido de la pendiente. Esta forma de muestreo se aplicó con el fin de registrar la posible variación en la distribución de la vegetación en cada parcela.

El estrato leñoso se muestreó con transectos de 50 x 5 m (250 m²), cada uno de ellos fue

subdividido en segmentos de 5 x 5 m. En el caso del estrato herbáceo se registraron 20 m² por transecto, colocando un cuadro de 4 m² cada 10 m. Las dimensiones del transecto y de los cuadros se determinaron después de analizar los registros de un muestreo prospectivo y con base en las observaciones hechas en campo.

En cada parcela juvenil se registraron dos transectos; cuatro en el terreno de edad intermedia y tres en el área madura. Los transectos fueron ubicados en cada parcela por medio del siguiente procedimiento sistemático: a) Se trazó un eje imaginario perpendicular al sentido de la pendiente, b) éste se dividió equitativamente, en tantas porciones como número de transectos se registrarían en la parcela, y c) a la mitad de cada división se ubicó al transecto colocando un cordel guía de 50 m en este punto.

Los parámetros de la vegetación que se registraron fueron:

1. Altura directa y cobertura de cada individuo leñoso. Los datos de la cobertura se tomaron midiendo dos radios perpendiculares de la proyección de la copa de los individuos en el suelo.
2. Porcentaje de la cobertura del dosel arbóreo y el valor porcentual de suelo cubierto por hojarasca.
3. Para las especies herbáceas se registró su cobertura utilizando la escala que se presenta en la Tabla 4.

Los diagramas del perfil de la vegetación se elaboraron tomando como referencia la línea central del transecto. Se registraron los individuos leñosos cuyo tronco se encontró a 50 cm del cordel guía, indicando de cada ejemplar su localización, altura y cobertura.

La composición florística se obtuvo con los registros del muestreo de la vegetación.

2.1 EVALUACION DEL RETOÑO DE TOCONES Y CRECIMIENTO DE Quercus magnoliifolia

Como ya fue señalado, una de las prácticas que los mixtecos aplican en este sistema agrícola consiste en dejar en las parcelas tocones de diferentes especies al momento del desmonte. Una gran parte de éstos retoñan y los individuos así regenerados con el tiempo pasan a formar parte de los estratos arbóreo y arbustivo.

Tabla 4. Escala de cobertura utilizada para el registro del estrato herbáceo, área de cada categoría con respecto a 4 m² y media geométrica correspondiente.

Escala	Area (m ²)	X _g (m ²)
1	< 0.1	0.03
2	0.11-0.20	0.14
3	0.21-0.48	0.31
4	0.49-1.0	0.69
5	1.1-2.0	1.41

Para analizar la importancia de estas estructuras vegetales en la restauración de la vegetación, lo idóneo sería comparar el desarrollo de la vegetación entre parcelas que presenten tocones y otras donde estas estructuras vegetales se hayan eliminado, sin embargo, esta última condición no se encontró en el área de estudio. Por ello, el análisis de la relación entre el retoño de los tocones y la restauración de la vegetación se basó en el registro de los tocones que retoñaron y los que no lo hicieron. Esta información se levantó simultáneamente con el muestreo de la vegetación.

Por otra parte, se evaluó el crecimiento en altura y cobertura de un grupo de individuos de *Quercus magnoliifolia* que retoñaron de tocones, estos individuos se encontraban en una de las parcelas juveniles. Se eligió esta especie considerando que a ella pertenecen la mayoría de los tocones que retoñaron en los predios estudiados.

Estos encinos se midieron y marcaron en enero de 1988, realizándose lecturas de su crecimiento en altura en mayo y diciembre de 1991. En el caso de la cobertura sólo se volvió a medir en la última fecha, ya que esta especie no presentó folleje en la visita de mayo de 1991.

3. MUESTREO DEL SUELO

El suelo de cada parcela se caracterizó midiendo las variables físicoquímicas que definen su fertilidad y realizando un perfil para describir su estructura.

De acuerdo con Jackson (1964), el estudio de la fertilidad del suelo enfrenta serias dificultades para obtener muestras estadísticamente representativas, ya que por la variabilidad propia de los suelos es casi imposible establecer un método de muestreo completamente satisfactorio. El principal problema es definir el tamaño muestral adecuado para obtener la mejor estimación de una variable. Como alternativa a este problema algunos autores proponen la toma de muestras compuestas, que definen como el equivalente a la media de los análisis individuales, siendo útil en los análisis de carbono, nitrógeno, fósforo y pH (Jackson, 1964; Rodríguez y Burguete, 1987).

Tomando en cuenta estas consideraciones y la experiencia acumulada en el estudio de los suelos del municipio, se aplicó el siguiente método para el muestreo del suelo y el registro de su estructura.

1. Se excavó un pozo en cada parcela para describir el perfil del suelo. Una forma de registro de información se muestra en la Tabla 5, ella fue elaborada de acuerdo con De la Cerda (1975).
2. Considerando lo abrupto del terreno se tomaron tres muestras compuestas en cada parcela (de las partes alta, media y baja), a dos profundidades: 0 a 10 cm y 10 a 20 cm. Cada muestra compuesta se obtuvo mezclando ocho núcleos de suelo que se extrajeron con un nucleador de acero de 52 mm de diámetro. Se muestrearon sólo los primeros 20 cm del suelo, asumiendo que este sector es el más importante para los cultivos.

Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Investigación y Servicio, Dpto. de Suelos, de la Universidad Autónoma de Chapingo. Los parámetros evaluados y las técnicas de laboratorio aplicadas se muestran en la Tabla 6. Considerando la acidez de los suelos, entre los elementos evaluados se incluyó al aluminio, ya que los pH's bajos favorecen la liberación de este elemento, el cual es tóxico para los vegetales.

Es conveniente señalar que antes del muestreo las parcelas fueron quemadas, al parecer para promover el rebrote de hierbas con el fin de utilizar estas áreas para pastoreo. De acuerdo a Estrada y R. Cruz-Cisneros (coms. pers.), la aplicación de un fuego de la magnitud referida afecta poco las características físicas y químicas del suelo. Con base en esta suposición se decidió realizar el muestreo del suelo, a pesar de la quema.

4. ACOPIO DE INFORMACION SOBRE EL TLACOLOLE

Durante el trabajo de campo se realizaron entrevistas a los campesinos de la comunidad para recabar información acerca de los criterios que aplican para manejar el tlacolole, la historia de las parcelas de estudio, los procesos de trabajo y la problemática del sistema detectada por los informantes.

Tabla 5. Características registradas en cada horizonte del suelo durante el levantamiento del perfil.

No. de perfil:		Fecha:			
Forma de la pendiente:		Angulo de la pendiente:			
Microrelieve:					
Drenaje superficial:	Donador	Normal	Receptor		
Profundidad del perfil:		No. horizontes:			
Horizonte 1.					
Espesor:		Reaccion H ₂ O ₂			
Transición a otro:	Moderada	Mediana	Tenue		
Forma de límites:	Ondulada	Irregular	Similar		
Pedregosidad:					
Cantidad:	Sin < 1%	Muy pocas 1%	Ligera 1-5%	Pedregosa 5-20%	
Tamaño:	Grava 2mm-1cm	Pequeñas 1-5cm	Medianas 5-10cm	Grandes 10-20cm	
Forma:	Angular	Subangular	Redonda	Laminar	Tabular
Estructura:	Sin	Débil	Moderada	Fuerte	
Consistencia:					
Suelto	Blando	Ligeramente duro	Duro	Muy duro	
Pegajosidad:					
No pegajoso	Ligeramente pegajoso	Pegajoso	Muy pegajoso		
Plasticidad					
No plástico	Ligeramente plástico	Plástico	Muy plástico		
Raíces: Profundidad a la que se encuentran las activas:					
Cantidad:	Muy raras 1-3/3dm ²	Raras 3-5/3dm ²	Pocas 5-10/3dm ²	Comunes 10-100/3dm ²	
Tamaño:	Finas < 1mm	Delgadas 1-3mm	Medias 3-10mm	Gruesas 10-30mm	

Tabla 6. Parámetros físicoquímicos evaluados en las muestras de suelo y técnicas de laboratorio empleadas

Parámetro	Técnica de laboratorio
pH	Potenciómetro, relación suelo-agua 1:2
Materia Orgánica	Walkley & Black
Nitrógeno total	Macro-kjeldahl
Fósforo	Bray 1
Potasio	Extracto de acetato de amonio 1N, pH 7, relación 1:5 y espectrofotometría de flama
Capacidad de intercambio catiónico	Extracto de acetato de amonio 1N, pH 7
Aluminio	Extracto en KCl, relación 1: 30, y espectrofotometría de absorción atómica
Textura	Day modificada

5. ANALISIS DE LA INFORMACION

5.1 VEGETACION

La información relativa a la vegetación se procesó manejando en forma independiente al estrato herbáceo y al leñoso. La representatividad del muestreo para cada estrato y edad de descanso se evaluó por medio de las relaciones área-especies y analizando la tendencia de las relaciones área-varianza acumulada de la cobertura combinada de las especies.

Para analizar los registros de la vegetación se calculó el índice de valor de importancia (IVI) de las especies. En el caso de los elementos leñosos éste se calculó con la suma de la frecuencia relativa, cobertura relativa y densidad relativa (Müller-Dombois y Ellenberg, 1974); mientras que para las hierbas se determinó sumando los dos primeros parámetros.

El primer examen del componente herbáceo consistió en agrupar a los registros florísticos de acuerdo con la edad de descanso de las parcelas. Con la información así organizada se determinó la composición florística y se analizaron los cambios del IVI de las especies en función de la edad de descanso. A partir de este análisis se definieron grupos de especies.

Por otra parte, la variación de la vegetación se analizó con la ayuda de métodos numéricos multivariados (clasificación y ordenación). Éstos se aplicaron usando como variables a las especies; en el estrato herbáceo ellas se cuantificaron por su cobertura, mientras que en el estrato leñoso lo fue con el IVI. En este estrato se decidió usar el IVI ya que como efecto de la gran cobertura de *Quercus magnoliifolia* las otras especies serían subestimadas, a pesar de su densidad y frecuencia. Los procedimientos fueron los siguientes:

1. En cada estrato se analizó si la variación en los transectos presentaba algún patrón. Para ello se utilizó un análisis de correspondencia (también llamado promediación recíproca, Pielou, 1984), empleando el programa MULTIVAR (Sánchez-Colón y Ornelas 1988). Este procedimiento fue utilizado por Purata (1986), para evaluar la existencia de un gradiente en la distribución de la vegetación en un transecto, lo cual podría ser un indicador de la respuesta de la vegetación a las condiciones específicas al interior del transecto.
2. El estrato herbáceo, se analizó de la siguiente forma:
 - a. Las unidades de muestreo (cuadros) se sujetaron a dos clasificaciones aglomerativas, utilizándose como método de aglomeración el promedio no ponderado. Para realizarlas

se empleó el programa MULTIVAR (Sánchez-Colón y Ornelas, 1988). La primera clasificación usó como medida de similitud el índice de Jaccard, el cual se basa en los registros de presencia-ausencia de las especies; para la segunda se empleó el índice de Czekanowskii, el cual considera los valores de cobertura de las especies (Pielou, 1984). Además, se aplicó una clasificación divisiva por medio de un análisis de especies indicadoras de dos vías (Two-way indicator species analysis; TWINSpan, Hill, 1979b)

- b. Los cuadros también se sujetaron a un análisis de correspondencia sin tendencia (Detrended Correspondence Analysis; Hill y Gauch, 1980), con el programa Decorana (Hill, 1979a).
 - c. Las parcelas se ordenaron con un análisis de correspondencia, corrigiéndose el patrón que se obtuvo con una regresión polinomial de segundo orden (Detrended Principal Components; Ludwig y Reynolds, 1988).
 - d. Con base en los resultados obtenidos con la clasificación divisiva y el análisis de correspondencia sin tendencia, se formaron grupos de cuadros los cuales se caracterizaron con los siguientes parámetros: cobertura (estimada en términos porcentuales), riqueza de especies y diversidad, esta última se calculó con el índice de Shannon (Magurran, 1988). Para valorar si existían diferencias significativas entre los grupos se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis (Scheffler, 1981) para comparar la cobertura y riqueza de especies. El índice de Shannon, por su parte, se calculó con el método de Jack-knifing (Zahl, 1977 y Magurran, 1988). La ventaja de este método consiste en que se producen valores que permiten realizar inferencia estadística.
3. Con respecto al estrato leñoso, las parcelas se sujetaron a un análisis de componentes principales, centrando los datos por especie. Como fue señalado, esta ordenación se basó en el IVI de las especies.

La estructura de la vegetación se analizó considerando los siguientes parámetros: altura del dosel arbóreo, heterogeneidad en la altura del dosel, promedio del porcentaje de cobertura del dosel arbóreo, desviación estándar de la cobertura del dosel, cobertura del estrato herbáceo (en m^2) y cobertura total de la vegetación (en m^2). Purata (1986), empleó estos parámetros como indicadores del arreglo vertical de la vegetación, los cuales se consideraron útiles para comparar comunidades con diferente grado de desarrollo. La heterogeneidad en la altura del

estrato arbóreo se estimó por medio del índice de Gini (Weiner y Solbrig, 1984), el cual se ha usado en ecología de poblaciones vegetales para describir las desigualdades (jerarquías) entre los individuos de una población, con respecto a su tamaño. Con los valores de estos parámetros para cada parcela, se aplicó un análisis de componentes principales, centrando y estandarizando cada una de las variables. Además, se elaboraron y analizaron histogramas del tamaño de los individuos leñosos en cada parcela y la estructura horizontal se examinó con base en los histogramas de densidad.

Para evaluar el papel de los tocones en la regeneración de la comunidad, se calculó el porcentaje de la población que se regeneró a partir de tocones.

Con relación al crecimiento de los individuos de *Quercus magnoliifolia*, los valores de altura y cobertura en cada fecha de registro fueron promediados y se compararon por medio de una prueba de t (Scheffler, 1981).

5.2 SUELOS

Los valores de los parámetros físico-químicos para cada parcela y nivel de profundidad se promediaron. Las diferencias de los parámetros entre las dos profundidades muestreadas en cada parcela se evaluaron con pruebas de t-Student (Scheffler, 1981).

La comparación de los valores promedio de cada parámetro, entre las parcelas, se realizó por medio de un análisis de varianza (ANDEVA). Cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó una prueba Student-Newman-Keuls (Scheffler, 1981).

Otra parte del análisis consistió en una ordenación de las parcelas, por el método de componentes principales. La ordenación se basó en los valores de la profundidad 0-10 cm, centrando y estandarizando cada variable.

5.3 EROSION DEL SUELO

Considerando que la erosión es un factor importante del deterioro de los suelos, se estimó la magnitud de este proceso en la zona de estudio. Dicha estimación se realizó calculando la pérdida de suelo para la zona con la metodología que propone la FAO (1979): $PS = R * K * T * C * P$, donde PS es la pérdida de suelo (t/ha/año), R es el factor erosividad, K el factor erodabilidad, T el factor topografía, C el factor cobertura y P el factor manejo. La

erosividad se estimó con el índice de Fournier, modificado por FAO (1979), para lo cual se utilizaron los valores de precipitación de la estación meteorológica de Alcozauca. Para el factor topografía se calculó una pendiente promedio para la zona empleando el método de Horton (Sánchez, 1987). Con excepción de la erosividad, el valor asignado a cada factor fue con las calificaciones de FAO (1979).

Se analizaron tres escenarios, asumiendo las siguientes condiciones en el área: un uso agrícola intensivo, una cobertura vegetal igual a la que se encontró en la condición madura y una cobertura vegetal promedio, considerando todas las parcelas estudiadas.

5.4 RELACION SUELO VEGETACION

Con el fin de analizar la relación entre las características del suelo y la estructura de la vegetación en cada parcela, se realizó una correlación lineal utilizando como variables a los valores del primer componente principal de las ordenaciones basadas en los parámetros de la estructura de la vegetación y en las características químicas del suelo.

Además, por medio de correlaciones múltiples y simples, se analizó la posible relación entre algunas variables de la estructura de la vegetación (cobertura, densidad, altura del dosel y hojarasca) y las propiedades químicas del suelo (nitrógeno, materia orgánica, fósforo y potasio).

IV. RESULTADOS

1. ESTRATO HERBACEO

1.1 REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO

En todas las parcelas las curvas acumulativas área-especies mostraron una disminución en su pendiente con el incremento del área muestreada (Figura 5). En la mayoría de los casos (excepto en la parcela 5, condición madura) casi se define la asíntota que de acuerdo con Müeller-Dombois y Ellenberg (1974) y Matteucci y Colma (1982) se presenta cuando una comunidad vegetal se encuentra bien representada en el muestreo. Estos resultados sugieren que con la superficie registrada está representada la florística de estas comunidades.

Por otra parte, las gráficas de la varianza acumulada de la cobertura con respecto al área muestreada mostraron una fuerte variación inicial que posteriormente disminuyó (figura 6). La estabilización en la varianza es un indicio de que el muestreo fue representativo (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974).

1.2 COMPOSICION FLORISTICA

En total se registraron 173 especies de plantas vasculares. Se encontraron 6 especies de pteridophytes y cuando menos 29 familias de angiospermas. Las familias más numerosas fueron Asteraceae (Compositae) y Fabaceae (Leguminosae) con 42 y 30 especies, respectivamente (Anexo 1).

Para cada condición, la riqueza de especies por grupo taxonómico se resume en la tabla 7. En ésta se observa que en las tres condiciones las familias mejor representadas fueron, en orden de importancia: Asteraceae, Fabaceae y Poaceae, destacándose que en la condición madura el número de especies de estas familias fue menor. Además, en la Tabla 7 resalta el menor número de especies en la condición madura (71).

En todas las condiciones se registró una gran cantidad de especies con valores bajos de frecuencia y cobertura: más del 70% tuvieron una cobertura menor de 0.5 m² y una frecuencia inferior a 0.3 (Tabla 8).

La Tabla 9 muestra los valores de importancia de las especies que presentaron una frecuencia superior a 0.3 en por lo menos una condición. A pesar de que los datos son muy variables, fue posible definir las siguientes tendencias entre las especies: un grupo de especies

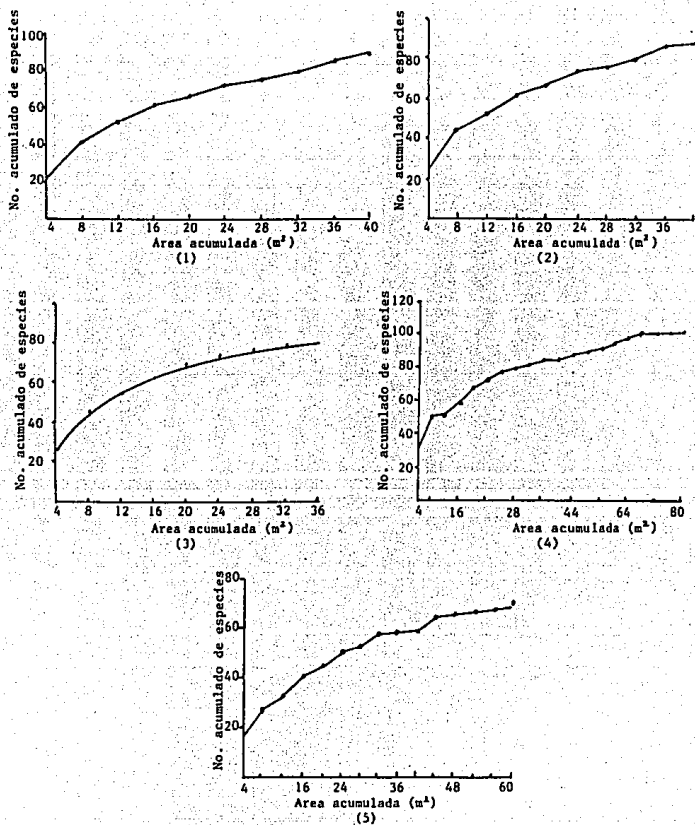


Figura 5. Relaciones área acumulada-número acumulado de especies en el estrato herbáceo. 1, 2 y 3= Parcelas de la condición juvenil; 4= parcela intermedia; 5= parcela madura

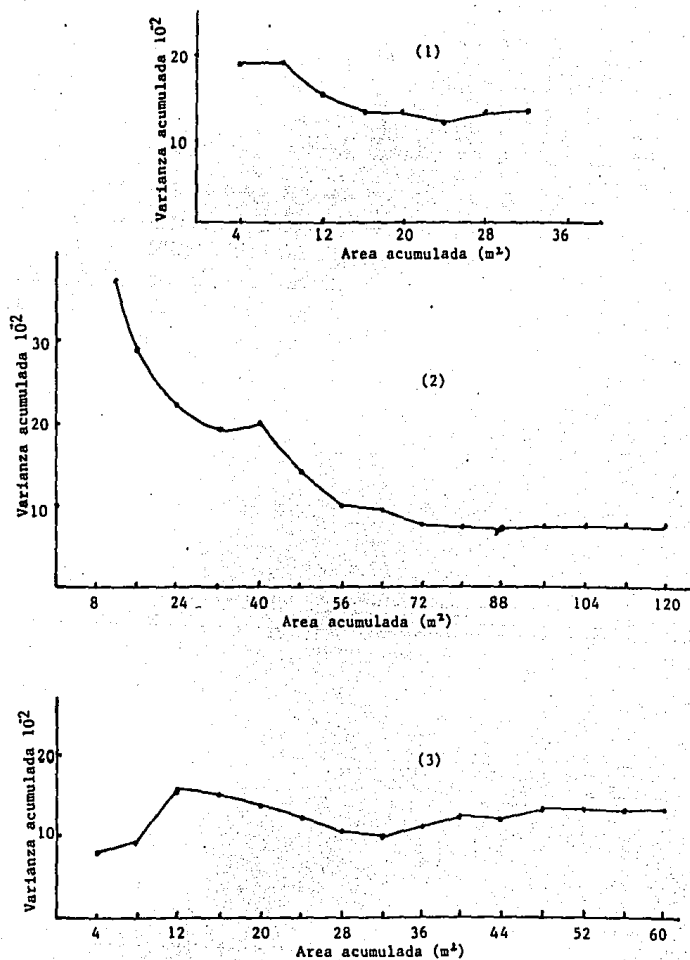


Figura 6. Relaciones área acumulada-varianza acumulada de la cobertura del estrato herbáceo. 1= Ejemplo de una parcela juvenil; 4=parcela intermedia; 5= parcela madura.

Tabla 7. Número de especies por familia en cada condición.

