

Informe final* del Proyecto L329
Invasión de Pinus spp y la conservación de la diversidad florística en Los Altos de Chiapas, México

Responsable:	Dr. Mario González Espinosa
Institución:	El Colegio de la Frontera Sur División de Conservación de la Biodiversidad Departamento de Ecología y Sistemática Terrestre
Dirección:	Apartado Postal 63, San Cristóbal de Las Casas, Chis, 29290 , México Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, San Cristóbal de Las Casas, Chis, 29290 , México
Correo electrónico:	mgonzale@sclc.ecosur.mx
Teléfono/Fax:	N/D
Fecha de inicio:	Noviembre 28, 1997
Fecha de término:	Abril 18, 2000
Principales resultados:	Informe final, Hojas de cálculo
Forma de citar** el informe final y otros resultados:	González Espinosa, M., 2000. Invasión de Pinus spp y la conservación de la diversidad florística en Los Altos de Chiapas, México. El Colegio de la Frontera Sur. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L329. México D. F.
Forma de citar Hoja de cálculo	González Espinosa, M.,2000. Invasión de Pinus spp y la conservación de la diversidad florística en Los Altos de Chiapas, México. El Colegio de la Frontera Sur. Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. L329. México D. F.

Resumen:

Los patrones de uso de suelo en los Altos de Chiapas, una de las regiones más pobladas de México, han propiciado en décadas recientes la expansión de poblaciones de Pinus spp. en áreas que mantenían bosques de encino y mesófilos de montaña. Nuestros antecedentes directos señalan que el proceso de pinarización conlleva cambios severos en la composición florística, con particular riesgo para la conservación y uso sustentable de numerosas especies de árboles del interior y arbustos propios de los bosques originales. Los cambios florísticos ocurren con modificaciones del perfil y el piso forestal, del microambiente del interior de los bosques y de los atributos físico químico de los suelos que aún no hemos podido documentar y que constituye una de las metas de este estudio. Otro propósito que buscamos es entender mejor como algunos atributos del sitio forestal pinarizado pueden afectar el desarrollo de plántulas y juveniles de especies propias del bosque no pinarizados. A partir de ello se tendría bases para el diseño de prácticas de manejo de las especies que puedan usarse en programas de restauración de sistemas forestales con alta diversidad de especies de árboles. Sin embargo, los bosques de los Altos de Chiapas, como en otras regiones montañosas del sur y occidente de México, están expuestos, y lo estarán por varios años más, a una intensa deforestación. Una tendencia en la región de la severa reducción de las áreas boscosas, al margen de sus características y origen, para el establecimiento de sistemas agropecuarios, con frecuencia de manera permanente. En el contexto del cambio de uso forestal hacia la agricultura, nos parece relevante explorar si el grado de pinarización de un sitio forestal repercute en la estructura y funcionamiento de aquellos sistemas agrícolas que después del desmonte suelen sustituir en la región a los bosques y acahuals arbóreos. Consideramos que la producción de biomasa de los cultivos y la biomasa, riqueza de especies y diversidad florística de la comunidad de arvense a ellos asociada la productividad del trabajo y de los terrenos agrícolas derivados de diferentes tipos de bosques en el corto y mediano plazo. Aunque llevaría varias décadas el poder demostrar si

los bosques originales de encino y mesófilos son recuperables a partir de bosques pinarizados por el proceso de sucesión secundaria, algunos de nuestros resultados permitirá establecer si la pinarización conlleva en el corto plazo ciertas limitaciones para el desarrollo agrícola y forestal diversificado. El estudio se plantea con antecedentes originales de diverso tipo (observacionales y experimentales, con comunidades y poblaciones, con sistemas agrícolas y forestales), en gran medida ya publicados, que se han acumulado en los últimos 10 años. Se tiene algunos estudios en curso estrechamente relacionados con esta iniciativa y fecha próxima de iniciará un proyecto con recursos concurrentes por tres años para apoyar aspectos relacionados con esta propuesta en otras regiones de Chiapas también prioritarios para la conservación.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL

INVASIÓN DE PINUS SPP. Y LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN LOS ALTOS DE CHIAPAS, MÉXICO (L329)

**El Colegio de la Frontera Sur
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas**

Marzo de 2000

INFORME FINAL

(marzo de 2000)

INVASIÓN DE PINUS SPP. Y LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN LOS ALTOS DE CHIAPAS, MÉXICO (L329)

Lista de participantes

Nombre	Grado	Papel en el proyecto
1. José David ALVAREZ SOLÍS	Maestro en Ciencias	Investigador Titular de nómina en ECOSUR
2. Angélica CAMACHO CRUZ	Bióloga	Estudiante de maestría en ciencias de ECOSUR becada por CONACYT
3. Luis GALINDO JAIMES	Biólogo	Estudiante de maestría en ciencias de ECOSUR becado por CONACYT
4. Luis GARCIA BARRIOS	Doctor	Investigador Titular de nómina en ECOSUR
5. Luis CASCA SUÁREZ	Ninguno	Técnico contratado por el proyecto L329 diciembre de 1997 a octubre de 1999
6. Tania Sofia GÓMEZ LÓPEZ	Pasante de Bióloga	Técnica contratada por el proyecto L329 enero de 1998 a abril de 1999
7. Mario GONZÁLEZ ESPINOSA	Doctor	investigador Titular de nómina en ECOSUR, Responsable del proyecto L329
8. Fabiola LÓPEZ BARRERA	Bióloga	Asistente de investigación de nómina en ECOSUR
9. Alfonso LUNA GÓMEZ	Ninguno	Técnico de campo y laboratorio de nómina en ECOSUR
10. Miguel MARTINEZ ICÓ	Ninguno	Ticnico de campo y laboratorio de nómina en ECOSUR
11. Guadalupe MÉNDEZ DEWAR	Bióloga	Estudiante de maestría en ciencias de ECOSUR becada por CONACYT
12. Irene ROMERO NÁJERA	Pasante de Bióloga	Técnica contratada por el proyecto L329 noviembre de 1999 a la fecha
13. Neptali RAMIREZ MARCIAL	Maestro en Ciencias	Investigador Asociado de nómina en ECOSUR
14. Sandra Eunice RUIZ RUVALCABA	Pasante de Bióloga	Técnica contratada por el proyecto L329 mayo de 1999 a la fecha

El presente informe consta de las siguientes partes:

Un Resumen de Actividades y Resultados, que se organizan en 7 apartados numerados que es posible definir como partes del proyecto. Se incluyen otros apartados (8-12) con evaluaciones cualitativas de las actividades realizadas y de los logros conseguidos conforme al apartado de Resultados Esperados de la pág. 7 del protocolo original. Finalmente, se agregan listados de documentos publicables que están en revisión editorial o en prensa (apartado 13), constancias o resúmenes de participaciones en reuniones profesionales (apartado 14), e información sobre un taller de capacitación para campesinos (apartado 15).

