



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**INFLUENCIA DE LA PINARIZACIÓN EN LA
DIVERSIDAD DE ARVENSES Y LA PRODUCTIVIDAD
DE LOS SUELOS BAJO EL SISTEMA DE CULTIVO DE
ROZA-TUMBA-QUEMA EN LOS ALTOS DE
CHIAPAS, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A:

TANIA SOFÍA GÓMEZ LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. LUIS ENRIQUE GARCÍA BARRIOS



2020

**FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: **Influencia de la pinarización en la diversidad de arvenses y la productividad de los suelos bajo el sistema de cultivo de roza-tumba-quema en Los Altos de Chiapas, México.**

realizado por **Tania Sofía Gómez López**

con número de cuenta **9455607-6**, pasante de la carrera de **biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dr. Luis Enrique García Barrios

Propietario

Dr. Eduardo Morales Guillaumin

Propietario

M. en C. Agustín de Jesús Quiroz Flores

Suplente

Biól. Enrique Ortiz Bermúdez

Suplente

Biól. Sergio López Mendoza

FACULTAD DE CIENCIAS
U. N. A. M.

Consejo Departamental de

Biología

DRA. EINA MARIA SUAREZ DIAZ



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGÍA

INDICE

RESUMEN.....	1
ANTECEDENTES.....	2
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	7
METODOLOGÍA.....	8
Evaluación del grado de pinarización de los sitios.....	8
Evaluación del potencial productivo.....	12
Producción de biomasa de arvenses en el gradiente de pinarización evaluada bajo condiciones controladas de luz y humedad.....	16
Análisis estadístico.....	17
RESULTADOS.....	18
Características florísticas de las parcelas.....	18
Características edafológicas de las parcelas.....	23
Producción de biomasa de maíz y frijol.....	27
Producción de biomasa de arvenses.....	30
Producción de biomasa total y quema de las parcelas.....	36
DISCUSIÓN.....	37
CONCLUSIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
APÉNDICE A: CARÁCTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS PARCELAS.....	51
APÉNDICE B: FECHAS DE QUEMA, SIEMBRA Y COSECHA.....	51
APÉNDICE C: LISTA DE ESPECIES ARBÓREAS, ARBUSTIVAS Y HERBÁCEAS ENCONTRADAS EN LAS PARCELAS.....	52
APÉNDICE D: LISTA DE ESPECIES HERBÁCEAS Y ARBUSTIVAS ENCONTRADAS PARCELAS QUEMADAS Y NO QUEMADAS.....	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de zona de estudio	9
Figura 2: Diagrama de levantamiento florístico	11
Figura 3: Diagrama de zonificación de parcelas	15
Figura 4: Relación entre el AB de <i>Quercus</i> spp. y <i>Pinus</i> spp.	21
Figura 5: Relación entre el AB de <i>Quercus</i> spp. más AB de Otras Latifoliadas con el AB de <i>Pinus</i> spp.	21
Figura 6: Número de especies del dosel en relación con el número de especies del interior del bosque	22
Figura 7: Cambio de las variables edáficas a lo largo del gradiente de pinarización	24
Figura 8: PPM de fósforo en el gradiente de pinarización	26
Figura 9: Biomasa de follaje de frijol en el gradiente de pinarización	28
Figura 10: Biomasa de arvenses por grupos	32
Figura 11: Número de especies de arvenses por grupos	33
Figura 12: Biomasa de arvenses por grupos en tinas	35

RESUMEN

La pinarización es una modificación de la composición florística de los bosques a favor de zonas con dominancia de pinos. Esta implica el empobrecimiento florístico, cambios microclimáticos en el interior del bosque y el piso forestal, así como la modificación a largo plazo de las características del suelo, lo que probablemente afecte su productividad en términos agrícolas.

Para conocer si la pinarización influye en la productividad de los suelos bajo el sistema de cultivo de roza-tumba-quema y roza-tumba se sembró maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus coccineus* L. subsp. *darwinianus* Hdz. X. & Miranda C.) en 14 parcelas en dos comunidades de Los Altos de Chiapas, cubriendo un gradiente de pinarización desde bosque de encino hasta bosque de pino.

Se determinaron varias características del suelo y se cuantificó la biomasa de maíz, frijol y arvenses al momento de la cosecha; también se determinó el número de especies de hierbas en cada parcela. El maíz no mostró diferencias de productividad a lo largo del gradiente de pinarización; el frijol tuvo mayor biomasa en las parcelas no pinarizadas con suelos quemados. Las arvenses en conjunto no mostraron diferencias de diversidad ni biomasa a lo largo del gradiente, sin embargo al dividir las por grupos las gramíneas fueron más diversas en suelos quemados de bosques pinarizados. La quema fue un proceso que acentuó la manifestación de efectos del gradiente sobre la productividad y características de los suelos.

Probablemente se podrían obtener mejores resultados en experimentos posteriores homogeneizando el tipo de suelo, el cual pareció ser un factor importante sobre todo al comparar las parcelas quemadas. Estudios como este son de gran valor ya que establecen bases científicas para crear programas de manejo que nos permitan disminuir los efectos negativos de las actividades humanas en la diversidad de los bosques templados.

ANTECEDENTES

México es considerado uno de los 7 países megadiversos del mundo (Flores & Gerez 1994). Su gran riqueza biológica es producto de las variaciones topográficas y climáticas de su superficie, de su historia geológica y de su particular localización biogeográfica que lo sitúa entre dos zonas importantes: la neoártica y la neotropical. Por ello tiene gran número de especies y endemismos (Flores *op. cit.*).

Chiapas es uno de los estados biológicamente más ricos del país (Breedlove 1981, Toledo 1988), con una superficie arbolada de 3.1 millones de ha. que corresponden al 42% del territorio del estado. El 38% corresponde a bosques templados y diferentes tipos de selvas altas, medianas y bajas perennifolias y el 62% restante a bosques caducifolios (INFGV-SARH 1992, en González-Espinosa *et al.* 1995b).

Los Altos de Chiapas es una de las siete regiones fisiográficas del estado (Mülleried 1957), y se compone en su mayor parte de rocas calizas marinas con extrusiones de rocas volcánicas en las cumbres más altas (Alencaster 1971). La mayor parte de su superficie está comprendida entre los 2100 y los 2500 msnm y tiene un clima templado húmedo (Mülleried 1957) con variaciones en función de la orientación. En el oeste, que es más seco, se presentan Selva Baja Caducifolia y Bosque de Pino-Encino. El declive oriental está cubierto por Bosque de Pino-Encino-*Liquidambar* y Bosque Lluvioso de Montaña. En las cumbres y laderas orientales de las montañas más altas se presenta Bosque Perennifolio de Neblina muy diverso, con un gran número de especies endémicas (Breedlove 1981). Dentro de este grupo de ecosistemas el bosque de encino es el que posee el mayor número de vertebrados endémicos de Mesoamérica (Flores & Gerez 1994), y su riqueza florística está constituida por alrededor de 7000 especies de fanerógamas, 70% de ellas endémicas (Rzedowski & Rzedowski 1990).

Lamentablemente, la riqueza florística de este estado, de México y de Latinoamérica en general está disminuyendo drásticamente (Flores *op cit.*, FAO-PNUMA 1980). En Chiapas se registró durante el período de 1981 a 1990 una reducción del 7% de su vegetación natural y un incremento del 5% de las áreas perturbadas, principalmente con fines agropecuarios. Durante el mismo período el bosque de encino en la entidad se redujo 14.4% (SAHOP 1981 en Flores & Gerez 1994).

El bosque de pino-encino es la base de gran parte de la actividad forestal del estado (Álvarez del Toro *et al.* 1993), así como la principal fuente de abasto de combustible y madera para los habitantes de la región

(Aleján-Santillán 1989). En Los Altos de Chiapas la mayor parte de la población rural está constituida por grupos indígenas de las etnias tzotzil y tzeltal, que se distribuyen en alrededor de 630 localidades; el 90% de ellas no sobrepasa los 1000 habitantes, lo que denota un patrón de numerosas comunidades asentadas de manera dispersa. Su actividad económica predominante es la agricultura, cuya unidad de producción es de tipo campesino con minifundismo extremo. Existe también el uso diversificado de los recursos a través de sistemas de producción forestal, pecuaria y agrícola altamente relacionados entre sí y cuyo objetivo principal es la producción para el autoconsumo. Asimismo gran parte de la población cría ganado ovino (Díaz & Parra 1997).

Durante las últimas décadas los bosques de los Altos de Chiapas han reducido su extensión y biodiversidad debido al acelerado crecimiento demográfico que presenta la región (Díaz & Parra 1997, González-Espinosa *et al.* 1997).

El incremento poblacional ha provocado que la recolección de ramas y árboles caídos no sea suficiente para abastecer la demanda de carbón y leña de la población regional, por lo que se usan los individuos en pie (Aleján-Santillán 1989) haciendo que la tala selectiva de encinos jóvenes sea común en la zona (Díaz & Parra 1997). Así mismo, en ciertas áreas se han dado aprovechamientos forestales comerciales que modifican severamente la composición florística y estructural de las comunidades originales en favor de bosques inducidos con dominancia de pinos, proceso llamado por González-Espinosa *et al.* (1997) "pinarización".

Otro factor que contribuye a la pinarización es la deforestación, que a partir de 1950 se da no solo por la ampliación de terrenos de uso agrícola, sino también por la ganadería de ovinos. Las áreas boscosas son sustituidas por áreas cultivadas o empastadas y sufren la presión de pastoreo de ovinos, erosión del suelo, laderas con fuertes pendientes con uso agrícola muy continuo, áreas con cultivos abiertos y suelos desprotegidos todo el año y presencia de arvenses agresivas difíciles de controlar (Soto-Pinto 1997).

La pinarización implica, además del empobrecimiento florístico (Flores & Gerez 1994, González-Espinosa *et al.* 1995a), cambios microclimáticos en el interior del bosque y el piso forestal (González-Espinosa *et al.* 1995a), así como la modificación a largo plazo de las características del suelo como el pH y el contenido de materia orgánica y humus (Vidal 1962).

La superficie cultivada en terrenos ejidales muestra un notable incremento en la región (Díaz & Parra 1997) y el patrón de uso del suelo ha

evolucionado hacia sistemas intensivos de cultivo (Pool-Novelo 1997). La práctica conocida como "Roza-Tumba-Quema" ha sido paulatinamente reemplazada por otros sistemas en donde el período de descanso de la tierra conocido como "barbecho" se reduce cada vez más, llegando incluso a desaparecer (Pool-Novelo 1997), y reduciendo la productividad potencial del sistema de cultivo maíz-frijol-chilacayote. El tiempo que se deje descansar la tierra es muy importante en la productividad a largo plazo del suelo, ya que la vegetación que se establece durante la sucesión lo protege y enriquece, restaurando el complejo de factores físicos, químicos y microbiológicos que lo hacen fértil (Ewel 1975, Alemán-Santillán 1989). La duración del período de barbecho también determina el tipo y la abundancia de las hierbas que se establecen en la parcela después de la quema (Uhl *et al.* 1982, Chacon & Gliessman 1982, Grime 1982), siendo más agresivas y abundantes en zonas donde la tierra no tiene mucho tiempo de descanso (Alemán-Santillán 1989).

El período crítico de competencia entre las malas hierbas y el maíz varía según la temperatura y la precipitación (Kumwenda & Kabame 1994) y se da por agua, luz, nutrientes y espacio (Cuanalo 1980 en Alemán-Santillán 1989). Durante este período las arvenses pueden ejercer un efecto importante sobre el rendimiento pero, si se eliminan en ese momento, las que aparecen posteriormente tienen una influencia insignificante sobre el cultivo (Grime 1982). Las poblaciones de herbáceas presentes en una parcela cultivada varían de acuerdo a la estructura y edad de la vegetación existente antes de sembrar y a la vegetación circundante. En el bosque bien estructurado los árboles crean una compleja red de interacciones que mantiene bajas las poblaciones de hierbas del estrato inferior (Grime 1982). Las milpas recién establecidas rodeadas por bosque maduro muestran un banco de semillas de arvenses menor que aquellas rodeadas por acahuales y zonas de cultivo (Quintana-Ascencio *et al.* 1996).

En el sistema de Roza-Tumba-Quema (RTQ) el fuego es utilizado tanto para garantizar que el suelo quede libre de las mencionadas malezas, como para incrementar su productividad. El efecto del calor sobre las semillas incorporadas al suelo es mortal hasta los 2 cm. de profundidad y causa severos daños hasta los 5 cm. (Brinkmann & Vieira 1971). En cuanto a los nutrientes, estos pueden seguir tres caminos después de la quema: perderse por volatilización o transporte de partículas, depositarse como cenizas, o permanecer en los restos orgánicos parcialmente quemados (Kauffman *et al.* 1993). La práctica de quemar antes de sembrar no siempre es recomendable. Durante el primer año el fuego libera una gran proporción de nutrientes almacenados en la biomasa bajo el subsuelo (Juo & Manu 1996), pero estos son más susceptibles a perderse por intemperismo (Fassbender 1975, Palm *et al.* 1996). Así mismo, quemar

puede alcalinizar el pH del suelo y modificar la disponibilidad de elementos como el Ca, S, K, Mg y P (Andriessse & Scheihaas 1987), así como favorecer a los pastos (Chacon & Gliessman 1982, Grime 1982).

El campesino conoce los efectos benéficos de permitir descansar la tierra, sin embargo diversos factores, principalmente sociales y económicos, como el crecimiento poblacional, el minifundismo y la pobreza han obligado al campesino de la zona a cultivar cada vez más frecuentemente el mismo terreno y a explotar de forma más intensa sus recursos forestales (Díaz & Parra 1997, Soto-Pinto 1997).

El proceso de regeneración de los bosques no se lleva a cabo completamente, quedando acahuales en zonas donde antes existieron bosques maduros, y la diversidad florística de los mismos se reduce al permitir el crecimiento y reproducción de pocas especies como los pinos (González-Espinosa *et al.* 1995 a,b).

Existen varios estudios que apuntan a una relación entre la productividad del suelo y el estado sucesional del bosque anterior al establecimiento de la milpa. A menor edad sucesional se requiere más energía externa para conseguir rendimientos convincentes para el milpero ya que la vegetación es el principal "banco energético" del sistema (Mariaca *et al.* 1991). Durante los primeros 5 a 10 años de barbecho hay una rápida declinación de la concentración de nutrientes en el suelo debido al acelerado desarrollo de la vegetación secundaria, y a partir de los 10 años la hojarasca comienza a devolver elementos al suelo (Toky & Ramakrishnan 1983). Asimismo un bosque maduro retarda el establecimiento de especies arvenses agresivas en el campo de cultivo (Chacon & Gliessman 1982). Por lo anterior, la elección equivocada del terreno para sembrar puede ocasionar pérdidas importantes para el agricultor (Alemán-Santillán 1989).

También hay varios estudios que tratan sobre la productividad de un ecosistema y la diversidad de las especies que lo constituyen. Darwin (1859) supuso que las comunidades más diversas de plantas terrestres son más productivas. Existen teorías como la de Tilman *et al.* (1996) que expresa que ecosistemas más diversos son más productivos porque aprovechan ampliamente los recursos limitantes del suelo. También se sabe que algunos policultivos agrícolas exceden la productividad de las especies que los componen en monocultivo (Vandermeer 1989).

Sin embargo, no se encontró literatura que trate de la diversidad de los bosques y sus efectos en la productividad del sistema de cultivo maíz-frijol. La importancia de generar información de este tipo radica en conocer el potencial de aprovechamiento agrícola de zonas con diversos grados de

riqueza florística, e implementar programas de manejo que den el mayor beneficio posible a la población rural sin reducir la diversidad florística de los bosques.

De encontrarse alguna relación entre la diversidad florística de los bosques y la productividad del suelo para sembrar maíz y frijol, existiría un argumento en términos agrícolas a favor de la conservación de la diversidad florística y, en este caso, en contra de la pinarización. Si por el contrario, no se encontrara relación entre estas dos variables, entonces cabría proponer la conservación de los acahuales para recuperar los bosques maduros, así como un sistema agrosilvopastoril de aprovechamiento de aquellas zonas boscosas altamente pinarizadas, en donde la recuperación de la biodiversidad es prácticamente imposible a corto plazo.

En cuanto a los resultados que podrían obtenerse, debemos considerar que en las parcelas pinarizadas puede existir menor disponibilidad de nutrientes como Ca y Mg debido al pH ácido y pueden estar más disponibles elementos tóxicos como el Al y el Mn. La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) de los elementos variará de acuerdo al pH, lo que influye en la fisiología de las plantas tanto herbáceas como arbóreas y arbustivas (Sumner *et al.* 1991). La poca disponibilidad de P puede influir en la nodulación del frijol y el desarrollo del maíz lo que podría afectar su productividad (Bingham 1973).