	Condición juvenil		Condición intermedia		Condición madura	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Asteraceae	37	26	27	25.2	15	21.1
Fabaceae	24	16.9	22	20.6	9	12.7
Poaceae	18	12.7	10	9.3	6	8.4
Labiatae	6	4.2	2	1.9	3	4.2
Euphorbiaceae	5	3.5	5	4.7	3	4.2
Pteridophytas	5	3.5	5	4.7	5	7.0
Apiaceae	3	2.1	3	2.7	3	4.2
Caryophyllaceae	3	2.1	3	2.7	0	0.0
Otras	41	29.0	30	28.2	27	38.2
Total	142	100	107	100	71	100

Tabla 8. Distribución de las especies en categorías de cobertura (a) y frecuencia (b) en cada condición.

(a)

Condición						
Juvenil			Intermedia		Madura	
Cobertura (m ²)	No. de especies	Porcentaje	No. de especies	Porcentaje	No. de especies	Porcentaje
< 0.5	101	71.1	77	71.3	51	71.8
0.5-1.0	19	13.4	16	14.8	8	11.3
1.0-1.5	11	7.7	5	4.6	5	7.0
1.5-2.0	2	1.4	4	3.7	3	4.2
2.0-2.5	1	0.7	4	3.7	2	2.8
2.5-3.0	3	2.1	1	0.9	1	1.4
3.0-3.5	1	0.7	0	0.0	0	0.0
3.5-4.0	4	2.8	0	0.0	1	1.4
4.0-4.5	0	0.0	1	0.9	0	0.0

(b)

Condición						
Juvenil			Intermedia		Madura	
Frecuencia	No. de especies	Porcentaje	No. de especies	Porcentaje	No. de especies	Porcentaje
< 0.2	94	69.1	60	61.2	41	62.7
0.2-0.4	23	16.9	11	11.3	12	17.9
0.4-0.6	12	8.8	13	13.4	6	8.9
0.6-0.8	5	3.7	9	9.3	4	6.0
0.8-1.0	2	1.5	4	4.1	3	4.5

Tabla 9. Valores de importancia de las especies con un frecuencia superior a 0.3 en cuando menos una condición.

	Condición		
	Juvenil	Intermedia	Madura
<i>Tagetes micrantha</i>	3.45	1.2	--
<i>Galinsoga parviflora</i>	3.7	0.5	--
<i>Jaegeria hirta</i>	2.2	0.5	--
<i>Aeschemone americana</i>	3.0	0.4	--
Gramínea 3	2.3	1.2	--
<i>Paspalum</i> sp.	5.0	1.6	--
<i>Cuphea acquipetala</i>	2.3	0.2	--
<i>Cologania procumbens</i>	2.7	2.1	--
<i>Euphorbia ocymoidea</i>	3.6	1.6	--
<i>Bidens ferulifolia</i>	3.3	2.5	1.6
<i>Tagetes lunulata</i>	8.1	1.9	0.9
<i>Indigofera micrantha</i>	5.8	6.4	0.4
<i>Crotalaria quercetorum</i>	3.2	3.2	1.3
<i>Desmodium</i> 1	3.2	3.1	0.4
<i>Crucea longiflora</i>	4.0	2.3	0.4
<i>Cuphea lanceolata</i>	2.1	3.2	0.4
<i>Isoetophane heterophylla</i>	2.5	3.6	0.8
<i>Eryngium gracile</i>	3.0	5.9	2.1
<i>Rumfordia media</i>	7.6	6.9	6.6
<i>Euphorbia nutans</i>	2.7	4.1	4.9
<i>Pleopeltis</i> sp.	4.6	8.5	5.4
<i>Lopezia racemosa</i>	8.0	5.5	15.4
<i>Salvia oreopala</i>	6.1	3.8	8.9
Compuesta 3	1.3	3.4	4.7
<i>Viguiera buddleiformis</i>	0.8	3.3	4.4
<i>Stevia ovata</i>	1.2	5.9	13.0
<i>Selaginella</i> sp.	1.0	6.1	10.2
<i>Sabazia multiradiata</i>	0.9	1.8	4.7
<i>Ranunculus petiolaria</i>	2.4	3.1	3.3
<i>Euphorbia</i> 4	---	---	2.5
<i>Arracacia negopodioides</i>	---	---	6.9
<i>Salvia polystachis</i>	0.5	---	8.9

con valores de importancia altos en todas las condiciones (*Rumfordia media*, *Lopezia racemosa*, *Pleopeltis* sp., entre otras); otro grupo se forma por especies que sólo se registraron en las parcelas en descanso y que además presentaron un valor de importancia mayor en las parcelas juveniles (*Tagetes micrantha*, *Galinsoga parviflora*, *Aeschmone americana*, *Paspalum* sp, entre otras); el tercer grupo se constituye por aquellas especies con similares valores de importancia en las parcelas en descanso y un valor bajo en la condición madura (*Indigofera micrantha*, *Desmodium* 1, *Crucea longiflora*, entre otras); el cuarto grupo lo integran especies con valor de importancia alto en la condición madura y menor valor en las parcelas en descanso (*Viguiera buddleiformis*, *Stevia ovata*, *Selaginella* sp, *Sabazia multiradiata*, entre otras); el último grupo se forma por un reducido número de especies que sólo se registraron en la condición madura (*Euphorbia* 4, *Arracacia aegopodioides* y *Salvia polystachia*).

1.3 ANALISIS MULTIVARIADO

1.3.1 CLASIFICACION

Los dendrogramas que se produjeron con las clasificaciones se muestran en las Figuras 7 y 8. En ambos dendrogramas la división se hizo a un nivel de disimilitud de 0.6. En general, los cuadros se agruparon de acuerdo con su edad de descanso. En las dos clasificaciones fue notable la localización de los cuadros de la parcela intermedia, ellos se ubicaron entre los cuadros de las parcelas juveniles y madura, los cuales se localizaron en los extremos de los dendrogramas. Asimismo, en éstos se formó un mayor número de agrupaciones en la condición juvenil.

En la clasificación basada en el índice de Jaccard los grupos de cuadros que se formaron fueron los siguientes: cuatro que proceden de las parcelas juveniles, uno proveniente de la parcela intermedia y uno de la madura; quedando seis cuadros sin integrarse a algún grupo. En la clasificación efectuada con base en el índice de Czekanowski se formaron seis grupos con cuadros de las parcelas juveniles, cinco grupos de la parcela intermedia y uno de la madura, permaneciendo sin integrarse a alguna agrupación siete cuadros.

Estos resultados sugieren que existe discontinuidad en las características florísticas del estrato herbáceo, lo cual podría asociarse con la edad de descanso de las parcelas estudiadas.

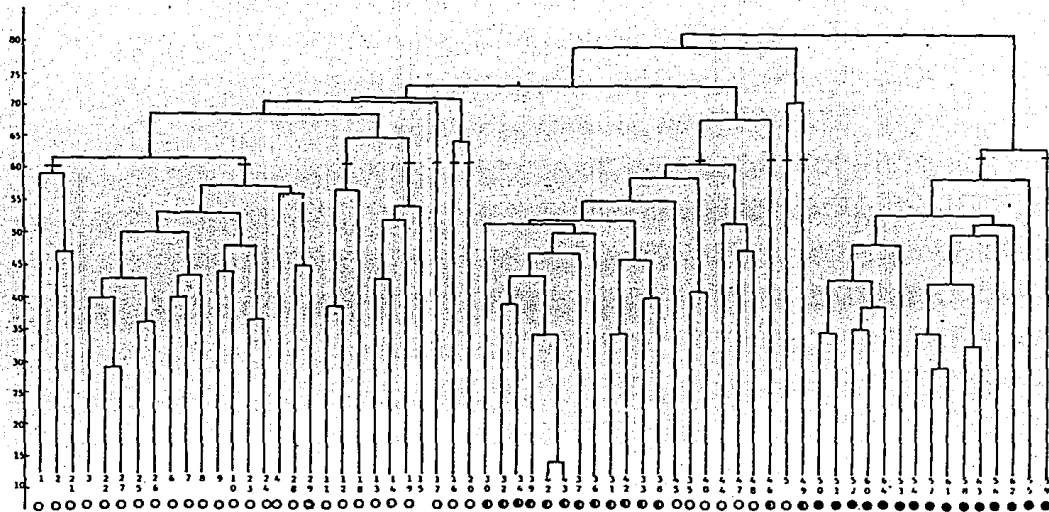


Figura 7. Dendrograma de la clasificación aglomerativa basada en el índice de similitud de Jaccard, método de aglomeración promedio no ponderado.

1-29 (O) Cuadros que pertenecen a las parcelas con 3 años de descanso; 30-49 (●) cuadros de la parcela con 7-8 años de descanso; 50-64 (●) cuadros de la parcela sin uso agrícola.

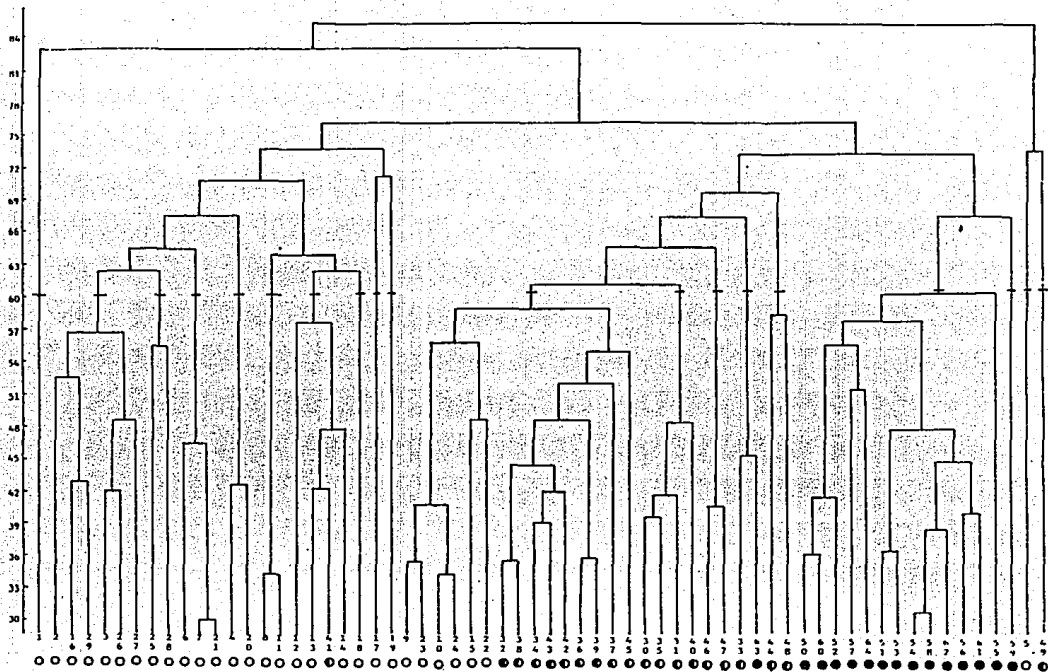


Figura 8. Dendrograma de la clasificación aglomerativa basada en el índice de Czekanowski, método de aglomeración promedio no ponderado
 1-29 (○) Cuadros que pertenecen a la parcela con 3 años de descanso; 30-49 (◐) cuadros de la parcela con 7-8 años de descanso; 50-64 (●) cuadros de la parcela sin uso agrícola.

1.3.2 ORDENACION

En la mayoría de los casos, las ordenaciones aplicadas con el fin de detectar si la distribución de la vegetación herbácea en cada transecto respondía a algún gradiente interno no mostraron algún patrón en su arreglo (sólo en un transecto se apreció un patrón).

Los resultados de los dos primeros ejes del análisis de correspondencia se utilizaron para la ordenación de los cuadros de cada transecto. La Figura 9 es un ejemplo típico de los esquemas de ordenación obtenidos, en ella puede observarse que no existe correlación entre la posición del cuadro en el transecto y su localización con respecto a los ejes.

La ordenación de las parcelas que se obtuvo con el análisis de correspondencia se presenta en la Figura 10. Ésta se elaboró con los dos primeros ejes de dicha ordenación; el porcentaje de contingencia explicada es de 49.0 y 29.2 para los ejes 1 y 2 respectivamente. En la gráfica es notable el efecto de herradura que para Ludwig y Reynolds (1988) se produce por una estructura no lineal de los datos y por la respuesta no monótona de las especies.

Para corregir la distorsión y obtener una representación más clara de la ordenación de las parcelas, se aplicó una regresión polinomial de segundo orden, con los resultados de los dos primeros ejes del análisis de correspondencia. El ajuste fue bastante aceptable ($R=0.977$), observándose que en un extremo del eje generado con el polinomio se localizaron las parcelas juveniles y en el otro extremo la madura (Figura 10).

Para profundizar en el análisis de la variación del estrato herbáceo se aplicó un análisis de correspondencia sin tendencia tomando como base la información florística registrada en cada cuadro.

La proyección de los cuadros en el espacio formado con los dos primeros ejes se muestra en la Figura 11. En ésta, la mayoría de los cuadros de la condición juvenil se distribuyeron en un extremo y en el otro los que pertenecen a la madura. Otro rasgo sobresaliente de esta gráfica se observa en su sector central, donde algunos cuadros de la condición juvenil se entremezclan con los de la intermedia y algunos de ésta se encuentran desplazados hacia la "parte juvenil" del gradiente.

En relación con el primer eje de la ordenación, el arreglo de los cuadros sugiere un gradiente temporal, i.e. sucesional, mientras que la variación observada en el segundo eje no pudo interpretarse con los parámetros conocidos.

Los resultados de la clasificación divisiva por medio del análisis de especies indicadoras de

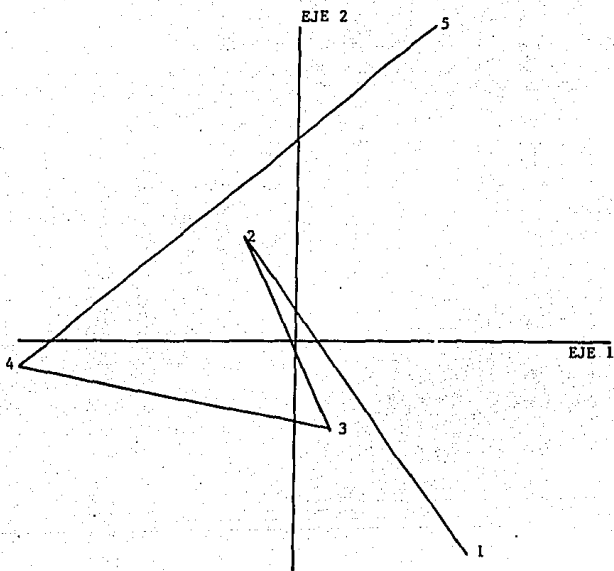


Figura 9. Ordenación típica de los cuadros de un transecto. La ordenación se realizó con un análisis de correspondencia

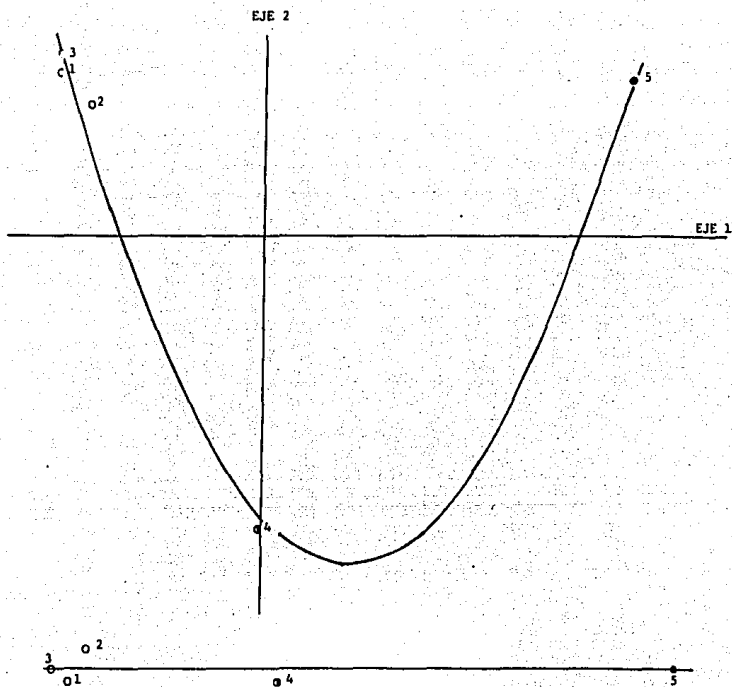


Figura 10. Ajuste de los resultados de los dos primeros ejes del análisis de correspondencia basado en la información florística del estrato herbáceo de las parcelas. Los datos se ajustaron a un polinomio de segundo orden.
 Modelo $Y = -1.320 - 1.068 X + 1.336 Y$ $F = 42.051$ g.l. = 2/2
 $R = 0.977$

1, 2 y 3 Parcelas de la condición juvenil, 4 intermedia y 5 madura.

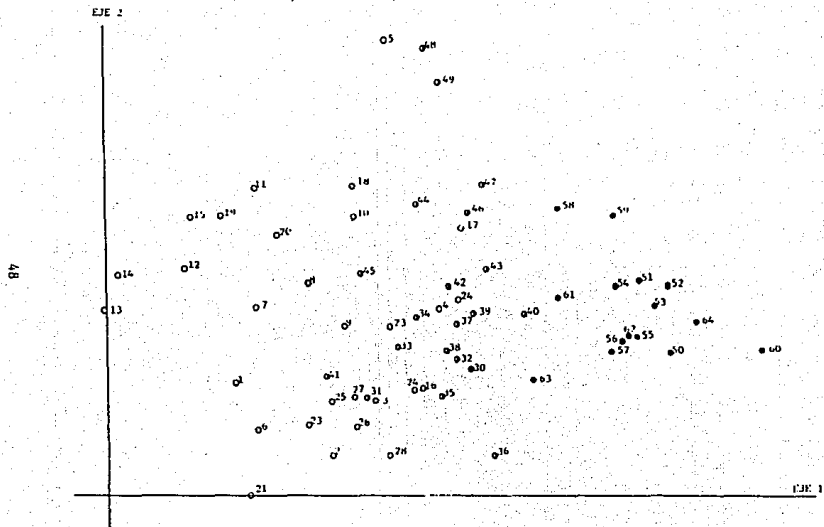


Figura 11. Ordenación de los cuadros del muestreo del estrato herbáceo con un análisis de correspondencia sin tendencia.
 1-29 (○) Cuadros de la condición juvenil
 30-49 (●) Cuadros de la condición intermedia
 50-64 (●) Cuadros de la condición madura

dos vías se emplearon para definir agrupaciones de cuadros en el patrón obtenido con los dos primeros ejes del análisis de correspondencia sin tendencia. Por este método se definieron seis grupos (Figuras 12 y 13). Los cuadros 4, 5 y 17 fueron señalados como mal clasificados por el programa y se optó por dejarlos aislados, a pesar de que fue posible integrarlos a algún grupo, al analizar su composición florística y los resultados de las clasificaciones aglomerativas.

Los grupos I, II y III contienen cuadros que en su mayoría pertenecen a las parcelas con tres años de descanso y, de acuerdo con el diagrama de ordenación, representan la condición juvenil del gradiente sucesional. En estos grupos se registraron especies que de acuerdo con la bibliografía (Rzedowski y Rzedowski, 1979; 1985; y Mcaugh 1987), preferentemente colonizan áreas perturbadas. Estas especies, que alcanzan elevados valores de cobertura relativa, pertenecen a las familias Asteraceae, Fabaceae y Lythraceae. Como parte de este contingente de especies se encuentran: *Tagetes lunulata*, *T. micrantha*, *Galinsoga parviflora*, *Jaegeria hirta*, *Crotalaria quercetorum*, *Aeschynomene americana* y *Cuphea aequipetala* (Tabla 10).

Por su parte, los grupos IV y V reúnen a los cuadros que en su mayoría provienen de la parcela con siete años de descanso y, por su localización en el diagrama de ordenación, representan a la condición intermedia del gradiente sucesional. En particular, el grupo V se formó por solo tres cuadros que se caracterizaron por poseer valores altos en el segundo eje de la ordenación.

En relación con su florística, en el grupo IV se registraron algunas especies típicas de hábitats ruderales, aunque con valores de cobertura relativa bajos, las cuales no se observan en el grupo V (Tabla 10). Para estos grupos, las especies *Eryngium gracile*, *Isoetephane heterophylla* y Helecho 2 pueden considerarse características por sus altos valores de cobertura relativa.

Otro rasgo de estos grupos fue la presencia de *Salvia patens* y *Sabazia multiradiata* las cuales alcanzan su máxima abundancia en la condición madura. Asimismo, destacó la presencia de *Pinguicula* sp., género de hábitos insectívoros que habita en lugares protegidos y húmedos (Rzedowski y Rzedowski, 1985).

El grupo VI se integró por cuadros que proceden de la parcela conservada y, de acuerdo a su ubicación en el esquema de ordenación, representa el estadio de mayor madurez del gradiente sucesional. En primer lugar destaca, como un rasgo distintivo de este grupo, el bajo

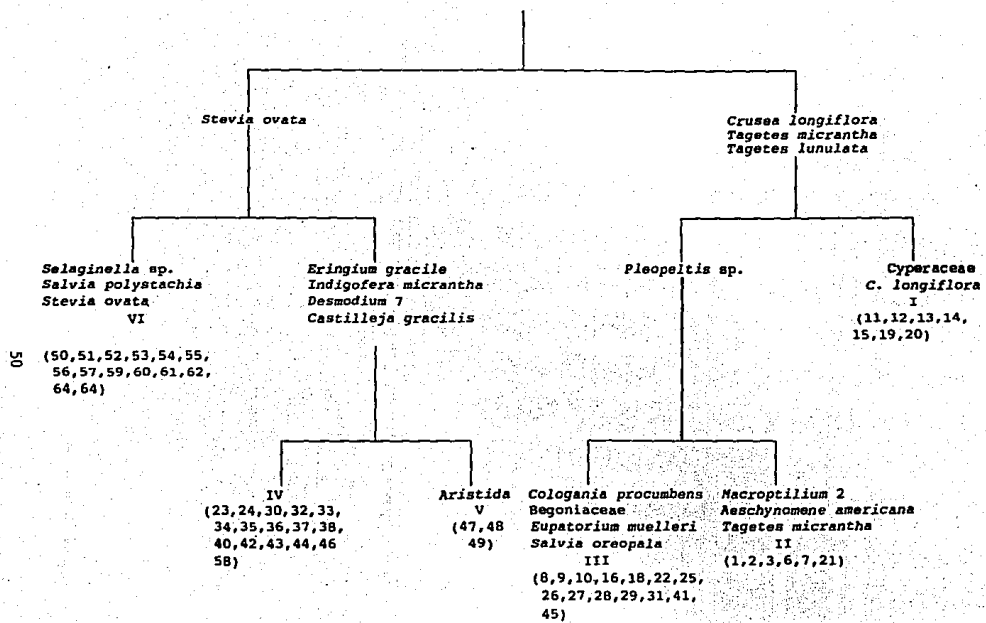


Figura 12. Clasificación divisiva (TWINSpan) de los cuadros de muestreo del estrato herbáceo.
 1-29 Proceden de las parcelas con 3 años de descanso
 30-49 con 7-8 años de descanso,
 50-64 pertenecen a la parcela sin uso agrícola.