11. Un conjunto de anexos que dan cuenta en detalle de los más importantes resultados del proyecto y que incluyen:

Anexo 1. Versión preliminar del capítulo de Resultados de la tesis de licenciatura en biología (en proceso) de la Pas. Biól. Irene Romero Nájera, a presentarse en la Facultad de Ciencias de la UNAM durante este año 2000, relativa a estructura de los bosques y condiciones microambientales. El director de la tesis es el Dr. Mario González Espinosa. responsable del proyecto L329. La tesis incluye solamente información ya completamente analizada estadísticamente obtenida durante el primer año del proyecto (1998).

Anexo 2. Gráficos que concentran los resultados del segundo año del proyecto (1999) relativos a condiciones microambientales en los bosques que muestran diferente grado de pinarización.

Anexo 3. Versiones preliminares de los capítulos de Métodos y Resultados de la tesis de licenciatura en biología (en proceso) de la Pas. Biól. Tania Sofía Gómez López, a presentarse en la Facultad de Ciencias de la UNAM durante este año 2000, que versa sobre las relaciones entre la estructura y composición florística de los bosques y el potencial de producción agrícola y de biomasa de arvenses cuando se les deforesta con fines agrícolas. El director de la tesis es el Dr. Luis E. García Barrios. La tesis incluirá solamente la información del primer año del proyecto (1998)

Anexo 4. Gráficos que concentran los resultados del segundo año del proyecto (1999) relativos a la relación entre tipos de bosque, variables edáficas y productividad agrícola y de biomasa de arvenses.

Anexo 5. Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural de Luis Galindo Jaimes, titulada *Estructura y composición de rodales domirados por Pinus spp. en Los Altos de Chiapas, México*, presentada en el El Colegio de la Frontera Sur en junio de 1999.

Anexo 6. Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural de **Angélica Camacho Cruz**, titulada *Germinación y sobrevivencia de especies arbóreas en bosques perturbados en Los Altos de Chiapas, México*, presentada en el El Colegio de la Frontera Sur en mayo de 1999. Este trabajo corresponde a estudios con semillas y plántulas de especies arbóreas efectuados en el laboratorio, vivero y campo durante el **primer año** del proyecto.

Anexo 7. Gráficos y cuadros que concentran los resultados del **segundo año** del proyecto relativos a la sobrevivencia de siete especies arbóreas en bosques con diferente grado de invasión por pinos.

Anexo 8. Gráficos que concentran los resultados del primer año de estudio (obtenidos durante el **segundo año** del proyecto) relativos a la respuesta en crecimiento de relación a umbrales luz presentes en bosques maduros y sucesionalmente intermedios.

Anexo 9. Cuadro que resume información sobre el estado de conservación y el potencial de restauración de las especies arbóreas de la región estudiada.

Anexo 10. Conjunto de impresiones en color que muestran (1) aspectos generales de las parcelas de 50 X 50 m en las que se efectuó el estudio, (2) algunas de las especies estudiadas con mayor detalle en laboratorio, vivero y campo, (3) las condiciones en que se ha establecido el vivero experimental en los terrenos del ECOSUR en San Cristóbal de Las Casas, (4) aspecto de las parcelas de 10 X 10 m utilizadas para evaluar producción de biomasa en cultivos, y (5) aspectos de la realización de un taller de capacitación a campesinos y promotores rurales.

Anexo 11. Copia del manuscrito: Camacho-Cruz, A., M. González-Espinosa, J.H.D. Wolf y B.H.J. de Jong. 1999. Germination and survivorship of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico. Enviado para su revisión en *Canadian Journal of Botany*.

Anexo 12. Copia del manuscrito: Galindo-Jaimes, L., M. González-Espinosa, P.F. Quintana-Ascencio y L.E. García-barrios. 1999. Structure and composition of disturbed stands with varying dominance by *Pinus* spp. in the highlands of Chiapas, Mexico. Enviado para su revisión en *Canadian Journal of Forest Research*.

Anexo 13. Copia del manuscrito: González-Espinosa, M. and N. Ramírez-Marcial. 1999. El disturbio antrópico y la conservación y restauración de bosques en Los Altos de Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, en prensa.

Anexo 14. Constancia de participaciones en reuniones profesionales en las que se han presentado resultados del proyecto.

Anexo 15. Un listado con metadatos relativo a los archivos que se entregan en medios electrónicos.

RESUMEN DE ACTIVIDADES

1. SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

Entre enero y marzo de 1998 se realizaron extensos recorridos en los municipios de Huistán y San Cristóbal de Las Casas, en la parte central de Los Altos de Chiapas, para identificar áreas y propietarios de lo que serían las parcelas del estudio. Se pudieron rentar seis predios de 50 X 50 m (en lugar de los cuatro mencionados en el protocolo) en la localidad de Rancho Merced Bazom, municipio de Huistán. Estas seis parcelas son aquellas en las que se evaluaron las condiciones microambientales, y otras, durante los dos años de estudio y corresponden a: dos parcelas a una condición sucesional de **bosque maduro de encino**, dos parcelas de **bosque mixto de pino-encino sucesionalmente intermedio y perturbado** debido a extracción forestal para leña y usos maderables de autoconsumo, y dos parcelas de **bosque con dominancia de pinos (bosque "pinarizado")** debido a exceso de extracción forestal de las especies de encino. De esta manera, se contó al menos con dos repeticiones para cada una de las condiciones de bosque estudiadas. Al encontrarse en una misma región, las parcelas fueron similares en sus atributos geológicos, edáficos y de clima general, y podrían considerarse como derivadas de un mismo tipo de vegetación original.

En la misma localidad se pudo pactar la renta y uso exclusivo por dos años de seis parcelas de 10 X 10 m; otras ocho parcelas de estas mismas dimensiones fueron pactadas en sin condiciones en el ejido Mitzitón, municipio de San Cristóbal de Las Casas. En conjunto, estas 14 parcelas fueron las que se utilizaron para el estudio de las relaciones entre la estructura y composición del bosque, modificaciones de las variables edáficas y la productividad agrícola en Milpases establecidas después de la roza, tumba y quema. Estas 14 parcelas abarcan un amplio gradiente de condiciones de invasión por especies de pino, como se requería de acuerdo al protocolo original.

En las 20 parcelas se estableció un cerco 1.30 m de altura con tres hilos de alambre de púas y malla de gallinero desde el suelo hasta los 80 cm de altura. Otros detalles de esta actividad fueron proporcionados en el primer informe parcial. La información básica sobre la localización geográfica de las parcelas comprometida con la CONABIO se encuentra en los archivos electrónicos descritos en el Anexo 15.