Por otra parte, la materia orgánica de los sitios pinarizados es mucho menor que la de los bosques de encino y se descompone más lentamente (Ewel 1975), lo cual puede repercutir de forma importante en la productividad del suelo, ya que el N es aportado principalmente por la materia orgánica en descomposición y es un elemento fundamental para el desarrollo del cultivo (Toky & Ramakrishnan 1983).

Ya que los bosques pinarizados son más abiertos y permiten el establecimiento de un banco de semillas de arvenses importante, es probable que las parcelas ubicadas en estas zonas presenten mayor cantidad de arvenses no propias del bosque, y por lo tanto más agresivas.

Los elementos teóricos y evidencias indirectas presentadas anteriormente apuntan a que los suelos de parcelas de Roza Tumba (RT) y de RTQ provenientes de rodales maduros y diversos, podrían ser más productivos y con menor biomasa de arvenses durante el primer y segundo año de cultivo de maíz y frijol que los de rodales pinarizados.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Con el objetivo principal de conocer si la pinarización de los bosques de los Altos de Chiapas provoca cambios en la productividad del sistema de cultivo maíz-frijol se realizó este estudio, del que se desprenden los siguientes objetivos particulares:

1. comparar la productividad de los suelos en un gradiente de pinarización bajo los sistemas de cultivo de roza-tumba-quema (RTQ) y roza-tumba (RT);
2. conocer si la pinarización de estos bosques influye en la composición florística y la abundancia de las arvenses establecidas en el campo de cultivo de maíz-frijol bajo el sistema de RTQ y RT;
3. comparar las características de los suelos quemados y no quemados en un gradiente de pinarización;
4. establecer las bases para diseñar nuevos experimentos sobre el tema, que contribuyan al desarrollo de programas de manejo integral del bosque preservando en la mayor medida posible su diversidad biológica.

Se espera encontrar diferencias en la productividad del suelo en relación con el tipo de vegetación desarrollada en él, ya que la hojarasca de árboles caducifolios integra al suelo nutrientes distintos que la hojarasca de coníferas (Chandler 1941, 1944).

En cuanto al proceso de quema se espera mayor productividad en suelos quemados que en suelos no quemados, ya que esta práctica incrementa la concentración y disponibilidad de varios nutrientes del suelo (Juo & Manu 1996).

Se cree que las parcelas establecidas en bosques pinarizados presentarán mayor diversidad y abundancia de arvenses que las establecidas en bosque no pinarizado y maduro, ya que se ha comprobado (Quintana-Ascencio *et al.* 1996) que las milpas y acahuales presentan un banco de semillas de arvenses más rico que el bosque maduro.

Asimismo se espera que los suelos quemados sean menos diversos en cuanto a especies de arvenses que los suelos no quemados debido a que su banco de semillas será más pobre (Brinkman 1971).

Por último, ya que el tipo de vegetación encontrado en un rodal modifica los procesos de formación del suelo (Fanning & Fanning 1989), se espera encontrar diferencias en las características de los suelos a lo largo del gradiente de pinarización.

METODOLOGÍA

Se seleccionaron 14 rodales en dos localidades de los Altos de Chiapas cuya composición florística representara el gradiente de pinarización, desde bosques de encino maduros a bosques muy pinarizados. Los rodales debían tener una zona abierta aledaña al bosque, de preferencia una milpa, junto a la cual se crearon parcelas cuadradas, siguiendo los sistemas tradicionales de cultivo de R-T-Q y R-T, en donde se evaluó la producción de biomasa de maíz y frijol así como el número de especies y producción de biomasa de arvenses. Una de las principales ventajas de este método es la facilidad y disposición del agricultor para llevarlo a cabo en su propia comunidad; sin embargo, también tiene desventajas importantes. Por ejemplo usar parcelas muy pequeñas que pueden ser fácilmente afectadas por el lindero del bosque o, en el caso particular de esta investigación, la necesidad de trabajar en dos comunidades diferentes para completar el gradiente de pinarización, lo que implica la existencia de diferentes condiciones de temperatura y humedad a lo largo del año aunque las comunidades sean relativamente cercanas entre sí, así como dos tipos de suelo diferentes (rendzinas y acrisoles), lo que dificulta el análisis de resultados.

A continuación se explican con detalle las actividades principales en la realización del experimento.

Evaluación del grado de pinarización de los sitios

El trabajo de campo se realizó en dos comunidades de los Altos de Chiapas (Figura 1). La primera llamada Ejido Mitzitón ($16^{\circ}40'15''N$, $92^{\circ}32'30''W$) localizada en el municipio de San Cristóbal de las Casas, entre los 2400 y 2450 msnm, con suelos del tipo rendzinas de textura media (INEGI 1990). La segunda comunidad, Rancho Merced-Bazom ($16^{\circ}44'50''N$, $92^{\circ}29'45''W$), se localiza entre los 2300 y 2350 msnm en el municipio de Huixtán y sus suelos son acrisoles de textura fina (INEGI 1990). La vegetación que rodea a los sitios de estudio es principalmente bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino y zonas de cultivo.

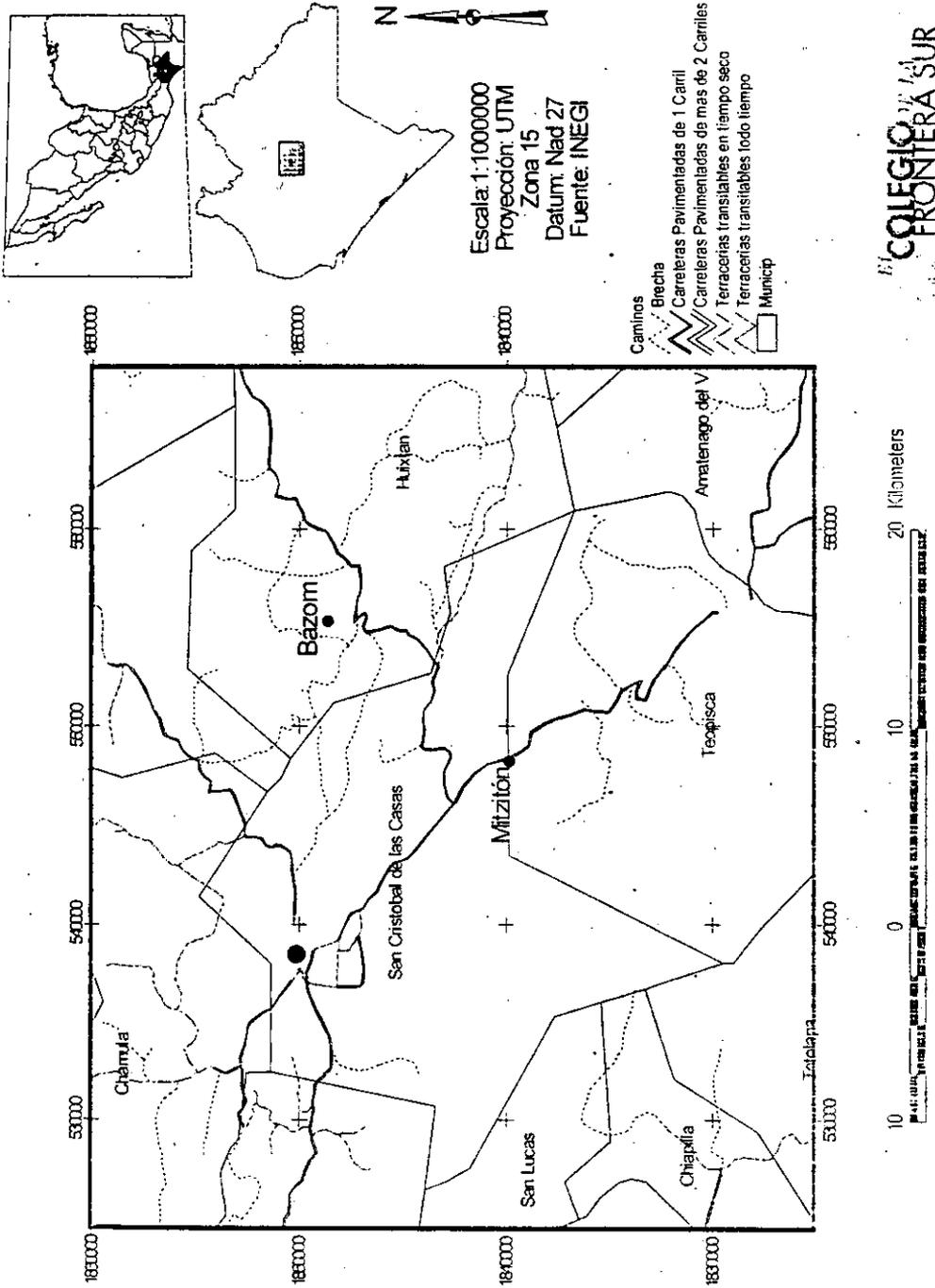


Fig. 1.- Ubicación de las localidades de Bazóm (Municipio de Huixtán) y Mitzilón (Municipio de San Cristóbal de las Casas), Chiapas. Obtenido a partir del Censo Forestal INEGI 1970 y digitalizado en el Laboratorio de Información Geográfica y Estadística (LAIGE) de ECOSUR.

En el Ejido Mitzitón (EM) se seleccionaron 8 parcelas y en Rancho Merced-Bazom (RMB) 6 parcelas de 10X10 m en zonas con bosques de diferente composición florística y edad sucesional. Se trató de escoger parcelas no muy alejadas y que coincidieran en la mayor medida posible en pendiente y orientación (en el apéndice A se describen las características fisiográficas principales para cada parcela). Para determinar el grado de pinarización de cada parcela se registraron las diferentes especies arbóreas y arbustivas encontradas y se midió la circunferencia de su tronco principal. Dentro de las especies arbóreas encontradas se hizo una distinción entre las especies del interior y las especies del dosel (González-Espinosa *et al.* 1997).

La superficie de muestreo para determinar el grado de pinarización de cada parcela fue de un medio círculo de 500 m² cuyo centro fue también el de la parcela (Figura 2). En esta área se registraron todas las especies vegetales cuyo diámetro a la altura del pecho (DAP) fuera mayor a 15 cm; en una subárea semicircular de 250 m² se muestrearon todas las especies cuyo DAP fuera menor a 15 y mayor a 5 cm; en una subárea de 50 m² se obtuvieron los datos de todas las especies cuyo diámetro fuera menor a 5 cm. El tamaño del área de muestreo aumenta en función del DAP con objeto de obtener un número representativo de individuos en todas las categorías de tamaño sin realizar un muestreo demasiado exhaustivo, especialmente en la categoría de menor DAP. La forma semicircular del área responde a que varias parcelas colindaban con pastizales o terrenos cultivados, por lo que un área de muestreo circular excluiría especies arbóreas y arbustivas en aproximadamente 50% de la misma. El semicírculo de muestreo tenía su centro en el de la parcela para tratar de evitar el efecto de borde en el caso de las parcelas colindantes con terrenos abiertos.

Se calculó el área de cobertura para cada especie y a partir de esto la dominancia y las densidades relativas y absolutas de 3 grupos: *Pinus* spp, *Quercus* spp y todas las demás latifoliadas encontradas. Posteriormente se obtuvo el VIR (Valor de Importancia Relativa, Krebs 1978) para estos 3 gremios. Las parcelas se ordenaron de acuerdo al área basal absoluta (AB) de *Pinus* spp., la cual fue tomada como indicador del grado de pinarización del bosque. A continuación se muestran las fórmulas utilizadas para dichos valores:

Dominancia Relativa= Área Basal (AB) del gremio a tratar (*Quercus* sp, *Pinus* sp. u otras latifoliadas) X 100/ suma del Área Basal Total de los tres gremios.

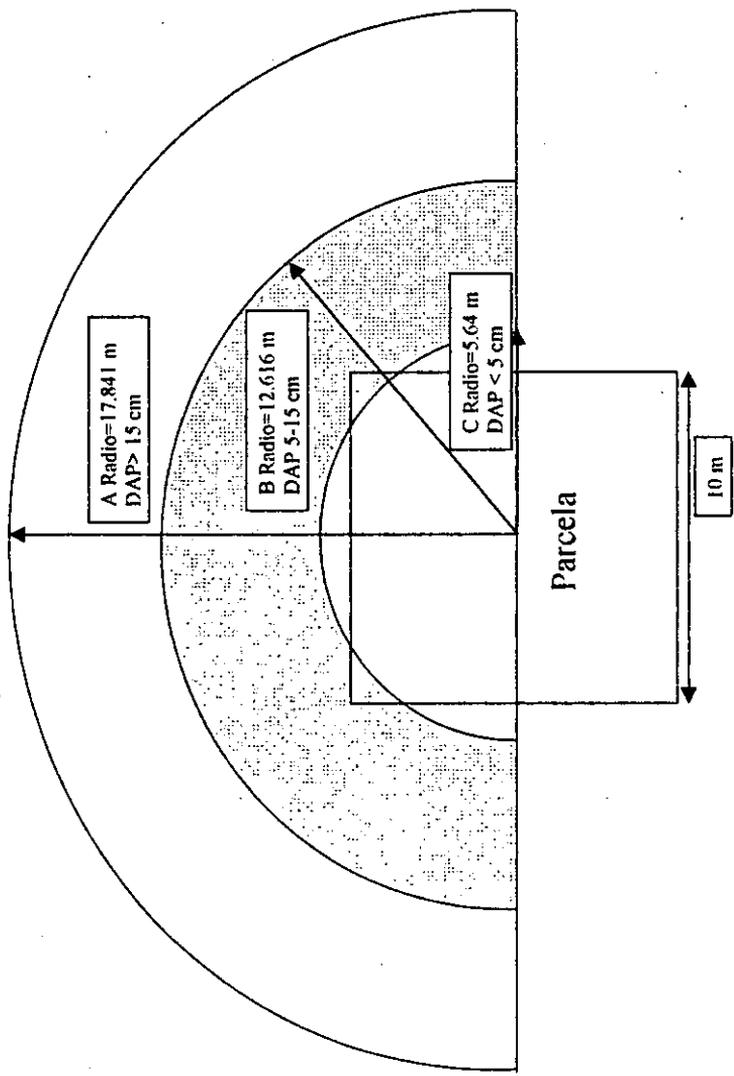


Figura 2. Disposición de los medios círculos utilizados para el levantamiento florístico de las parcelas. Área A= 500m², B= 250 m², C= 50m², parcela= 100 m². DAP= Diámetro a la altura del pecho de las especies arbóreas y arbustivas consideradas para el levantamiento florístico en cada área.

Densidad Relativa= Número de individuos del gremio a tratar X
100/ número de individuos totales de los tres
gremios.

Valor de Importancia Relativa= Dominancia Relativa + Densidad
Relativa/ 2

Evaluación del potencial productivo

Las parcelas se ubicaron en la orilla del bosque para reducir en lo posible el sombreado y prescindir de tumar árboles adicionales a los derribados por el campesino. No fue conveniente trabajar con parcelas más grandes debido a que representarían un porcentaje importante de la tierra que planean cultivar los campesinos, lo que reduciría las probabilidades de que la rentaran para este experimento; y a que sería impropio promover para este estudio el desmonte de los escasos y fragmentados bosques maduros que aún existen en la región.

Los dueños de los terrenos los rozaron de acuerdo al método tradicional de Roza-Tumba-Quema (RTQ) usando la técnica de "chaporreado", que consiste en eliminar las hierbas con machete (Alejandrino-Santillán 1989), y se cercaron con malla borreguera y alambre de púas para impedir la entrada de diversos animales que pudieran dañar el futuro cultivo. Las ramas y los troncos más grandes fueron dejados en las parcelas. Estas se subdividieron en un tratamiento con quema y uno sin quema, de esta manera once de las 14 parcelas siguieron este esquema, dos se quemaron totalmente por accidentes en el área circundante y una no fue quemada por temor del dueño a propiciar un incendio en el rodal contiguo. Las características principales de las parcelas y las fechas de quema pueden verse en el apéndice A.

Antes de la siembra se tomó una muestra compuesta de suelo, incluyendo hojarasca, para cada parte (quemada y no quemada) de las parcelas hasta 30 cm. de profundidad. Dichas muestras se analizaron según los procedimientos detallados por Etchevers (1992), para obtener lo siguiente :

- ◆ Fósforo extractable (método de Olsen)
- ◆ Acidez intercambiable (método con KCl 1N pH 7)
- ◆ Densidad aparente (método de la probeta)
- ◆ pH (relación 1:2 con H₂O)
- ◆ Porcentaje de materia orgánica (método de Walkley y Black)

- ♦ Capacidad de Intercambio Catiónico Total C.I.C.T. (método con acetato de amonio 1N pH 7)
- ♦ Textura (método de Bouyoucos)

La siembra se realizó los días 30 y 31 de mayo de 1998. Para sembrar se hicieron agujeros pequeños (5 cm. de profundidad) con macana o palo plantador (Alemán-Santillán 1989) en los que se colocaron 5 semillas de maíz criollo (*Zea mays* L.) obtenido de la siembra del año anterior en EM, y 3 semillas de frijol ibes (*Phaseolus coccineus* L. subsp. *darwinianus* Hdez. X. & Miranda C.) comprado en el mercado local de San Cristóbal de las Casas. Cada parcela tuvo 14 surcos a excepción de la parcela 1 que fue 1 m más larga que las demás y tuvo 16 surcos. La distribución entre surcos fue de 1 m y entre matas de 0.75 m. Los días 16 y 17 de junio de 1998 se revisó la germinación de los cultivos, y se resembró en caso necesario. Los días 3 y 4 de julio se hizo un clareo en las parcelas removiendo manualmente las plantas desde la raíz para dejar solo 3 de maíz y 1 de frijol por mata.