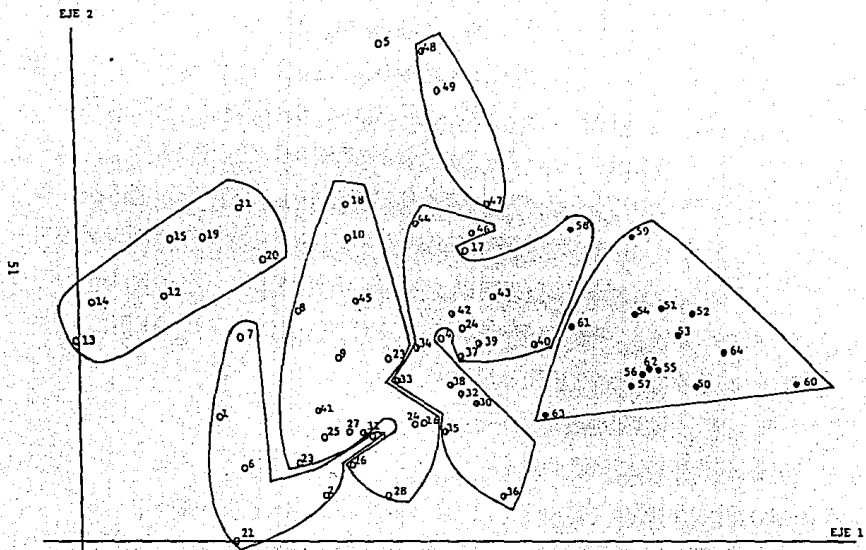


Figura 13. Grupos de cuadros definidos con la clasificación divisiva Twinspan, localizados en el esquema de ordenación que se produce con el análisis de correspondencia sin tendencia.
 1-29 (○) Cuadros de la condición juvenil
 30-49 (◐) Cuadros de la condición intermedia
 50-64 (●) Cuadros de la condición madura

Tabla 10. Cobertura relativa de las principales especies en cada grupo que se obtiene de la clasificación divisiva (Twinspan)

	Grupo					
	I	II	III	IV	V	VI
Hierba-26	0.127	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000
Opilomenus sp.	0.042	0.002	0.006	0.000	0.000	0.000
Cuphea aequipetala	0.016	0.011	0.010	0.000	0.000	0.000
Paspalum sp.	0.040	0.098	0.011	0.006	0.000	0.000
Aeschynomene americana	0.008	0.062	0.009	0.000	0.000	0.000
Tagetes micrantha	0.002	0.090	0.021	0.000	0.000	0.000
Jaegeria hirta	0.000	0.007	0.018	0.001	0.000	0.000
Galinoga parviflora	0.002	0.016	0.027	0.001	0.000	0.000
Tagetes lunulata	0.053	0.100	0.034	0.006	0.000	0.002
Crucea longiflora	0.014	0.014	0.019	0.007	0.000	0.001
Euphorbia ocyroides	0.011	0.021	0.012	0.002	0.000	0.000
Trisetum sp.	0.002	0.002	0.020	0.003	0.000	0.000
Crotalaria quercetorum	0.034	0.022	0.012	0.021	0.000	0.004
Indigofera micrantha	0.059	0.040	0.037	0.029	0.027	0.000
Desmodium 1	0.011	0.013	0.014	0.006	0.008	0.001
Bidens ferulifolia	0.040	0.010	0.018	0.006	0.023	0.005
Cyperus sp.	0.011	0.005	0.031	0.012	0.000	0.011
Cologania procumbens	0.007	0.002	0.009	0.005	0.004	0.000
Senecio rhyacophilus	0.003	0.008	0.001	0.016	0.000	0.000
Stevia micradenia	0.000	0.010	0.013	0.010	0.023	0.001
Desmodium 7	0.009	0.025	0.015	0.036	0.045	0.004
Cuphea lanceolata	0.009	0.010	0.007	0.015	0.008	0.000
Eryngium gracile	0.000	0.003	0.016	0.028	0.041	0.006
Castilleja gracilis	0.000	0.002	0.008	0.009	0.037	0.000
Cela scabra	0.019	0.000	0.022	0.011	0.004	0.005
Lopezia racemosa	0.046	0.060	0.052	0.034	0.004	0.009
Gnaphalium attenuatum	0.003	0.002	0.008	0.004	0.000	0.005
Euphorbia nutans	0.022	0.003	0.012	0.011	0.019	0.018
Salvia orepala	0.017	0.008	0.041	0.041	0.049	0.041
Rumfordia media	0.034	0.052	0.055	0.042	0.004	0.033
Galactia	0.009	0.008	0.009	0.003	0.000	0.000
Macropitilium 2	0.025	0.038	0.014	0.042	0.060	0.055
Pitopeltis	0.000	0.032	0.039	0.051	0.037	0.024
Eupatorium muelleri	0.000	0.008	0.030	0.034	0.023	0.016
Muhlenbergia sp.	0.045	0.011	0.049	0.102	0.000	0.032
Aristida sp.	0.000	0.000	0.009	0.003	0.124	0.000
Oxalis decaphylla	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000	0.001
Isoetane heterophylla	0.002	0.010	0.006	0.022	0.041	0.004
Viguiera buddleiformis	0.008	0.002	0.006	0.024	0.000	0.024
Cosmos crithmifolius	0.000	0.000	0.001	0.014	0.000	0.005
Helecho 2	0.000	0.002	0.002	0.031	0.079	0.009
Helecho 3	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.019
Schlaginella	0.000	0.002	0.020	0.032	0.000	0.065
Sabazia multiradiata	0.000	0.000	0.003	0.016	0.019	0.024
Ranunculus petiolaris	0.000	0.000	0.022	0.014	0.019	0.012
Desmodium 2	0.000	0.024	0.017	0.012	0.019	0.033
Sporobolus sp.	0.000	0.000	0.004	0.016	0.000	0.011
Compuesta 3	0.000	0.002	0.005	0.019	0.019	0.019
Stevia ovata	0.000	0.000	0.024	0.034	0.023	0.079
Pinguicula	0.000	0.000	0.001	0.005	0.041	0.006
Salvia patens	0.000	0.002	0.000	0.020	0.000	0.043
Salvia polystachya	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066
Euphorbia 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
Aracaceae sego-podioides	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048

número de leguminosas. Por otra parte, pueden considerarse especies características de esta condición a: *Salvia polystachia*, *Arracacia aegopodioides* y Helecho 3, presentándose también *Pinguicula* sp.

Una característica relevante en la florística de todos los grupos fue la presencia de un conjunto de especies comunes que además alcanzan valores altos de cobertura relativa (Tabla 10), entre otras: *Salvia oreopala*, *Lopezia recemosa*, *Pleopeltis* sp., *Rumfordia media*, *Macroptilium* sp. y *Desmodium* 5. Estas especies pueden considerarse un indicio de la afinidad que guardan estas comunidades, a pesar de las diferencias detectadas que podrían atribuirse, en parte, al tiempo de descanso de las parcelas.

A nivel de grupo taxonómico, en la Tabla 11 se observa que las compuestas mantuvieron un valor alto de cobertura relativa en las tres condiciones. Las Leguminosas y Gramíneas alcanzaron valores altos de cobertura relativa en las condiciones juvenil e intermedia, mientras que la familia Labiatae fue la más abundante en la condición madura. A su vez, las pteridophytas resultaron abundantes en las condiciones intermedia y madura.

1.4 ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD

En la Tabla 12 se muestra el porcentaje de cobertura de este estrato y el número de especies registradas en cada cuadro. Los valores más bajos de estas variables se presentaron en el grupo VI, el cual representa la condición de mayor madurez en el gradiente sucesional, mientras que los grupos que representan a los estadios juvenil e intermedio, ostentan valores mayores y similares entre sí.

El resultado de la comparación de los grupos por medio de la prueba de Kruskal-Wallis (Scheffler, 1981), también se presenta en la Tabla 12. El grupo VI difiere significativamente de los otros, tanto en el número de especies registradas por cuadro, como en el porcentaje de cobertura del estrato herbáceo ($p < 0.05$ y < 0.1 respectivamente).

Con relación a la comparación de la diversidad se decidió excluir al grupo V, dado que sólo está formado por tres cuadros. La Tabla 13 muestra los valores promedio de la diversidad; en ella se observa que el grupo III tuvo el valor más alto y difiere de manera significativa de los otros grupos ($p < 0.05$).

Para obtener una representación gráfica de la tendencia en la diversidad, estos valores se relacionaron con la posición relativa que ocupó cada grupo en el primer eje de ordenación. En

Tabla 11. Número de especies y cobertura relativa (C.R.) de las principales familias en los grupos de cuadros que se obtienen con la clasificación TWINSpan.

	Grupo											
	I		II		III		IV		V		VI	
	No.	C.R.	No.	C.R.	No.	C.R.	No.	C.R.	No.	C.R.	No.	C.R.
Asteraceae	18	0.32	17	0.21	28	0.31	21	0.29	14	0.22	15	0.24
Fabaceae	17	0.31	16	0.22	21	0.16	15	0.16	9	0.19	8	0.10
Poaceae	7	0.12	10	0.20	13	0.12	7	0.13	3	0.15	6	0.06
Euphorbiaceae	4	0.03	3	0.06	5	0.04	5	0.02	1	0.02	3	0.03
Labiatae	4	0.01	2	0.02	2	0.04	2	0.06	1	0.05	3	0.15
Pteridophitas	5	0.04	1	0.001	4	0.06	6	0.12	2	0.12	5	0.12

Tabla 12. Mediana del número de especies y porcentaje de cobertura del estrato herbáceo en los grupos de cuadros que se obtienen con la clasificación TWINSpan.

	Grupos				
	I	II	III	IV	VI (*)
Mediana del número de especies	25	26	29	29	17
Porcentaje de cobertura del estrato herbáceo	52.5	25	30	30	20

(*) Este grupo manifestó diferencias estadísticas significativas para estos parámetros. Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, $P < 0.05$.

Tabla 13. Promedio del índice de diversidad de Shannon de los grupos de cuadros que se obtienen con la clasificación divisiva (TWINSPAN).

Grupo				
I	II	III	IV	VI
3.72 < 3.92 < 4.11	3.56 < 3.85 < 4.13	4.15 < 4.27 < 4.39	3.87 < 3.95 < 4.09	3.49 < 3.69 < 3.89

Los intervalos de confianza se calcularon con un nivel de 0.05.

No se incluye al grupo V.

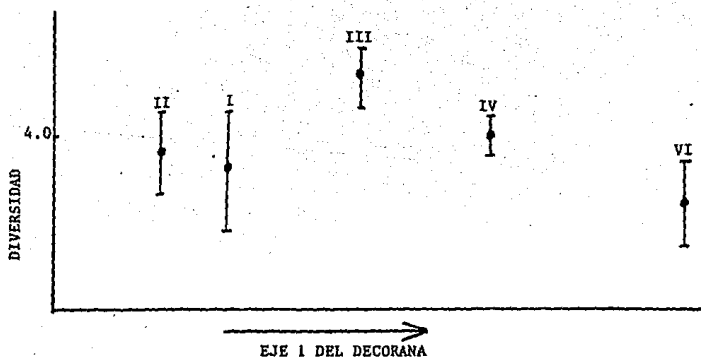


Figura 14. Diversidad promedio de los grupos de cuadros con respecto a su posición en el eje 1 del análisis de correspondencia sin tendencia (DECORANA).

la Figura 14 se observa que la mayor diversidad se encontró en el sector central del eje que representa el gradiente temporal, situándose en los extremos de éste los grupos con los valores más bajos de esta variable (grupos I-II y IV-VI). Estos resultados sugieren que conforme transcurre el tiempo de descanso, las primeras comunidades herbáceas que se establecen presentan una baja diversidad, la cual se incrementa hasta alcanzar un valor máximo, a partir del cual decrece conforme la comunidad madura.

Es conveniente señalar que el grupo III se integró por cuadros que en su mayoría proceden de las parcelas juveniles, aunque su florística y el lugar que ocupó en el primer eje de ordenación lo asemeja con el grupo IV que contuvo a la mayoría de los cuadros de la parcela intermedia.

2. ESTRATO LEÑOSO

2.1 REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO

En la mayoría de las parcelas la relación área acumulativa-especies (excepto en la condición intermedia) sugiere que bajo este criterio el muestreo fue representativo de las comunidades estudiadas. Las curvas de esta relación (Figura 15) alcanzaron una asíntota, lo cual es un indicio de que la mayor parte de las especies de la comunidad estuvieron representadas en la superficie registrada (Matteucci y Colma, 1982).

Con respecto a los cambios observados en la varianza acumulada de la cobertura de este estrato, en todas las parcelas manifestó la tendencia a estabilizarse conforme se incrementó el área (Figura 16), esto puede considerarse un indicio de representatividad del muestreo (Müller-Dombois y Ellenberg, 1974). Los cambios bruscos en la varianza que se observaron en las parcelas en descanso se asociaron con la presencia de árboles de gran talla, los cuales posiblemente fueron dejados en pie cuando dichas parcelas se dedicaron al tlacolole.

2.2 FLORISTICA

En el estrato leñoso se registraron 47 especies que pertenecen a 12 familias de angiospermas y 2 de gymnospermas (Anexo 1 y Tabla 14). Como parte de la composición florística del área de estudio, se encontraron especies que preferentemente se distribuyen en áreas más cálidas (*Acacia farnesiana* y *Lysiloma acapulcensis*), así como especies de hábitats

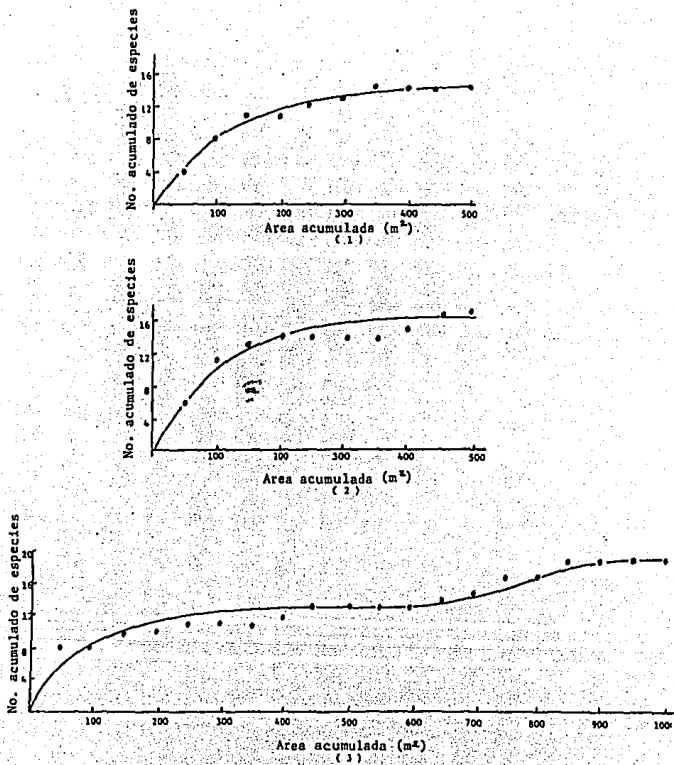
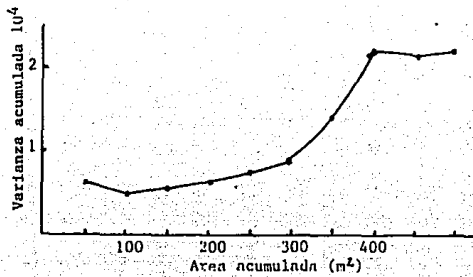
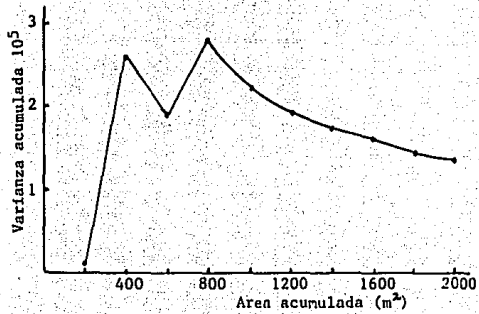


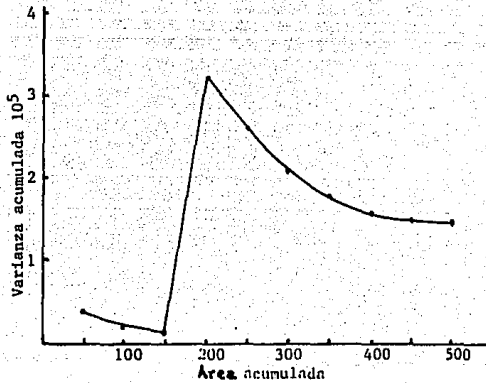
Figura 15. Relaciones área acumulada- número acumulado de especies en el estrato leñosos: 1= Ejemplo de una parcela juvenil; 2= parcela intermedia; 3= parcela madura.



(1)



(2)



(3)

Figura 16. Relaciones área acumulada-varianza acumulada de la cobertura del estrato leñoso. 1= Ejemplo de una parcela juvenil; 2= parcela intermedia; 3= parcela madura

Tabla 14. Número de especies por familia, encontradas en el estrato leñoso

	No. de especies
Agavaceae	1
Asteraceae	8
Budlejaceae	1
Convolvulaceae	1
Cupressaceae	1
Ericaceae	1
Fabaceae	7
Fagaceae	3
Pinaceae	1
Rhamnaceae	1
Rosaceae	1
Sapindaceae	1
Solanaceae	1

templados (pertenecientes a los géneros **Pinus** y **Quercus**), las cuales dominaron la fisonomía de la vegetación.

Quercus magnoliifolia fue dominante tanto por su cobertura como por la densidad de individuos. Fue notable encontrar una gran cantidad de tocones retoñados de esta especie en las parcelas en descanso (juveniles e intermedia).

El resultado de los análisis de correspondencia (MULTIVAR), aplicados con la finalidad de evaluar si la vegetación leñosa respondía a algún gradiente en el transecto, no mostraron algún patrón en su arreglo. La Figura 17 es un ejemplo de las ordenaciones que se produjeron. En ésta puede observarse que no existió correlación entre la posición de los segmentos en el transecto y su arreglo en el espacio formado con los dos primeros ejes del análisis de correspondencia.

Con base en este resultado, en la siguiente etapa se analizó la información florística de las parcelas por medio de un análisis de componentes principales, centrando los datos por especie (MULTIVAR). Esta ordenación se basó en el IVI, que es un estimador de la importancia relativa de las especies.

La proyección de las parcelas en el espacio formado con los dos primeros componentes principales se muestra en la Figura 18, cuya varianza explicada correspondió a 54.5% y 28.4% para los componentes 1 y 2, respectivamente. El arreglo de las parcelas en estos ejes mostró en un extremo a las juveniles y en el otro a la parcela madura, localizándose entre ellas a la que representa a la condición intermedia.

En relación con la composición florística (Tabla 15), las parcelas juveniles presentaron especies heliófitas asociadas a condiciones de disturbio, como son **Solanum lanceolatum** y **Baccharis salicifolia** (Rzedowski y Rzedowski, 1985). Asimismo en dos de estas parcelas se presentaron individuos aislados de gran talla de **Pinus montezumae** y **P. pringlei**. A su vez, **Acacia farnesiana** y **Quercus conspersa**, a pesar de encontrarse en todas las condiciones, manifestaron su mayor valor de importancia en las parcelas en descanso (así como su mayor cobertura y frecuencia), tanto en las juveniles como la intermedia (Tabla 15).

Como elementos notables de la parcela madura se encontraron **Cassia** sp. y **Prunus** sp. (Tabla 15). El primero solamente se registró en esta parcela, mientras que el segundo, aunque fue común en las condiciones intermedia y madura, manifestó un mayor valor de importancia en esta última.

Con respecto a **Quercus magnoliifolia**, la especie dominante del estrato leñoso en todos los

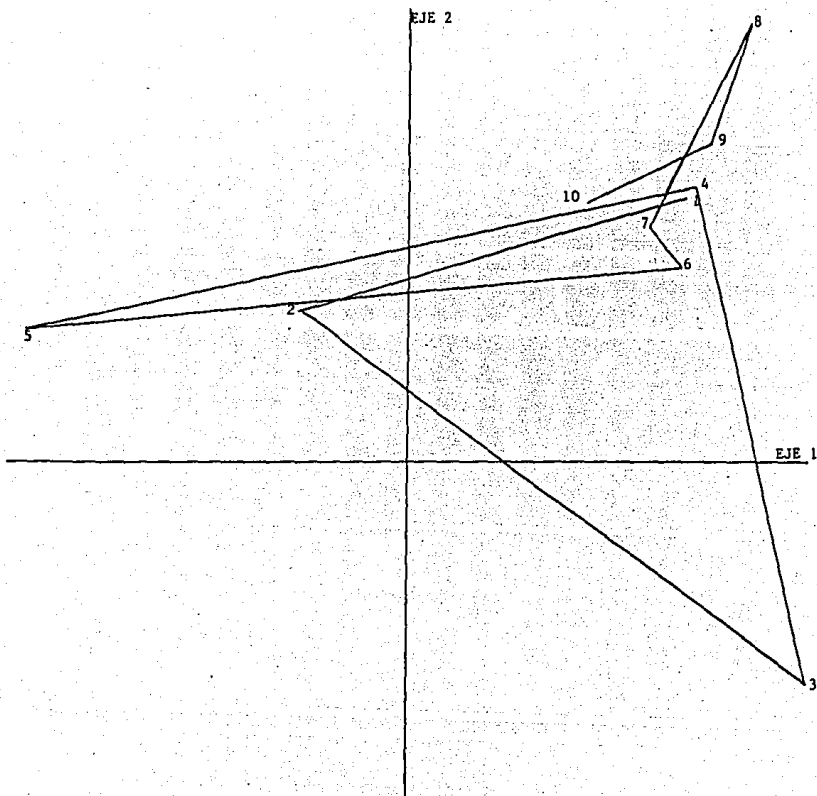


Figura 17. Ordenación típica de la información del estrato leñoso en un transecto. La ordenación se realizó con un análisis de correspondencia.