2. ESTRUCTURA Y CONDICIONES MICROAMBIENTALES EN BOSQUES CON DIFERENTE GRADO DE INVASIÓN POR PINOS EN LOS ALTOS DE CHIAPAS

Para la evaluación continua de las condiciones microclimáticas en los diferentes tipos de hábitats boscosos se complementó el esquema de muestreo con dos parcelas de áreas de pastizal permanente, de tal manera que sirvieran como referencia de las condiciones prevalentes en áreas deforestadas en la misma región. La temperatura y humedad relativa del aire a 1.8 m de altura fueron registrados de manera continua con dispositivos HOBOTemp y HOBORH (*data loggers*), de los cuales se capturaba semanalmente al disco duro de una computadora portátil la información registrada a intervalos de 6 min. Además, se obtuvieron

lecturas semanales de la temperaturas máximas y mínimas con termómetros de máxima-mínima Taylor®, colocados a tres diferentes alturas: a 1.8 m de altura (junto a los hobos), al nivel del piso forestal y enterrados a 5 cm en el suelo mineral. Esto se hizo con el fin de caracterizar la marcha anual de las temperaturas extremas en las condiciones experimentadas por los árboles juveniles, las semillas recién depositadas en el piso forestal, las plántulas recién emergidas y las raíces de plántulas y juveniles, respectivamente. Se encontró que los hábitats arbolados se mantienen más húmedos y con temperaturas menos variables que los hábitats abiertos de pastizal. En cuanto a los diferentes tipos de bosque, se encontró que los rodales "pinarizados" presentaron condiciones microclimáticas significativamente más variables que los bosques mixtos perturbados y los bosques maduros, los cuales en general no fueron muy diferentes entre sí (véanse Cuadros 1, 2, 3 y 8, y Figs. 1, 2, 5 y 6 del Anexo 1). Los cambios de temperaturas fueron significativamente menores dentro del suelo mineral respecto de aquellos registrados al nivel del piso forestal y a 1.8 m de altura; los valores registrados en estas dos últimas posiciones no fueron diferentes entre sí (véanse Cuadros 4-7 y Fig. 3 del Anexo 1). Se encontró que la relación de los valores extremos de temperatura registrados con los dispositivos para registros continuos y los termómetros de máxima y mínima fue más consistente para el caso de las temperaturas mínimas y en el sentido del gradiente sucesional desde el pastizal, los pinares, los bosques mixtos y los bosques maduros (Fig. 4 del Anexo 1). El año de 1998 presentó el fenómeno de El Niño, con una temporada de secas extraordinariamente larga y abundantes lluvias en el verano y otoño. Los datos colectados durante el segundo año de estudio (1999) muestran tendencias similares a las encontradas entre los diferentes hábitats durante 1998, aunque todavía requieren de su respectivo análisis minucioso y exhaustivo; se muestran concentrados de manera preliminar en el Anexo 2.

Cada mes se obtuvieron muestras del suelo mineral (seis muestras en cada parcela de 50 X 50 m) para evaluar por el método gravimétrico las variaciones en el contenido de humedad del suelo. Los resultados del primer año se muestran en los Cuadros 9 y 10 y la Fig. 7 del Anexo 1. La Fig. 7 muestra que los bosques maduros y los bosques mixtos perturbados tuvieron patrones de variación estacional de la humedad en el suelo similares aunque con valores más altos en ciertas épocas del año (entre 5-12% mayores, y más frecuentemente ca. 10%) que los hábitats abiertos de pastizal y los bosques "pinarizados". Se encontraron resultados similares durante el segundo año del proyecto (véase Anexo 2).

En cada parcela de los diferentes tipos de bosque se evaluó la hojarasca acumulada (volumen/unidad de área, peso/unidad de área y densidad de la hojarasca) con base en 15 muestras aleatorias. Se dividieron las muestras en sus tres capas componentes, capa de fermentación, capa de descomposición y capa superficial. Véanse los Cuadros 10 y 13 del Anexo 1. La densidad del mantillo en todas las capas fue significativamente mayor en los rodales con dominancia de pixios; no se encontraron diferencias entre los bosques maduros y los bosques mixtos perturbados (Cuadro 13 del Anexo 1).

Se obtuvieron tres muestras compuestas de 1 kg de suelo mineral en cada parcela (cada una obtenida de 12 muestras de los primeros 12-15 cm de suelo mineral, colectadas en un área de 5 X 5 m) para la realización de los análisis de laboratorio con los métodos indicados en el protocolo original: densidad aparente, textura (porcentaje de arena, arcilla y limo), pH, materia

orgánica, nitrógeno, fósforo extractable, acidez intercambiable, capacidad de intercambio catiónico y Ca + Mg. Pese a varios intentos por evaluar la tasa de mineralización del nitrógeno con el método propuesto en el protocolo original (incubación aeróbica *in situ*), no se logró estandarizar la técnica como para obtener datos confiables y por tanto, se desechó su evaluación, sin que esto pudiera afectar de manera sustancial los resultados del proyecto. Por otra parte, durante la realización del proyecto se consideró más adecuada para sus objetivos la evaluación de la biomasa microbiana en lugar de la respiración microbiana por el método de Stotzky, incluido originalmente. Los resultados de los análisis de suelos y sus análisis estadísticos se muestran en los cuadros 1 y 12 del Anexo 1. La densidad aparente del suelo mineral de los rodales "pinarizados" fue significativamente mayor que la de los bosques maduros y los bosques mixtos sucesionalmente intermedios. Los valores del pH, contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo y la capacidad de intercambio catiónico fueron menores en los bosques pinarizados. La biomasa microbiana fue mayor en los bosques maduros.

La cobertura del dosel se evaluó en 12 puntos permanentes de cada parcela con el uso de un densiómetro convexo Forestry Suppliers™. Estas evaluaciones en los mismos puntos fueron realizadas cada tres meses, en cada cambio de estación. El análisis estadístico (Cuadro 14 del Anexo 1) no sustentó las diferencias aparentes en la Fig. 8, indicando que no hubo diferencias significativas en la variación de la cobertura del dosel entre hábitats arbolados ($P = 0.42$), estaciones del año (0.22) o su interacción (0.82). Aún está pendiente una prueba más simple que agrupe los resultados por hábitat sin distinguir entre estaciones del año. Posiblemente se demuestre así que la cobertura del bosque con dominancia de pinos (bosque "pinarizado") es menor que en los bosques maduro y mixto de pino-encino perturbado. Aunque no se ha completado el análisis de la información para el segundo año, los resultados preliminares indican tendencias similares a las observadas durante el primer año.