Del 7 al 17 de julio de 1998 se realizó la primera de un total de dos limpiezas de arvenses (Apéndice B). Éstas se recogieron a mano o con tijeras de podar sin estructuras subterráneas como raíces, estolones o bulbos. Para evitar el efecto de borde el área de limpia comenzó a un metro de la malla, y debido a que el área real de cada parcela no era exactamente de 10m², la superficie donde se realizó la limpia fue medida cuidadosamente en cada una de ellas para conocer el área exacta y estimar la producción de biomasa por m². Entre las dos partes de las parcelas (quema y no quema) se dejó un borde de 50 cm que fue considerado de transición entre ellas y en el que no se registró ningún dato. En cada parcela se definió una franja transversal de 1X5 m. En esta franja se colectaron las arvenses separándolas por género y/o especie. Las especies provenientes de la franja se guardaron en bolsas de papel para registrar su peso seco en el laboratorio después de colocarlas en estufas de circulación forzada de aire a 75°C hasta peso constante. En el resto de la parcela las arvenses se recogieron indiscriminadamente y se pesaron en fresco con un balanza electrónica portátil de 5000 g (+-0.35 g). De este material se tomó una submuestra de un kg para llevarla al laboratorio y secarla en estufa del tipo ya mencionado a 75°C hasta peso constante. A partir de esta submuestra se calculó el peso seco de arvenses por m².

Las arvenses se separaron en tres grupos: la familia Gramineae, la familia Asteraceae y las ubicadas en todas las demás familias de angiospermas y pteridofitas (Otras Familias). Se calcularon la abundancia y densidad absolutas y relativas así como el VIR de cada uno de los tres grupos.

La cosecha se realizó del 30 de noviembre al 8 de diciembre de 1998 (Apéndice B). Al igual que en la limpia, el área de cosecha estuvo separada 1 m de la malla (Figura 3). Las mazorcas de maíz (incluyendo sus brácteas) se pesaron en fresco con báscula de reloj de 50 kg (+50 g) y fueron llevadas al laboratorio para separar las brácteas (totomoxtle) de las mazorcas y secarlas en estufas de circulación forzada de aire a 75°C hasta peso constante. Después fueron desgranadas y se pesaron por separado las brácteas, el grano y el olote.

Se eligieron sistemáticamente 3 matas de maíz para pesarlas en fresco con balanza analítica de 5000g (+0.35g) y llevarlas al laboratorio en donde se secaron en estufas de circulación forzada de aire a 75°C hasta peso constante. El resto de las matas se pesó sólo en fresco. A partir del peso seco de las 3 matas llevadas al laboratorio se obtuvo la relación promedio entre peso fresco y peso seco para calcular el peso seco total en el área completa de cosecha. Se cuantificó el número de plantas por mata y el número de mazorcas por planta.

El follaje del frijol y sus vainas se pesaron en fresco y por separado. Se tomó una submuestra del follaje de frijol de 1 kg aproximadamente la cual se pesó en fresco en una balanza analítica de 5000 g (+0.35 g) y se llevó al laboratorio para secarse en estufas a 75°C hasta peso constante. A partir de ello se calculó el peso seco total del follaje en la parcela. Las vainas fueron llevadas al laboratorio para secarlas de la misma manera y pesar por separado semillas y cubierta de las vainas. Las arvenses se cosecharon de igual forma que en la primera limpia.

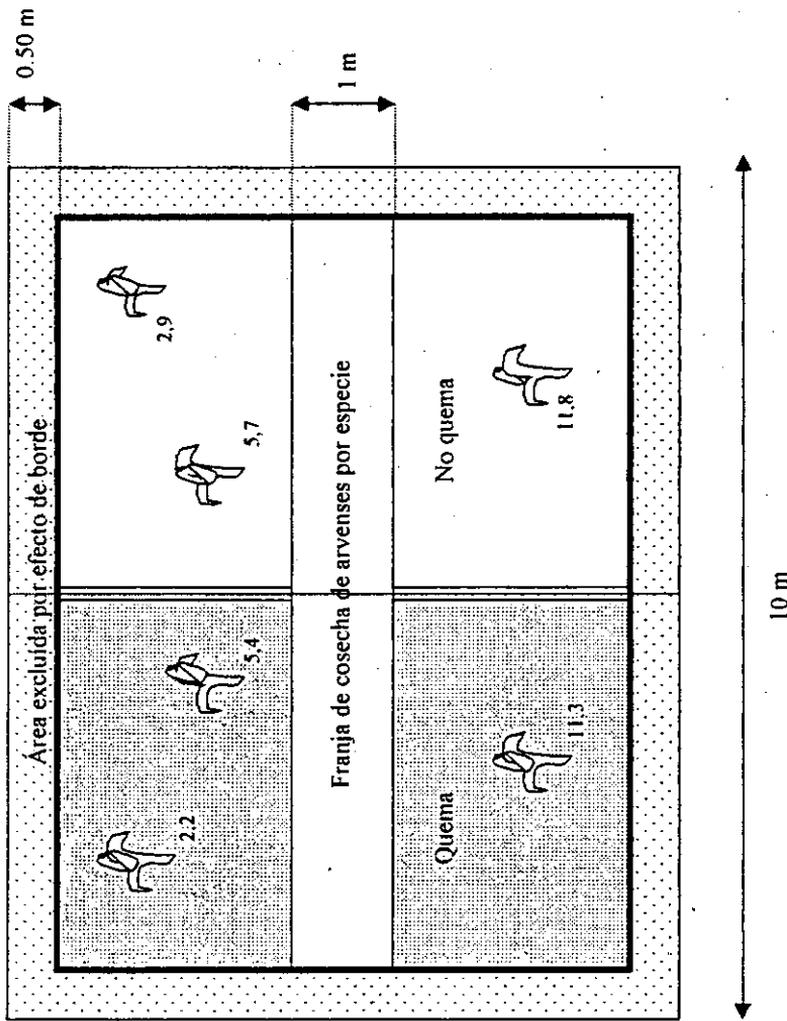


Figura 3. Parcela experimental de R-Q y R-T-Q sembrada con maíz y frijol.

Ubicación de las plantas de maíz seleccionadas para ser llevadas a laboratorio para obtener su peso seco. Los números al lado del dibujo indican el número de surco y mata respectivamente.



Producción de biomasa de arvenses en el gradiente de pinarización evaluada bajo condiciones controladas de luz y humedad

En general el método utilizado en el campo tiene varias limitaciones ya que muchas variables ambientales como el tipo de suelo, el sombreado o la cantidad de lluvia en cada parcela no pueden controlarse, lo que hace difícil la interpretación de los resultados. Características como la pendiente, la orientación y la edad sucesional de los bosques no pueden ser homogéneas. Asimismo, el tamaño de las parcelas es muy reducido. Otro factor que no es posible controlar es el de las plagas. Mamíferos pequeños como ardillas, conejos o ratones pueden penetrar a la parcela fácilmente y destruir parte de la cosecha, o esta puede ser afectada por insectos u hongos patógenos. Por lo tanto la probabilidad estadística podría aumentar en algunos casos, y las tendencias observadas podrían ser más claras si estas variables fueran controladas, por ejemplo, en experimentos de invernadero.

Con la intención de conocer con mayor precisión el efecto de la pinarización en la riqueza de especies arvenses y su biomasa en los suelos de cada parcela, se tomó una muestra compuesta de tierra, antes de quemar, de 5 kg y de 30 cm de profundidad y una de mantillo de 1 kg aproximadamente para cada parcela. La muestra de suelo se tamizó con malla No. 10 para eliminar semillas de encinos, raíces y piedras. Posteriormente las dos muestras se dividieron en 3 y se colocaron en tinas de plástico perforadas en el fondo para permitir el drenaje. Las tinas se colocaron en un invernadero y se regaron con 500 ml de agua cada dos días durante 153 días. Se registraron las especies que emergieron, el número de individuos y su altura promedio cada 21 días aproximadamente. Para evitar sesgos en el crecimiento de las hierbas en algunas de las tinas debido a creación de microclimas en el invernadero, éstas se rotaban una vez a la semana usando un programa de aleatorización elaborado por Pedro Quintana-Ascencio.

A los 154 días se cosechó la parte aérea de cada especie en cada tina y se secaron en estufas de circulación forzada de aire a 75°C hasta peso constante.

Las especies encontradas se agruparon de igual forma que en la limpia de las parcelas (Gramíneas, Compuestas y Otras Familias). Con los pesos secos registrados y el número de especies encontradas se calcularon la dominancia y la densidad absolutas y relativas para cada grupo de arvenses, así como su VIR. Los datos obtenidos se graficaron ordenando las tinas de acuerdo al área basal (AB) de *Pinus* spp. que presentaba la parcela de donde se obtuvo la tierra.

Análisis estadísticos

Todas las variables estudiadas (características de los suelos, biomasa aérea, no. de especies, etc.) fueron graficadas contra el área basal de *Pinus* spp. Las variables que no reunieron las características de normalidad, fueron transformadas a su logaritmo natural (Ln). Se les aplicaron análisis de regresión probando su ajuste a funciones lineales y cuadráticas, considerando como válida la función que presentara mayor probabilidad de ocurrir de acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson. Se consideraron los valores $P < 0.01$ como altamente significativos y los valores $P < 0.1$ como marginalmente significativos.

En este último punto se debe aclarar que, a pesar de que $P < 0.1$ es un valor muy alto como para considerarlo significativo desde el punto de vista estadístico, bajo las condiciones de este estudio representaba un valor de importancia marginal. Esto es justificado debido al reducido número de parcelas, a que no eran réplicas exactas y a que intervinieron muchos factores no controlados en los resultados que pudieron reducir o aumentar la probabilidad de que lo encontrado no se debiera al azar.

Para conocer si existían diferencias significativas entre las parcelas quemadas y las no quemadas, independientemente del grado de pinarización, se realizó un análisis de varianza de una vía con el programa SPSS para Windows '97.

RESULTADOS

Características florísticas de las parcelas

El Área Basal (AB) fue considerada como el mejor indicador de la pinarización ya que está relacionada con la biomasa aportada por el género *Pinus* en cada rodal. El grado de pinarización de las parcelas se definió como Alto (pinarizadas) cuando el AB de pinos en relación con otras parcelas excede el 60%; Intermedio cuando dicho parámetro se encuentra entre el 10 y 59.9%; y Bajo (No pinarizadas) cuando el mismo valor se encuentra por debajo del 10%. Las parcelas ordenadas de acuerdo al AB de *Pinus* spp. se muestran en la Tabla 1. Es importante notar que las parcelas con valores intermedios de AB de pinos se encontraron principalmente en EM, mientras que en RMB se encontraron las parcelas con valores en ambos extremos del gradiente.

Tabla 1.- Parcelas ubicadas en Rancho Merced Bazóm (RMB) y Ejido Mitzitón (EM) ordenadas de acuerdo al Área Basal (AB) de *Pinus* spp.

Parcela No.	Ubicación	% de AB de pinos	Grado de pinarización	Área Basal (m ² /ha)		
				Pinos	Encinos	Otras
1	RMB	0.00	No pinarizado	0.00	3.68	46.16
5	RMB	5.19	No pinarizado	2.44	14.72	3.96
9	EM	8.34	No pinarizado	3.92	15.89	6.08
14	EM	12.44	Intermedio	5.85	19.08	3.62
4	RMB	13.99	Intermedio	6.58	17.70	11.79
12	EM	18.24	Intermedio	8.58	21.86	1.93
13	EM	32.96	Intermedio	15.50	6.91	4.54
10	EM	33.81	Intermedio	15.90	6.30	0.03
8	EM	53.50	Intermedio	25.16	5.20	0.00
7	EM	59.62	Intermedio	28.04	13.05	16.61
3	RMB	61.19	Pinarizado	28.78	11.72	0.18
11	EM	78.46	Pinarizado	36.90	6.47	0.15
2	RMB	82.25	Pinarizado	38.68	3.66	3.51
6	RMB	100.00	Pinarizado	47.03	0.00	0.00

La composición, abundancia y dominancia de los grupos *Pinus*, *Quercus* y Otras Latifoliadas en cada una de las parcelas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2.-Valores de densidad absoluta (ind./ha), dominancia absoluta (m²/Ha), importancia relativa (VIR) y diversidad de las especies de los géneros *Pinus*, *Quercus* y otras latifoliadas en las parcelas estudiadas.

Parcela	Densidad absoluta (ind./ha)		Dominancia absoluta (m ² /ha)		VIR		Diversidad	
	<i>Quercus</i> spp.	<i>Pinus</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.	<i>Pinus</i> spp.	<i>Quercus</i> spp.	<i>Pinus</i> spp.	No. Spp. del Dosel	No. Spp. del Interior
1	40	0	3.68	0.00	46.16	0.00	2	28
2	100	220	3.66	38.68	3.51	60.52	4	4
3	500	440	11.72	28.78	0.18	40.45	3	1
4	280	80	17.70	6.58	11.79	33.39	4	10
5	280	60	14.72	2.44	3.96	46.52	4	13
6	0	1100	0.00	47.03	0.00	100.00	2	0
7	500	320	13.05	28.04	16.61	27.76	6	10
8	180	320	5.20	25.16	0.00	26.56	4	0
9	1060	20	15.89	3.92	6.08	62.24	3	7
10	420	140	6.30	15.90	0.03	49.16	4	1
11	240	480	6.47	36.90	0.15	23.23	3	2
12	820	120	21.86	8.58	1.93	72.45	6	2
13	280	160	6.91	15.50	4.54	32.82	7	3
14	580	80	19.08	5.85	3.62	62.41	6	6

El apéndice C muestra el listado de las especies por familia encontradas durante la caracterización florística de las parcelas, incluyendo las del interior y del dosel. El AB de todas las latifoliadas incluyendo *Quercus* spp. disminuyó en relación con el aumento del AB de *Pinus* spp. como se observa en la figura 4 (Coeficiente de Correlación de Pearson (r)=0.708; Grados de Libertad (V) =12; Probabilidad (P)<0.01; Coeficiente de Determinación (r^2)=0.501).

El AB de *Quercus* spp. por separado no fue afectada significativamente por la dominancia de los pinos (fig. 5 r =0.362; V =12; r^2 =0.131); el resto de las latifoliadas en cambio sí presentaron una fuerte tendencia a disminuir conforme el AB de los pinos aumenta (fig. 5 r =0.677; V =12; P <0.01; r^2 =0.459).

El número de especies del dosel tendió a aumentar significativamente con el AB de *Pinus* spp. (r =0.580; V =12; P <0.05; r^2 =0.336). El número de especies del interior mostró una relación inversa altamente significativa con el AB de *Pinus* spp. (fig. 6 r =0.834; V =12; P <0.01; r^2 =0.695).

El VIR de los encinos no mantuvo relación significativa con el VIR de los pinos. Por el contrario, las latifoliadas redujeron su VIR de forma significativa conforme el de los pinos aumentó. Lo anterior es consistente con estudios previos realizados en la zona (González-Espinosa *et al.* 1991).

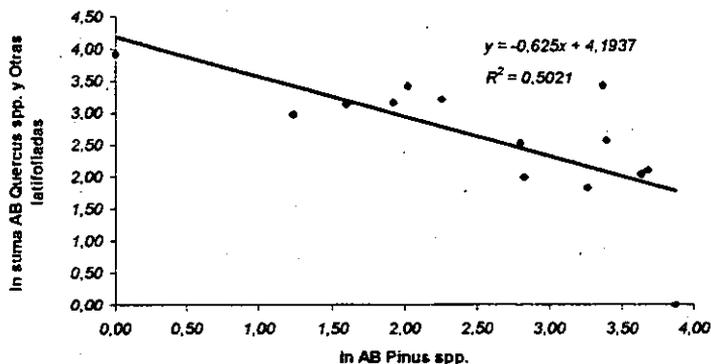


Fig. 4. Relación entre la suma del AB de *Quercus* spp. y otras latifoliadas con el grado de pinarización. Se observa claramente que existe una tendencia significativa de las latifoliadas a disminuir su área basal (AB) según se incremente el AB de *Pinus* spp.