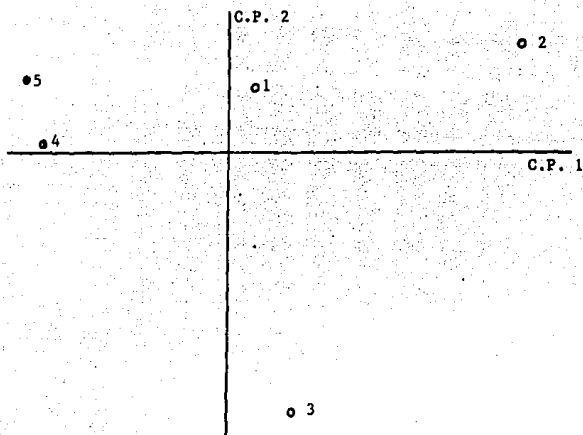


Figura 18. Ordenación de las parcelas a partir de la información florística del estrato leñoso. La ordenación se realizó con un análisis de componentes principales, centrado para cada especie.

- 1, 2 y 3 Parcelas con 3 años de descanso
- 4 Parcela con 7-8 años de descanso
- 5 Parcela sin uso agrícola

Tabla 15. Índice del valor de importancia de las especies más representativas del estrato leñoso en cada parcela.

	Parcela (*)				
	2	3	1	4	5
<i>Quercus magnoliifolia</i>	154.80	165.83	181.12	207.17	205.07
<i>Acacia farnesiana</i>	30.50	19.66	11.99	20.82	6.56
<i>Baccharis salicifolia</i>	13.46	-----	17.20	-----	-----
<i>Solanum lanceolatum</i>	6.79	32.24	11.19	1.19	-----
<i>Acacia cochliacantha</i>	-----	5.66	4.40	-----	2.63
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	17.96	4.95	23.39	8.20	14.86
<i>Quercus conspersa</i>	19.82	-----	15.58	10.86	4.66
<i>Pinus montezumae</i>	-----	-----	12.65	-----	-----
<i>Quercus aff. glaucooides</i>	10.88	38.68	13.82	36.33	19.03
<i>Juniperus sp.</i>	5.77	-----	4.90	-----	-----
Arbusto 2	2.51	9.98	2.74	-----	-----
<i>Pinus pringlei</i>	34.55	-----	-----	-----	-----
<i>Alnus acuminata</i>	-----	10.83	-----	-----	5.22
<i>Buddleja sp.</i>	-----	3.84	-----	3.73	-----
<i>Prunus sp.</i>	-----	-----	-----	2.40	8.82
<i>Cassia sp.</i>	-----	-----	-----	-----	4.79
Arbusto 43	-----	-----	-----	-----	3.87
Arbusto 7	-----	-----	-----	2.77	15.52

(*) La información se organizó de acuerdo con los resultados obtenidos en la ordenación por medio del análisis de componentes principales.

1, 2 y 3 Condición Juvenil, 4 Intermedia y 5 Madura

casos, la magnitud de su valor de importancia se asoció con la posición de las parcelas en el primer componente principal (Tabla 15), es decir, en las juveniles se observó un menor valor de importancia que en las parcelas intermedia y madura.

3. ESTRUCTURA

La estratificación vertical de los individuos leñosos en cada condición se analizó elaborando los histogramas de clases de altura y dibujando los perfiles diagramáticos. En ellos se reflejan las características de la estructura vertical y de la cobertura del dosel en cada condición.

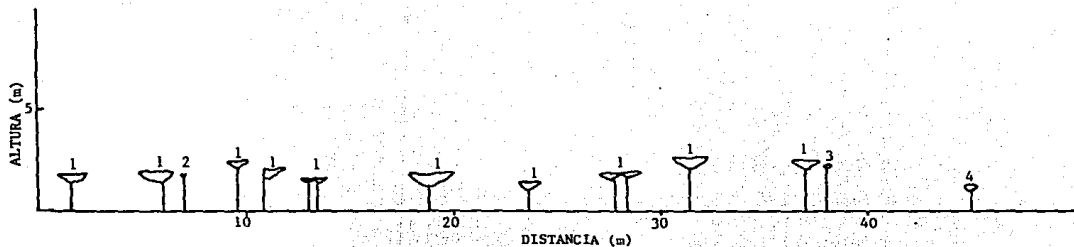
En todas las condiciones la mayor parte de los individuos que formaron el estrato leñoso son de la especie *Quercus magnoliifolia*, la mayoría de los cuales tuvieron una altura de entre 1 y 14 m (Figuras 19, 20 y 21). En particular, en dos de las parcelas juveniles se presentaron árboles emergentes (de una altura superior a 5 m) los cuales posiblemente fueron dejados en pie cuando se dedicaron al tlacolole.

Por otra parte, en las condiciones intermedia y madura se aprecia una continuidad en la distribución de las clases de altura, observándose en la madura un ligero pico en la clase 12-14 m. En estas condiciones se observó también una mayor proporción de individuos de más de 6 m de altura en relación con lo observado en las parcelas juveniles. Si se considera solo a las condiciones juvenil e intermedia, es posible que esta diferencia obedezca al mayor tiempo de descanso de la parcela intermedia.

Para estimar el grado de homogeneidad en el tamaño de los individuos en cada parcela se calculó el índice de Gini. El valor mayor se presentó en la condición madura, mientras que en las parcelas en descanso, tanto las juveniles como la intermedia, los valores resultaron menores y similares entre sí (Tabla 16). Estos resultados indican que en la parcela madura existen mayores diferencias en el tamaño de los individuos leñosos.

Con respecto a la cobertura, los perfiles muestran que en las parcelas juveniles e intermedia se presentaron una gran cantidad de claros (Figuras 19, 20). En la condición madura la mayor cobertura la aportaron los individuos de talla mayor a los 10 m (Figura 21), los cuales no forman un dosel continuo, lo que sugiere que se trata de un bosque abierto.

En relación con la estructura horizontal, en las parcelas en descanso, tanto las juveniles como la intermedia, la densidad de los individuos leñosos presentó una gran variación, observándose en los histogramas un sesgo hacia las clases de mayor valor; en contraste, en



1. *Quercus magnoliifolia*; 2. *Acacia farnesiana*; 3. *Lysiloma acapulcensis*; 4. *Baccharis salicifolia*.

99

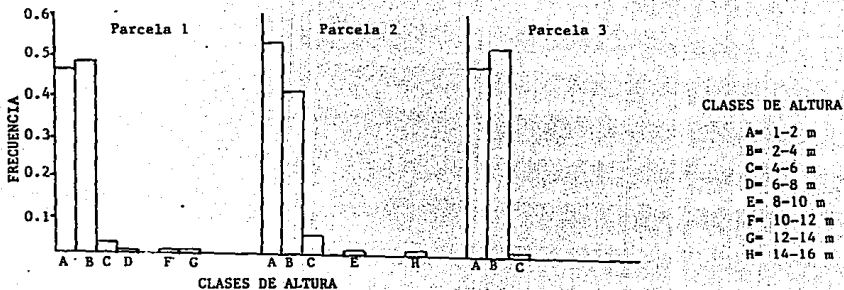
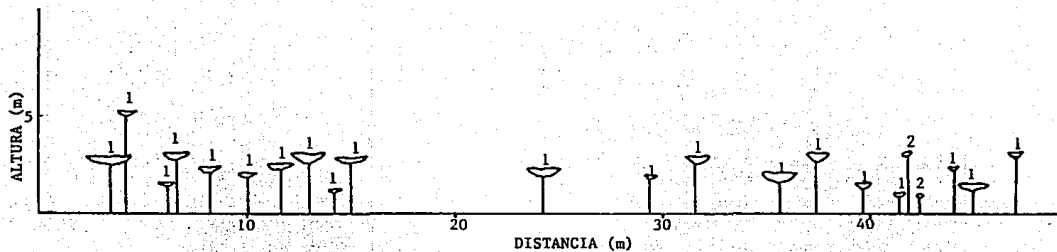


Figura 19. Perfil de la vegetación en una parcela juvenil e histogramas de las clases de altura de los individuos leñosos.



1. *Quercus magnoliifolia*; 2. *Quercus conspersa*.

67

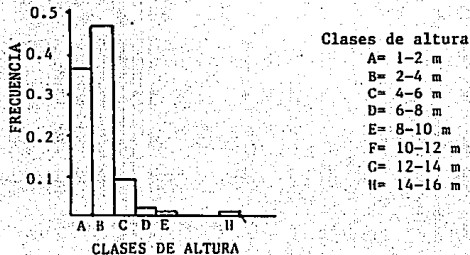
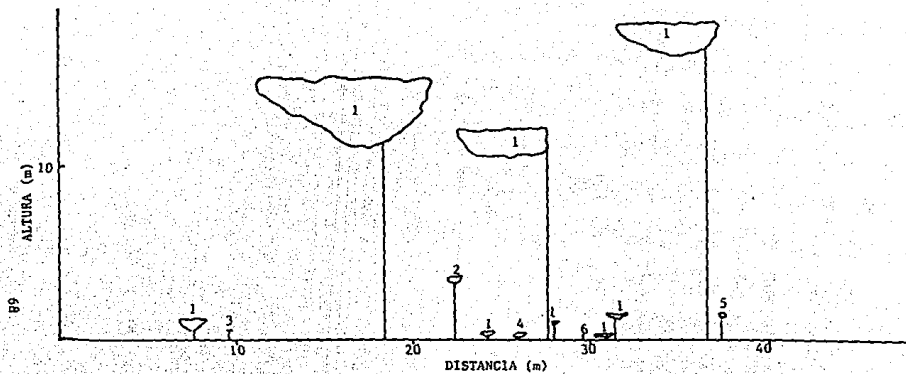


Figura 20. Perfil de la vegetación en la parcela intermedia e histograma de las clases de altura de los individuos leñosos.



1. *Quercus magnoliifolia*; 2. *Q. conspersa*; 3. *Cassia*; 4. *Prunus*; 5. *Alnus acuminata*; 6. *Acacia farnesiana*

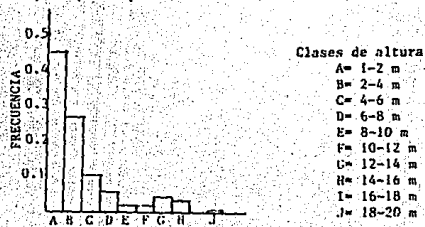


Figura 21. Perfil de la vegetación en la parcela sin uso agrícola e histograma de las clases de altura de los individuos leñosos.

Tabla 16. Variables de la estructura de la vegetación consideradas para la ordenación de las parcelas.

	Parcela (*)				
	1	2	3	4	5
Cobertura del dosel (%)	49.9	52.5	55.0	56.7	69.0
Desviación estándar de la cobertura del dosel	20.2	27.9	13.5	21.1	14.9
Cobertura promedio del estrato herbáceo (m ²)	0.74	0.70	0.60	0.68	0.61
Cobertura total (m ²)	0.67	1.35	0.72	1.30	1.16
Altura promedio del dosel (m)	1.85	1.95	2.25	5.0	12.0
Heterogeneidad en altura de los individuos del dosel (Índice de Gini)	0.24	0.27	0.18	0.30	0.47

(*) 1, 2 y 3 parcelas juveniles, 4 intermedia y 5 madura.

la condición madura los valores de la densidad se concentran en las dos primeras clases (Figura 22). Estos resultados sugieren que la distribución espacial de los individuos en la parcela madura fue más homogénea.

Con base en los parámetros reportados en la Tabla 16, se aplicó un análisis de componentes principales, centrandó y estandarizando cada una de las variables. La Figura 23, muestra la posición de las parcelas con respecto a los dos primeros componentes principales, la varianza explicada por los ejes 1 y 2 fue 59.7% y 30.9%, respectivamente.

De manera similar a los resultados que se obtienen con la ordenación basada en las características florísticas, el primer componente principal en la ordenación de las parcelas sugiere la existencia de un gradiente temporal, por localizarse las parcelas juveniles en un extremo y la madura en el otro. Por su parte, la variación que se manifiesta en el segundo componente principal no pudo explicarse con los parámetros conocidos.

Al arreglar a las parcelas en función de su ubicación en el primer componente principal (tabla 16), se detectaron las siguientes tendencias en las variables empleadas para la ordenación: un incremento en la cobertura y altura del dosel arbóreo, y un aumento en la heterogeneidad en la altura del dosel; es decir, se presentan tanto individuos de gran talla como pequeños, disminuyendo, por su parte, la cobertura del estrato herbáceo. Por otra parte, no se observó alguna tendencia en la heterogeneidad en la cobertura del dosel (medida por medio de su varianza) y la cobertura total de la comunidad.

Conviene destacar que en todas las parcelas, *Quercus magnoliifolia* presentó valores de densidad y cobertura muy por encima de las otras especies, por lo que es de suponer que la magnitud que adquieren las variables consideradas, como componentes de la estructura de la comunidad, hayan sido fuertemente influidas por esta especie.

4. REGENERACION VEGETATIVA EN LA COMUNIDAD

En las parcelas con tres años de descanso, entre el 28 y 38% de los elementos leñosos se desarrollaron a partir del retoño de tocones; mientras que en el área con siete años de recuperación estos elementos representaron el 24% (Tabla 17).

Las especies que manifestaron este tipo de regeneración son *Lysiloma acapulcensis*, *Juniperus* sp., *Quercus conspersa*, *Q. aff. glaucoides* y *Q. magnoliifolia*, siendo ésta última la que aporta la mayor cantidad de individuos que rebrotan de tocones, en el menor de los

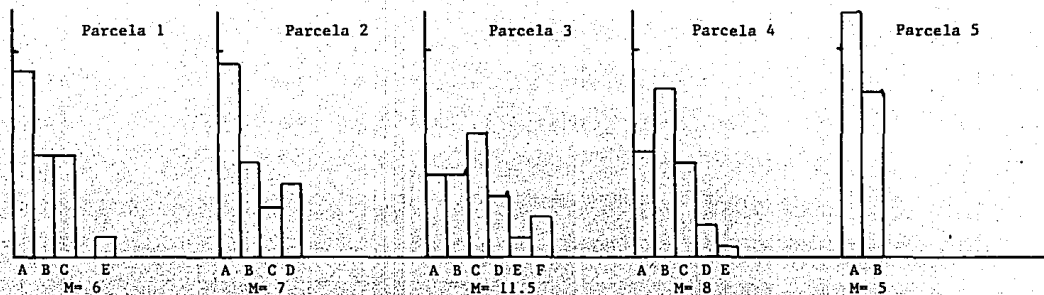


Figura 22. Distribución de frecuencias de la densidad de individuos leñosos mayores de 1m en cada parcela.

Categorías de densidad (individuos/ 25m²): A= de 1 a 5; B= de 6 a 10; C= de 11 a 15; D= de 16 a 20; E= de 21 a 25; F= de 26 a 30.

1, 2 y 3 Parcelas con 3 años de descanso; 4 con 7-8 años de descanso y 5 sin uso agrícola.

M= mediana

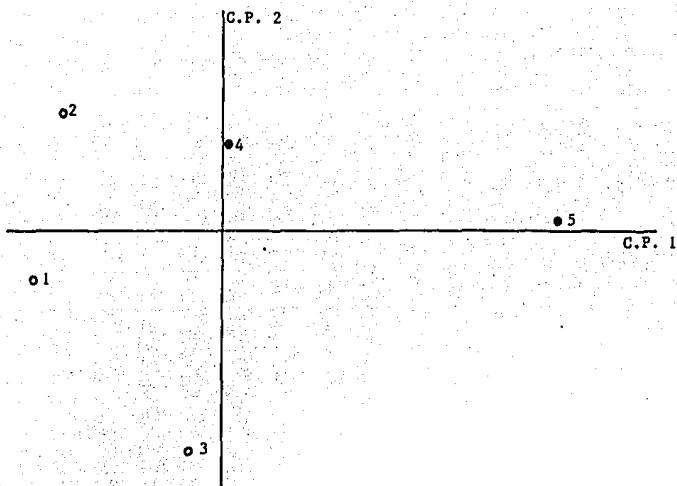


Figura 23. Ordenación de las parcelas a partir de las variables de la estructura de la vegetación. La ordenación se realizó con un análisis de componentes principales centrando y estandarizando cada variable.

- 1, 2 y 3 Parcelas con 3 años de descanso
- 4 Parcela con 7-8 años de descanso
- 5 Parcela sin uso agrícola

Tabla 17. Porcentaje de individuos leñosos que retoñaron de tocón, en las parcelas en descanso.

	Parcela			
	1	2	3	4
Total de individuos	237	229	299	520
Retoños de tocón	90	64	112	125
Porcentaje	37.9	27.9	37.5	24.0

1, 2 y 3 parcelas juveniles, 4 intermedia

Tabla 18. Porcentaje de la población de *Quercus magnoliifolia* que retoñaron de tocones en las parcelas en descanso.

	Parcela			
	1	2	3	4
Total de individuos	161	153	188	414
Retoños de tocón	87	63	105	120
Porcentaje	54.0	41.2	55.9	29.0

1, 2 y 3 parcelas juveniles, 4 intermedia

casos aporta el 94%. A nivel de la población de *Quercus magnoliifolia*, entre el 41 y 56% de sus miembros rebrotaron de estas estructuras en las parcelas juveniles; en la intermedia este porcentaje fue 29% (Tabla 18).

Otra estimación de la capacidad regenerativa de la comunidad a partir de tocones, se obtuvo al considerar a los que no retoñaron. La Tabla 19 muestra que como valor máximo, 11% de la población inicial de tocones no retoñaron, considerando que después del aclareo de estas parcelas la población de tocones la integraban tanto los que retoñaron como los que no lo hicieron, y suponiendo que ningún tocón se perdió (por degradación).

5. CRECIMIENTO DE *Quercus magnoliifolia*

Los valores promedio de la altura y cobertura de los individuos de *Quercus magnoliifolia* marcados se compararon entre las fechas de registro, por medio de una prueba de t (Scheffler, 1981). La Tabla 20 muestra que el crecimiento promedio en altura fue de 0.42 m/año, el valor inicial fue estadísticamente diferente del encontrado en las dos fechas posteriores; entre estas últimas no se observaron diferencias significativas.

En promedio la cobertura se incrementó en 0.17 m² (Tabla 20) y no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los valores de las fechas de registro.

6. SUELO

6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES

Los suelos en el área de estudio son derivados de tobas volcánicas. La textura de los primeros 20 cm es franca o franco-arenosa (Tabla 21).

Las características de los perfiles en cada parcela se muestra en la Tabla 22. De estos rasgos, destaca la profundidad de los suelos, que oscila entre 65 y 120 cm, alcanzando el mayor grosor en la parcela conservada. Así, en función de estos valores se considera que los terrenos tienen suelos profundos.

Por otra parte, las raíces activas se presentaron a una profundidad de entre 50 y 75 cm, con excepción de la parcela 2 en la que sólo penetraron hasta los 35 cm.

Los horizontes del suelo en cada parcela se identificaron con base en la textura al tacto y el color. Con excepción de la parcela juvenil 1, se reconocieron tres horizontes en cada

Tabla 19. Porcentaje de tocones que no retoñaron en las parcelas en descanso

	Parcela			
	1	2	3	4
Población inicial de tocones	101	67	125	138
Porcentaje de tocones que no retoñaron	10.9	4.5	10.4	9.4

1, 2 y 3 parcelas juveniles, 4 intermedia

Tabla 20. Altura promedio (m) y radio promedio de la copa (m) de los individuos marcados de *Quercus magnoliifolia*, en cada fecha de registro.

	n	Altura		Radio de la copa	
		X+-EE	s	X+-EE	s
Enero, 1988 a	22	1.41+- 0.33	0.739	0.55+- 0.11	0.30
Mayo, 1991 b	12	2.85+- 0.40	0.623	----	----
Diciembre, 1991 b	14	3.08+- 0.45	0.784	0.72+- 0.18	0.31

Sólo hubo diferencias significativas para la altura. Letras iguales denotan que no hay diferencias significativas entre fechas, letras distintas implica que sí las hubo.

Tabla 21. Características físicas de los suelos en cada parcela (valores promedio n=3).

Variable	Profundidad (cm)	Parcela (*)				
		1	2	3	4	5
Capacidad de campo (% humedad a 0.3 bars)	0-10	29.69	25.29	25.35	28.83	24.00
	10-20	26.43	25.42	23.38	25.90	17.55
Punto de marchitez permanente (% humedad a 15 bars)	0-10	12.53	12.56	13.18	14.48	13.44
	10-20	10.92	11.83	12.80	14.32	10.98
Humedad aprovechable	0-10	17.96	12.73	12.17	14.35	10.56
	10-20	15.51	13.59	10.58	11.58	6.57
Textura	0-10	Franco	Franco	Franco-arenoso	Franco	Franco-arenoso
	10-20	Franco	Franco	Franco-arenoso	Franco	Franco-arenoso
% de arena	0-10	48	50	57	51	67
	10-20	44	50	58	49	67
% de limo	0-10	41	39	31	37	21
	10-20	41	38	29	36	25
% de arcilla	0-10	11	11	12	12	12
	10-20	11	12	13	15	8

(*) 1, 2 y 3 = Parcelas juveniles, 4 = intermedia y 5 = madura

Tabla 22. Características del perfil del suelo en cada parcela.

		Parcela				
		1	2	3	4	5
Espesor (cm)			7	2-4	5	15
Pedregosidad	Cantidad		Sin	Muy pocas	Muy pocas	Sin
	Tamaño Forma		---	Grava Angular	Grava Subangular	---
Estructura			Sin	Sin	Sin	Sin
Raíces	Cantidad		Comunes	Raras	Pocas	Comunes
	Tamaño		Delgadas Finas	Finas	Finas-delgadas	
Espesor (cm)		50	39	37	42	70
Pedregosidad	Cantidad		Ligera	Muy pocas	Pedregoso	Pedregoso
	Tamaño Forma		Medianas Angular	Pequeñas-medias Angular	Grandes Angular	Medianas-grande Subangular
Estructura		Débil	Débil	Débil	Débil	Débil
Raíces	Cantidad		Pocas	Raras	Pocas	Pocas
	Tamaño		Finas-delgadas	Delgadas	Medianas y gruesas	Medianas y gruesas
Espesor (cm)		50	17	40	41	más de 40
Pedregosidad	Cantidad		Pedregoso	Pedregoso	Ligera	*
	Tamaño Forma		Grandes Angular	Grava-pequeñas Subangular	Medianas y grandes Angular	Medianas Subangular
Estructura		Sin	*	*	Sin	*
Raíces	Cantidad		Muy raras	Raras	Muy raras	*
	Tamaño		Gruesas	Medianas	Medianas y gruesas	Medianas
Espesor total (cm)		100	63	95	100	más de 120
Profundidad de raíces activas (cm)		60	35	70	50	75

* Características que no se pudieron registrar durante el levantamiento

perfil. Las características registradas sugieren que el más profundo corresponde a un horizonte C, el superior a un A y el intermedio a una transición entre A y C. La descripción de los horizontes que a continuación se hace solo incluye a los terrenos con tres capas de suelo.