Se utilizaron taladros Pressler para obtener "virutas" con las que fue posible estimar la edad de los pinos en los rodales estudiados mediante el conteo en el laboratorio de los anillos de crecimiento anual. Se encontró una relación lineal entre el número de anillos de crecimiento (que supuestamente refleja la edad de los árboles debido a la marcada estacionalidad de la temporada de crecimiento en la región) y el logaritmo natural del DAP ($Y = 0.0206X + 2.8296$, $R^2 = 0.5522$, $N = 160$ árboles; ver Fig. 9 del Anexo 1).

El Cuadro 15 del Anexo 1 muestra la composición florística, área basal y densidad de las especies de árboles encontrados en cada parcela de 50 X 50 m. Las especies arbóreas fueron evaluadas ya sea como adultos ($DAP \geq 10$ cm y altura > 1.30 m, dentro de un área circular de 1000 m² en cada parcela), juveniles ($5 \text{ cm} \leq DAP < 10$ cm, altura > 1.30 m, dentro de un área circular de 500 m²) o plántulas ($DAP < 5$ cm y altura de 50-130 cm, dentro de un área circular de 100 m²).

Comentarios generales: La gran mayoría de los datos del segundo año del estudio están en proceso de concentración y análisis (véase Anexo 2) y, en lo general, confirman las tendencias que ya han sido plenamente analizadas con los datos del primer año de estudio. En conjunto, los datos de los dos años del estudio proveen una detallada documentación de los cambios en el hábitat (microclima y condiciones edáficas) que se pueden asociar con la

invasión de pinos en los bosques de la región. Estos resultados están ya demostrando su utilidad al apoyar otros estudios de nuestro grupo relativos al reclutamiento y establecimiento de plántulas de especies arbóreas, y otras, así como el crecimiento y reproducción de juveniles y adultos. La revisión de literatura disponible a nivel mundial que hemos realizado señala al momento que este conjunto de resultados aparentemente representa el primer intento sistemático de evaluación de estas variables a lo largo de un gradiente de modificación de la estructura composición florística de los bosques por la acción de la sociedad durante su desarrollo y expansión territorial. Confiamos en que los resultados habrán de cobrar mayor relevancia en la medida en que aumente y se reconozca el proceso de invasión de pinos y deforestación en las áreas arboladas remanentes en la región y se le relacione con otras cuestiones de relevancia global como la deforestación y el cambio climático. Se tiene la expectativa de elaborar al menos un manuscrito publicable para enviarse a alguna revista especializada de circulación internacional basada en la tesis de licenciatura de Irene Romero Nájera y los datos del segundo año de estudio.

3. RELACIONES ENTRE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LOS BOSQUES Y SU POTENCIAL DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA CUANDO SON DEFORESTADOS CON FINES DE DESARROLLO AGRICOLA

El Anexo 3 corresponde a las versiones preliminares de los capítulos de Metodología y Resultados de la tesis de licenciatura que elabora la Pas. Biól. Tania Sofía Gómez López bajo la dirección del Dr. Luis E. García Barrios. En dicho documento se detallan los métodos y procedimientos seguidos para: (1) la evaluación del grado de pinarización de las 14 parcelas elegidas para esta parte del estudio, (2) la evaluación del potencial productivo de las mismas parcelas durante 1998, (3) los análisis estadísticos efectuados a la fecha sobre esa base de datos y (4) la evaluación en condiciones controladas de jardín experimental de la producción de biomasa por arvenses. Esta última parte del trabajo no fue contemplada en el protocolo original y se consideró conveniente realizarla con el fin de tener una evaluación paralela a la conseguida en el campo, la cual de antemano se supuso que sería afectada seriamente por un conjunto considerable de variables no controladas. El Anexo 4 muestra un resumen preliminar del mismo tipo de información, en este caso correspondiente al segundo ciclo agrícola que fue posible estudiar en 1999, no previsto en el protocolo original.

Las Figs. 1-3 y el Cuadro 1 del Anexo 3 indican que las 14 parcelas elegidas corresponden a un amplio gradiente de invasión por pinos y que en la medida en que las especies de *Pinus* son más dominantes (en términos de su área basal), se puede esperar menor dominancia de las especies de encinos y otras latifoliadas. Estas tendencias se han confirmado en varios trabajos que hemos realizado en Los Altos de Chiapas, y para el caso del proyecto L329, en la tesis de maestría en ciencias de L. Galindo Jaimes, quien evaluó un mayor número de rodales forestales en la misma región (véase la Fig. 2, pág. 10 del Anexo 5).

Las evaluaciones de la biomasa producida se efectuaron en ambos años, 1998 y 1999, en dos períodos a lo largo de la temporada de desarrollo de los cultivos anuales de frijol *ibes* (*Phaseolus coccineus* L. ssp. *darwinianus* Hdez. X. y Miranda C.) y maíz: en junio, al

momento de realizarse una escarda de acuerdo a la práctica tradicional en la región, y en diciembre, al momento de la cosecha y final del ciclo agrícola anual. Los análisis preliminares de los resultados del primer año indicaron que el frijol *ibes* fue la única especie que mostró una disminución estadísticamente significativa entre su producción de biomasa ($P < 0.05$ para frijol total y $P < 0.01$ para follaje solamente) y el grado de pinarización (evaluado como el logaritmo natural del área basal de *Pinus* spp. previo a la roza, tumba y quema en las parcelas que recibieron este último tratamiento (Cuadro 3 y Fig. 5 del Anexo 3). Se encontró que la producción de biomasa de maíz fue significativamente mayor en las parcelas quemadas en comparación con las no quemadas (ANOVA, $F = 4.809$, $P = 0.039$).

Bajo las condiciones más controladas de la evaluación en el jardín experimental, solamente se encontró una relación marginalmente no significativa ($0.05 < P < 0.10$) entre la biomasa de las especies de la familia Compositae al momento de la cosecha con el área basal de *Pinus* spp. (Cuadro 4 y Fig. 6 del Anexo 3). El número de especies de compuestas disminuyó y el de gramíneas aumentó en las parcelas sin quema en función del área basal de pinos ($P < 0.01$ en ambos casos; Cuadro 4 y Fig. 7 del Anexo 3).