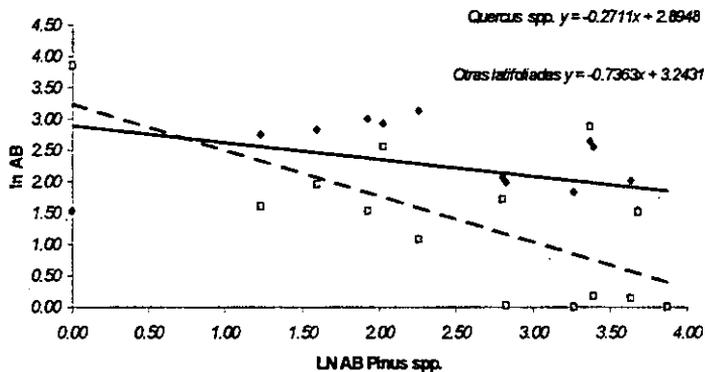


Fig. 5. Relación entre el AB de *Quercus* spp. (—) $r^2 = 0.1317$ y el AB de otras latifoliadas (----) $r^2 = 0.4608$ con el grado de pinarización. El área basal de los encinos (*Quercus* spp.) no presentó relación significativa con el AB de los pinos (*Pinus* spp.).

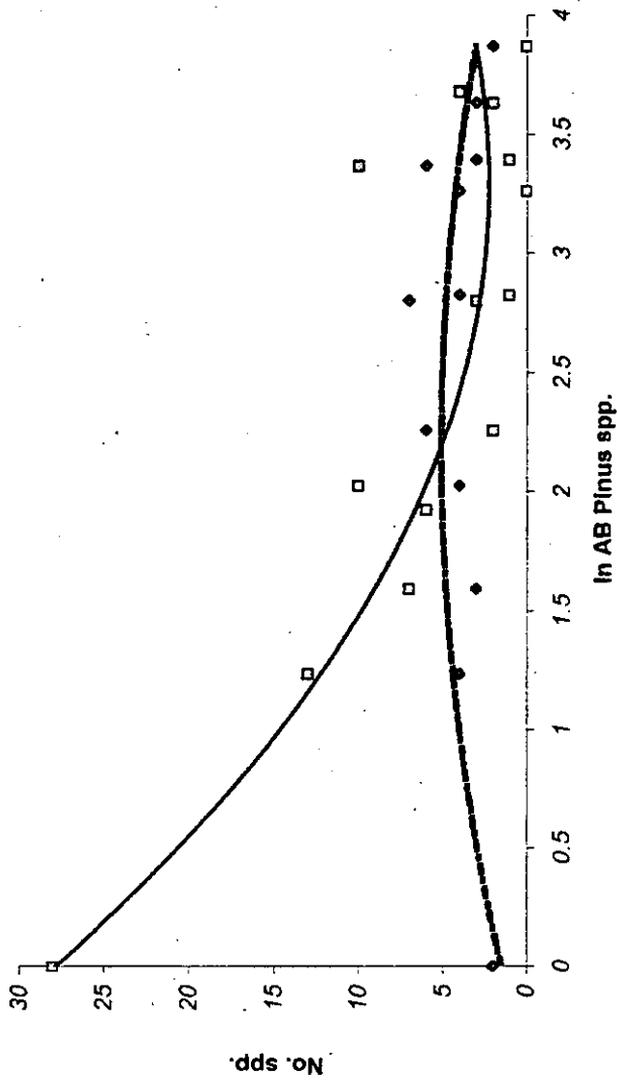


Fig. 6. Cambio entre el número de especies de árboles del dosel (---) ($r^2 = 0.3413$, $Y = -0.7466x^2 + 3.2958x + 1.4603$) y número de especies de árboles del interior (—) ($r^2 = 0.6959$, $Y = 2.3609x^2 - 15.552x + 27.847$), en relación con el AB de *Pinus* spp.

Características edafológicas de las parcelas

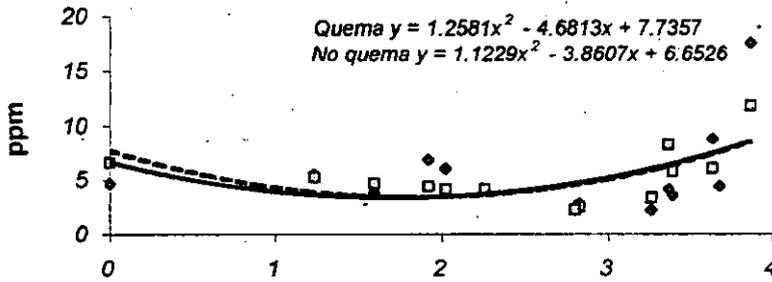
En las parcelas sin quema no hubo cambios significativos en las variables edáficas analizadas en el gradiente de AB de pinos. Las parcelas de la condición quema sí mostraron cambios significativos para tres de las variables: ppm de fósforo, C.I.C.T. y densidad aparente (fig. 7). En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para cada variable edáfica.

La gráfica 7a muestra que las parcelas con valores intermedios de AB de pinos fueron las que presentaron menor cantidad de fósforo en el suelo ($r=0.705$; $V=11$; $P<0.01$; $r^2=0.497$).

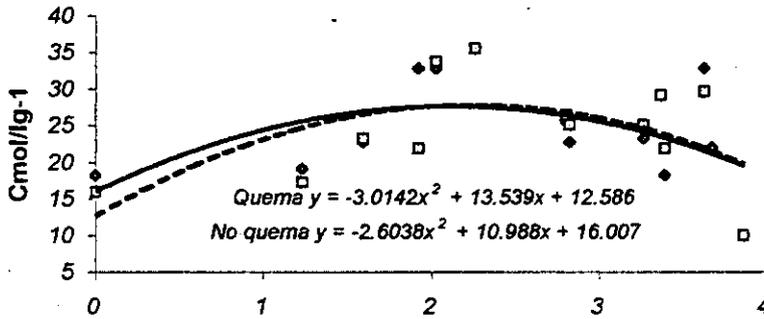
En cuanto a la C.I.C.T. el comportamiento fue inverso al del fósforo, presentándose los mayores valores en las parcelas con AB intermedia de pinos y los más bajos en las parcelas de ambos extremos del gradiente de pinarización (fig. 7b $r=0.593$; $P<0.01$; $V=11$; $r^2=0.352$).

La densidad aparente en las parcelas quemadas tendió a disminuir ligeramente en los rodales medianamente pinarizados (fig. 7c $r=0.0555$; $P<0.05$; $V=11$; $r^2=0.308$). El valor mínimo fue encontrado en la parcela 12Q y correspondió a 0.75, mientras que el máximo se encontró en la parcela 6Q y fue de 1.13 g/cm³. La parcela 1 tuvo un valor menor a las demás parcelas consideradas de bosque maduro; al probar la correlación sin el valor de esta parcela encontramos que el nivel de significancia aumenta al 0.005 ($r=0.762$; $V=11$; $r^2=0.581$), siendo las parcelas intermedias en el gradiente las menos densas. Los suelos analizados son principalmente orgánicos ya que se encuentran por debajo del promedio para suelos francos cultivados, que va de 1.1 a 1.4 g/cm³ (Donahue *et al.* 1983).

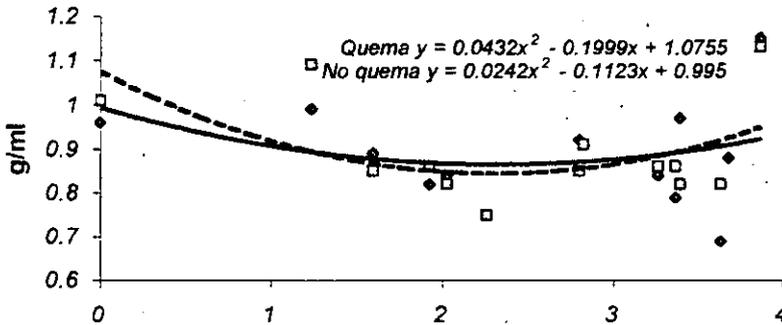
a) Fósforo



b) Capacidad de Intercambio Catiónico Total



c) Densidad aparente



LN AB Pinus spp.

Fig. 7. Cambio en las variables edáficas a lo largo del gradiente de pinarización. Quema ■ (---), No quema ◆ (—). a) Fósforo r^2 quema=0.4976, no quema=0.1991; b) C.I.C.T. r^2 quema=0.3528, no quema=0.2622; c) Densidad aparente r^2 quema= 0.3083, no quema= 0.0948.

Tabla 3.- Resultados de los análisis de suelos de las parcelas quemadas y no quemadas en RMB y EM. ND significa ausencia de datos debido a que no se aplicó el tratamiento de quema o no quema en esa parcela.

Parcela	Densidad aparente (g/ml)		Potencial de hidrogeniones por H ₂ O		Acidez intercambiable (meq/100g)		Porcentaje de materia orgánica		C.I.C.T. (Cmol/kg)		Fósforo (ppm)	
	No quema	Quema	No quema	Quema	No quema	Quema	No quema	Quema	No quema	Quema	No quema	Quema
1	0.96	1.01	5.15	5.26	1.36	1.05	9.34	8.00	18.21	15.94	4.66	6.58
2	0.88	ND	4.73	ND	4.19	ND	10.34	ND	22.08	ND	4.38	ND
3	0.97	0.82	5.06	4.86	4.82	4.19	13.01	7.34	18.21	21.85	3.56	5.75
4	0.84	0.82	5.42	5.43	0.42	0.42	14.34	12.17	32.78	33.69	6.03	4.11
5	0.99	1.09	4.87	4.82	2.10	3.25	6.84	7.34	19.12	17.30	5.48	5.21
6	1.15	1.13	5.93	6.18	0.21	0.31	2.33	2.00	10.02	10.02	17.54	11.78
7	0.79	0.86	5.79	6.46	0.31	0.63	15.67	15.01	29.14	29.14	4.11	8.22
8	0.84	0.86	5.92	5.49	0.31	0.52	11.34	10.34	23.22	25.04	2.19	3.29
9	0.89	0.85	5.15	5.44	2.10	1.05	9.67	9.84	22.76	23.22	3.84	4.66
10	0.91	0.91	5.30	4.96	0.63	0.52	10.17	9.50	22.76	25.04	2.74	2.47
11	0.69	0.82	5.29	5.23	0.42	0.94	18.34	15.84	32.78	29.59	8.77	6.03
12	ND	0.75	ND	5.22	ND	0.63	ND	18.68	ND	35.51	ND	4.11
13	0.92	0.85	5.50	5.61	0.31	0.31	10.01	14.01	25.50	26.41	2.19	2.19
14	0.82	0.86	5.41	5.73	0.31	0.31	13.84	12.17	32.78	21.85	6.85	4.38

Al correlacionar las mismas variables de suelo de las parcelas quemadas y no quemadas con el área basal total de todas las especies (pinos, encinos y otras latifoliadas) encontradas en el rodal solo obtenemos que el fósforo del suelo en parcelas quemadas aumenta significativamente al incrementarse el AB total del rodal (Fig. 8). La densidad aparente tuvo una relación marginalmente estrecha con el AB total de las especies arbóreas. El pH, que no mostró ninguna relación con el AB de *Pinus*, tuvo una tendencia marginalmente significativa a aumentar de acuerdo al AB total ($r=0.545$; $V=11$; $P<0.1$; $r^2=0.297$).

La parcela número 6 (la más pinarizada) presentó valores poco comunes de fósforo y de C.I.C.T. que podrían alterar de forma importante la tendencia a lo largo del gradiente de pinarización.

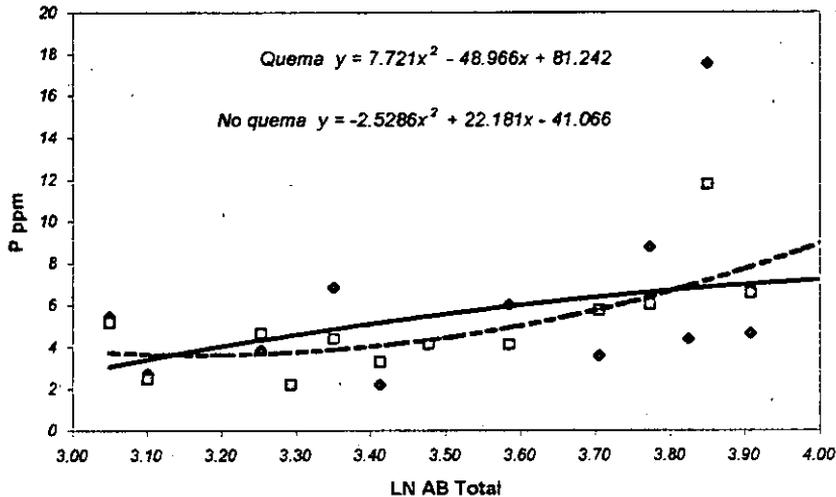


Fig. 8. Partes por millón de fósforo en las parcelas quemadas y no quemadas y su relación con el área basal total de las especies arbustivas y arbóreas. ■ Quema (-----), $r^2= 0.575$;
 ◆ No quema (—), $r^2=0.123$.

Producción de biomasa de maíz y frijol

En los análisis de correlación entre la biomasa de maíz, frijol y arvenses y el AB Total no se encontró ninguna tendencia significativa. En cuanto a la pinarización la única especie que presentó una relación significativa entre la producción de biomasa y el AB de los pinos fue el frijol en las parcelas quemadas (fig. 9, Tabla 4). La biomasa total y el follaje por separado disminuyeron significativamente al aumentar el AB de *Pinus* spp. Sin embargo la semilla no mostró tendencias significativas.

Tabla 4.- Probabilidad estadística de las relaciones entre biomasa de maíz, frijol y arvenses con el AB de *Pinus* spp. La relación se refiere al aumento (A) o la disminución (D) de la biomasa del producto si el AB de *Pinus* spp. se incrementa. r =Coeficiente de correlación de Pearson; r^2 = Coeficiente de determinación; P=probabilidad estadística. NS= no significativo.

PRODUCTO	QUEMA				NO QUEMA			
	r	r^2	P	Relación	r	r^2	P	Relación
Maíz total	0.212	0.045	NS		0.333	0.111	NS	
Matas	0.202	0.041	NS		0.324	0.105	NS	
Grano	0.243	0.059	NS		0.366	0.134	NS	
Índice Cosecha	0.251	0.063	NS		0.265	0.070	NS	
Frijol total	0.684	0.468	0.05	D	0.373	0.139	NS	
Follaje	0.738	0.545	0.01	D	0.148	0.022	NS	
Semillas	0.422	0.178	NS		0.235	0.055	NS	
Arvenses	0.355	0.126	NS		0.084	0.007	NS	
Total	0.308	0.095	NS		0.288	0.083	NS	

Los valores de biomasa (g/m^2) de maíz y frijol obtenidos durante la cosecha de las parcelas se muestran en la Tabla 5.

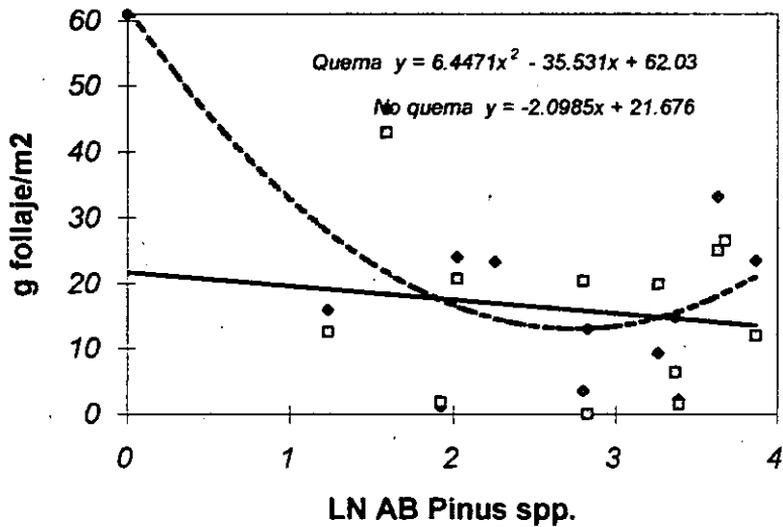


Fig. 9. Biomasa de follaje de frijol (*Phaseolus coccineus* L. subsp. *darwinianus* Hdez X. & Miranda C.) producida en parcelas con diferente AB de pinos (*Pinus* spp.). Quema (-----) $r^2=0.5452$; No quema (—) $r^2=0.022$. Las parcelas quemadas presentaron una tendencia significativa a disminuir la producción de follaje de frijol según el aumento en el grado de pinarización. Las parcelas no quemadas no presentaron ninguna tendencia significativa.

Tabla 5.- Valores de biomasa (g/m²) de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus coccineus* L. subsp. *darwinianus* Hdez. X. & Miranda C.) obtenidos durante la cosecha en parcelas quemadas y no quemadas en RMB y EM. La biomasa se obtuvo a partir de la relación entre peso fresco y peso húmedo (g) de las muestras y el área de cosecha (m²) por parcela. Las parcelas se encuentran ordenadas de acuerdo al AB de *Pinus* spp. encontrada en el rodal antes de la siembra.