El horizonte superficial de la parcela madura es de mayor grosor (15 cm) que en las otras, sin pedregosidad, es de color oscuro y manifiesta una fuerte reacción al agua oxigenada. En los terrenos de la condición intermedia y juvenil su espesor varía entre 4 y 7 cm, es de color más claro que el de la parcela madura, con baja pedregosidad (muy pocas) y su reacción al agua oxigenada es tenue.

El horizonte medio también es de mayor grosor en la parcela madura, aunque la mayoría de sus otras características son similares a las de los otros terrenos. La pedregosidad es entre ligera y pedregosa, los tamaños de las rocas oscilan entre gravosa y grande, y son de forma angular.

En todas las parcelas el horizonte profundo varía en su espesor y en la pedregosidad, aunque presenta algunas características similares. La pedregosidad es entre ligera y pedregosa, el tamaño de las rocas es entre mediano y grande y no manifiesta reacción al agua oxigenada.

Para la parcela 1 subyaciendo al horizonte orgánico se presenta un horizonte de 50 cm de grosor, con pedregosidad ligera, con piedras medianas, de forma angular. El horizonte profundo es pedregoso, con piedras grandes, de forma angular.

6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS

Para cada nivel de profundidad, el promedio de los parámetros fisicoquímicos evaluados se muestra en la tabla 23.

El resultado de la ordenación por el método de componentes principales se muestra en la Figura 24, la varianza explicada por los dos primeros componentes principales es de 91.6%. El arreglo de las parcelas con relación al primer eje del esquema de ordenación puede asociarse al tiempo de descanso de estas áreas, por ubicarse las parcelas juveniles en un extremo y la madura en el otro.

Con respecto a la variación de los parámetros químicos en función de la profundidad, se observó que en todas las parcelas los parámetros evaluados presentaron un mayor valor en los primeros 10 cm del suelo (Tabla 23). En todas las condiciones se encontraron diferencias

Tabla 23. Resultados de los análisis químicos en cada parcela (valores promedio n=3).

Parámetro	Profundidad (cm)	Parcela				
		1	2	3	4	5
pH	0-10	5.63	5.30	5.53	6.00	6.30
	10-20	5.30	5.17	5.43	5.43	5.83
Materia orgánica (%)	0-10	4.87	2.80	4.70	4.97	8.60
	10-20	2.30	1.30	2.80	1.93	4.40
Nitrógeno total (%)	0-10	0.15	0.14	0.23	0.25	0.18
	10-20	0.07	0.06	0.14	0.10	0.10
Fósforo (ppm)	0-10	14	8	35	27	64
	10-20	8	6	22	14	47
POTASIO (ppm)	0-10	207	175	160	213	245
	10-20	144	96	118	143	149
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g)	0-10	19.4	17.2	21.1	25.1	21.8
	10-20	16.5	16.3	21.5	22.1	18.2
Aluminio (meq/100 g)	0-10	---	1.7**	0.8***	---	---
	10-20	1.67*	2.3***	1.1***	0.7**	---

1, 2 y 3 parcelas juveniles, 4 intermedia y 5 madura.

* se detectó en dos muestras; ** se detectó en una muestra; *** se detectó en tres muestras.

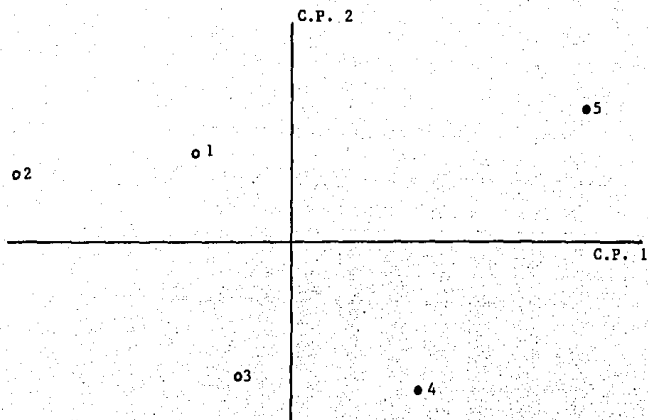


Figura 24. Ordenación de las parcelas a partir de las características fisicoquímicas del suelo. La ordenación se realizó con el método de componentes principales, centrando y estandarizando cada variable.

1, 2 y 3 Parcelas con 3 años de descanso

4 Parcela con 7-8 años de descanso

5 Parcela sin uso agrícola

significativas en la materia orgánica, el nitrógeno total y el potasio al comparar ambas profundidades ($p < 0.05$). Las desigualdades en la capacidad de intercambio catiónico sólo resultaron significativas en las parcelas intermedia y madura, mientras que el fósforo únicamente lo fue en esta última (Tabla 24).

Por otra parte, los ANDEVA's realizados para comparar los parámetros químicos de los primeros 10 cm del suelo entre las parcelas juveniles mostraron que el pH, la materia orgánica, el potasio y la capacidad de intercambio catiónico no difirieron significativamente (Anexo 2). En el caso del nitrógeno total y el fósforo la parcela juvenil 3 difirió de las otras, presentando una mayor concentración de estos nutrientes (Anexo 2).

Como producto de los ANDEVA's aplicados para comparar el pH, la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y el potasio entre las parcelas madura, intermedia y el promedio de las parcelas juveniles se detectó que sólo los tres primeros parámetros son significativamente diferentes ($p < 0.05$); (Anexo 2). La prueba de Student-Newman-Keuls aplicada a los casos en los que se detectaron diferencias significativas mostró que el pH fue significativamente menor en las parcelas juveniles, siendo mayor en las parcelas intermedia y madura, entre las cuales el valor fue similar; la materia orgánica fue significativamente mayor en la parcela madura, en las parcelas juveniles e intermedia el valor fue similar; y la capacidad de intercambio catiónico fue significativamente diferente en todos los casos, siendo mayor en la parcela intermedia.

Para el nitrógeno total y el fósforo los resultados de los ANDEVA's entre todas las parcelas mostraron diferencias significativas (Anexo 2). La prueba de Student-Newman-Keuls indicó que la concentración de fósforo en la parcela madura fue significativamente mayor, observándose que en las parcelas juvenil 3 y la intermedia el valor fue similar, lo mismo que en las parcelas juveniles 1 y 2. En relación con el nitrógeno la prueba de Student-Newman-Keuls mostró que no existen diferencias significativas entre las parcelas, a pesar de que el ANDEVA indicó lo contrario.

Para la profundidad 10-20 cm, la comparación entre las parcelas juveniles muestra que existen diferencias significativas para la mayoría de los parámetros, únicamente el pH y el potasio no fueron significativamente diferentes (Anexo 2).

En relación con el pH, su efecto es importante en la solubilidad de los minerales, ya que suelos muy ácidos generalmente tienen concentraciones altas y tóxicas de aluminio soluble y manganeso (Donahue et al, 1977; Lathwell y Grove, 1986). Por esta razón, a las muestras

Tabla 24. Prueba de t de Student para la comparación de los parámetros físico-químicos entre las profundidades 0-10 y 10-20 cm de cada parcela.

	Parcela				
	1	2	3	4	5
pH	1.74	1.86	0.42	5.7*	2.6
Materia orgánica	3.4*	3.9*	3.3*	3.6*	4.2
Nitrógeno total	5.2*	3.7*	3.6*	3.6*	3.9*
Fósforo	1.8	1.0	2.0	2.1	6.1*
Potasio	4.3*	3.9	2.8	2.9	5.6
Capacidad de intercambio catiónico	1.7	0.8	0.4	3.7*	3.7*

1, 2 y 3 parcelas juveniles, 4 intermedia y 5 madura.

Valor umbral del estadístico t-Student=2.77, $p < 0.05$ y 4 g.l.

* Diferencias significativas

de suelo con un pH inferior a 6 se les determinó la concentración de aluminio. Los resultados se presentan en la Tabla 23, en ella se observa que existe relación entre la presencia de este elemento y la acidez del suelo. En la capa de 0-10 cm, sólo se detectó aluminio en las parcelas juveniles 2 y 3, mientras que a la profundidad de 10-20 cm se encontró en todas las parcelas de esta condición y en una muestra de la condición intermedia.

Los valores promedio de los parámetros físicos se muestran en la tabla 21. La textura de los suelos en la condición madura y la parcela juvenil 3 fue franco-arenosa, mientras que en el resto de las áreas se presentaron suelos francos.

La humedad aprovechable, que se calculó como la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, fue menor en la condición madura y en la parcela juvenil 3, lo cual puede asociarse con la textura del suelo, ya que en estas áreas el suelo tiene una mayor proporción de arena.

Desde una perspectiva agronómica, se han elaborado tablas que relacionan la magnitud de los parámetros físico-químicos de los suelos con su calidad (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1987; Donahue et al., 1977). Así, los valores encontrados se interpretaron de acuerdo con Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, (1987). El resultado de esta interpretación se muestra en la Tabla 25.

Bajo este enfoque, la parcela juvenil 3, la intermedia y la madura presentan características muy similares, observando las categorías más altas de la tipología de cada parámetro. Las parcelas juveniles 1 y 2, por su parte, son semejantes entre sí y sus suelos son de una menor calidad. Es conveniente señalar que algunos parámetros para los que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las parcelas, se incluyen en la misma categoría bajo la perspectiva agronómica (por ejemplo la materia orgánica), lo que indica que su calidad agronómica es igual.

6.3 EROSION

Como se indicó en la metodología, para contar con una estimación de este proceso se calculó la pérdida anual de suelo (t/ha/año), con la metodología que propone la FAO (1979).

Analizando la fórmula referida, para este trabajo el único factor que puede modificar el valor de la erosión del suelo es la cobertura de la vegetación. Por esta razón, se generaron tres posibles escenarios: el primero consideró que en el área de estudio únicamente se presentaban

Tabla 25. Calidad agronómica de los suelos en el área de estudio.

Parcela	Profundidad	pH	Nitrógeno total	Materia orgánica	Fósforo	Capacidad de intercambio catiónico
1	0-10	Moderadamente ácido	Medio	Muy alto	Medio	Baja
	10-20	Moderadamente ácido	Bajo	Medio	Medio	Baja
2	0-10	Moderadamente ácido	Medio	Muy alto	Medio	Baja
	10-20	Moderadamente ácido	Bajo	Bajo	Bajo	Baja
3	0-10	Moderadamente ácido	Alto	Muy alto	Alto	Medio
	10-20	Moderadamente ácido	Medio	Medio	Alto	Medio
4	0-10	Moderadamente ácido	Alto	Muy alto	Alto	Medio
	10-20	Moderadamente ácido	Bajo	Medio	Medio	Medio
5	0-10	Ligeramente ácido	Alto	Muy alto	Alto	Medio
	10-20	Moderadamente ácido	Bajo	Muy alto	Alto	Baja

La calidad se estableció de acuerdo con Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos (1987).

Para el potasio no se pudo conocer la calidad agronómica.

tierras de cultivo, el segundo se basó en el promedio de los valores cobertura registrados en todas las parcelas y el tercero consideró que el área presentaba una cobertura de la vegetación igual que la observada en la parcela madura.

Los resultados evidenciaron que bajo diferentes regímenes de manejo se presentan fuertes contrastes en los niveles de erosión en el área de estudio (Tabla 26). La situación menos erosiva ocurre con una cobertura vegetal similar a la que se encontró en el bosque maduro, mientras que el escenario con el mayor nivel de erosión fue el que consideró que en la zona sólo se presentan áreas sujetas a agricultura intensiva.

Es importante señalar que por el nivel general de la fórmula empleada, la comparación entre los escenarios debe establecerse solo en términos cualitativos.

7. RELACION SUELO-VEGETACION

Para explorar la relación entre las características del suelo y la estructura de la vegetación se realizó un análisis de correlación lineal entre los valores del primer componente principal de las ordenaciones de la estructura de la vegetación y de las características químicas del suelo.

La correlación encontrada, $r=0.867$, sugiere que existe interdependencia entre las propiedades químicas del suelo y la estructura de la vegetación, en cada parcela (Figura 25). Al respecto, conviene señalar que esta relación se basa en la posición que ocupan las parcelas en las ordenaciones referidas, por lo que puede interpretarse que la interdependencia que resulta es a nivel global, es decir, todas las variables del suelo y la estructura de la vegetación influyen en este hecho.

De las correlaciones múltiples y simples que se aplicaron solamente dos resultaron estadísticamente aceptables ($p < 0.05$). La primera indica que la concentración del nitrógeno guarda relación con la cobertura del dosel, la densidad de individuos leñosos mayores de un metro y la cobertura del estrato herbáceo (Tabla 27). Por otra parte, existe una relación positiva entre la cobertura del dosel y el porcentaje de materia orgánica (Tabla 28).

Tabla 26. Erosión del suelo en la zona de estudio (T/ha/año) considerando tres escenarios.

		Riesgo de erosión
Pérdida de suelo considerando un uso agrícola intensivo	116.55	Alta
Pérdida de suelo considerando una cobertura de la vegetación igual a la de la condición madura	8.74	Ligera
Pérdida de suelo considerando una cobertura de la vegetación promedio de los valores registrados en las parcelas de estudio	14.57	Moderada

La pérdida de suelo se estimó con la fórmula de la FAO (1979).

$PS = RKTCP$, donde PS = nivel de erosión ton/ha al año;

R = factor de erosividad = 138.76. Se calculó con el índice de Fournier empleando los valores de precipitación de la estación meteorológica de Alcozauca.

K = factor erodabilidad = 0.3, considerando la textura de los suelos.

T = factor topografía = 3.5. Se calculó la pendiente promedio de la zona con el índice de Horton (Sánchez, 1987), con este valor se consultó la tabla de FAO (1979) para asignarle la calificación.

C = factor cobertura = 0.8 para tierras de cultivo; 0.1 para el escenario que consideró la cobertura promedio de la vegetación y 0.06 para la cobertura de la condición madura. Estos valores se obtuvieron de FAO (1979).

P = factor asociado al manejo = 1.0.

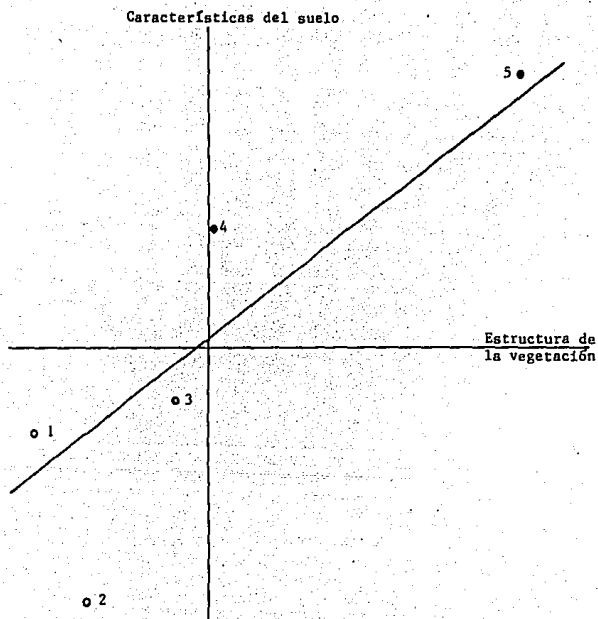


Figura 25. Correlación entre el primer componente principal de la ordenación basada en la estructura de la vegetación y el de las características del suelo.

Modelo: $Y = 0.000016 + 0.816 X$ $r = 0.867$ $R = 75.17$ $p < 0.05$

1, 2 y 3 Parcelas con 3 años de descanso

4 Parcela con 7-8 años de descanso

5 Parcela sin uso agrícola

Tabla 27. Estadísticos de la correlación múltiple entre nitrógeno total, cobertura del dosel, densidad de individuos leñosos y cobertura del estrato herbáceo.

Modelo: $Y = a + bX + cY + dZ$; $R^2 = 79.3$ $F = 6.1$ $p = 0.05$

Constantes: $a = -2.07$

$b = 0.019$ (cobertura del dosel)

$c = 2.117$ (cobertura del estrato herbáceo)

$d = 0.053$ (densidad de individuos leñosos)

Tabla 28. Estadísticos de la correlación lineal porcentaje de materia orgánica-cobertura del dosel.

Modelo: $Y = a + bX$; $r = 0.884$ $R^2 = 78.2$ $t = 3.27$ $p < 0.05$

Constantes: $a = -9.09$

$b = 0.252$

8. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADIOS DE RECUPERACIÓN DE LAS PARCELAS

Considerando que cada edad de descanso representa un estadio en la recuperación de las parcelas dedicadas al tlacolele, en este apartado se desarrolla una descripción sintética de las características encontradas en las parcelas estudiadas en este trabajo.

Condición juvenil

En estas parcelas, la vegetación corresponde a un matorral de entre 2 y 3 m altura, presentándose algunos árboles emergentes. Alrededor del 35% de los árboles retoñaron de tocones. La cobertura del dosel no es continua, observándose una gran cantidad de claros entremezclados con manchones de árboles. El estrato herbáceo presentó una mayor cobertura que en la parcela madura.

Con respecto a su composición florística, se encontraron elementos propios de comunidades secundarias derivadas de encinares. En el estrato rasante, se observó una gran riqueza de especies. Florísticamente, destaca la participación de especies ruderales que alcanzan altos valores de cobertura. Las familias Fabaceae y Asteraceae son las mejor representadas (por el número de especies), característica que comparte con la condición intermedia.

El suelo fue de menor grosor que en las otras condiciones, sin observarse diferencias con respecto al resto de las características de su estructura. La acidez fue una peculiaridad del suelo de estas parcelas, detectándose la presencia de aluminio. La materia orgánica, el fósforo y el potasio se presentaron con baja concentración. De estas parcelas, la número 3 solamente se cultivó un ciclo agrícola y presentó las mejores condiciones de fertilidad, observándose una alta concentración de nitrógeno.

Condición intermedia

En esta parcela la mayoría de los individuos leñosos midió entre 2 y 4 m de altura, observándose árboles emergentes de diferente altura, los cuales no forman un piso continuo. El estrato rasante se presentó en los sitios desprovistos de hojarasca. En este terreno, también se encontró una proporción apreciable de tocones que retoñaron (24%). El dosel de esta

parcela fue más cerrado que en las juveniles.

La composición del estrato leñoso presentó elementos en común tanto con las parcelas juveniles como con la madura. El estrato herbáceo tuvo una fuerte similitud con la condición juvenil, se observó una gran riqueza de especies y las familias Fabaceae y Asteraceae también son numerosas. Por otra parte, en su florística se presentaron elementos comunes a la condición madura.

En esta parcela, el suelo fue franco por su textura, con profundidad de un metro, sin detectarse diferencias en su estructura con respecto a las otras condiciones. La capacidad de intercambio catiónico fue mayor y la acidez fue similar a la de la parcela madura.

Condición madura

En la parcela madura, los árboles que midieron entre 12 y 15 m son los que proporcionan la fisonomía de la vegetación y aportan la mayor parte de la cobertura, a pesar de que no forman un piso continuo. Además, se observó una gran cantidad de individuos leñosos de tamaño inferior a los 4 m y pocos árboles con talla entre 4 y 12 m. La comunidad herbácea fue poco densa y crece en los sitios no cubiertos por hojarasca; la cual en algunas partes de la parcela fue de gran grosor.

El estrato herbáceo fue de baja cobertura y baja riqueza específica. En su composición florística destaca la participación de la familia Labiatae, la cual fue la que presentó el mayor valor de cobertura.

El suelo fue franco-arenoso, de gran grosor (1.2 m), con un pH cercano a la neutralidad y ostentó altos valores de fertilidad.

V. DISCUSION

1. EL DISEÑO

En el diseño que se siguió en este estudio subyace la idea de que un fenómeno temporal, como es la restauración del recurso suelo-vegetación, puede estudiarse a partir de la variación espacial (terrenos con diferente tiempo de descanso). Purata (1986) señala que este enfoque ha sido criticado bajo el argumento de que existe incertidumbre acerca del historial de las áreas que se estudian; no obstante representa una opción que permite analizar en relativamente poco tiempo un proceso que ocurre en periodos muy largos.

Por otra parte, el curso de la sucesión secundaria puede ser afectado por diversos factores (tipo, intensidad y momento de la perturbación; características del ambiente físico y biótico del área afectada, etc.). Tomando en cuenta lo anterior, las parcelas estudiadas se ubicaron en una misma unidad ambiental con el fin de prevenir variación en los factores del ambiente, los cuales podrían influir en los resultados. Esta estrategia tiene la desventaja de que los resultados de esta investigación no pueden extrapolarse a otras áreas; no obstante, brindó la oportunidad de analizar la relación tiempo de descanso-restauración del agrosistema restringiendo algunas fuentes de variación (formas de manejo y condiciones ambientales) que puede influir en la recuperación del agrosistema.

Otra consecuencia del diseño fue que sólo se encontró una parcela con siete años de descanso (condición intermedia), y una sin uso agrícola. Esto también limitó la posibilidad de hacer generalizaciones a partir de los resultados encontrados, so pena de caer en lo que Hurlbert (1984) define como pseudoreplicación, ya que no hubo réplicas de todos los tratamientos (solamente la condición juvenil tuvo réplicas). Las tendencias principales en la sucesión y su variación se podrían haber evaluado mejor si se hubiera contado con réplicas para cada edad de descanso. Así, las conclusiones que se derivan de este trabajo tienen validez sólo para las parcelas estudiadas; no obstante, ofrecen evidencias de la sucesión en las parcelas sujetas al tlacolole en la unidad ambiental donde se llevó a cabo el estudio.

2. MUESTREO DE LA VEGETACION

Uno de los principales objetivos en el muestreo de la vegetación es lograr la representatividad de las muestras, para contar con información objetiva de las comunidades

vegetales que se pretenden estudiar (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Matteucci y Colma, 1982). Este principio debe conciliarse con el tiempo que se dispone para el muestreo y con los recursos disponibles.

En este trabajo, la técnica empleada para el registro de la vegetación permitió levantar la información con rapidez, sin sacrificar su calidad.

Las evaluaciones de la representatividad del muestreo indican que éste fue suficiente para registrar adecuadamente la florística de las comunidades, así como la variación de la cobertura de la vegetación.

3. TECNICAS EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE LOS DATOS DE LA VEGETACION

Los métodos numéricos multivariados son herramientas analíticas de uso común en los estudios de vegetación. Van der Maarel (1984) recomienda su empleo en investigaciones acerca de la dinámica de las comunidades vegetales.

La ventaja de tales métodos es que facilitan la interpretación de un conjunto de datos de gran complejidad y permiten que se generen hipótesis acerca de su variación (Austin, 1985). En particular, las técnicas de ordenación son procedimientos que sirven para el análisis exploratorio de datos, al ordenar un conjunto de muestras de vegetación con respecto a uno o más gradientes ecológicos o ejes abstractos, que representan tales gradientes.