A la fecha se tienen concentrados y graficados los resultados de producción de biomasa de maíz y frijol del segundo año de estudio, aún pendientes de su respectivo análisis estadístico (véase Fig. 1 Anexo 4). La producción de biomasa de las Compositae, Gramineae y arvenses de otras familias botánicas se ha separado para las cosechas de julio y diciembre de 1999, pero no se ha concluido con el análisis estadístico respectivo (véase Fig. 2a-d del Anexo 4). Una de las razones por las que se han interrumpido estos análisis es que se han tenido que explorar criterios alternativos para la ordenación de los rodales, además del único usado hasta ahora (el logaritmo natural del área basal de *Pinus* spp.), que ha demostrado tener una pobre capacidad de resolución para el análisis de la producción de biomasa. Por otra parte, al cabo de dos años de estudio se tienen elementos de juicio bien definidos para considerar inadecuada, al menos en el mismo análisis, la inclusión de los datos disponibles de todas las parcelas. Se ha considerado que las parcelas de 10 X 10 m fueron posiblemente demasiado pequeñas como para evitar que la sombra del bosque circundante no afectara la productividad de la milpa establecida (en especial en el caso de los rodales de bosques más maduros, aquellos con menor área basal de *Pinus* spp.). Con todo, un resultado que se aprecia es que la práctica de quema tuvo un efecto favorable sobre la biomasa total de arvenses, y en especial la de gramíneas, producida en algunas parcelas al final de la temporada de crecimiento (p. ej. parcelas 5,4, 7 y 6; véase Anexo 4).

Antes de establecer las siembras del primer año, en cada una de las 14 parcelas de 10 X 10 m se obtuvieron dos muestras compuestas de suelos hasta 30 cm de profundidad, una en la que se había efectuado la práctica tradicional de quema y otra sin quema del material acumulado con la deforestación (véase Metodología en el Anexo 3). Se practicaron análisis de las siguientes variables edáficas: porcentaje de arena, limo y arcilla (para determinar la clase textural en 1998), densidad aparente, pH, acidez intercambiable, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico total y fósforo extractable. En las parcelas sin quema no se encontró un cambio significativo de las variables edáficas en función del área basal de pinos. Sin embargo, en las parcelas que fueron quemadas algunas de las variables sí mostraron

tendencias: fósforo extractable, con menores valores cuando el área basal de pinos fue intermedia ($R^2 = 0.498$, $r = 0.705$, $P < 0.01$, $N = 13$), capacidad de intercambio catiónico, con mayores valores cuando el área basal de pinos fue intermedia ($R^2 = 0.353$, $r = 0.593$, $P < 0.01$, $N = 13$) y densidad aparente, con menores valores cuando el área basal de pinos fue intermedia ($R^2 = 0.301$, $r = 0.555$, $P < 0.05$, $N = 13$). Se encontró, además, una relación positiva estadísticamente significativa del fósforo ($P < 0.05$) con el área basal total del rodal bajo quema (pinos, encinos y latifoliadas en conjunto). Véase Anexo 3.

Durante la primavera de 1999, antes de las siembras, se repitió el muestreo de los suelos en las parcelas para evaluar posibles cambios en las propiedades físicas y químicas de éstos al cabo de un año desde que se había realizado el desmonte, una vez que se había concluido un ciclo de cultivo agrícola. En las parcelas sin queina no hubo un cambio significativo de las variables edáficas a lo largo del gradiente de área basal de pinos. Las Fig. 3a-c del Anexo 4 muestran un análisis preliminar de tendencias de las variables edáficas evaluadas en 1999 en función del logaritmo natural del área basal de *Pinus* spp. Solamente se detectó significancia estadística ($P < 0.05$) para una relación parabólica entre la capacidad de intercambio catiónico (con queina y sin queina), densidad aparente (sin quema) y nitrógeno (sin quema). La materia orgánica niuestra valores marginalmente no significativos en función del área basal de pinos ($0.05 < P < 0.10$).

Comentarios generales: Es importante señalar que el tratamiento de queina se efectuó solamente una vez en la mitad de cada parcela, elegida esta mitad al azar (véase Metodología en el Anexo 3). Esto se realizó después del desmonte y antes de las siembras (marzo y abril de 1998), cuando el material se había secado lo suficiente. La aplicación de la quema estuvo a cargo de los propietarios de las parcelas, quienes en general se esmeraron en hacerlo con el mayor cuidado y supervisión posible. Sin embargo, ocurrieron dos casos de negligencia en los que el fuego no pudo ser debidamente controlado en el área circundante, ocasionándose la pérdida de las respectivas parcelas sin quema. Por otra parte, en el caso de una de las parcelas que se retrasó mucho en estar lista para la queina, se consideró conveniente no aplicarle dicho tratamiento debido a que en 1998 la sequía tan severa prevalente a fines de abril ponía también en alto riesgo el adecuado control del fuego. Estos imprevistos provocan un desbalance del diseño experimental que puede, sin embargo, ser resuelto sin excesivas complicaciones debido al número de parcelas incluidas en el estudio.

En el protocolo original se tenía previsto realizar dos cosechas de biomasa vegetativa de maíz e *ibes* y de las arvenses, y solamente una cosecha de grano de maíz e *ibes*. Sin embargo, fue posible completar la información para dos ciclos agrícolas completos: mayo a diciembre de cada año. Los datos relativos a riqueza de especies y valores del índice diversidad de Shannon-Wiener no son considerados suficientes para intentar el cálculo de su error de estimación con base en la técnicas *bootstrap* o *jackknife*, propuestas en el protocolo original.

4. PROPAGACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS NATIVAS COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA RESTAURACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS EN LOS ALTOS DE CHIAPAS

Se realizaron ensayos de germinación sobre semillas colectadas desde noviembre de 1997 en muchos individuos de especies arbóreas de muchos rodales ubicados en los siguientes municipios de Los Altos de Chiapas en los cuales se contó con permiso de acceso y ocasionalmente alguna colaboración: Amatenango del Valle, Comitán, Chamula, Chenalhó, Huistán, Oxchuc, San Cristóbal de Las Casas, Tenejapa, Teopisca, Villa de Las Rosas y Zinacantán. El cuadro que sigue resume información sobre tolerancia al almacenamiento en frío (5 °C) y la efectividad de varios tratamientos aplicados a las semillas para inactivar posibles mecanismos de latencia. En muchos casos no fue posible realizar los ensayos de manera estadísticamente balanceada debido al desigual número de semillas que en un momento dado fue posible colectar a lo largo de más de dos años. Sin embargo, se ha considerado conveniente iniciar con este estudio las observaciones sistemáticas a partir de los materiales disponibles y con la expectativa de colectar más semillas materiales en las próximas temporadas semilleras (en general, entre octubre y abril). El cuadro que sigue resume esta información ; ND indica que no se dispuso todavía de resultados de las pruebas de germinación (en proceso) hasta octubre de 1999.