PARCELA	MAIZ				FRIJOL			
	BIOMASA MAZORCAS		BIOMASA TOTAL		BIOMASA FOLLAJE		BIOMASA TOTAL	
	Quema	No quema	Quema	No quema	Quema	No quema	Quema	No quema
1	5.032	ND	85.646	ND	60.971	ND	79.154	ND
5	32.055	16.114	163.405	138.229	15.914	12.543	30.699	21.709
9	44.736	8.935	170.677	62.183	46.554	42.931	62.765	54.548
14	0.000	0.000	53.766	30.924	1.204	1.798	1.204	1.836
4	54.384	45.618	196.768	170.918	24.053	20.638	45.180	28.086
12	61.209	ND	231.474	ND	23.351	ND	28.041	ND
13	3.268	1.529	73.820	86.818	3.562	20.362	9.747	24.226
10	88.930	16.466	245.974	106.086	13.042	0.000	15.092	1.358
8	8.077	0.000	82.460	7.738	9.327	19.907	11.329	22.154
7	3.498	2.408	106.705	53.278	14.850	6.356	27.870	10.236
3	0.000	0.000	4.067	2.109	2.196	1.475	2.344	1.475
11	23.007	16.911	170.838	96.110	33.244	25.034	52.236	38.487
2	ND	1.137	ND	92.815	ND	26.477	ND	32.769
6	4.518	4.888	99.410	43.117	23.506	12.030	51.036	18.126

Producción de biomasa de arvenses

Los valores de producción de biomasa (g/m^2) de arvenses por grupo se muestran en la Tabla 6. En las parcelas no quemadas sólo se encontró relación marginalmente significativa entre el AB de *Pinus* spp. y la biomasa de las Asteraceas al momento de la cosecha (Tabla 7). En las parcelas quemadas la única relación se encontró durante la cosecha del grupo de Otras Familias y fue de tipo marginal. En ambos casos la biomasa tendió a disminuir conforme el grado de pinarización aumentó (fig. 10a,b).

En la tabla 7 también se observa que el número de especies de compuestas en las parcelas quemadas tuvo una tendencia marginalmente significativa a disminuir conforme se incrementa el AB de los pinos durante la cosecha (fig. 11a). En las parcelas no quemadas las Asteraceas mostraron relación altamente significativa con el grado de pinarización durante la cosecha tendiendo a disminuir el número de especies (fig. 11b).

En la cosecha las tendencias observadas en las parcelas quemadas fueron menos evidentes pero iguales a las de las parcelas no quemadas, observándose aumento significativo en el número de especies de la familia Gramineae y disminución en el de la familia Asteraceae o Compositae de acuerdo al grado de pinarización.

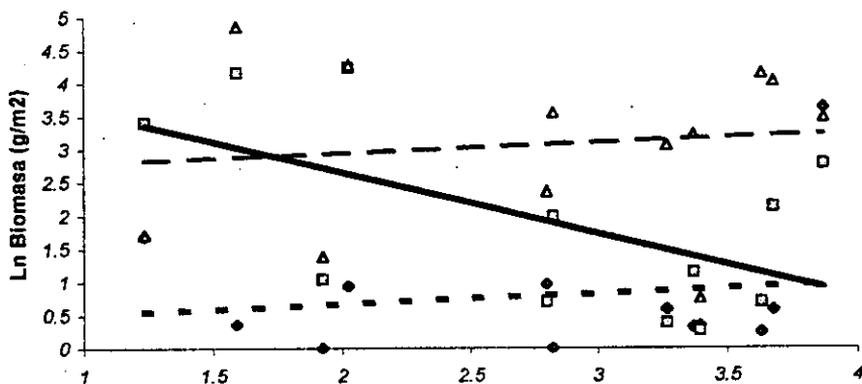
Tabla 6.- Biomasa de arvenses (g/m^2) obtenidas durante la limpia de parcelas quemadas y no quemadas sembradas con maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus coccineus* L. subsp. *darwinianus* Hdez. X. & Miranda C.) en RMB y EM. Se distinguieron las familias Gramineae, Asteraceae y Otras Familias. Las parcelas están ordenadas de acuerdo al área basal de *Pinus* spp. encontrada en el rodal antes de la siembra.

Parcela	GRAMINEAE		ASTERACEAE		OTRAS FAMILIAS	
	No quema	Quema	No quema	Quema	No quema	Quema
1	ND	0	ND	6.28	ND	29.98
5	18.63	0	92.09	42.23	153.41	99
9	0	0	0.46	0	35.57	11.3
14	0	0.56	25.54	5.5	9.07	492.45
4	8.74	0.64	203.2	79.79	44.38	121.86
12	ND	0	ND	0	ND	6
13	0	0	0	0.09	396.98	3.16
10	1.57	30.54	38.85	34.27	204.61	24.63
8	1.2	3.4	6.72	34.38	98.38	73.06
7	0	0	4.68	0.06	20.42	25.74
3	3.35	5.97	0.58	1.06	4.15	2.09
11	0	0	15.65	14.76	15.77	205.25
2	0	ND	0	ND	169.73	ND
6	38.64	1.98	23.72	16.03	108.92	13.3

Tabla 7.- Probabilidad estadística de las relaciones entre el incremento del AB de *Pinus* spp. y el número de especies de arvenses encontradas y la producción de biomasa de las mismas. La relación se refiere al aumento (A) o la disminución (D) de las dos variables conforme se incrementa el AB de los pinos. r=coeficiente de correlación de Pearson; r²=Coeficiente de determinación; P=significancia estadística. NS= no significativo. ND= ausencia de datos debido a que no existió tratamiento de quema en las tinas. Grados de libertad V: Tinas V=12; Quema V=11; No quema V=9.

PRODUCTO	BIOMASA						NO. DE ESPECIES						
	Quema			No quema			Quema			No quema			
	r	r ²	P	Rel.	r	r ²	P	Rel.	r	r ²	P	Rel.	
Asteraceae													
Tinas	ND	ND	ND	ND	0.045	0.002	NS	NS	ND	ND	ND	ND	D
1ª Limpia	0.032	0.001	NS	NS	0.365	0.133	NS	NS	0.226	0.051	NS	NS	NS
Cosecha	0.105	0.011	NS	D	0.575	0.331	0.1	D	0.531	0.282	0.1	D	D
Gramineae													
Tinas	ND	ND	ND	ND	0.055	0.003	NS	NS	ND	ND	ND	ND	D
1ª Limpia	0.369	0.136	NS	NS	0.095	0.009	NS	NS	0.417	0.174	NS	NS	NS
Cosecha	0.458	0.210	NS	NS	0.141	0.020	NS	NS	0.595	0.354	0.05	A	A
Otras													
Tinas	ND	ND	ND	ND	0.126	0.016	NS	NS	ND	ND	ND	ND	NS
1ª Limpia	0.176	0.031	NS	NS	0.032	0.001	NS	NS	0.456	0.208	NS	NS	NS
Cosecha	0.525	0.276	0.1	D	0.100	0.010	NS	NS	0.032	0.001	NS	NS	NS

a) No quema



b) No quema

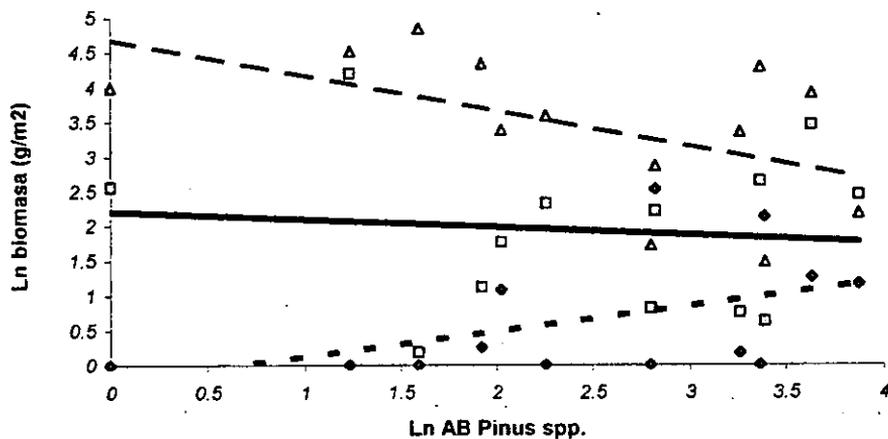


Fig.10. Biomasa de arvenses cosechada por grupos en parcelas siguiendo un gradiente de pinarización.
 Gramineas (---) r^2 quema=0.2102, $Y=0.3666x+0.2472$, no quema $r^2=0.0204$, $Y=0.1607x+0.3506$;
 Compuestas (—) r^2 quema=0.0111, $Y=0.1127x+2.2064$, no quema=0.3304, $Y=0.927x+4.5039$; Otras
 Familias (— · —) r^2 quema=0.277, $Y=0.5111x+4.6859$, no quema=0.0122, $Y=0.1566x+2.6262$.

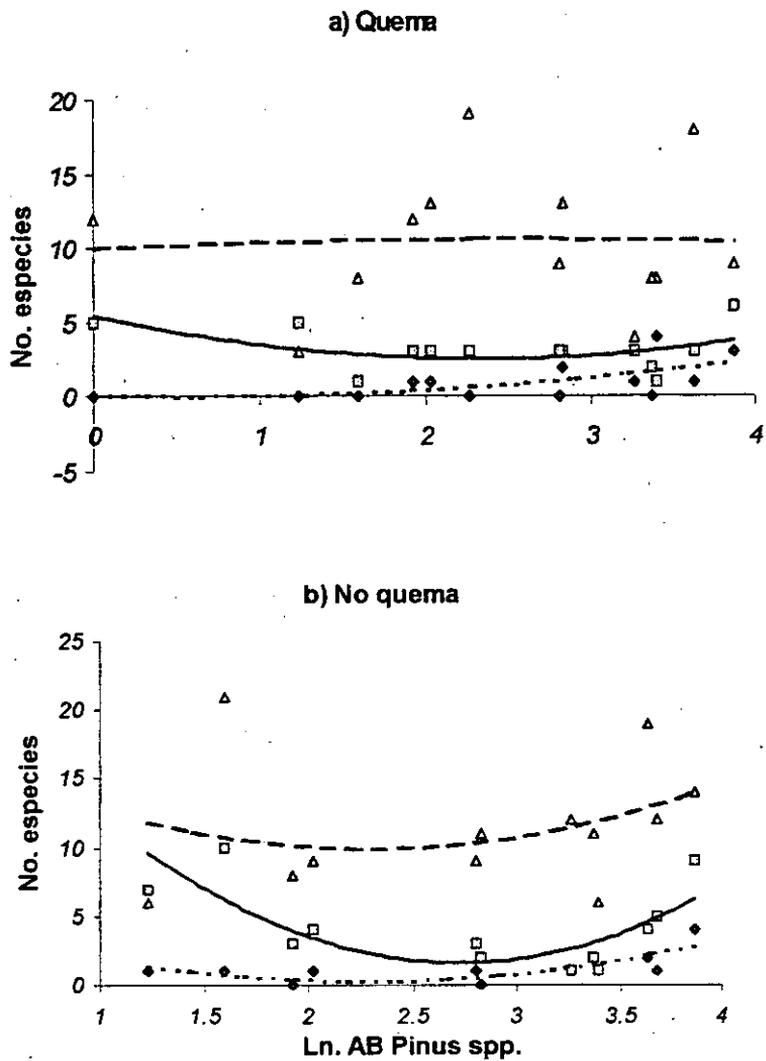
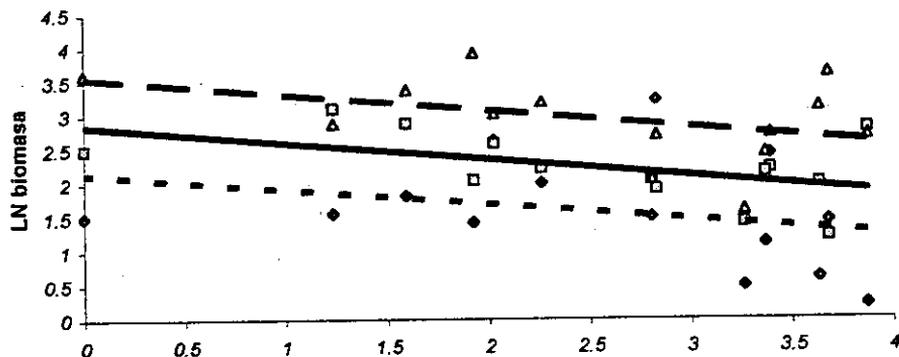


Fig. 11. No. de especies de arvenses cosechadas en parcelas siguiendo un gradiente de pinarización. Gramineas G (—) r^2 quema=0.356, r^2 no quema=0.601; Asteraceas A (---) r^2 quema=0.283, r^2 no quema=0.587; Otras Familias O:F: Δ (- - -) r^2 quema=0.001, r^2 no quema=0.075.

En las tinajas el número de especies de las compuestas disminuyó significativamente al aumentar el grado de pinarización; las gramíneas tuvieron mayor número de especies en las parcelas medianamente pinarizadas, y valores más bajos en las de bosque maduro y pinarizadas. Las especies de compuestas fueron menos abundantes en las parcelas pinarizadas que en las de bosque maduro e intermedio (fig. 12a,b).

a) Biomasa de arvenses cosechadas en tinas



b) Número de especies cosechadas en tinas

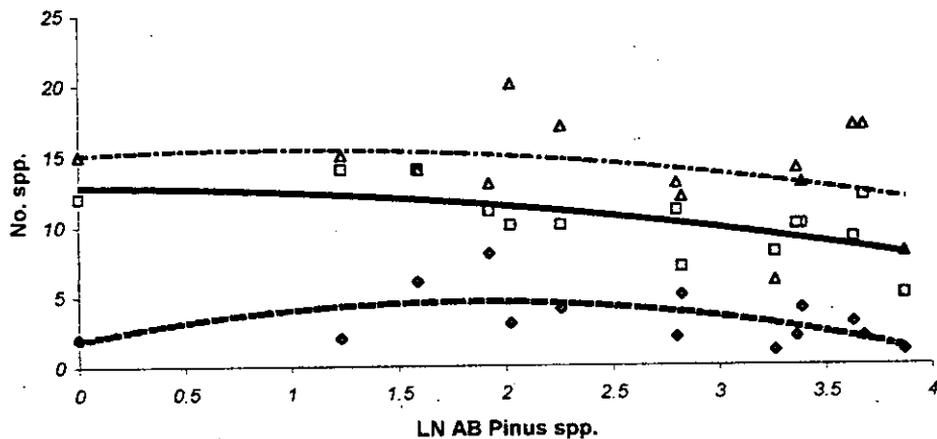


Fig. 12. Biomasa y no. de especies de arvenses cosechadas en tinas por grupo. Gramineas (.....) r^2 biomasa=0.0029, no. especies=0.3544; Asteraceas (—) r^2 biomasa=0.0023, no. especies=0.4099; Otras (---) r^2 biomasa=0.016, no. especies=0.1143.

Producción de biomasa total y quema de las parcelas

La producción de biomasa total en las parcelas sin considerar el grado de pinarización de las mismas no fue significativamente diferente entre las condiciones de quema y no quema (Tabla 8, ANOVA $F=2.763$; $P=0.110$; $V=9$).

La biomasa de arvenses producida por las parcelas de las dos condiciones tampoco fue significativamente diferente entre sí (ANOVA $F=0.292$; $P=0.594$; $V=9$).

En cuanto a la producción de biomasa de frijol no se encontraron diferencias significativas entre las parcelas quemadas y las no quemadas (ANOVA $F=1.661$; $P=0.21$; $V=9$).

Para la biomasa de maíz sí se encontraron diferencias significativas entre las dos condiciones (ANOVA $F=4.809$; $P=0.039$; $V=9$), siendo mayor la producción de biomasa de este cultivo en las parcelas quemadas.

Tabla 8.- Area (m^2) quemada y no quemada de parcelas en RMB y EM y biomasa total (g/m^2) constituida por arvenses, maíz (*Zea mayz* L.) y frijol (*Phaseolus coccineus* subsp. *darwinianus* Hdez. X. & Miranda C.) cosechados en dichas parcelas. Las parcelas se encuentran ordenadas de acuerdo al área basal de *Pinus* encontrada en el rodal donde se establecieron. ND significa ausencia de datos debido a que no se aplicó el tratamiento de quema o no quema en esa parcela.