En este trabajo, se emplearon técnicas de ordenación y clasificación. Tanto en los dendrogramas como en los esquemas de ordenación, los datos se arreglan en patrones que pueden asociarse al tiempo de descanso. Estos resultados sugieren que una parte importante de la variación en la estructura y composición de la vegetación podría explicarse considerando un gradiente temporal.

Por otra parte, con base en el análisis de los valores de importancia de las especies del estrato herbáceo que tuvieron una frecuencia superior a 0.3, se identificaron cinco grupos de especies que mostraron una tendencia similar en el valor de importancia. De esta manera, se generó una representación sintética de la composición florística de cada edad de descanso, ya que no se consideraron a la gran cantidad de especies raras y se resaltó a las que ordinariamente se presentan.

4. FLORISTICA

Con base en los índices de valor de importancia, puede considerarse que la vegetación estudiada corresponde a un encinar de *Quercus magnoliifolia*. La florística de su estrato leñoso se caracterizó por la presencia de especies de afinidad templada, de los géneros *Quercus*, *Ainus*, *Pinus*, *Arbutus* y *Juniperus*, y de elementos propios de bosques tropicales (*Acacia farnesiana*, *A. cochliacantha*, *Lysiloma acapulcensis*). Esta última peculiaridad de la vegetación puede explicarse por su vecindad con la selva baja caducifolia, que se establece a una menor altitud. Al respecto, González (1986) y Bello y Jean-Noel (1987) señalan que los bosques de *Quercus magnoliifolia* frecuentemente colindan con bosques tropicales, por lo cual estiman que se trata de bosques de transición entre comunidades termófilas y templadas.

Con relación a la florística del estrato herbáceo, se encontró que numéricamente dominan las familias Asteraceae, Fabaceae y Poaceae, lo cual en general coincide con lo establecido por Rzedowski (1978) para los encinares mexicanos.

Formando parte de estas comunidades están representados los géneros *Baccharis*, *Eupatorium*, *Stevia*, *Tagetes*, *Viguiera* y *Salvia*, que Rzedowski (1978) define como géneros de montaña, de afinidad meridional, sin mucha especialización ecológica, que pueden distribuirse en ambientes cálidos, secos y templados. Para el mismo autor, estos géneros tienen una participación significativa en algunas zonas templadas de México.

Otro aspecto relevante de las comunidades estudiadas fue la variación en su composición florística. Esta variación se apreció a pesar de que existe un conjunto de especies comunes a las tres condiciones en el estrato herbáceo, y de la fuerte dominancia de *Quercus magnoliifolia* en el estrato leñoso.

A nivel de grupo taxonómico superior, en las condiciones juvenil e intermedia destacó la participación significativa de las leguminosas, lo cual contrastó con el reducido número de especies de esta familia en la parcela madura. Los grupos de herbáceas con características similares de longevidad y hábitat, que se asociaron a cada condición fueron otra expresión de estas diferencias. En las parcelas juveniles dominaron las especies secundarias, anuales, que no se observaron en la condición madura. En la condición intermedia también se presentaron especies secundarias, anuales, algunas de las cuales fueron comunes a la condición juvenil; además, se encontraron especies perennes típicas de bosques templados, una parte de las cuales se registraron también en la parcela madura. En este último grupo destacó *Pinguicula*

sp. que es un género característico de hábitats conservados y húmedos (Rzedowski y Rzedowski, 1985), esto sugiere que su presencia puede asociarse a la ausencia de fuertes disturbios recientes, lo cual coincide con la información obtenida del historial de estas áreas. En la condición madura, la mayor parte de las especies del estrato herbáceo fueron perennes y habitantes de bosques templados. Una explicación para las especies que fueron comunes a las tres condiciones puede buscarse en la información reportada en la bibliografía acerca de su hábitat. En dichas fuentes (Tabla 29) se reporta que la mayor parte de estas especies se presentan en diversas comunidades (pastizales, matorrales, bosques), lo que parece indicar que estos elementos cuentan con atributos que los facultan para colonizar una amplia gama de hábitats.

En el estrato leñoso, los cambios en la composición florística no resultaron tan contrastantes como en el estrato rasante. En las parcelas juveniles se presentaron *Baccharis*, *Juniperus* y *Alnus*, los cuales Rzedowski (1978) considera como géneros componentes de la vegetación secundaria derivada de encinares. Con excepción de *Alnus*, estos elementos no se encontraron en la parcela madura. Adicionalmente, conviene señalar que se observó una mayor dominancia de *Quercus magnoliifolia* en las parcelas intermedia y madura.

Los resultados del análisis multivariado sugieren que la variación observada en la composición florística puede explicarse en gran parte si se considera el tiempo de descanso de las parcelas, lo cual podría indicar que estas comunidades forman parte de un gradiente sucesional.

La sucesión secundaria se ha interpretado como un continuum a través del tiempo, presentándose de manera asociada cambios en las condiciones ambientales y la aparición y desaparición de grupos de especies con atributos biológicos similares (Horn, 1974; Bazzaz, 1979; Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1980).

Actualmente, diversos autores resaltan la importancia de las historias de vida de las especies y sus características ecofisiológicas para explicar los cambios en la composición de especies que se observa en el proceso sucesional (Bazzaz, 1979; Bazzaz y Pickett, 1980; Peet y Christensen, 1980; Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1980). En este contexto, se han identificado las principales tendencias en el desarrollo de la comunidad. Se considera que en los primeros estadios de la sucesión secundaria dominan especies heliófitas, con ciclo de vida corto, manifestándose posteriormente especies de mayor longevidad y tolerantes a la sombra. De acuerdo con Bazzaz (1979), las especies pioneras son escasas o están ausentes en la

Tabla 29. Ciclo de vida, hábitat y forma de crecimiento de las especies herbáceas.

	Ciclo de vida	Habitat	Forma de crecimiento	Otra
<i>Bidens odorata</i>	Anual	R-S	H	
<i>Brickellia pendula</i>		BT	Ar	
<i>Eupatorium schaffneri</i>	Perenne	BT	H	
<i>Gallinsoga parviflora</i>	Anual	R-S	H	
<i>Ageratum corymbosum</i>	Perenne	P-M	H-SAr	
<i>Eupatorium muelleri</i>				
<i>Archibaccharis serratifolia</i>	Perenne	BT-S	H-Ar	Rizomatosa
<i>Cosmos crithmifolius</i>	Perenne	BT-S	H	
<i>Calea scabra</i>	Perenne	BT	H	Rizomatosa
<i>Conyza apurensis</i>				
<i>Baccharis salicifolia</i>	Perenne	S	Ar	
<i>Cosmos concolor</i>				
<i>Bidens ferulifolia</i>	Anual	R-S	H	
<i>Cosmos sulphureus</i>				
<i>Dyssodia tagetiflora</i>				
<i>Gnaphalium attenuatum</i>	Perenne	AD	H	
<i>Iostephane heterophylla</i>	Perenne	BT	H	Base tuberosa
<i>Jaegeria hirta</i>	Anual	BT-R-S	H	
<i>Phylactis</i> sp.		BT-P-M		
<i>Piqueria trinervia</i>	Perenne	H		
<i>Rumfordia media</i>				
<i>Sabazia multiradiata</i>	Perenne	BT-S	H	Rara
<i>Senecio rhyacophilus</i>				
<i>Slevia micradenia</i>				
<i>Slevia ovata</i>	Perenne	BT-M-P	H	Rizomatosa
<i>Slevia tomentosa</i>	Perenne	BT-M-P	H	
<i>Tagetes lunulata</i>	Anual	BT-S	H	
<i>Tagetes micrantha</i>	Anual	BT-S	H	
<i>Tridax brachylepis</i>				
<i>Viguiera buddleiiformis</i>	Perenne	P-M	H-SAr	
<i>Zinnia peruviana</i>	Anual	M-P-S	H	
<i>Euphorbia nutans</i>	Anual-Perenne	AD-S	H	
<i>Euphorbia ocymoides</i>	Anual	M-P	H	
<i>Salvia oreopala</i>		BT	H	
<i>Salvia patens</i>	Perenne	BT	H	Tuberculosis
<i>Salvia polystachia</i>	Perenne	BT-S	H-SAr	
<i>Cuphea aequipetala</i>	Perenne	AD-S	H	
<i>Cuphea lanceolata</i>	Anual	M-P	H	
<i>Lopezia racemosa</i>	Anual-Perenne	AD-R	H	Gran variabilidad
<i>Ranunculus petiolaris</i>	Perenne	BT-R	H	Estolonífera
<i>Crusea longiflora</i>	Anual	BT-M-P	H	
<i>Castilleja gracilis</i>	Anual	BT-S	H	
<i>Arracacia aegopodioides</i>		BT	H	
<i>Eryngium gracile</i>				
<i>Macropitium gibosifolium</i>	Perenne	BT-P-R	H	
<i>Cologania procumbens</i>	Anual	BT-R	H	
<i>Zornia thymifolia</i>		P-R		
<i>Eriosema multiflorum</i>	Perenne	BT-P-R	Ar	
<i>Aeschynomene americana</i>	Anual-Perenne	AD	H	Polimorfa
<i>Dalea sericea</i>	Perenne	P-R	H	
<i>Crotalaria quercetorum</i>	Anual-Perenne	BT-R	H	
<i>Dalea foliolosa</i>	Anual	P-R	H	

Habitat: R=ruderal; S=especie secundaria; P=pastizal; M=materral; BT=bosque templado
AD=amplia distribución.

Forma de crecimiento: H=hierba; Ar=arbusto; SAr=subarbusto

vegetación primaria, manteniéndose en las comunidades por medio de semillas que, por presentar mecanismos de latencia, llegan a formar bancos de semillas y en algunos casos adoptan una estrategia "fugitiva", por la gran capacidad de dispersión de sus semillas.

Desafortunadamente, la única información sobre la biología de las especies que integran las comunidades estudiadas se restringió a su longevidad y hábitat, lo cual limitó el análisis de los cambios observados en la composición florística. Así, la variación en la composición florística y la información encontrada de la biología de las especies (Tabla 29) sugieren que conforme madura la comunidad desaparecen gradualmente muchas de las especies secundarias y anuales que dominan en el estrato herbáceo de la condición juvenil, estableciéndose posteriormente especies perennes. Algunas de éstas presentan estructuras que permiten su regeneración vegetativa (Tabla 29), como son *Stevia ovata*, *Iostephane heterophylla*, *Ranunculus petiolaris* y *Oxalis decaphylla*.

5. ESTRUCTURA

Los resultados de este estudio sugieren que la estructura de la vegetación podría estar asociada con el tiempo de descanso de las parcelas. Al interpretar ésta asumiendo que existe un gradiente temporal, se advirtieron las siguientes tendencias en las variables empleadas: un incremento en la cobertura y altura del dosel arbóreo, y un aumento en la heterogeneidad en la altura de los individuos que forman el dosel (se incrementa la diferencia en el tamaño de los individuos); disminuyendo la cobertura del estrato herbáceo. En la heterogeneidad en la cobertura del dosel (estimada por medio de su varianza) y la cobertura total de la comunidad no se observó alguna tendencia.

Asumiendo que las parcelas estudiadas representan diferentes momentos del desarrollo de la comunidad y considerando que la heterogeneidad en la altura de los individuos del dosel (estimada con el índice de Gini) ilustra bien lo que ha sido el desarrollo vertical del estrato leñoso, a continuación se expone una interpretación de este último proceso. Los valores observados del índice de Gini, bajos en las parcelas juveniles y mayores en las parcelas intermedia y madura, sugieren que en las primeras fases del desarrollo de la comunidad la mayoría de los individuos presentaban tallas similares y que conforme se desarrolló la vegetación ellos fueron cada más heterogéneos. El aumento en las diferencias en el tamaño de los individuos podría explicarse si se considera que durante el desarrollo de las

comunidades vegetales se presenta un crecimiento diferencial en los individuos como expresión de las fuerzas selectivas que se establecen, como lo indican Canham y Marks (1985). Al respecto, estos autores señalan que en las comunidades que presentan un rápido recrecimiento basado en el rebrote de estructura vegetativas es de esperar una fuerte competencia entre los retoños de tocones. Además de la competencia entre los rebrotes, la proporción de individuos originados por semilla en las comunidades vegetales aumenta con la edad, lo cual podría ayudar a explicar la mayor diferencia en el tamaño de los individuos en la parcela madura.

En relación con la estructura horizontal, estimada por medio de la densidad de elementos leñosos, Jardel (1986) en un bosque templado, y Sarukhán et al. (1985) en un bosque tropical reportan la existencia de altos valores de densidad en áreas perturbadas en proceso de regeneración, lo cual coincide con lo observado en este estudio.

Entre los componentes de la estructura de las comunidades vegetales, la cobertura del dosel es importante ya que influye en la calidad y cantidad de luz que alcanza el sustrato, lo cual es importante para la germinación y establecimiento de las especies (Bazzaz, 1979; Purata, 1986). Bajo esta noción, la variación que se apreció en algunos de los parámetros de la estructura del estrato herbáceo (cobertura y número de especies), podría explicarse considerando el efecto de sombra que produce el dosel. La menor cobertura de herbáceas en la condición madura puede ser resultado de la extensa cubierta de hojarasca en el piso forestal y de la sombra que produce el dosel en esta área. Al respecto, Sydes y Grime (1981) encontraron una correlación negativa entre la biomasa del estrato herbáceo y la cantidad de hojarasca en un bosque de latifoliadas de Inglaterra, en el cual *Quercus rubra* y *Q. petraea* forman parte de las especies dominantes, y advierten que la hojarasca tiene efectos físicos y químicos diferenciales en el establecimiento de las especies, por lo que también influye en la composición florística de este estrato. Físicamente la hojarasca actúa como barrera para las plántulas de algunas especies, que no pueden atravesar este material después que germinan. Por otro lado, Quintana (1989), encontró que la cobertura de las herbáceas se asocia en forma negativa a la del estrato arbustivo, en encinares de la región de los Altos de Chiapas. A su vez, Collins et al. (1985) y Ford y Newbould (1977) han sugerido que la disminución de la cantidad y la calidad de luz que alcanza el sustrato es una forma por la cual el dosel arbóreo influye sobre el estrato rasante.

Con respecto a la riqueza de especies, la condición madura se caracterizó por presentar un

menor número en comparación con las condiciones juvenil e intermedia, las cuales presentaron una cantidad similar de especies.

La coexistencia de las especies en las comunidades se ha explicado por diversos autores en términos del reparto de recursos, las interacciones y el nicho de regeneración de las especies (Connell 1975; Grubb, 1977; Grime, 1982; entre otros). Estos trabajos muestran que las hipótesis relacionadas con la abundancia de especies son múltiples y que la identificación de los mecanismos que regulan el número de elementos que forman parte de una comunidad requiere de realizar experimentos.

Tomando como base las observaciones de campo, una hipótesis para explicar la variación encontrada en la riqueza de especies considera la mayor heterogeneidad ambiental que se observa en las parcelas juveniles e intermedia con respecto a la madura. La heterogeneidad está dada por los claros y áreas sombreadas que se presentan en los terrenos donde se encuentra un dosel arbóreo poco desarrollado (parcelas con diferente grado de regeneración); en contraste, en la parcela madura existe un estrato arbóreo que proporciona una cobertura casi total del terreno. Así, las áreas con mayor variación en las condiciones del ambiente podrían ser colonizadas por especies con diferentes historias de vida, lo cual no ocurre en el sitio donde el entorno tiende a ser más homogéneo, el cual estaría habitado por especies especializadas. Si a lo anterior se suma el efecto negativo de la hojarasca para el establecimiento de las especies, estos dos hechos podrían explicar la mayor riqueza de especies encontrada en las parcelas en descanso.

En relación con la diversidad, Loucks (1970); Pickett (1976) y Grime (1982), entre otros, señalan que en el transcurso de la sucesión se observa un pico de máxima diversidad en los estadios intermedios de este proceso. Este patrón se explica porque en esta etapa se presentan especies propias de las comunidades pioneras, que aún no han desaparecido, y elementos de la comunidad madura.

Este patrón en la diversidad se observa en el estrato herbáceo de las comunidades aquí estudiadas. La máxima diversidad se presentó en un grupo de cuadros que en su mayoría provienen de la condición juvenil.

Finalmente, la variación en la abundancia relativa a nivel de grupo taxonómico es otro elemento diferencial de la estructura del estrato rasante de la condición madura con respecto a la intermedia y juvenil. La diferencia relevante es la disminución de la cobertura de leguminosas y el incremento de las labiadas en la parcela conservada. Al respecto no existen

antecedentes para comparar el patrón observado.

6. REGENERACION

Uhl (1987) considera que un factor clave en la regeneración de la vegetación de zonas tropicales es la tasa a la cual las especies primarias se establecen en terrenos abandonados. Esto implica que la calidad de la vegetación que rodea a los terrenos abandonados es clave para la llegada de propágulos a estas áreas, como lo documenta Purata (1986) en el estudio que realizó en una zona del trópico húmedo mexicano. En este contexto, tanto la dispersión como el establecimiento de las especies son importantes para la regeneración de la vegetación.

Los resultados de este estudio mostraron diferencias con respecto del esquema de desarrollo de la vegetación antes expuesto. La alta tasa de retoño y la baja tasa de mortalidad de los tocones, en particular de *Quercus magnoliifolia*, sugieren que este tipo de regeneración vegetativa es el principal mecanismo que permite a las comunidades estudiadas recuperar muchos de los árboles cortados para la aplicación del tlacolole. Así, se estima que al producirse un rápido reestablecimiento del estrato leñoso se desarrolla una estructura y composición semejantes a las observadas en la parcela madura que consideramos representa las características originales de esta comunidad vegetal. La regeneración vegetativa ha sido señalada como una fuente de propágulos que contribuye a la recolonización de terrenos aclarados de diferentes tipos de vegetación (Uhl et al., 1981; Walker, 1982; Quintana, 1989; Peet y Christensen, 1980; entre otros), aunque no se le ha asignado un papel relevante en este proceso.

En diversos trabajos (Walker, 1982; Quintana, 1989; Ashby, 1990; entre otros), se ha expresado la capacidad de retoño de los encinos a partir de tocones, aunque hay pocos registros experimentales. Entre éstos, McCreary et al. (1991) realizaron una investigación en bosques de *Quercus douglasii*, en California, e indicaron que el éxito de retoñar depende de varios factores (estación del año en que se corten, diámetro del tronco, altura del tocón, ramoneo). Ellos encontraron que el tamaño del tocón influye en su capacidad de retoño; si bien la altura de los tocones que retoñaron varió entre 40 cm y 1 m, los tocones de más de 90 cm retoñaron más frecuentemente; además, en sus áreas de estudio registraron que el porcentaje de individuos con este origen oscila entre 37 y 76 %. Estos datos sugieren a los

autores que en las áreas de distribución de esta especie, donde el reclutamiento de plántulas es limitado, la presencia de elementos maduros podría explicarse a partir del retoño de tocones.

El porcentaje de retoños que reportan estos investigadores coincide con los valores observados en el presente trabajo; adicionalmente, la relación entre la altura del tocón y su probabilidad de retoño también concuerda con lo expresado por los campesinos, quienes señalan que en el tlacolole deben dejarse tocones de aproximadamente un metro para que retoñen los árboles.

Es conveniente aclarar que aunque las evidencias encontradas en este estudio señalan que la regeneración vegetativa es importante para el restablecimiento de la vegetación, no debe subestimarse la participación de otros mecanismos en este proceso. La información recabada acerca de la biología de algunos elementos del estrato leñoso y de la mayoría de las herbáceas, sugiere que éstos necesitan de la dispersión de propágulos y su germinación-establecimiento para regenerarse (sensu Grime, 1982).

En el contexto de las ideas que Oliver (1981) propone con respecto al desarrollo de los bosques, la intensidad de la perturbación es fundamental en la restauración de la vegetación. El autor señala que las especies tienen mecanismos adaptativos para desarrollarse después de un evento de esta naturaleza, de tal forma que dependiendo del tipo de perturbación, algunas especies tienen una ventaja inicial para su establecimiento y de esto pueda surgir su dominancia en el rodal que resulta.

Si bajo esta noción valoramos el manejo tradicional del tlacolole, puede considerarse que el hecho de dejar en las parcelas tocones que retoñan favorece la expresión de la capacidad de regeneración vegetativa de algunos de los elementos del bosque, especialmente de *Quercus magnoliifolia*, por lo que es de esperar que la vegetación se restablezca en menos tiempo que cuando no se presenta este tipo de regeneración. De acuerdo con esto, podría esperarse que cuando se eliminan los tocones de las parcelas, como ocurre en los sistemas de barbecho, el restablecimiento de la vegetación tome más tiempo.

Como evidencia de lo anterior, pueda señalarse que en algunas parcelas aledañas a la zona de estudio se extrajeron los tocones, encontrándose comunidades dominadas por hierbas, que en su mayoría son ruderales. Por lo tanto, es razonable suponer que la restauración de la vegetación en las áreas tlacololeras se produzca más fácilmente que en los terrenos abandonados que se ocuparon para la agricultura de barbecho. En este contexto, el hecho de

dejar tocones durante la preparación del terreno puede considerarse una práctica que promueve la sustentabilidad de este sistema agrícola.

7. CRECIMIENTO DE Quercus magnoliifolia

Se ha considerado que los retoños de tocones tienen ventajas competitivas sobre las plántulas (Walker, 1982). De acuerdo con la revisión realizada por McCreary et al. (1991), los individuos con este origen presentan un mayor crecimiento que las plántulas, aún en sitios con baja fertilidad del suelo. En este estudio, destaca el rápido crecimiento de los tocones de **Quercus magnoliifolia** que retoñan, cuyo crecimiento anual promedio fue de 42 cm. Desafortunadamente no se encontraron estudios acerca del crecimiento de esta especie para comparar los resultados aquí obtenidos.

Es necesario señalar que el valor registrado se basó en mediciones realizadas a un conjunto de individuos localizados en una parcela, por lo que podría estar sesgado, es decir, posiblemente el dato sea representativo sólo de una parte de la variación.

8. DESARROLLO DE LA VEGETACION

En los bosques, el modelo clásico de la sucesión secundaria reconoce el establecimiento de diferentes fases, caracterizadas por la forma de vida dominante y la longevidad de las especies (Horn, 1974). Así, se considera que en las comunidades pioneras dominan las herbáceas de ciclo de vida corto, estableciéndose posteriormente una comunidad de formas arbustivas y finalmente el bosque.

Para encinares, Quintana (1989), Asbhy (1991) y Walker (1982) indican que los encinos son raros en las comunidades pioneras y consideran que este hecho está ligado a la mayor habilidad competitiva de las hierbas sobre las plántulas de encinos y a la fuerte depredación de bellotas por roedores que se asocian con la densa capa de herbáceas. A partir de estas consideraciones, los autores indican que el establecimiento exitoso de los encinos se asocia con una fase de arbustos ó de árboles pioneros que eliminan las condiciones imperantes en los primeros estadios de la sucesión. Este modelo del desarrollo de los bosques de encino supone que su regeneración se basa en el reclutamiento de individuos que se originan de bellotas.