Especie	Tratamiento	Repeticiones	Total de semillas probadas	Almacenamiento a 5°C (días)	Germinación (% , media ± 1 e.e.)
<i>Alnus acuminata</i> spp. <i>arguta</i>	<i>Ninguno</i>	3	300	462	62 ± 1.45
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Testigo</i>	3	300	5	ND
	<i>Enjuague en agua caliente</i>	3	300	5	ND
<i>Buddleia cordata</i>	<i>Almacenamiento</i>	3	300	338	ND
	<i>Colectadas recientemente</i>	3	300	56	ND
<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	<i>Testigo</i>	3	300	310	ND
	<i>Enjuague en agua caliente</i>	3	300	310	ND
	<i>Colectadas recientemente</i>	2	120	1	ND
<i>Clethra macrophylla</i>	<i>Ninguno</i>	2	300		ND
<i>Cornus disciflora</i>	<i>Ninguno</i>			500	ND*
<i>Cornus excelsa</i>	<i>Ninguno</i>	3	300	413	ND*
<i>Drimys grariadensis</i> var. <i>mexicana</i>	<i>Testigo</i>	3	300	417	ND*
	<i>Enjuague en agua caliente</i>	3	300	417	ND
	<i>Colectadas recientemente</i>	2	274	1	ND
<i>Eupatorium nubigenum</i>	<i>Ninguno</i>				ND

Especie	Tratamiento	Repeticiones	Total de semillas probadas	Almacenamiento a 5°C (días)	Germinación (% , media • 1 e.e.)
<i>Licaria campechiana</i>	Enjuague en agua fría				ND
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Colectadas recientemente	3	300	39	98.5 ± 0.71*
	Almacenamiento	3	300	365	71.33 ± 5.77
<i>Magnolia sharpii</i>	Enjuague en agua caliente	1	25	3	ND
	Directamente sobre el suelo	1	25	3	ND
<i>Meliosma dentata</i>	Enjuague en agua fría (10 días)	2	100	90	ND
	Enjuague en agua caliente	2	100	90	ND
<i>Microtropis contracta</i>	Testigo	2	100	90	ND
<i>Myrica cerifera</i>	Testigo	3	300	56	ND
	Enjuague en agua caliente	3	300	56	ND
<i>Olmediella betschleriana</i>	Testigo	3	300	410	ND
<i>Oreopanax xalapensis</i>	Enjuague en agua caliente	3	300	410	ND
<i>Photinia microcarpa</i>	Ninguno				41.7 ± 1.87
<i>Persea americana</i>	Ninguno			50	100.0 ± 0.0*
<i>Pinnus ayacahuite</i>	Ninguno				ND
<i>Pinus tecunitmanii</i>	Ninguno				ND
<i>Prunus rhamnoides</i>	Enjuague en agua fría			150	ND
<i>Prunus serotina</i>	Testigo	3	300	146	41 ± 4
	Enjuague en agua caliente	3	300	146	32.7 ± 15.82
<i>Quercus crispipilis</i>	Almacenamiento	3	100	38	33.33 ± 16.66
	Almacenamiento			402	51 ± 6.08
<i>Quercus laurina</i>	Almacenamiento	3	100	39	51.33 ± 1.15*
	Almacenamiento			91	25.3 ± 2.50
<i>Quercus rugosa</i>	Almacenamiento	3	100	39	86.33 ± 4.04
<i>Rapanea juergensenii</i>	Ninguno	3	300	402	1 ± 1.00
<i>Rhamnus sharpii</i>	Ninguno	0	100	462	ND
<i>Saurauia latipetala</i>	Ninguno				ND
<i>Styraw argenteus</i>	Ninguno	2	200		ND
	Enjuague en agua caliente	2	200		ND
<i>Symplocos linzoncillo</i>	Ninguno	2	600	87	ND

Espece	Tratamiento	Repeticiones	Total de semillas probadas	Almacenamiento a 5°C (días)	Germinación (% , media ± 1 e.e.)
<i>Ternstroemia lineata ssp. chalicophylla</i>	Enjuague en agua fría (15 días)	4	00	4	14 ± 12.44*
	Enjuague en agua caliente	4	100	4	27 ± 6.00
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	Ninguno	2	100	10	ND

* Véanse también resultados de germinación que se muestran en el Anexo 6.

Aunque se han podido propagar en el vivero y se dispone de cierta información para más de 60 especies de la región de estudio (Los Altos de Chiapas), y otras que comparten algunas condiciones ambientales (p. ej. las Montañas del Norte), solamente para algunas ha sido posible a la fecha contar con un número suficiente de individuos como para poder evaluar su crecimiento bajo tales condiciones. Durante el invierno de 1999-2000 se continúa con un amplio esfuerzo de recolección de semillas y producción de plántulas para evaluar sus características de desarrollo y tolerancia a la sombra bajo condiciones controladas, e introducirlas este año 2000 en diversas parcelas en que se realizarán ensayos de restauración ecológica. El cuadro que sigue concentra estos resultados; sin embargo, la información disponible es aún demasiado limitada y no podrá completarse hasta en unos meses más. A partir de los resultados disponibles ya se destacan claramente *Alnus*, *Liquidambar*, *Buddleia*, y *Olmediella* por sus altas tasas mensuales de crecimiento. En el caso de las dos primeras, esta alta capacidad de desarrollo, aunado a la amplia posibilidad de conseguir propágulos para producir plántulas, las señala como elementos idóneos para programas de restauración ecológica. Los encinos (*Quercus* spp.) no muestran tasas de desarrollo altas, pero la posibilidad muy amplia de conseguir abundantes bellotas en los frecuentes años "semilleros" y la rusticidad con la que pueden ser tratadas éstas y las plántulas, adicionalmente a los servicios que prestan a otras especies en los bosques en que ya forman un dosel, las convierte también en un blanco idóneo para programas de restauración forestal.

Espece	N	Tiempo (meses)	Crecimiento en el período (cm)	Crecimiento promedio (cm)
<i>Alnus acuminata ssp arguta</i>	100	5	42.3 ± 2.4	8.46
<i>Arbutus xalapensis</i>	125	3	1.9 ± 0.1	0.63
<i>Buddleia americana</i>	70	5	25.5 ± 1.3	5.10
<i>Cleyera theacoides</i>	30	5	7.0 ± 0.4	1.40
<i>Clethra macrophylla</i>	200	2	2.2 ± 0.1	1.10

Especie	N	Tiempo (meses)	Crecimiento en el periodo (cm)	Crecimiento promedio/mes (cm)
<i>Cornus disciflora</i>	170	2	1.1 ± 0.1	0.55
<i>Liquidanzbar styracijlua</i>	50	5	31.4 ± 1.8	6.28
<i>Magnolia sharpii</i>	80	4	3.2 ± 0.3	0.80
<i>Olmediella betschleriana</i>	60	6	29.4 ± 1.3	4.90
<i>Prunus serotina</i>	125	8	14.2 ± 0.6	1.78
<i>Qitercus crispipilis</i>	130	4	4.1 ± 0.3	0.51
<i>Quercus laurinn</i>	90	8	9.8 ± 0.7	1.23
<i>Qitercus rugosa</i>	80	5	7.3 ± 0.8	1.46
<i>Styrm argenteits</i>	50	8	20.6 ± 1.1	2.58
<i>Ternstroenzia lineatn ssp. chalicophylla</i>	75	8	18.4 ± 0.8	2.3