PARCELA	AREA PARCELA		BIOMASA TOTAL	
	Quema	No quema	Quema	No quema
1	73.3	ND	289.078	ND
5	43.83	37.64	297.176	287.013
9	33.33	36.34	415.019	218.560
14	38.96	28.73	81.706	46.905
4	35.85	37.08	345.879	367.603
12	69.8	ND	312.649	ND
13	33.2	39.53	94.483	126.316
10	39.5	30.65	349.560	174.885
8	56.44	19.5	93.789	48.693
7	38.14	37.58	231.769	114.378
3	36.34	40.42	10.310	5.293
11	38	33.62	363.689	188.119
2	ND	72	ND	165.135
6	35	38.64	233.024	196.616

DISCUSIÓN

La relación entre la pérdida de diversidad y el proceso de pinarización ha sido ampliamente estudiada por González-Espinosa y colaboradores durante casi 10 años en la zona de Los Altos de Chiapas. Ellos han encontrado que existen 1.7 a 1.9 veces más especies de hierbas anuales, perennes y de árboles del dosel en sitios con dominancia de pinos y sólo 20 a 25% de las especies de bejucos, lianas, helechos, arbustos y árboles del interior comunes en bosques de encino. Especies del interior como *Cleyera theaeoides*, *Cornus* spp., *Crataegus pubescens* y *Magnolia sharpii* disminuyen en número y densidad conforme aumenta la dominancia de pinos en el dosel (González-Espinosa *et al.* 1995a). En la figura 4 se confirman tales tendencias, ya que se observa una disminución en el número de especies del interior conforme aumenta el número de especies del dosel (*Pinus* sp. y *Quercus* sp.).

Dentro de un bosque maduro se pueden producir perturbaciones naturales como la caída ocasional de troncos, que incluso pueden aumentar la diversidad de especies vegetales del lugar (Souza 1984). En estos casos se establecen especies que generalmente no se encuentran bajo un dosel cerrado ya que no son tolerantes a la sombra (Ramírez-Marcial *et al.* 1992). El proceso de sucesión comienza con el establecimiento de especies herbáceas seguido por el de matorrales como *Baccharis vaccinioides* que facilitan el establecimiento y mantenimiento de plántulas de especies de árboles del dosel (Ramírez-Marcial *et al.* 1992), principalmente *Pinus* y *Quercus* (González-Espinosa *et al.* 1997).

Los pinos resisten bien la competencia de las hierbas (South *et al.* 1993) y se establecen generalmente en el borde de los bosques debido a que no son especies tolerantes a la sombra (Oosting & Kramer 1946). Por lo tanto su desarrollo es favorecido por los disturbios que provocan claros, como tumbar árboles para sembrar milpas (González-Espinosa *et al.* 1995a).

Las especies del género *Quercus* en cambio no resisten la competencia con otras plántulas pero son tolerantes a la sombra (Carvell & Tryon 1961, Davis *et al.* 1998), por lo que se establecen después que los pinos (González-Espinosa *et al.* 1995b). Asimismo necesitan un suelo medianamente profundo donde la capa de humus sea gruesa para que lo mantenga húmedo y poroso (Carvell & Tryon 1961). Los acahuales arbustivos presentan las condiciones de luz, temperatura y humedad adecuadas para su crecimiento (Quintana-Ascencio *et al.* 1992).

Las últimas especies en establecerse son las típicas del interior del bosque como *Magnolia sharpii*, *Persea americana*, *Rhamnus sharpii*, *Clethra macrophylla* y otras (González-Espinosa *et al.* 1997). Estas son muy tolerantes a la sombra y determinan el grado de madurez del bosque (González-Espinosa *et al.* 1995a).

Bajo condiciones particulares las especies no tolerantes a la sombra y capaces de resistir la competencia de las hierbas (como *Pinus* spp.) se mantienen por un periodo de tiempo más largo del que se daría en un proceso de sucesión secundaria normal y no son reemplazadas por especies más tolerantes (Spurr & Barnes 1982). En el caso de la pinarización, tanto el fuego como la extracción selectiva de los encinos interrumpen el proceso de sucesión impidiendo que los encinos tomen el lugar de los pinos para permitir, posteriormente, la colonización por especies del interior. La mayor intensidad y frecuencia de los incendios favorece el establecimiento de especies resistentes o dependientes del fuego para su reproducción, como algunas especies de pinos (Spurr & Barnes 1982).

A pesar de que el bosque de pino-encino posee una gran resiliencia, es probable que se esté llegando a un punto de equilibrio inestable en el cual el bosque de pino-encino tiende hacia un bosque de pino cuyos estados sucesionales posteriores comprenderían ecosistemas de pastizal y matorral. Se podría pensar que el bosque de pino-encino representa un ecosistema en equilibrio estable, ya que si es modificado hacia bosque de pino o bosque de encino es capaz de regresar a su composición biológica original. El bosque de pino inducido por la pinarización representa, en cambio, un ecosistema en equilibrio inestable, que puede dirigirse hacia bosque de pino-encino (como normalmente sucedería por el proceso de sucesión) o hacia un bosque de pino muy pobre o incluso hasta un pastizal.

La pinarización es una modificación del proceso natural de sucesión secundaria de los bosques de pino-encino que cambia drásticamente las características del bosque original llevándolo hacia un tipo de ecosistema menos diverso. Así al extraerse selectivamente a los encinos se provoca un cambio en la composición de la vegetación que interactúa con los pinos, lo que favorece la invasión por parte de éstos últimos (Richardson & Bond 1991). El tiempo que se interrumpa el proceso de sucesión, debido a la pinarización, puede ser de utilidad para suponer el tipo de vegetación que se establecerá al dejar de existir influencia humana en el sitio (bosque de pino-encino, bosque de pino o pastizal).

Los sitios pinarizados presentan condiciones favorables para el establecimiento de nuevas plántulas del mismo género (Richardson & Bond 1991). Si los pinos permanecen por largo tiempo sobre un terreno pueden acidificarlo y dejar sobre su superficie grandes cantidades de hojas, ramas, frutos y cortezas que incrementan el contenido de materia orgánica y de humus (Vidal 1962).

En el caso de esta investigación la mayoría de las características edafológicas analizadas no fueron diferentes entre las parcelas establecidas en bosques pinarizados y las establecidas en bosques maduros o intermedios. El pH es una variable determinante de otras propiedades del suelo como la C.I.C. o la acidez intercambiable, así como de la disponibilidad de nutrientes como el P, el Ca o el Mn (Buckman & Brady 1977, Lenom 1977). Para la formación de suelos ácidos se requiere suficiente precipitación pluvial para lixiviar, lavar o eliminar las sales

carbonatadas a una velocidad mayor a la de su formación, o bien la presencia de alguna fuente de acidez que las neutralice (Loughman 1969 citado por Lenom 1977).

Probablemente los suelos de los bosques escogidos para el estudio no hayan estado sometidos a la presencia de los pinos el tiempo necesario para que sus efectos en ellos sean evidentes. Shugart (1984) reporta una tasa de crecimiento anual promedio para los pinos de los bosques templados de E.U. 79.5 % más alta que la de los encinos de la misma región. En los rodales utilizados en este estudio tanto encinos como pinos presentaron D.A.P. muy parecidos, lo que sugiere que los bosques pinarizados utilizados en este estudio son más jóvenes que los intermedios y los no pinarizados. También debemos considerar que en los bosques de los Altos de Chiapas la actividad microbiana permite la descomposición de la hojarasca de pino de forma gradual, impidiendo su acumulación y retrasando el proceso de acidificación del suelo (Buckman & Brady 1977). Por otro lado, la quema también puede provocar que el pH del suelo se eleve (Uribe *et al.* 1967, Fassbender 1975).

Una variable edafológica muy importante que no mostró diferencias en este estudio fue la materia orgánica. Galindo (1999) ha monitoreado la cantidad de hojarasca y el contenido de materia orgánica de sitios adyacentes a las parcelas de este estudio durante 1999, y ha encontrado mayor cantidad de materia orgánica en descomposición y hojarasca en suelos de bosques no pinarizados.

En cuanto a las variables edafológicas que sí mostraron diferencias relacionadas con el grado de pinarización, estas sólo fueron evidentes en parcelas quemadas. La cantidad de elementos liberados por la quema depende del contenido total de estos en la biomasa y de la intensidad del fuego (Juo & Manu 1996). Este tiene una gran influencia sobre las formas (Fassbender 1975) y la disponibilidad de P en el suelo (Juo & Manu 1996). Los fosfatos ocluidos y orgánicos disminuyen con la temperatura; mientras que los fosfatos de aluminio, hierro y calcio aumentan notablemente y su formación está asociada a la destrucción de la materia orgánica (Fassbender 1975).

Al quemarse la hojarasca de pino, ésta alcanza temperaturas menores que la de encinos y otras latifoliadas, ya que las acículas, por ser pequeñas y finas permiten una buena aereación y por lo tanto una combustión rápida. Esto puede contribuir a la variación en la cantidad de elementos como el P o el K en la ceniza (Andriessse & Schelhass 1987). La cantidad de biomasa quemada también influye en la cantidad de P encontrada en la superficie del suelo (Andriessse & Schelhass 1987). El dosel de los bosques pinarizados no es muy cerrado y permite el paso de la luz, lo que hace posible el establecimiento de diferentes especies de herbáceas, las cuales tienen mayor concentración de K, N y P que los árboles y arbustos (Toky & Ramakrishnan 1983). Por lo tanto la cantidad de combustible quemado y las especies que lo constituyeron pudieron ser determinantes en los cambios del P entre las parcelas.

La cantidad de elementos nutritivos que recibe el suelo después de la quema depende del tipo de suelo y su capacidad para retener y almacenar los nutrientes en formas que sean rápidamente aprovechables por las plantas y de la cantidad de nutrientes aportada por la ceniza (Juo & Manu 1996). En general la quema de biomasa produce un rápido incremento en la cantidad de bases intercambiables y en la C.I.C. (Juo & Manu, 1996) lo que provoca alcalinidad y salinidad en la ceniza (Andriessse & Schelhass 1987). El pH más favorable para la asimilación de fosfatos es el débilmente ácido (5.5 a 6), en donde la solución del suelo contiene la máxima concentración de iones fosfato en equilibrio con otros nutrientes como el Fe, Al y Ca (Primo & Carrasco 1987).

En suelos ricos en materia orgánica y pobres en bases intercambiables las quemaduras elevan el pH y las bases intercambiables, especialmente el K y el P, de forma proporcional a su intensidad. En suelos escasos en materia orgánica y abundantes en bases intercambiables su composición no se modifica con la quema excepto para el potasio intercambiable que presenta variaciones notables (Uribe *et al.* 1967). Los suelos del Ejido Mitzitón poseen características de acrisoles, y pudieron ser afectados de forma más pronunciada por la quema que las rendzinas de Rancho Merced-Bazom. En los primeros la C.I.C. de elementos como el P pudo incrementarse y aumentar su biodisponibilidad (Juo & Manu 1996). Por otra parte, la lixiviación pudo influir en la cantidad de nutrientes del suelo. Uribe *et al.* (1967) encontraron que la cantidad de elementos nutritivos perdidos en las aguas de escorrentía son mayores en parcelas quemadas debido en parte a que el suelo se encuentra desnudo de vegetación.

En las parcelas medianamente pinarizadas pudo quemarse mayor cantidad de materia orgánica que provocara el aumento en la C.I.C.T., pero cuyo contenido de P quedara retenido en las partes no quemadas al no alcanzar temperaturas lo suficientemente altas como para dar una combustión completa. En las parcelas no pinarizadas la materia orgánica encontrada la constituyeron hojas y troncos de encinos y latifoliadas, que al quemarse liberaron importantes cantidades de P en la ceniza gracias a las altas temperaturas alcanzadas durante su combustión. Las parcelas pinarizadas no alcanzaron temperaturas tan altas pero la cantidad de biomasa quemada fue mayor y su combustión fue más completa que en las otras parcelas, lo cual pudo contribuir a los altos valores de P encontrados.

La última variable que cambió de acuerdo al grado de pinarización fue la densidad aparente. Esta se refiere a la cantidad de espacios porosos y a la densidad de los sólidos del suelo. Los suelos que tienen pesos bajos por unidad de volumen generalmente son los que tienen más materia orgánica (Buckman & Brady 1977). Sin embargo la relación encontrada no fue coherente con las otras dos variables (P y C.I.C.T.), ya que los sitios de ambos extremos del gradiente, cuyo contenido de materia orgánica es muy diferente (Galindo 1999), presentaron valores de densidad aparente similares y relativamente altos. Las parcelas de los extremos del gradiente

se encuentran en Rancho Merced Bazom (RMB), y las intermedias en Ejido Mitzitón (EM).

Al graficar las parcelas de ambos sitios por separado no se encontró una relación significativa entre la densidad aparente y el grado de pinarización; por otra parte el valor promedio de las parcelas de RMB es más alto (0.97g/cm^3) que las de EM (0.85g/cm^3). Lo anterior sugiere que la significancia en los cambios de esta variable pudo deberse a la ubicación de las parcelas y no a la quema o a la composición florística del rodal donde se establecieron. Los suelos de RMB son acrisoles de tipo predominantemente húmico y de textura fina; y los de EM son rendzinas de tipo predominantemente lítico y de textura media (INEGI 1990), lo que les confiere características físicas distintas.

El que no se hayan encontrado diferencias entre las características del suelo de las parcelas no quemadas pudo deberse también a que los nutrientes se encontraban principalmente en la materia vegetal viva, por lo que las diferencias entre las parcelas fueron apreciables hasta después de quemar, ya que hasta entonces se liberaron los nutrientes de la vegetación.

En los cultivos, al igual que en las características del suelo, solo obtuvimos diferencias en las parcelas quemadas, lo que indica que esta práctica liberó nutrientes y aumentó su disponibilidad para ser absorbidos por las plantas (Juo & Manu 1996). El frijol fue la única especie que cambió su producción de biomasa en el gradiente de pinarización. Esto pudo deberse no sólo a las diferencias en cantidad y disponibilidad de nutrientes de los suelos, sino también a la cantidad de luz solar recibida. Las parcelas 14, 13, y 3 estaban rodeadas por árboles grandes cuya copa, a pesar de haber sido podada en algunos casos, creaba bastante sombra. Estas parcelas fueron las que produjeron menor cantidad de frijol. Sin embargo la tendencia de las parcelas no pinarizadas a ser más productivas se mantiene.

La insensibilidad del maíz al gradiente de pinarización pudo deberse a que los niveles de nutrientes entre los suelos no variaron significativamente, lo que redundó en la alta similitud de la productividad de las parcelas. En general el maíz presentó bajo rendimiento en todas las parcelas probablemente debido al sombreado de los árboles que las rodeaban, ya que por ser una planta con metabolismo C4 requiere de luz solar intensa para su mejor y más rápido desarrollo (CATIE 1990). Por otra parte, es probable que la variedad utilizada en la zona sea poco sensible a los cambios producidos por la pinarización en las características del suelo y el tipo de vegetación herbácea establecida. Esta variedad es un híbrido de muchas otras variedades provenientes de diversas zonas del estado. Los campesinos de los Altos han seleccionado durante largo tiempo las semillas más productivas y resistentes, que se adaptan a las características de los sitios de siembra.

En cuanto a las arvenses, el almacén de semillas enterradas viables (banco de semillas) presente en el suelo representa una síntesis temporal de aquellas que han

podido llegar al sitio y permanecer latentes en él (Kellman 1973), así como de las producidas en el área (Radosevich & Holt 1984). El número de semillas de las especies herbáceas disminuye en los bosques maduros (Radosevich & Holt 1984, Quintana-Ascencio *et al.* 1996), debido en parte a que en este tipo de comunidades las especies de árboles caducifolios desarrollan un follaje tan denso que frena la regeneración de las especies de hierbas (Grime 1982).

La familia de las Gramíneas es la que tiene mayor número de malezas dañinas en el mundo y es de las más abundantes en los campos de cultivo (Duke 1985); durante la cosecha las parcelas pinarizadas tuvieron mayor número de gramíneas que las no pinarizadas tanto en la condición de quema como en la de no quema. Esto pudo deberse al aporte de semillas de especies en acahuales y zonas de cultivo cercanas a estas parcelas (Quintana-Ascencio *et al.* 1996). En cuanto al aumento en el número de especies de la familia Asteraceae en las parcelas quemadas, es probable que se haya debido al azar, ya que aunque sí es significativo, está dado por muy pocas especies.

Los resultados obtenidos en el experimento de las tinas no coinciden con lo anterior ya que se encontraron menos especies en las parcelas pinarizadas. Los cambios encontrados no se pueden atribuir a la luz y al agua ya que estos fueron factores controlados e iguales para todas las tinas. Ramírez-Marcial *et al.* (1992) encontró que los bosques pinarizados tienen un banco de semillas más rico y reciente que los no pinarizados, sin embargo este puede reducirse por la alta germinación y depredación de las semillas (Radosevich & Holt 1984).

La biomasa de arvenses en las tinas no fue diferente entre las parcelas, lo que permite pensar que los nutrientes estuvieron disponibles y en cantidades similares en todas ellas. La luz y el agua fueron controlados y por lo tanto no fueron factores limitantes para el desarrollo de las herbáceas.