A diferencia de este modelo, en las parcelas estudiadas se observó una rápida recolonización por encinos (principalmente *Quercus magnoliifolia*) dada por el retoño de tocones, lo cual sugiere que en este caso se salta la fase de una comunidad de árboles pioneros para el establecimiento de los encinos.

El desarrollo de la vegetación en el área estudiada puede interpretarse bajo el esquema propuesto por Oliver (1981). Este autor considera cuatro etapas en el desarrollo de los bosques. En la primera, llamada iniciación del rodal, por medio de diversos mecanismos se presenta la colonización de las áreas, después de que ocurre una perturbación. La segunda etapa, denominada de exclusión de tallos, se inicia al terminar la colonización, presentándose un periodo de intensa competencia que promueve el arreglo de la vegetación (estratificación). En la tercera etapa se produce la reiniciación del sotobosque y termina el proceso con el establecimiento de un bosque maduro. Bajo este esquema, podría interpretarse que las parcelas juveniles se encontraban en la fase de iniciación del rodal y la intermedia en la de exclusión de tallos. Como evidencia de lo anterior puede señalarse el valor del índice de Gini en cada condición.

Finalmente, es conveniente indicar que para elucidar la importancia de la regeneración a partir de bellotas y la que se produce a partir de estructuras vegetativas en estos bosques, se requiere de la manipulación experimental.

9. SUELO Y RELACION SUELO VEGETACION

En la agricultura migratoria, la tumba y quema del material vegetal incorpora cantidades significativas de nutrientes al suelo; no obstante, la rápida liberación de nutrientes tiene el riesgo de que una proporción de los mismos se pierda por lixiviación, por escorrentía y porque el suelo puede no tener la capacidad de adsorción suficiente para retenerlos (Maass y García-Oliva, 1990). Si a estos procesos de pérdida de nutrientes se suma la extracción de biomasa en forma de productos agrícolas, resulta que al finalizar el uso agrícola de estos terrenos el ecosistema ha perdido una parte considerable de sus nutrientes. Adicionalmente, la intensidad de uso agrícola de un terreno es un factor que determina la calidad del suelo al momento de iniciar su periodo de descanso o barbecho.

De acuerdo con Ewel (1986) y Young (1988), el descanso es clave en la agricultura migratoria ya que durante éste se establecen comunidades secundarias que ayudan a restaurar

la fertilidad de los suelos. En el presente estudio, la variación en las características químicas en los primeros 10 cm de estos suelos puede interpretarse bajo la noción de un gradiente temporal, como lo sugiere la ordenación aplicada, entonces puede considerarse que durante el periodo de descanso de las parcelas los suelos tienden a recuperar sus propiedades originales. Los valores de pH, materia orgánica, potasio y fósforo que se observaron en las parcelas con tres y siete años de descanso, indicaron que éstos son los elementos que manifestaron el mayor impacto por la aplicación del tlacole, al presentar un abatimiento significativo en sus valores, pero también ellos mostraron una tendencia a recobrase, suponiendo que la parcela madura representaba a las condiciones del suelo previas a la aplicación del tlacole.

Un hecho conveniente de señalar es que la parcela juvenil 3, que se cultivó durante un sólo ciclo agrícola, se caracterizó por tener altas concentraciones de potasio y nitrógeno, aun en la profundidad de 10-20 cm, lo cual podría ser un indicador de la importancia de la intensidad de uso en la fertilidad de los suelos que resulta después de su aprovechamiento agrícola.

Con respecto al nitrógeno, las concentraciones mayores se presentaron en el terreno con siete años de descanso y en la parcela juvenil 3, aunque en general todos los terrenos no fueron pobres en nitrógeno (agronómicamente tienen una calidad media). Este hecho posiblemente se asocia con la alta cobertura de leguminosas encontrada en todas las parcelas en descanso, dado que esta familia de plantas es reconocida como fijadora de este elemento.

En relación con la capacidad de intercambio catiónico en la capa de suelo de 0-10 cm, si se observó una disminución en la calidad agronómica en las parcelas juveniles 1 y 2 (terrenos cultivados durante más de un ciclo). Sin embargo, la mayor capacidad de intercambio se presenta en la condición intermedia y no en la madura, lo que contrasta con lo reportado por Aweto (1981), quien encontró una tendencia a incrementarse con el tiempo. Considerando que el intercambio catiónico se lleva a cabo en las arcillas y el humus (Donahue et al., 1977), los valores encontrados podrían asociarse con la cantidad de arcilla en las parcelas juveniles e intermedia y a la alta concentración de materia orgánica en la condición madura.

Con respecto a la humedad aprovechable, los valores menores se observaron en las parcelas con suelos franco-arenosos (madura y juvenil 3), lo que sugiere que en los terrenos estudiados esta propiedad de los suelos es influida por su textura.

Desde un punto de vista dinámico, la concentración de nutrientes en el suelo depende de su fijación y de su liberación del material parental, así como de su tasa de recambio con la

vegetación (Ewel, 1986). En este contexto, Toky y Ramakrishnan (1983a) señalan que durante los primeros años del desarrollo de la vegetación sucesional se presenta un decremento en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido a su incorporación a la vegetación, que crece rápidamente. Esta noción revela la relación que existe entre las características del suelo y la vegetación. En este trabajo, la correlación encontrada entre la estructura de la vegetación y las propiedades químicas del suelo puede considerarse como un indicio de la interdependencia que existe entre ellas.

La relación positiva entre la cobertura del dosel y la cantidad de materia orgánica podría explicarse si se considera que conforme se desarrolla la cubierta vegetal, se incorpora al suelo una mayor cantidad de estructuras vegetales muertas (hojas, ramillas, etc.) que inician su descomposición.

Con respecto al nitrógeno, éste se correlacionó positivamente con la cobertura del dosel, la densidad de individuos leñosos mayores de un metro y la cobertura de herbáceas. La correlación explica el 80% de la variación de los parámetros, lo cual sugiere que la concentración de este elemento se asocia con diversos atributos de la estructura de la vegetación y puede considerarse una evidencia de la interdependencia que existe entre ellos.

Las relaciones descritas en este trabajo coinciden con los resultados encontrados por Aweto (1981) en un estudio realizado en terrenos en descanso, sujetos a la agricultura migratoria, en condiciones tropicales.

De los valores observados de nitrógeno, destacó su baja concentración en la condición madura, ya que en ésta se esperaba encontrar una alta concentración de este nutriente. Una hipótesis para explicar este hecho es que la mayor cantidad de nitrógeno se concentra en la vegetación, que en la parcela madura se encontró muy desarrollada. Al respecto, Toky y Ramakrishnan (1983b) indican que este elemento puede incrementarse en el suelo durante los primeros años de descanso y después decreciente, hasta que se establece un balance entre la mineralización y su fijación.

La erosión de los suelos es considerada, en los medios oficiales, como la principal causa de deterioro ambiental que se provoca por este tipo de agricultura (Obregón, 1989). Con relación a este proceso, Maass y García-Oliva (1990) señalan que las diferencias en el manejo agrícola provocan pérdidas de suelo y de nutrientes diferenciales, y consideran que la roza, tumba y quema es un sistema agrícola conservador de los suelos.

En los terrenos donde se efectuó esta investigación, las fuertes pendientes y la cobertura

de la vegetación son los principales factores que condicionan la pérdida del suelo. Las estimaciones cualitativas realizadas en este estudio sobre la erosión del suelo indican que si estos terrenos se transformaran en áreas de agricultura intensiva, se presentarían fuertes niveles de erosión. Este escenario contrasta fuertemente con los valores encontrados al considerar el promedio de la cobertura actual y una cobertura similar a la de un bosque maduro, en el cálculo de la erosión. Estos resultados coinciden con los expuestos por Maass y García-Oliva (1990), quienes proporcionan una tabla donde resumen los valores de la erosión de los suelos bajo diferentes regímenes de manejo y condiciones topográficas.

En los terrenos en descanso, el grosor del primer horizonte del suelo fue menor que en la parcela madura, lo cual puede considerarse como un indicador de la erosión que ha ocurrido. Bajo esta suposición, aunque se presentó la pérdida de suelo en las áreas donde se aplicó el tlacolole, aún se mantienen suelos profundos (mayores que 60 cm), lo que sugiere que su efecto no es tan degradante como se supone en los medios oficiales.

Se estima que las labores tradicionales involucradas en este sistema productivo cumplen un papel importante en la conservación de los suelos. Así, el dejar tocones en las parcelas, los cuales rápidamente retoñan y al crecer proporcionan cobertura al sustrato (al tercer año de descanso la cobertura arbórea es de alrededor del 50%) es una práctica positiva para evitar la pérdida del suelo y mantener la productividad de estas áreas, a largo plazo; amén de que estas estructuras vegetativas, al retoñar, contribuyen al desarrollo de un estrato leñoso similar al original.

El papel del dosel en la conservación del suelo consiste en disminuir la energía cinética de las gotas de lluvia, lo cual reduce su potencial erosivo (Maass y García-Oliva, 1990; Ewel, 1986; Young, 1988); además, la incorporación de hojarasca al sustrato también ayuda a reducir la pérdida de suelo, ya que de no existir se incrementaría la erosión laminar. Adicionalmente, la red que en el suelo forman las raíces de los individuos originados de tocones ayuda a mantener la estructura del sustrato y de esta forma el riesgo de erosión disminuye.

Con respecto a las otras prácticas tradicionales del tlacolole (señaladas por Obregón, 1989), no se registraron evidencias de su participación para la conservación del suelo, aunque puede suponerse la función que cumplen para este fin. La siembra con espeque evita que se pierda la estructura del suelo, lo cual sucede con el empleo del arado, y de esta manera se reduce el riesgo de erosión; la siembra en asociación de maíz-frijol-calabaza, por su parte,

coadyuva a minimizar este riesgo al establecerse un cultivo rastrero y de gran cobertura (la calabaza) que protege el suelo.

Es importante señalar que a pesar de las bondades de las prácticas tradicionales del tlacolole para la conservación del suelo, existen riesgos de deterioro ambiental al aplicar este sistema. Al respecto, los campesinos de la comunidad señalan que la parcela juvenil 3 (la más abrupta de las estudiadas) sufrió el deslizamiento de una franja de tierra durante el primer año de uso agrícola, lo que obligó a dejarla en descanso inmediatamente. Este testimonio es una advertencia de los riesgos de erosión que entraña el sistema y deben tomarse en cuenta si llegara a considerarse al tlacolole como parte de la estrategia del manejo de los recursos naturales de la región.

El pH del suelo es otro factor que puede ser limitante para la agricultura en la zona estudiada, dado que en condiciones ácidas se favorece la liberación de aluminio el cual, aún a baja concentración, llega a ser tóxico para algunos cultivos (Lathwell y Grove, 1986). El efecto de este elemento consiste en reducir el crecimiento de las radículas, disminuyendo la absorción de calcio por las plantas. En dos de las parcelas juveniles se detectó la presencia de aluminio en la capa superficial del suelo y en todas las parcelas en descanso (intermedia y juveniles), este elemento también se encontró en la profundidad de 10-20 cm. Estos resultados sugieren que en el área de estudio se debe cuidar la acidez del suelo con el fin de evitar que el aluminio se constituya en un elemento limitante para la agricultura.

10. PERSPECTIVAS PARA EL TLACOLELE

Young (1988) indica que bajo la clasificación convencional de la aptitud del suelo, muchos terrenos son considerados inadecuados para un uso agrícola. Sin embargo, actualmente millones de campesinos dependen del cultivo de terrenos en ladera para su subsistencia, por lo que social y económicamente es imposible evitar este uso. Lo deseable sería encontrar formas para procurar que tal uso sea ambientalmente aceptable.

Adicionalmente, para que formas sustentables de aprovechamiento de los recursos naturales tengan éxito, se debe contar con la participación voluntaria de los productores, quienes esperan obtener beneficios tangibles de la aplicación de estrategias de conservación, de tal forma que se incrementen su producción e ingresos.

Desde la perspectiva ambiental, las evidencias registradas en esta investigación sugieren

que las prácticas tradicionales del tlacolole tienden a favorecer la regeneración de la vegetación y la fertilidad de los suelos y al parecer no provocan una fuerte pérdida del suelo. Si se compara el escenario que resulta por la aplicación del tlacolole con el que se produciría por el desmonte y la transformación de los terrenos a barbechos cortos y pastizales puede decirse que el tlacolole presenta ventajas ecológicas.

De acuerdo con las observaciones realizadas en la zona de estudio, en los barbechos cortos (sistema agrícola con un corto periodo de descanso) las parcelas quedan expuestas a fuertes riesgos de erosión por carecer de una cubierta vegetal que los proteja; además, al eliminar a todos los tocones se limita la posibilidad de regeneración de la vegetación, al reducirse una fuente importante de germoplasma. En el caso de los pastizales, aunque se mantiene una cubierta vegetal que ayuda a evitar la erosión del suelo, la fertilidad de éste se mantiene sólo en la capa superficial, perdiéndose muchos nutrientes por lixiviación, al no contar este tipo de comunidades con plantas que tengan raíces profundas para capturarlos Ewel (1986). A largo plazo, estas formas de manejo pueden provocar una fuerte degradación del ambiente, lo cual limitaría seriamente la capacidad productiva de estos terrenos.

En el tlacolole, el periodo de descanso es una práctica impuesta culturalmente en el manejo del sistema. De acuerdo con Ewel (1986), esta etapa representa un factor clave en la recuperación del potencial productivo de los terrenos, ya que el desarrollo de la vegetación secundaria disminuye el riesgo de erosión del suelo y permite la conservación de los nutrientes en el agroecosistema, al incorporarse éstos a la vegetación. Además, con el establecimiento de la vegetación secundaria se favorece la incorporación de los nutrientes que son mediados biológicamente (como son N y P).

La práctica de desmontar las parcelas dejando los tocones de muchos de los árboles favorece el pronto reestablecimiento de los elementos leñosos de la comunidad, que al cabo de tres años de descanso forman un matorral de entre 1.5 y 2 m de altura, con una cobertura de alrededor del 50%.

Uhl (1987) considera que tres tipos de disponibilidades influyen fuertemente en el desarrollo de la vegetación: la de germoplasma para la regeneración, la de hábitats para el establecimiento de las plantas y la de nutrientes para el crecimiento de los vegetales. En este trabajo, las evidencias sugieren que estas condiciones se presentan en las áreas sujetas al tlacolole, por lo que se favorece la regeneración de la vegetación.

En el plano económico, los costos por la aplicación de este sistema productivo pueden

evaluarse a través de las horas-hombre que se requieren en el tlacolole y por la cantidad de plantas de maíz que se dejan de sembrar por el espacio ocupado por los tocones. Según Obregón (1989), en el proceso productivo de un tlacolole de primer año se necesitan 2,166 horas-hombre por ha, considerando al trabajo humano como la principal fuente de energía, lo que implica una gran inversión de tiempo, ya que esto representa 271 días de trabajo de 8 h para un solo campesino.

Con base en la densidad promedio de tocones e individuos originados de estas estructuras, se calculó el número de plantas de maíz que se dejan de sembrar en una hectárea, considerando que un tocón impide la siembra de una planta de maíz. Así, el dejar tocones en las parcelas priva a los campesinos de 1960 plantas de maíz (casi 20% del total de plantas promedio por ha en este sistema), lo cual puede ser significativo para muchos de ellos, dado que en general el tlacolole se practica por la población de mayor marginación.

De acuerdo con lo anterior, es difícil sugerir una alternativa que, con base en las bondades ecológicas del tlacolole, incorpore modificaciones al sistema para hacerlo más productivo. Toda propuesta que se haga necesariamente debe probarse a nivel piloto, con el fin de evaluar su potencialidad como sistema ambientalmente sustentable y económicamente productivo.

Bajo una perspectiva ambiental, es conveniente considerar que el tlacolole debe manejarse respetando las prácticas que favorecen la regeneración de la capacidad productiva del sistema. Es decir, dejando tocones en una densidad óptima previamente estimada y evitando abrir a un mismo tiempo grandes extensiones con el fin de no perder la fuente de propágulos para la regeneración de la vegetación, ya que algunas especies requieren de propágulos de áreas vecinas para regenerarse.

La conservación de los suelos es otra condición que debe procurarse en este sistema. De acuerdo con Young (1988) y Ewel (1986), la meta principal de la conservación es el mantenimiento de la fertilidad en el agroecosistema. Aparentemente la profundidad de los suelos en esta zona permite incrementar la intensidad de uso de las parcelas; sin embargo, existe el riesgo de que la tasa de erosión se incremente significativamente con un año más de uso agrícola. A lo anterior habría que agregar que con un año más de cultivo, el control de las arvenses implicaría la aplicación de más horas-hombre para producir con este sistema. Se ha documentado que el incremento en las poblaciones de malezas es una de las razones para limitar el número de ciclos agrícolas con que una parcela se utiliza en la roza, tumba y quema.

Finalmente, conviene reiterar que los resultados de este estudio no son representativos de

la heterogeneidad ambiental de la zona de estudio, ni de las variantes de manejo del tlacolole. Se estudió la relación entre la práctica de dejar tocones y la restauración de la vegetación y se infirieron los cambios en las características físico-químicas del suelo. Los resultados encontrados sugieren que para entender el funcionamiento del sistema debe prestarse atención a los mecanismos de regeneración de la vegetación. Al respecto, una interrogante a responder es como se produce el restablecimiento de la vegetación en las áreas donde no se encuentran especies que pueden regenerarse a partir de tocones u otra estructura vegetativa. Por otra parte, al interpretar los resultados de las características químicas de los suelos desde una perspectiva agronómica se encontró que la parcela intermedia ya presentaba una calidad agronómica adecuada; además, los valores de pH, materia orgánica, potasio y fósforo que se observaron en las parcelas con tres y siete años de descanso, sugieren que éstos son los elementos que se impactan por la aplicación del tlacolole, al presentar un abatimiento significativo en sus valores, pero también mostraron una tendencia a recobrase. En relación con el estudio de la fertilidad del suelos se sugiere que se investigue bajo un enfoque de sistema, en esta perspectiva debe considerarse que el suelo y la vegetación son compartimientos de un sistema y a partir del conocimiento de la concentración de los nutrientes en cada compartimiento podrían contabilizarse las pérdidas o ganancias de ellos.

VI. REFERENCIAS

- Ashby, W.C. 1990. Forests. pp. 89-108. En: A.D. Bradshaw y W.C. Ashby (eds.) **Restauración Ecológica**.
- Austin, M.P. 1985. Continuum concept, ordination methods and niche theory. **Annual Review Ecology and Systematics** 16: 39-61.
- Aweto, O.A. 1981. Secondary succession and soil fertility restoration in south-western Nigeria. II. Soil fertility restoration. **Journal of Ecology** 69: 609-614.
- Bazzaz, A.F. 1979. The physiological ecology of plant succession. **Annual Review Ecology and Systematics** 10: 351-371.
- Bazzaz, A. F. y S.T.A. Pickett. 1980. Physiological ecology of tropical Succession: A comparative Review. **Annual Review Ecology and Systematics** 11: 287-310.
- Bello G, M.A. y L. Jean-Noel. 1987. Los Encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuaria, México, D.F.
- Brown, B.J., M.E. Hanson, D.H. Liverman y R.W. Meredith. 1987. Global sustainability: toward definition. **Environmental Management** 11:713-719.
- Caballero, J. 1978. El uso agrícola de la selva. **Biótica** 3: 63-83.
- Canham, C. y P.L. Merks. 1985. The Response of Woody Plants to Disturbance: Patterns of Establishment and Growth. pp 197-220 En: Pickett, S.T.A. y P.S. White (eds.) **The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics**. Academic. Orlando, USA.
- Clements, F.E. 1916. **Plant Succession: Analysis of the Development of Vegetation**. Carnegie Institute of Washington, Publication 242. Washington, D.C.
- Colinvaux, P. 1986. **Introducción a la Ecología**. Limusa. México D.F.
- Collins, B.S., K.P. Dunne y S.T.A. Pickett. 1985. Response of Forest Herbs to Canopy Gaps. pp. 217-234 En: Pickett, S.T.A. y P.S. White (eds.) **The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics**. Academic. Orlando, USA.
- Connell, H.J. 1975. Some Mechanisms Producing Structure in Natural Communities: A Model and Evidence from Field Experiments. pp. 460-490. En: M. Cody y J. Diamond (eds.) **Ecology and Evolution of Communities**. Harvard University Press. Cambridge, USA.

- Connell, H.J. y R. Slatyer. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist** 982: 1119-1144.
- Cuanelo de la Cerda, H. 1975. **Manual para la Descripción de Perfiles de Suelo en el Campo**. Colegio de Postgraduados.
- Donahue, R.L., R.W. Miller y J.C. Shickluna. 1977. **Introducción a los Suelos y al Crecimiento de las Plantas**. Prentice/Hall Internacional. Cali, Colombia.
- Drury, W.H. y C.T. Nisbet. 1973. Succession. **Journal of Arnold Arboretum** 54: 331-368.
- Ewel, J.J. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. **Annual Review Ecology and Systematics** 17: 245-271.
- FAO. 1979. **Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos**. FAO. Roma, Italia.
- Ford, E.D. y P. J. Newbould. 1977. The biomass and production of ground vegetation and its relation to tree cover through a deciduous woodland cycle. **Journal of Ecology** 65: 201-212.
- García, B.L. y J. González. 1986. La Vegetación Secundaria y su Relación con las Prácticas Agrícolas Tradicionales en el Municipio de Ometepec, Gro. Universidad Autónoma de Guerrero. Serie Técnico Científica. No. 14: 5-12.
- Gliigo, N. 1981. Estilos de Desarrollo. Modernización y Medio Ambiente en la Agricultura Latinoamericana. **Estudios e Informes de CEPAL**, No. 4: 83-117.
- Gómez-Pompa, A. y C. Vázquez-Yanes. 1980. Successional Studies of a Rain Forest in Mexico. pp. 246-266. En: D.C. West y A.H. Shugart (eds.) **Forest Succession**. Springer-Verlag. New York. USA.
- González, A., M.C. Rojas, L. Martínez, R. Obregón y C. Toledo. 1988. Sistemas de producción agrícola en el mpio. de Alcozauca, Guerrero. **Simposio de Etnobotánica**. Instituto de Ecología, UNAM.
- González V, M.L. 1986. Contribución al Conocimiento del Género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Jalisco. Colección Flora de Jalisco. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.
- Grime, J.P. 1982. **Estrategias de Adaptación de las Plantas y Procesos que Controlan la Vegetación**. Limusa. México, D.F.