Comentarios generales: Los resultados conseguidos hasta octubre de 1999 son claramente preliminares para la mayoría de las especies. Sin embargo, son útiles en cuanto a que permiten identificar algunas áreas de trabajo promisorias en el futuro inmediato, entre las que se incluyen: (1) realizar experimentación con sustancias estimulantes del crecimiento de raíces para evaluar la propagación vegetativa de las especies cuya producción de semillas se ha visto, a través de varios años, que es muy escasa (p. ej. *Drimys granadensis*, *Mugnolia sharpii*); (2) elaborar trípticos, manuales simples y breves, avisos radiofónicos locales en lenguas indígenas, etc., en los que se promueva el uso más amplio de las especies nativas de árboles y se instruya acerca de los servicios ecosistémicos y técnicas probadas para su propagación; (3) ampliar el establecimiento de plantaciones y viveros piloto con la participación directa de las comunidades indígenas interesadas y (4) colaborar con las entidades federales, estatales y municipales en el establecimiento de viveros de especies nativas y el desarrollo de planes comunitarios de restauración forestal.

5. GERMINACIÓN Y ESTABLECIMIENTO TEMPRANO DE ESPECIES ARBÓREAS EN BOSQUES PERTURBADOS DE LOS ALTOS DE CHIAPAS

Durante el primer año del estudio, ante la ausencia de plántulas suficientes para iniciar los estudios de trasplante en condiciones de campo, se dedicó un esfuerzo importante al estudio de la germinación en laboratorio y el establecimiento temprano en vivero de algunas especies arbóreas nativas, en función de condiciones del piso forestal típicas de rodales con diferente grado de invasión por pinos. Las especies estudiadas fueron: *Cornus disciflora*, *C. excelsa*, *Drimys granadensis* var. *mexicana*, *Liquidambar styraciflua*, *Persea americana*, *Quercus laurina* y *Ternstroemia lineata* ssp. *chalicophylla*. Estas siete especies se consideran características de rodales forestales maduros o sucesionalmente intermedios. Además, se iniciaron observaciones sistemáticas en las seis parcelas de 50 X 50 m para evaluar el

reclutamiento natural de especies arbóreas nativas propias de bosques maduros y sucesionalmente intermedios en función de las condiciones del piso forestal en rodales con grado variable de invasión por especies de pinos: bosque maduro, bosque mixto o sucesionalmente intermedio y bosque pinarizado.

La primera parte del estudio se efectuó bajo condiciones de vivero y de campo y los detalles de los métodos y procedimientos seguidos aparecen en el Anexo 6. La germinación de *P. americana* fue del 100% bajo todas las condiciones de piso forestal establecidas en el vivero. Las demás especies (con excepción de *T. lineata* ssp. *chalicophylla*) mostraron una tendencia hacia una mayor germinación cuando sus semillas fueron sembradas sobre un piso de hojarasca de encino. Al cabo de ocho meses de estudio en el vivero, sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes tipos de bosque para *C. disciflora* (germinación) y *D. granadensis* (sobrevivencia).

En junio de 1998 se llevaron semillas de *Cornus disciflora*, *C. excelsa*, *Drimys granadensis* var. mexicana, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus laurina* y *Ternstroemia lineata* ssp. *chalicophylla* al piso forestal de los tres tipos de hábitat con grado variable de invasión por especies de pinos: bosque maduro, bosque mixto o sucesionalmente intermedio y bosque pinarizado. Se utilizaron 240 semillas de cada especie en cada una de las seis parcelas de 50 X 50 m (excepto *Q. laurina*, de la cual sólo se dispuso de 180 semillas por parcela). El cuadro que aparece en el Anexo 7 muestra un resumen preliminar de los resultados al cabo de 17 meses. Todas las especies pudieron germinar sobre la hojarasca en todos los hábitats, siendo más alta la germinación de *Liquidambar* y *Quercus* en todos los hábitats; *C. excelsa* mostró la menor germinación en los tres hábitats. Después de año y medio desde la siembra solamente especies típicas de hábitats umbrosos como *C. disciflora* y *Drimys* sobrevivieron en más del 20% en el bosque maduro de encino; especies de hábitats abiertos como *Liquidambar* y *C. excelsa* mostraron los menores porcentajes de sobrevivencia (< 5%). Todas las especies sobrevivieron mejor bajo las condiciones del bosque mixto perturbado, en especial *C. disciflora*, *Quercus* y *Ternstroemia*, mientras que *Liquidambar* y *Drimys* tuvieron alta mortalidad. Finalmente, en el bosque pinarizado *Quercus* mostró una muy alta sobrevivencia (↔ 53%), mientras que solamente *Liquidambar* y *Drimys* mostraron mortalidad superior al 80% (véase cuadro del Anexo 7).

Desde marzo de 1998 se ha evaluado el reclutamiento natural de especies arbóreas en los tres tipos de bosque. Se han inventariado las plántulas nacidas y sobrevivientes dentro de 15 parcelas circulares de 1 m' en cada una de las seis parcelas de 50 X 50 m (véanse detalles de los métodos en el Anexo 6). Hasta noviembre de 1999 se pudieron registrar un total de 20 especies de árboles: 13 en las parcelas del bosque maduro de encino, 12 en las del bosque mixto de pino-encino y 8 en las del bosque pinarizado. La figura del Anexo 7, aunque de carácter preliminar, muestra la clara diferencia entre hábitats en cuanto al reclutamiento de las especies agregadas en gremios: especies de encinos (*Quercus* spp.), especies de pinos (*Pinus* spp.) y otras latifoliadas diferentes de los encinos. Los encinos tuvieron mayor reclutamiento en el piso de rodales con un dosel con dominancia de encinos, mientras que las latifoliadas y los pinos mostraron mayor reclutamiento en el piso forestal del bosque mixto de pino-encino.

Los tres grupos de especies mostraron un reclutamiento muy pobre en las parcelas de bosques pinarizados.