El aumento en la biomasa de las arvenses agrupadas en el rubro Otras Familias en las parcelas quemadas y la disminución de biomasa de la familia Asteraceae en las parcelas no quemadas fue sólo marginalmente significativa, por lo que es probable que estos resultados sean debidos a problemas metodológicos. En las parcelas quemadas las semillas embebidas en el suelo hasta los 5 cm. de profundidad pudieron morir fácilmente o ser severamente dañadas (Brinkmann *et al.* 1971), lo que reduciría la diversidad de especies que germinan después de la quema y permitiría mayor formación de tejido aéreo debido a un menor número de individuos compitiendo (Mariaca *et al.* 1991). El efecto del fuego pudo ser evidente sólo en el grupo de las Otras Familias probablemente por ser el más diverso, teniendo así especies con mayor número de semillas resistentes a las altas temperaturas o que emergen en un periodo más rápido que otras después de quemar. En cuanto a las Compuestas en las parcelas no quemadas, estas pudieron ser menos resistentes a la competencia intraespecífica no sólo con individuos de la misma familia, sino también de las Gramíneas y Otras Familias.

En cuanto a la productividad en biomasa total (maíz, frijol y arvenses) de los suelos, este estudio no detectó efectos directos de la pinarización, ya que no se encontraron diferencias entre las parcelas a lo largo del gradiente. Galindo (1999) ha encontrado que los suelos de bosques pinarizados son más compactos, ácidos y con baja C.I.C. y contenido de materia orgánica. Es probable que la quema acentúe la manifestación de efectos del gradiente de pinarización, ya que las diferencias observadas en este estudio parecen más relacionadas con la cantidad y tipo de materiales quemados que con efectos producidos a largo plazo sobre el suelo durante la etapa en la que el bosque está en pie.

Algunos de los resultados obtenidos por este experimento no son concluyentes ya que existieron limitaciones metodológicas que pudieron enmascarar los resultados reales de productividad de los suelos. Ejemplos de ello son el reducido número de parcelas utilizadas, lo cual limitó en muchos casos la significancia estadística. Asimismo, para completar el gradiente de pinarización fue necesario trabajar en dos comunidades con diferente tipo de suelo (rendzinas y acrisoles), lo que confiere a las parcelas características distintas en cuanto al tipo de nutrientes disponibles, el pH y la capacidad de amortiguamiento, entre otras. Las parcelas fueron demasiado pequeñas y al estar rodeadas por bosque tuvieron problemas de sombreado y posiblemente otros efectos de borde. De igual forma, la cantidad de lluvia, la pendiente, la orientación y otros factores no homogéneos influyeron en los resultados.

A partir de lo anterior, sugerimos llevar a cabo un análisis completo de la fertilidad de los suelos, principalmente N, K y P, y de contenido de carbonatos. Es innegable que las cenizas de la hojarasca tienen un papel primordial en el proceso de alcalinización del suelo, por lo que sería conveniente tomar muestras de las mismas, previa identificación del tipo de vegetación que las constituyó, y analizar su pH, contenido y disponibilidad de nutrientes. Asimismo se sabe que la intensidad del fuego influye en la cantidad de nutrientes donados al suelo por las cenizas, por lo que conocer la temperatura máxima alcanzada durante la quema en la parte superficial del suelo y a un centímetros de profundidad del mismo sería de utilidad para interpretar los resultados obtenidos.

En experimentos posteriores además de trabajar con parcelas en el campo cuyo tipo de suelo sea el mismo, se sugiere montar un experimento en invernadero con condiciones controladas de luz, temperatura y humedad para poder conocer los efectos de la pinarización en el suelo de manera más fina.

Podemos sugerir el uso de parcelas más grandes que eviten el efecto de borde y el sombreado únicamente en caso de que el agricultor de antemano haya seleccionado sitios para R-T-Q. También podemos sugerir que se incremente el número de parcelas para hacer posible el uso de otras pruebas estadísticas que no pudieron aplicarse en este caso.

Es probable que exista un efecto de la pinarización sobre la productividad de los suelos, aunque puede que sea variable y muy sutil como para poder detectarlo con métodos experimentales como el utilizado para esta tesis. Es necesario saber si existe o no este efecto y cómo es, para contar con una herramienta de gran utilidad en el manejo y la conservación de los bosques de la región. Es importante interactuar con los campesinos de la zona conociendo sus necesidades, así como el impacto que tienen sus prácticas de aprovechamiento de los recursos naturales sobre los ecosistemas, para poder ofrecer alternativas viables de uso de los recursos y comenzar un proceso de restauración y conservación de los bosques.

Esta tesis cumplió con sus objetivos al corroborar la influencia de la pinarización en la diversidad de otras especies como las llamadas Del Interior. Asimismo identificó diferencias de productividad para el frijol a lo largo del gradiente de pinarización, y mayor diversidad de arvenses en las parcelas pinarizadas. Por otra parte, confirmó que la quema es un proceso que acentúa las diferencias de productividad a lo largo del gradiente de pinarización.

Realizar estudios de este tipo, en donde se integren diversos factores tal como sucede en la naturaleza, es útil para establecer las bases para crear Programas de Manejo de recursos; sin embargo, se sugiere homogeneizar el tipo de suelo en subsecuentes estudios, ya que algunas variables edafológicas varían de forma importante en suelos tipo rendzina y tipo acrisoles, lo cual puede enmascarar los resultados.

Continuar estudiando la relación entre la conservación de los recursos y el bienestar humano es muy importante para revertir las tendencias actuales que llevan hacia la pérdida de biodiversidad en el mundo. Demostrar que formas devastadoras de aprovechar los bosques pueden acarrear consecuencias perjudiciales para los campesinos a corto plazo, es un argumento que necesita reforzarse con datos de campo; por ello es conveniente que se sigan realizando estudios como este y aún más detallados que amplíen nuestro conocimiento acerca del impacto que tienen diversas actividades del hombre sobre el entorno y que nos orienten respecto a la forma en que debemos manejar nuestros recursos naturales si deseamos preservar la riqueza biológica del planeta.

CONCLUSIONES

Este estudio confirma las tendencias encontradas por González-Espinosa *et al.* (1995a), que indican una disminución del número de especies del interior al aumentar el número de especies del dosel.

El gradiente de pinarización no influye en la productividad del suelo para *Zea mayz* L.

El gradiente de pinarización influye en la productividad de suelos quemados para *Phaseolus coccineus* L. subsp. *darwinianus* Hdz. X. & Miranda C., siendo menor en las parcelas pinarizadas.

El proceso de quema acentúa la manifestación de efectos del gradiente de pinarización sobre la productividad y características de los suelos, ya que las diferencias de dichas variables observadas en este estudio parecen más relacionadas con la cantidad y tipo de materiales quemados que con efectos producidos sobre el suelo durante la etapa en la que el bosque está en pie.

La pinarización no influye en la abundancia ni diversidad de las arvenses en conjunto. Sin embargo, al analizar por separado las familias de malezas, la pinarización influye en la diversidad de especies de gramíneas en suelos quemados siendo ligeramente mayor en suelos pinarizados.

El proceso de quema previo a la siembra y el tipo de suelo influyen en la Capacidad de Intercambio Catiónico Total (C.I.C.T.) y en la disponibilidad de Fósforo.

La pinarización no está relacionada directamente con la C.I.C.T. y disponibilidad de Fósforo.

BIBLIOGRAFIA

- Alemán Santillán T.** 1989. Los sistemas de producción forestal y agrícola de roza. pp 83-151 en M.R. Parra Vazquez (Ed.) *El subdesarrollo agrícola en Los Altos de Chiapas*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Alencaster, G.** 1971. Rudistas del Cretácico Superior de Chiapas. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. *Paleontología mexicana*. 34: 1-9.
- Alvarez del Toro M.,** Palacio E.E., Cabrera C.T., Guichard R.C., Ramírez V.A., Cartas H.G. 1993. Chiapas y su biodiversidad. Gobierno del Estado de Chiapas, México. 152 pp.
- Andriessse J.P.,** Schelhass R.M. 1987. A monitoring study on nutrient cycles in soils used for shifting cultivation under various climatic conditions in tropical Asia. III. The effects of land clearing through burning on fertility levels. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 19:311-332.
- Bingham F.J.** 1973. Phosphorus. Pp. 324-361. En: Chapman H.D. (Ed.) *Diagnostic criteria for plants and soils*. Universidad de California. U.S.A..
- Breedlove D.E.** 1981. Introduction to the flora de Chiapas. Flora of Chiapas, Part. I. California Academy of Sciences, San Francisco California. U.S.A. pp. 294-299.
- Brinkmann W.L.F.,** Vieira A.N. 1971. The effect of burning on germination of seeds at different soil depths of various tropical tree species. *Turrialba*. 21 (1):77-82
- Buckman H.O.,** Brady N.C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos: texto de edafología para enseñanza. Montaner & Simon, S.A. Barcelona, España. 590 pp.
- Carvell K.L.,** Tryon E.H. 1961. The effect of environmental factor on the abundance of oak regeneration beneath mature oak stands. *Forest science*. 7(2): 98-105.
- CATIE,** 1990. Guía para el manejo integrado del cultivo de maíz. Proyecto Regional Manejo Integrado de Plagas. Serie técnica 152. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Chacon J.C.,** Gliessman S.R. 1982. Use of the non-weed concept in traditional tropical agroecosystems of south-eastern, México. *Agro-ecosystems*. 8:1-11.

- Chandler R.F.** 1941. The amount and nutrient content of fleshy fallen leaf litter in the hardwood forests of Central New York. *J. Amer. Soc. Agron.* 33:859-871.
- Chandler R.F.** 1944. Amount and mineral nutrient content of fleshy fallen needle litter of some northeastern conifers. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 8:409-411.
- Darwin C.** 1859. El origen de las especies. Editorial Porrúa. México. 377 pp.
- Davis M. A., Keith J. W., Reich P. B.** 1998. Competition between tree seedling and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. *Journal of Ecology.* 86: 652-661.
- Díaz H. B., Parra V. M.** 1997. Los Altos de Chiapas: agricultura y crisis rural. Tomo. Los recursos naturales. ECOSUR, México. 192 pp.
- Duke S.O.** 1985. Weed Physiology. Vol. 1: Reproduction and ecophysiology. CRC Press. Florida, U.S.A. 165 pp.
- Donahue, R.L., Miller R.L., Shickluna J.C.** 1983. Soils: an introduction to soils and plant growth. Englewood Cliffs, New Jersey. U.S.A. 667 pp.
- Etchevers B.J.D.** 1992. Manual de métodos para el análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Análisis rutinarios en estudios y programas de fertilidad. Laboratorio de Fertilidad, Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Edo. de México. 125 pp.
- Ewel J. J.** 1975. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. Botany Department, University of Florida. U.S.A.
- FAO/PNUMA.** 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales: Informe sobre el estado de conocimientos preparados por UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 771 pp.
- Fanning D.S., Fanning C.B.** 1989. Soil morphology, genesis and classification. John Willey and Sons Inc. U.S.A. 395 pp.
- Fassbender H.W.** 1975. Experimentos de laboratorio para el estudio del efecto del fuego de la quema de restos vegetales sobre las propiedades del suelo. *Turrialba.* 25(3): 249-254.
- Flores V. O., Gerez P.** 1994. Biodiversidad y conservación. En: Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional de la Biodiversidad (Eds.). *Diversidad en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo.* México. 439 pp.
- Galindo J.L.** 1999. Estructura y composición de rodales dominados por *Pinus* spp. en Los Altos de Chiapas, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 37 pp.

- Grime, J.P.** 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Editorial Limusa. México. 291 pp.
- González-Espinosa M., Quintana Ascencio P., Ramírez Marcia N., Gaytán Guzmán P.** 1991. Secondary succession in disturbed *Pinus-Quercus* forests in the highlands of Chiapas, México. *Journal of vegetation science* 2:351-360.
- González-Espinosa M., Ramírez-Marcial N., Quintana-Ascencio P.F., Martínez-Icó M.** 1995a. La utilización de los encinos y la conservación de la biodiversidad en los Altos de Chiapas. En: *Memorias del Tercer Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos* (Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N.L. 4-6 noviembre de 1992). Reporte Científico UANL. Número especial 15:183-197.
- González-Espinosa M., Quintana-Ascencio, P. F., Ochoa G.S.** 1995b. Current land use trend and conservation of old growth forest habitats in the highlands of Chiapas, México. Simposio Taller sobre la conservación de aves migratorias neotropicales en México. Los Tuxtlas, Veracruz, México. Maine Agricultural and Forest Experiment Station. UNAM- U. Maine. USFWS/NBS. 727:190-197.
- González E.M., Ochoa G.S., Ramírez M.N., Quintana A. P.** 1997. Contexto vegetacional y florístico de la agricultura pp.85-117 en Parra Vázquez y Díaz
- Grime J. P.** 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Limusa. México 291 pp.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.** 1990. Carta edafológica E15-11. México.
- Juo, S.R., A. Manu.** 1996. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 58:61-74.
- Kauffman J.V., Sandford F.L. Jr., Cummings D.L., Salcedo I.H., Sampaio E.V.S.B.** 1993. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. *Ecology*. 74(1):140-151.
- Kellman M.C.** 1973. The viable weed seed content of some tropical agricultural soils. Department of Geography, Simon Fraser University. Canada.
- Krebs C.J.** 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row Pub. U.S.A. 678 pp.
- Kumwenda J.D.T., Kabame V.H.** 1994. Critical period of weed interference in pure maize and maize/pigeon pea and maize/soyabean intercrops in Malawi. *Fourth Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference 28th March-1st April*. pp.234-237.

- Lenom C.J.** 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. 278 pp.
- Mariaca M. R.,** Hernández X. E., Castillo M. A. 1991. Análisis estadístico de rendimientos durante seis años de cultivo continuo experimental de una milpa bajo roza-tumba-quema en Yucatán, México (1980-1986) II. Factores que influyen en los rendimientos del maíz. *Agrociencia*: 2(1), 109-119.
- Mülleried Fedrico F.K.G.** 1957. Geología de Chiapas. Gobierno Constitucional del Estado. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. México. 180 pp.
- Oosting H.J.,** Kramer P.J. 1946. Water and light in relation to pine production. *Ecology*. 27(1): 47-53.
- Palm, C.A.,** M.J. Swift, P.L. Woome. 1996. Soil biological dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 58:61-74.
- Pool Novelo L.** 1997. Intensificación de la agricultura tradicional y cambios en el uso del suelo. pp 1-22 en Parra Vázquez y Díaz Hernández (Eds.) *Los Altos de Chiapas: agricultura y crisis rural*. Tomo 1. Los Recursos Naturales. ECOSUR, México.
- Primo Y. E.,** Carrasco D. J. 1987. Química agrícola. Ed. Alhambra. España. 472 pp.
- Quintana-Ascencio P.F.,** González-Espinosa M., Ramírez-Marcial N., Domínguez-Vázquez G., Martínez-Icó M. 1996. Soil seed banks and regeneration of tropical rain forest from milpa fields at the Selva Lacandona, Chiapas, México. *Biotropica*. 28(2): 192-209.
- Quintana-Ascencio P.F.,** Ramírez-Marcial N., González-Espinosa M. 1992. Sobrevivencia y crecimiento de juveniles de árboles del dosel y del interior en bosques sucesionales de Los Altos de Chiapas. Informe Técnico. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. México.
- Radosevich S.,** Holt J.S. 1984. Weed Ecology. Implications for vegetation management. John Willey & Sons. USA. 256 pp.
- Ramírez-Marcial N.,** González-Espinosa M., Quintana-Ascencio P. 1992. Banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales de bosques de pino-encino de los Altos de Chiapas, México. *Acta botánica mexicana*. 20:59-75.
- Richardson D.M.,** Bond W.J. 1991. Determinants of plant distribution: evidence from pine invasions. *The american naturalist*. 137(5):639-668.
- Rzedowski J.,** G.C. de Rzedowski (Eds.) 1990. Flora de México. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán. México. 494 pp.