- Grubb, P.J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: The importance of the regeneration niche. **Biol. Rev.** 52: 107-145.
- Hernández-X., E. 1980. **Agricultura tradicional y desarrollo**. Seminario Internacional CEICADAR, Colegio de Postgraduados, CILCA. México.
- Hill, M.O. 1979a. **DECORANA-A Fortran Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging**. Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Hill, M.O. 1979b. **TWINSPAN-A Fortran Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-Way Table by Classification of Individuals and Attributes**. Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Hill, M.O. y H.G. Gauch. 1980. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. **Vegetatio** 42:47-58.
- Horn, S.H. 1974. The ecology of secondary succession. **Annual Review Ecology and Systematics** 5: 25-37.
- Hulbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monographs** 54: 187-211.
- Jackson, M. 1964. **Análisis Químico de Suelos**. 2a. ed. OMEGA. España.
- Jardel, E.J. 1986. Efecto de la explotación forestal en la estructura y regeneración del bosque de coníferas de la vertiente oriental del Cofre de Perote, Veracruz, México. **Biotica** 11: 247-270.
- Lathwell, D.J. y T.L. Grove. 1986. Soil-plant relationships in the tropics. **Annual Review Ecology and Systematics** 17: 1-16.
- Loucks, L.O. 1970. Evolution of diversity, efficiency, and community stability. **American Zoologist** 10: 17-25.
- Ludwig, J.A. y J.E. Reynolds. 1988. **Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing**. Wiley
- Mc Vaugh, R. 1987. Leguminosae. En W.R. Anderson (ed.) **Flora Novo-Galiciana. A Descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico**. Vol. 5. Ann. Arbor. Michigan. Michigan, USA.
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological Diversity and its Measurement**. Croom Helm. London, Inglaterra.
- Maass M., J.M. y F. García-Oliva. 1990. La conservación de los suelos en zonas tropicales: el caso de México. **Ciencia y Desarrollo**. XV. No. 90: 21-39.

- Matteucci, S.D. y A. Colma. 1982. **Metodología para el Estudio de la Vegetación**. OEA. Monografía No. 21. Serie Biología. Washington, D.C.
- McCreary, D.D., W.D. Tietje, R.H. Schmidt, R. Gross, W.H. Weitkamp, B.L. Willoughby y F.L. Bell. 1991. Stump sprouting of blue oaks in California. pp. 64-69. En: **Proceedings of the Symposium on Oak Woodlands and Hardwood Rangeland Management**. Davis, California.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. Wiley. New York, USA.
- Nigh N., R. 1983. La industrialización de la agricultura: empobrecimiento del campo y destrucción de las culturas rurales. **Ciencia y Desarrollo**. 50: 30-39.
- Obregón V., R. 1989. **Contribución al Estudio del Sistema de Producción Agrícola "Tlacolole" en el Municipio de Alcozauca, Gro.** Tesis de licenciatura Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Obregón, R., J. Díaz, A. González y J. Carabias. 1990. Ecología del sistema de producción agrícola "tlacolole". pp. 337. **Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica**. Oaxtepec, México.
- Obregón, R., M.C. Rojas y C. Toledo. En prensa. **La Agricultura de Alcozauca**. UNAM.
- Odum, E.P. 1972. **Ecología**. Limusa. México, D.F.
- Oliver, C.D. 1981. Forest development in North America following major disturbances. **For. Ecol. Manage.** 3: 153-168.
- Pearce, D.W. y R.K. Turner. 1990. **Economics of Natural Resources and the Environment**. The Johns Hopkins University. Baltimore, USA.
- Peet, K.R. y N.L. Christensen. 1980. Succession: a population process. **Vegetatio** 43: 131-140.
- Pickett, S.T.A. 1976. Succession: an evolutionary interpretation. **American Naturalist** 110: 107-119.
- Pielou, C.E. 1984. **The Interpretation of Ecological Data. A Primer on Classification and Ordination**. Wiley. New York, USA.
- Purata V., S.E. 1986. **Studies on Secondary Succession in Mexican Tropical Rain Forest**. Tesis Doctoral. Uppsala University, Uppsala.

- Quintana A., P. F. 1989. **La Condición Sucesional de dos Encinos Dominantes (*Quercus laurina* Humb. & Bonpl. y *Quercus crispipilis* Trel.) de los Bosques Templados de los Altos de Chiapas.** Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Romero, P.J. 1985. Diagnóstico de la producción agrícola en las Mixtecas Oaxaqueñas Alta y Baja. *Revista Chapingo*. No. 50-51: 57-68. U.A.Ch.
- Rodríguez, F. y F. Buguete. 1987. Muestreo de Suelos. pp. 1-15. En: A. Aguilar, J.D. Etcheveres y J.Z. Castellanos (Eds.) **Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo.** Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- Rzedowski, J. 1978. **Vegetación de México.** Limusa. México, D.F.
- Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski. 1979. **Flora Fanerogámica del Valle de México.** Volumen I. CECSA. México, D.F.
- Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski. 1985. **Flora Fanerogámica del Valle de México.** Volumen II. ENCB-Instituto de Ecología. México, D.F.
- Sánchez-Colón, S. y J.L. Ornelas. 1988. **MULTIVAR. Análisis Estadístico Multivariado en Ecología.** Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Sánchez, V. A. 1987. **Conceptos Elementales de Hidrología Forestal. Agua, Cuenca y Vegetación.** Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Sarukhán, K.J., D. Piñero y M. Martínez-Ramos. (1985). Plant Demography: A Community-level Interpretation. pp. 17-31. En: J. White (ed.) **Studies on Plant Population Demography: A Festschrift for J.L. Harper.** Academic. London, Inglaterra.
- Scheffler, W.C. 1981. **Bioestadística.** Fondo Educativo Interamericano. México, D.F.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1987. **Interpretaciones Agronómicas que se Deberán Realizar a Partir de los Resultados de Laboratorio.** Dirección de Estudios y Normas Técnicas, SARH. México, D.F.
- Spurr, S. y B. Barnes. 1980. **Ecología Forestal.** AGT Editor. México, D.F.
- Sydes, C. y J.P. Grime. 1981. Effects of tree leaf litter on herbaceous vegetation in deciduous woodland. *Journal of Ecology* 69: 237-248.
- Toky, O.P. y P.S. Ramakrishnan. 1983a . Secondary succession following slash and burn agriculture in north-eastern India. I. Biomass, litterfall and productivity. *Journal of Ecology* 71:735-745.

- Toky, O.P. y P.S. Ramakrishnan. 1983b. Secondary succession following slash and burn agriculture in north-eastern India. II. Nutrient cycling. **Journal of Ecology** 71: 747-757.
- Toledo, C., A. González, C. Cedillo, M.C. Rojas y L. Martínez. 1985. **Diagnóstico Ecológico del Municipio de Alcozauca, Gro.** Manuscrito.
- Toledo, M. C. 1994. **Diagnóstico Ecogeográfico y Ordenamiento Ambiental del Municipio de Alcozauca, Gro. a través de un SIG.** Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F.
- Toledo, V.M. 1990. La perspectiva etnoecológica. pp. 22-29. En: Soberón, J. (comp.) **Ecología y Conservación en México. Ciencias.** N° esp. 4.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Mapes y C. Toledo. 1985. **Ecología y Autosuficiencia Alimentaria.** Siglo XXI. México, D.F.
- Uhl, C. 1987. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. **Journal of Ecology** 75: 377-407.
- Uhl, C., K. Clark, H. Clark y P. Murphy. 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazon Basin. **Journal of Ecology** 69: 631-649.
- Van der Maarel, E. 1984. Dynamics of Plant Population from a Synecological Viewpoint. En: R. Dirzo y J. Sarukhán (Eds.) **Perspectives on Plant Population Ecology.** Sinauer. Sunderland, USA.
- Viveros J.L. y A. Casas. 1985. **Etnobotánica Mixteca: Alimentación y Subsistencia en la Montaña de Guerrero.** Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F.
- Walker, D. 1982. The Development of Resilience in Burned Vegetation. pp 27-45. En: E.I. Newman (ed.) **The Plant Community as a Working Mechanism.** Blackwell. Oxford, Inglaterra.
- Weiner, J. y O.T. Solbrig. 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. **Oecologia.** 61: 334-336.
- Wellhausen, E.J. 1977. La agricultura en México. **Ciencia y Desarrollo.** No. 13: 39-52.
- Winter, C.M. 1985. Los altos de Oaxaca. pp. 17-124. En: Rabiela y Sanders (eds.) **Historia de la Agricultura. Epoca Prehispánica Siglo XVI.** Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F.

- Young, A. 1988. The potencial of agroforestry for soil conservation. pp. 1015-1026. En: L. Rimwanich (ed.) **Land Conservation for Future Generations**. Proceedings of the Fifth International Soil Conservation Conference. Bangkok, Tailandia.
- Zahl, S. 1977. Jackknifing an index of diversity. **Ecology** 58:907-913.

A N E X O 1

**LISTADO FLORISTICO DEL AREA DE ESTUDIO, CERRO AZUL, MUNICIPIO DE
ALCOZAUCA, GUERRERO**

Listado florístico del área de estudio, Cerro Azul, mpio. de Alcozauca, Guerrero.

Especie	Familia	1	2	3
Agave	Agavaceae	X	X	
Ageratum corymbosum Zucc.	Asteraceae	X		
Archibaccharis serratifolia (HBH) Blake	Asteraceae	X		
Baccharis salicifolia (Ruiz y Pavón)	Asteraceae	X	X	
Baccharis conferta HBK	Asteraceae	X		
Bidens ferulifolia (Jacq.) D.C.	Asteraceae	X	X	X
Bidens odorata Cav.	Asteraceae	X		
Brickellia pendula (Schard.) Gray	Asteraceae	X	X	
Calcea scabra (Lag.) Rob.	Asteraceae	X	X	X
Conyza apurensis HBK	Asteraceae	X		
Cosmos concolor Scherff.	Asteraceae	X		
Cosmos crithmifolius HBK	Asteraceae	X	X	X
Cosmos sulphureus Cav.	Asteraceae	X	X	
Dyssodia tagetiflora Lag.	Asteraceae	X		
Eupatorium muelleri Sch. Bip.	Asteraceae	X	X	X
Eupatorium schaffneri Sch.	Asteraceae	X	X	X
Galinsoga parviflora Cav.	Asteraceae	X	X	
Gnaphalium attenuatum D.C.	Asteraceae	X	X	X
Iostephane heterophylla (Cav.) Benth.	Asteraceae	X	X	X
Jaegeria hirta (Lag.) Less.	Asteraceae	X	X	
Phylactis sp.	Asteraceae	X		
Piqueria trinervia Cav.	Asteraceae	X		
Rumfordia media Blake	Asteraceae	X	X	X
Sabazia multiradiata (Seaton) Longpre.	Asteraceae	X	X	X
Senecio rhyacophilus Greenm.	Asteraceae	X	X	
Stevia micradenia B.L. Rob.	Asteraceae	X	X	X
Stevia ovata Willd	Asteraceae	X	X	X
Stevia tomentosa HBK	Asteraceae	X	X	
Spilanthes sp.	Asteraceae	X		
Tagetes lunulata Ort.	Asteraceae	X	X	X
Tagetes micrantha Cav.	Asteraceae	X	X	
Verbesina buccophora Rob. & Seat.	Asteraceae	X		
Viguiera buddlejiformis (D.C.) Hemsl.	Asteraceae	X	X	X
Begonia sp.	Begoniaceae	X	X	
Alnus acuminata	Betulaceae	X		X
Arenaria sp.	Caryophyllaceae	X	X	
Evolvulus sp.	Convolvulaceae	X		
Ipomoea sp.	Convolvulaceae	X		
Juniperus sp.	Cupressaceae	X		
Cyperus spp.	Cyperaceae	X	X	X
Arbutus sp.	Ericaceae	X	X	X
Acalypha sp.	Euphorbiaceae	X	X	
Euphorbia furcillata HBK	Euphorbiaceae	X	X	
Euphorbia nutans Lag.	Euphorbiaceae	X	X	
Euphorbia oeymoidea L.	Euphorbiaceae	X	X	
Euphorbia 4	Euphorbiaceae			X
Acacia cochliacantha	Fabaceae	X		X

<i>Acacia farnesiana</i>	Fabaceae	X	X	X
<i>Aeschynomene americana</i> L.	Fabaceae	X	X	
<i>Cassia</i> sp.	Fabaceae			X
<i>Cologania procumbens</i> Kunth	Fabaceae	X	X	
<i>Cologania</i> 2	Fabaceae	X	X	
<i>Crotalaria quercetorum</i> Brandg.	Fabaceae	X	X	X
<i>Dalea foliolosa</i> (Ait.) Barneby	Fabaceae	X	X	
<i>Dalea sericea</i> Lag.	Fabaceae	X	X	
<i>Dalea</i> 3	Fabaceae	X	X	
<i>Desmodium</i> 1	Fabaceae	X	X	X
<i>Desmodium</i> 2	Fabaceae	X	X	X
<i>Desmodium</i> 3	Fabaceae	X	X	
<i>Desmodium</i> 4	Fabaceae	X		
<i>Desmodium</i> 5	Fabaceae		X	
<i>Desmodium</i> 6	Fabaceae		X	
<i>Desmodium</i> 7	Fabaceae	X	X	X
<i>Eriosema multiflorum</i> B.L. Rob.	Fabaceae	X	X	
<i>Galactia</i> sp.	Fabaceae	X	X	
<i>Indigofera micrantha</i>	Fabaceae	X	X	X
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Fabaceae	X	X	X
<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ort.) Delgado	Fabaceae	X		
<i>Macroptilium</i> 2	Fabaceae	X	X	X
<i>Macroptilium</i> 3	Fabaceae		X	
<i>Marina</i> sp.	Fabaceae	X	X	X
<i>Phaseolus</i> sp.	Fabaceae		X	
<i>Zornia thymifolia</i> HBK	Fabaceae	X	X	
<i>Quercus conspersa</i>	Fagaceae	X	X	X
<i>Quercus</i> aff. <i>glaucooides</i>	Fagaceae	X	X	X
<i>Quercus magnoliifolia</i> Nee	Fagaceae	X	X	X
<i>Salvia oreopala</i> Fern.	Labiatae	X	X	X
<i>Salvia patens</i> Cav.	Labiatae	X		X
<i>Salvia polystachya</i> Ort.	Labiatae	X	X	X
<i>Pinguicula</i> sp.	Lentibulariaceae	X	X	X
<i>Buddleia parviflora</i> HBK	Buddleiaceae	X	X	
<i>Cuphea acupetalata</i> Cav.	Lythraceae	X	X	
<i>Cuphea lanceolata</i> Cav.	Lythraceae	X	X	X
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	Onagraceae	X	X	X
<i>Oxalis decaphylla</i> HBK	Oxalidaceae	X	X	X
<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae		X	
<i>Pinus montezumae</i>	Pinaceae	X		
<i>Pinus pringlei</i>	Pinaceae	X		
<i>Aristida</i> sp.	Poaceae	X	X	X
<i>Digitaria</i> sp.	Poaceae			
<i>Muhlenbergia</i> 1	Poaceae	X	X	X
<i>Muhlenbergia</i> 2	Poaceae			
<i>Oplismenus</i> sp.	Poaceae	X		
<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	X	X	
<i>Rhynchelytrum roseum</i>	Poaceae	X		
<i>Sporobolus</i> sp.	Poaceae		X	X
<i>Trisetum</i> sp.	Poaceae	X	X	
<i>Ranunculus petiolaris</i> HBK	Ranunculaceae	X	X	X

<i>Prunus</i> sp.	Rosaceae		X	X
<i>Crusea longiflora</i> (Will. ex Roem & Schlt.) And.	Rubiaceae	X	X	X
<i>Dodonea viscosa</i>	Sapindaceae	X		
<i>Castilleja gracilis</i> Benth.	Scrophulariaceae	X	X	
<i>Solanum lanceolatum</i> Cav.	Solanaceae	X	X	
<i>Arracacia aegopodioides</i> (HBK) Coult & Rose	Umbelliferae			X
<i>Eryngium gracile</i> Cav.	Umbelliferae	X	X	X
<i>Eryngium</i> 2	Umbelliferae		X	X
<i>Valeriana</i> sp.	Valerianaceae	X		
<i>Selaginella</i> sp.	Selaginellaceae	X	X	X
<i>Pleopeltis</i> sp.		X	X	X

1 Parcelas con 3 años de descanso (condición juvenil)

2 Parcela con 7 u 8 años de descanso (condición intermedia)

3 Parcela sin uso agrícola (condición conservada)

Elementos que solo se identificaron a nivel de familia

Asteraceae	12
Boraginaceae	1
Campanulaceae	1
Caryophyllaceae	5
Comelinaceae	2
Crassulaceae	1
Euphorbiaceae	4
Fabaceae	6
Guttiferae	2
Hydrophyllaceae	1
Labiatae	2
Liliaceae	4
Malvaceae	1
Poaceae	8
Polemoniaceae	1
Rhamnaceae	1
Rubiaceae	2
Umbelliferae	2
Pteridophytas	4

A N E X O 2

TABLAS DE LOS ANALISIS DE VARIANZA EFECTUADOS

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al pH, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	0.18	2	0.09
RESIDUAL	0.23	6	0.04
TOTAL	0.41		

$F_{(observada)} = 2.25$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación a la materia orgánica, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	7.91	2	3.95
RESIDUAL	6.19	6	1.03
TOTAL	14.1		

$F_{(observada)} = 3.83$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al potasio, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	3500	2	1750
RESIDUAL	2935	6	489.2
TOTAL	6435		

$F_{(observada)} = 3.58$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación a la capacidad de intercambio catiónico, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	23.17	2	11.58
RESIDUAL	19.83	6	3.30
TOTAL	43.0		
$F_{(observada)} = 3.50$	$F_{(2,6)} = 5.14$		$p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al nitrógeno total, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	0.016	2	0.0008
RESIDUAL	0.009	6	0.0015
TOTAL	0.025		
$F_{(observada)} = 5.33^*$	$F_{(2,6)} = 5.14$		$p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al fósforo, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	1248	2	624
RESIDUAL	308	6	51.3
TOTAL	1556		
$F_{(observada)} = 12.16^*$	$F_{(2,6)} = 5.14$		$p=0.05$

Análisis de varianza para el pH entre el promedio de las parcelas juveniles y las parcelas intermedia y madura.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	1.0	2	0.5
RESIDUAL	0.17	6	0.03
TOTAL	1.17		

$$F_{(observada)} = 16.67^* \quad F_{(2,6)} = 5.14 \quad p=0.05$$

Análisis de varianza para la materia orgánica entre el promedio de las parcelas juveniles y las parcelas intermedia y madura.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	33.96	2	16.98
RESIDUAL	9.21	6	1.53
TOTAL	43.17		

$$F_{(observada)} = 11.1^* \quad F_{(2,6)} = 5.14 \quad p=0.05$$

Análisis de varianza para el potasio entre el promedio de las parcelas juveniles y las parcelas intermedia y madura.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	6081	2	3040
RESIDUAL	4276	6	713
TOTAL	10357		

$$F_{(observada)} = 4.26 \quad F_{(2,6)} = 5.14 \quad p=0.05$$

Análisis de varianza para la capacidad de intercambio catiónico entre el promedio de las parcelas juveniles y las parcelas intermedia y madura.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	52	2	26
RESIDUAL	11	6	1.8
TOTAL	63		

$$F_{(observada)} = 14.4^* \quad F_{(2,6)} = 5.14 \quad p=0.05$$

Análisis de varianza entre todas las parcelas, con relación al nitrógeno total, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	0.028	4	0.007
RESIDUAL	0.019	10	0.0019
TOTAL	0.047		

$$F_{(observada)} = 3.68^* \quad F_{(4,10)} = \quad p=0.05$$

Análisis de varianza entre todas las parcelas, con relación al fósforo, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	5825	4	1436.2
RESIDUAL	532	10	53.2
TOTAL	6357		

$$F_{(observada)} = 37.37^* \quad F_{(4,10)} = \quad p=0.05$$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al pH, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	0.11	2	0.053
RESIDUAL	0.35	6	0.058
TOTAL	0.046		

$F_{(observada)} = 0.95$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p = 0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación a la materia orgánica, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	3.5	2	1.75
RESIDUAL	0.03	6	0.05
TOTAL	3.53		

$F_{(observada)} = 3.50$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p = 0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al nitrógeno total, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	0.01	2	0.005
RESIDUAL	0.002	6	0.0008
TOTAL	0.012		

$F_{(observada)} = 16.66^*$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p = 0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al fósforo, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	436	2	218
RESIDUAL	61	6	10.2
TOTAL	497		

$$F_{(observada)} = 21.43^* \quad F_{(2,6)} = 5.14 \quad p=0.05$$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al potasio, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	3509	2	1754.5
RESIDUAL	2145	6	375.5
TOTAL	5654		

$$F_{(observada)} = 4.91 \quad F_{(2,6)} = 5.14 \quad p=0.05$$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación a la capacidad de intercambio catiónico, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	52.01	2	26
RESIDUAL	8.09	6	1.35
TOTAL	60.1		

$$F_{(observada)} = 19.25^* \quad F_{(2,6)} = 5.14 \quad p=0.05$$

Análisis de varianza entre todas las parcelas, con relación al nitrógeno total, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	0.028	4	0.007
RESIDUAL	0.019	10	0.0019
TOTAL	0.047		

$F_{(observada)} = 3.68^*$ $F_{(4,10)} =$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre todas las parcelas, con relación al fósforo, profundidad 0-10 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	5825	4	1436.2
RESIDUAL	532	10	53.2
TOTAL	6357		

$F_{(observada)} = 37.37^*$ $F_{(4,10)} =$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al pH, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	0.11	2	0.053
RESIDUAL	0.35	6	0.058
TOTAL	0.046		

$F_{(observada)} = 0.95$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación a la materia orgánica, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	3.5	2	1.75
RESIDUAL	0.03	6	0.05
TOTAL	3.53		

$F_{(observada)} = 3.50$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al nitrógeno total, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	0.01	2	0.005
RESIDUAL	0.002	6	0.0008
TOTAL	0.012		

$F_{(observada)} = 16.66^*$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al fósforo, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	436	2	218
RESIDUAL	61	6	10.2
TOTAL	497		

$F_{(observada)} = 21.43^*$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación al potasio, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	3509	2	1754.5
RESIDUAL	2145	6	375.5
TOTAL	5654		

$F_{(observada)} = 4.91$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$

Análisis de varianza entre las parcelas juveniles, con relación a la capacidad de intercambio catiónico, profundidad 10-20 cm.

FUENTE	S.C.	g.l.	C.M.
TRATAMIENTO	52.01	2	26
RESIDUAL	8.09	6	1.35
TOTAL	60.1		

$F_{(observada)} = 19.25^*$ $F_{(2,6)} = 5.14$ $p=0.05$