- Shugart, H.H.** 1984. A theory of forest dynamics: the ecological implications of forest succession models. Springer-Verlag, New York. U.S.A. 278 pp.
- Soto Pinto L.** 1997. Plantas útiles no convencionales para el desarrollo de los sistemas productivos. Pp.119-147 en Parra Vázquez y Diaz Hernández (Eds.) *Los Altos de Chiapas: agricultura y crisis rural*. Tomo 1. Los Recursos Naturales. ECOSUR, México.
- South D.B., Zwolinski J.B, Donald D.G.M.** 1993. Interactions among seedling diameter grade, weed control, and soil cultivation for *Pinus radiata* in South Africa. *Canadian Journal of Forest Research*. 23: 2078-2082.
- Souza P. W.** 1984. The role of disturbance in natural communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15:353-391.
- Spurr S.H., Barnes B.V.** 1982. Ecología Forestal. AGT Editores S.A. México. 690 pp.
- Sumner M.E., Fey M.V., Noble A.D.** 1991. Nutrient Status and Toxicity Problems in Acid Soils. Pp. 149-182. En Ulrich B., Sumner M.E. (Eds.) *Soil Acidity*. Springer-Verlag. Alemania.
- Tilman D., Wedin D., Knops J.** 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature*. 379 (22):718-720.
- Toledo U.M.** 1988. La diversidad biológica en México. *Ciencia y Desarrollo*. CONACYT. 81:17-30.
- Toky O. P., Ramakrishnan P.S.** 1983. Secondary succession following slash and burn agriculture in north-eastern India. II. Nutrient cycling. *Journal of ecology*. 71: 747-757.
- Uhl, C. H., Clark K., Maquirino P.** 1982. Successional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the Upper Rio Negro Region of the Amazon Basin. *Biotropica*. 14(4):249-254
- Uribe A., Suárez de Castro F., Rodríguez G.A.** 1967. Efectos de las quemadas sobre la productividad de los suelos. *Cenicafé*. 18:116-135,
- Vandermeer J.** 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press. Cambridge U.S.A.
- Vidal J. J.** 1962. El pino y algunas especies de interés económico. Editorial Trillas. México. 233 pp.

APENDICES

Apéndice A.- Características principales de las parcelas.

No.	LOCALIDAD	SUELO	ORIENTACION	COLINDANCIA
1	RMB	Rendzina	SE	Milpa de maíz.
2	RMB	Rendzina	SW	Bosque medio pinarizado
3	RMB	Rendzina	NE	Bosque pinarizado
4	RMB	Rendzina	SE	Pastizal
5	RMB	Rendzina	SE	Milpa de maíz
6	RMB	Rendzina	SW	Milpa de maíz
7	EM	Acrisol	SE	Milpa de maíz y pastizal
8	EM	Acrisol	SW	Milpa de maíz y pastizal
9	EM	Acrisol	SW	Zona desmontada
10	EM	Acrisol	NW	Milpa de maíz
11	EM	Acrisol	Sin dato	Pastizal
12	EM	Acrisol	NE	Milpa de maíz
13	EM	Acrisol	NE	Milpa nueva
14	EM	Acrisol	NW	Milpa v bosque

Apéndice B.- Fechas de quema, siembra, limpia y cosecha para las parcelas representativas de un gradiente de pinarización. Todas las fechas se refieren al año de 1998.

Parcela	Ubicación	Quema	% quema	Siembra	Limpia	Cosecha
1	RMB	20-abr	100	30-may	9-jul	3-dic
2	RMB	no quema	0	30-may	9-jul	3-dic
3	RMB	31-mar	50	30-may	10-jul	8-dic
4	RMB	23-abr	50	30-may	7-jul	2-dic
5	RMB	30-mar	50	30-may	8-jul	8-dic
6	RMB	21-abr	50	30-may	14-jul	2-dic
7	EM	24-abr	50	31-may	16-jul	1-dic
8	EM	3-abr	50	31-may	15-jul	30-nov
9	EM	6-abr	50	31-may	15-jul	30-nov
10	EM	1-abr	50	31-may	13-jul	1-dic
11	EM	27-abr	50	31-may	13-jul	4-dic
12	EM	6-abr	100	31-may	17-jul	7-dic
13	EM	20-abr	50	31-may	17-jul	7-dic
14	EM	13-abr	50	31-may	16-jul	4-dic

Apéndice C.- Listado por familia de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas y encontradas durante la caracterización florística de las parcelas en Rancho Merced Bazom y Ejido Mitzitón, Chiapas, México.

<i>ESPECIES DEL INTERIOR</i>
ARALIACEAE
<i>Oreopanax xalapense</i> (H.B. & K.) Decne & Planch.
CAPRIFOLIACEAE
<i>Viburnum discolor</i> Benth.
<i>Viburnum jucundum</i> Morton
CLETHRACEAE
<i>Clethra macrophylla</i> Mart. & Gal.
COMPOSITAE
<i>Baccharis vaccinioides</i> H.B. & K.
<i>Eupatorium ligustrinum</i> DC.
<i>Eupatorium nubigenum</i> Benth.
<i>Eupatorium pycnocephalum</i> Less.
<i>Eupatorium sordidum</i> Less.
<i>Eupatorium</i> sp.
<i>Senecio cristobalensis</i> Greenm. ex Loes
<i>Verbesina pervenioides</i> Sch.-Bip. Ex Klatt
CORNACEAE
<i>Cornus disciflora</i> D.C.
FLACOURTIACEAE
<i>Xylocarpus chiapensis</i> Lundell
LAURACEAE
<i>Licaria cf campechiana</i> (Standlev) Kosterm.
<i>Persea americana</i> Mill.
LOGANIACEAE
<i>Buddleia americana</i> L.
<i>Buddleia cordata</i> H.B. & K.
MAGNOLIACEAE
<i>Magnolia sharpii</i> Miranda
MELASTOMATACEAE
<i>Miconia glaberrima</i> (Schelcht.) Naudin
MYRICACEAE
<i>Myrica cerifera</i> L.
MYRSINACEAE
<i>Rapanea juergenseni</i> Mez
ONAGRACEAE
<i>Fuchsia thymifolia</i> H.B. & K.
POLYGALACEAE
<i>Monnina xalapensis</i> H.B. & K.
TERNSTROEMIAACEAE
<i>Saurauja latipetala</i> Hemsl.

Apéndice C.- Continuación.

ESPECIES DEL DOSEL
BETULACEAE
<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> (Schlect.) Furlow
FAGACEAE
<i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl.
<i>Quercus crispipillis</i> Trel.
<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.
<i>Quercus rugosa</i> Née
PINACEAE
<i>Pinus avacahuite</i> Ehrenb
<i>Pinus devoniana</i> Lindl.
<i>Pinus montezumae</i> Gord.
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov
<i>Pinus oocarpa</i> var. <i>ochoterenai</i> Martinez
<i>Pinus pseudo-strobus</i> Lindl.

OTRAS ESPECIES
AMARANTACEAE
<i>Iresine celosia</i> L.
COMPOSITAE
<i>Conyza</i> sp.
<i>Eupatorium mairetianum</i> DC.
CORNACEAE
<i>Cornus disciflora</i> DC.
ERICACEAE
<i>Arbutus xalapensis</i> H.B. & K.
URTICACEAE
<i>Olmediella bestchleriana</i> (Goepp.) Loes.
LABIATAE
<i>Salvia karwinskii</i> Benth.
PHYTOLACCACEAE
<i>Phytolacca icosandra</i> L.
SOLANACEAE
<i>Cestrum anagvrís</i> Dunal.
<i>Solanum nigricans</i> Mart. & Gal.
THYMELEACEAE
<i>Daphnopsis malacophylla</i> Standl. & Steverm
Especie 1

Apéndice D: Lista por familia de especies herbáceas y arbustivas encontradas en las parcelas quemadas y no quemadas en RMB y EM y en tinas con tierra colectada de estos sitios (1=especie presente).

ESPECIE	QUEMA	NO QUEMA	TINAS
PTERIDOPHYTA			
POLYPODIACEAE			
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.		1	
<i>Adiantum</i> sp.		1	
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	1	1	
ANGIOSPERMAE: DICOTYLEDONEAE			
AMARANTACEAE			
<i>Amaranthus hybridus</i> L.			1
<i>Iresine celosia</i> L.	1		1
CAMPANULACEAE			
<i>Lobelia sartorii</i> Vatke	1	1	
CARYOPHYLLACEAE			
sp 1.		1	1
<i>Drymaria</i> sp.		1	1
COMPOSITAE			
<i>Adenocaulon lyratum</i> Blake		1	1
<i>Baccharis serraefolia</i> DC.	1	1	
<i>Baccharis vaccinioides</i> H.B. & K.	1	1	1
<i>Bidens bicolor</i> Greenm.	1	1	
<i>Bidens chiapensis</i> Brand.	1	1	1
<i>Bidens odorata</i> Cav.	1	1	
<i>Bidens ostruthioides</i> (DC.) Sch.-Bip.	1	1	1
<i>Bidens</i> sp. 1	1		
<i>Bidens</i> sp. 2	1		
<i>Bidens triplinervia</i> H.B. & K.	1	1	
<i>Cirsium horridulum</i> Michx.	1		
<i>Cirsium subcoriaceum</i> (Less.) Sch.-Bip.			1
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.		1	1
<i>Conyza coronipifolia</i> H.B. & K.	1	1	1
<i>Conyza flaginoides</i> A. DC.			1
<i>Eupatorium ligustrinum</i> DC.		1	
<i>Eupatorium macrophyllum</i> L.	1		
<i>Eupatorium mairetianum</i> DC.	1	1	1
<i>Eupatorium pycnocephalum</i> Less. Limmaea	1		1
<i>Eupatorium sordidum</i> Less.	1	1	1
<i>Gnaphalium</i> aff. <i>brachypterum</i> DC.			1
<i>Gnaphalium americanum</i> Miller.	1	1	1
<i>Hieracium irasuense</i> Benth.	1	1	
<i>Iostephane trilobata</i> Hemsl.	1		
<i>Melampodium</i> sp.	1		
<i>Pinaropappus spathulatus</i> Brand.		1	1
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	1	1	1
<i>Polymnia maculata</i> Cav.	1	1	
<i>Siegesbeckia jorullensis</i> H.B. & K.	1	1	1

Apéndice D.- Continuación.

ESPECIE	QUEMA	NO QUEMA	TINAS
<i>Smilanthus</i> sp.			1
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	1		1
<i>Spilanthes oppositifolia</i> (Lam.) D'Arcy			1
<i>Stevia elatior</i> H.B. & K.		1	
<i>Stevia jorullensis</i> H.B. & K.		1	1
<i>Stevia ovata</i> Willd.	1	1	1
<i>Stevia serrata</i> Cav.	1	1	
<i>Verbesina perymenioides</i> Sch.-Bip. Ex Klatt			1
CONVOLVULACEAE			
<i>Dichondra sericea</i> Sw.	1	1	1
<i>Ipomoea</i> sp.		1	1
CRUCIFERACEAE		1	
CUCURBITACEAE			
<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché	1		
<i>Cyclanthera pedata</i> (L.) Schrad.	1	1	
CHENOPODIACEAE			
<i>Chenopodium graveolens</i> Lag. & Rod.	1		
EUPHORBIACEAE			
<i>Acalypha phleoides</i> Cav.			1
<i>Euphorbia</i> sp.			1
FLACOURTACEAE			
<i>Xylosma chiapensis</i> Lundell	1	1	
GERANIACEAE			
<i>Geranium</i> sp.	1	1	1
<i>Geranium vulcanicola</i> Small	1	1	
GUTTIFERAE			
<i>Hypericum silenoides</i> H.B. & K.			1
LABIATAE			
<i>Prunella vulgaris</i> L.		1	
<i>Salvia cinnabarina</i> Mart. & Gal.		1	
<i>Salvia chiapensis</i> Fern.	1	1	
<i>Salvia karwinskii</i> Benth.	1	1	
<i>Salvia lavanduloides</i> H.B. & K.	1	1	
<i>Salvia leptophylla</i> Benth.		1	
<i>Stachys agraria</i> Cham. & Schlecht.	1	1	
<i>Stachys coccinea</i> Facq.		1	1
LAURACEAE			
<i>Litsea glaucescens</i> H.B. & K.	1	1	
LEGUMINOSAE			
<i>Cologania broussonetii</i> (Balb.) DC.	1	1	1
<i>Crotalaria pumila</i> Ortega			1
<i>Desmodium aparines</i> (Link) DC.	1	1	1
<i>Desmodium</i> sp.	1		
<i>Trifolium amabile</i> H.B. & K.	1	1	1
LOGANIACEAE			
<i>Buddleia americana</i> L.	1	1	
<i>Buddleia cordata</i> H.B. & K.			1

Apéndice D.- Continuación.

ESPECIE	QUEMA	NO QUEMA	TINAS
MYRICACEAE			
<i>Myrica cerifera</i> L.		1	
ONAGRACEAE			
<i>Fuchsia microphylla</i> H.B. & K.	1	1	
<i>Fuchsia splendens</i> Zucc.	1	1	
<i>Fuchsia thymifolia</i> H.B. & K.	1	1	
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	1		
OXALIDACEAE			
<i>Oxalis corniculata</i> L.	1	1	1
<i>Oxalis</i> sp.	1	1	1
PASSIFLORACEAE			
<i>Passiflora membranacea</i> Benth.			1
PHYTOLACCACEAE			
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	1	1	1
PLANTAGINACEAE			
<i>Plantago australis</i> Lam.	1	1	1
POLYGALACEAE			
<i>Monnina xalapensis</i> H.B. & K.		1	1
ERICACEAE			
<i>Chimaphila umbellata</i> Nutt.		1	
RANUNCULACEAE			
<i>Clematis dioica</i> L.		1	
<i>Ranunculus petiolaris</i> H.B. & K. ex DC.	1	1	
ROSACEAE			
<i>Alchemilla pringlei</i> Fedde.	1	1	1
<i>Alchemilla pectinata</i> H.B. & K.	1	1	1
<i>Crataegus pubescens</i> (H.B. & K.) Steud.		1	
<i>Rubus adenotrichos</i> Schlecht.	1	1	1
<i>Rubus</i> sp.		1	
<i>Rubus trilobus</i> Moc.	1		
RUBIACEAE			
<i>Crusea calocephala</i> D.C.	1	1	1
<i>Galium aschenbornii</i> Schauer	1	1	1
<i>Galium mexicanum</i> H.B. & K.	1		
<i>Hedyotis serpyllacea</i> (Schlecht.) C.L. Smith ex Geenm.	1	1	1
SIMAROUBACEAE			
<i>Picramnia</i> sp.		1	
SOLANACEAE			
<i>Cestrum aurantiacum</i> Lindley	1	1	
<i>Cestrum guatemalense</i> Francey	1	1	
<i>Lycianthes cuchumatensis</i> J.L. Gentry	1	1	
<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	1	1	
<i>Solanum americanum</i> Miller		1	1
<i>Solanum nigricans</i> Mart & Gal.	1	1	1
STYRACACEAE			
<i>Styrax argenteum</i> var. <i>Ramirezii</i> (Greenm.) Gonzoulin		1	

Apéndice D.- Continuación.

ESPECIE	QUEMA	NO QUEMA	TINAS
UMBELLIFERAE			
<i>Daucus montanus</i> H. & B. Ex Schult.		1	1
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	1	1	
<i>Micropleura renifolia</i> Lag.	1	1	1
<i>Rhodesciadium toluicense</i> (H.B. & K.) Martius.		1	
<i>Sanicula liberta</i> Cham. & Schlecht.	1	1	
VALERIANACEAE			
<i>Valeriana urticaefolia</i> H.B. & K.		1	
MONOCOTYLEDONEAE			
AMARYLLIDACEAE			
<i>Bomarea hirtella</i> (H.B. & K.) Herb.	1	1	
COMMELINACEAE			
<i>Commelina erecta</i> var. <i>angustifolia</i> (Michx.) Fern.	1	1	1
<i>Commelina</i> sp.	1		
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schlecht.	1	1	1
<i>Tripograndia purpurascens</i> (S. Schauer) Handlos, Bailey			1
CYPERACEAE			
<i>Cyperus hermaphroditus</i> (Jacq.) Standl.	1		1
<i>Cyperus manimae</i> H.B. & K.	1	1	1
<i>Cyperus</i> sp.	1		
GRAMINEAE			
<i>Aegopogon cenchroides</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	1	1	1
<i>Agrostis</i> sp.	1	1	
<i>Axonopus affinis</i> Chase.			1
<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	1	1	
<i>Muchlenbergia vaginata</i> Swallen	1	1	
<i>Panicum</i> sp. 1	1	1	1
<i>Panicum</i> sp. 2	1	1	
<i>Paspalum jaliscanum</i> Chase	1	1	
<i>Paspalum</i> sp. 1	1	1	1
<i>Paspalum</i> sp. 2		1	
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.			1
<i>Poa annua</i> L.	1	1	
<i>Poa</i> sp.		1	
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.			1
<i>Trisetum</i> sp.		1	
<i>Zeugites americana</i> var. <i>Mexicana</i> Willd. (Kunth) McVaugh		1	
HYPOXIDACEAE			
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	1	1	
IRIDACEAE			
<i>Sisyrinchium tinctorium</i> H.B. & K.			1
<i>Orthrosanthus exsertus</i> (R. Foster) Ravenna	1		1
<i>Tigridia chiapensis</i> Molseed ex Cruden	1		
LILIACEAE			
<i>Echeandia macrocarpa</i> Greenm.	1	1	
<i>Smilacina flexuosa</i> Bertol.	1	1	
ORCHIDIACEAE			
SMILACACEAE			
<i>Smilax</i> aff. <i>mollis</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	1	1	
No. Total de especies	92	106	69