Comentarios generales: Los resultados obtenidos indican que un piso con hojarasca de encinos puede favorecer la germinación y establecimiento temprano de las plántulas de las especies estudiadas bajo condiciones de vivero y campo. Algo muy importante que sugieren los resultados de siembra directa y sobrevivencia es que esta práctica de propagación puede tener un cierto potencial ante la alternativa mucho más costosa de producir plántulas en vivero y llevarlas al campo para trasplantarlas, sin que necesariamente se asegure con ello una mayor sobrevivencia. Se puede proponer también que *Quercus laurina* (como otras especies de encinos ya estudiadas en algunos de sus aspectos de restauración) tiene un alto potencial para usarse en programas de restauración de bosques pinarizados. A partir de su establecimiento cabe esperar mejores condiciones en piso forestal y el microclima (véase Anexos 1 y 2) para la ulterior reintroducción de muchas otras especies como *Drimys*, *C. disciflora* y muchas especies otras que se favorecen de un dosel dominado por encinos. A partir de los resultados de la evaluación del reclutamiento natural en los distintos tipos de bosque se puede ver que los pinos tienen su mayor reclutamiento en los bosques mixtos sucesionalmente intermedios, y que en tal sentido pueden representar un riesgo de incremento y pinarización del rodal si al mismo tiempo se continúa en los mismos sitios con la extracción selectiva de los encinos y otras latifoliadas. Es claro que en los rodales con dominancia de pinos las posibilidades de reclutamiento de todas las especies son muy pobres.

7. UMBRALES DE DISTURBIO Y MICROAMBIENTES LUMÍNICOS EN BOSQUES DE LOS ALTOS DE CHIAPAS

Esta parte del proyecto se inició en enero de 1999 y corresponde parcialmente a lo que Guadalupe Méndez Dewar presentará como tesis de maestría en ciencias en junio de 2000 en el programa de posgrado de ECOSUR. El experimento de campo establecido en esta tesis utiliza más de 630 plántulas de cinco especies, muchas de las plántulas producidas y evaluadas en su desarrollo durante 1998 por Angélica Camacho Cruz para su respectiva tesis de grado presentada en mayo de 1999 (véase Anexo 6). Los objetivos de este estudio son: (1) determinar los posibles efectos de claros de diferentes tamaños presentes en rodales de bosques maduros y sucesionalmente intermedios, y de las condiciones circundantes de luz, sobre la sobrevivencia y crecimiento de individuos juveniles de especies arbóreas, y (2) determinar la escala de la heterogeneidad lumínica (contrastes de ambientes lumínicos) que se puede generar con regímenes de disturbio de baja intensidad como los que típicamente se asocian a tala selectiva de árboles y extracción de leña.

Se utilizaron juveniles de un año de edad de las siguientes especies: *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (93 plantas), *Cornus disciflora* (134), *Liquidambar styraciflua* (136), *Persea americana* (137) y *Quercus laurina* (131). Los individuos se trasplantaron en abril de 1999, al azar sobre una retícula imaginaria de puntos separados 2.5 m en todas las direcciones en ocho claros forestales. El área de las parcelas que contenía a los claros fue variable, dependiendo de tres veces el tamaño del claro a lo largo de su eje E-W y 22 m hacia el N. En cada punto en

que fue trasplantado un individuo se obtuvo una fotografía hemisférica con un lente Pentax™ tipo "ojo de pescado", que permite calcular la cobertura del dosel, luz solar directa, luz solar difusa, densidad de flujo de fotones e índice de área foliar (IAF) mediante la utilización del paquete de cómputo Hemiphot para Windows (Winphot®). En cada individuo se realizó una evaluación de variables de desarrollo de las plantas (altura, tamaño de la hoja más grande, diámetro del cuello del tallo/raíz y número de hojas) antes del trasplante a las condiciones de campo, un mes después de establecidas (mayo de 1999) y en diciembre del mismo año. El Anexo 8 muestra algunos de los resultados que se han podido concentrar a la fecha. Se ha encontrado, de manera preliminar, que *Alnus*, *Cornus* y *Liquidambar* incrementaron en promedio su altura en casi el 100% durante el período de mayo a diciembre, mientras *Persea* sólo lo hizo en ca. 30% y *Quercus* en ca. 25%. La sobrevivencia de todas las especies fue superior al 95% durante los meses de la temporada de crecimiento. El estudio se concluirá en abril de 2000, y podrá así evaluarse el crecimiento y sobrevivencia a través de la crítica temporada invernal de bajas temperaturas y la primera parte de la primavera, cuando se presentan el extremo de la sequía y las altas temperaturas en la región.

8. ESTADO DE CONSERVACIÓN Y POTENCIAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA CON LAS ESPECIES ARBÓREAS ESTUDIADAS

Las actividades del proyecto han permitido continuar y conjuntar información sobre las condiciones demográficas, fenología, reproducción, uso actual y conservación de prácticamente todas las especies arbóreas presentes en los sitios de estudio. El cuadro del Anexo 9 propone una categoría del estado de conservación para cada especie, obtenida mediante el consenso entre los varios participantes del proyecto que estuvieron a cargo de realizar recorridos por la región y levantar inventarios cuantitativos de diferentes tipos de rodales forestales. En lo general, siguen los mismos criterios propuestos en el manual *Categorías de las Listas Rojas de la UICN* de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 1994). Junto con el M. en C. Neptalí Ramírez-Marcial, el responsable de este proyecto ha contribuido anteriormente con el World Conservation Monitoring Center (Cambridge, Reino Unido) en la definición de estas categorías para especies de árboles de Chiapas, las cuales pueden ser consultadas en el sitio de la internet:

http://www.wcmc.org.uk/cgi-bin/SaCGI.cgi/trees.exe?FNC=database__Aindex_.html.

El cuadro del Anexo 9 también incluye una columna final con una evaluación cualitativa del potencial que para la restauración representa cada especie. Para ello nos hemos basado en atributos tales como crecimiento, tolerancia a la sombra y facilidad de recolectar y hacer germinar las semillas. Este potencial de uso en planes de restauración ecológicas ha sido consensado entre los miembros de nuestro grupo de investigación que han trabajado por muchos meses con las especies en el laboratorio, el vivero y el campo, en experiencias que trascienden ampliamente las actividades propias de este proyecto. Debe notarse que los atributos de todas las especies de encinos (*Quercus* spp.) permiten señalarlas como particularmente favorables para este tipo de programas. Al mismo tiempo, permiten ver la conveniencia de priorizar para ellas la dedicación de un mayor esfuerzo y recursos de investigación.

9. UMBRALES DE FACTORES AMBIENTALES QUE PUEDEN LIMITAR EL ESTABLECIMIENTO Y DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES DE ARBOLES DE LOS ALTOS DE CHIAPAS

Los resultados de este proyecto que se reportan en el Anexo 1, en especial los relativos a las condiciones microambientales en los diferentes tipos de hábitats estudiados, ya permiten señalar que hay ciertos límites de temperatura, humedad y atributos del suelo más allá de los cuales no se encuentra el establecimiento de un alto número de especies de árboles nativos. En el Anexo 5 se presentan evidencias de ciertas relaciones no lineales entre algunos atributos del suelo y la abundancia de individuos de *Pinus* spp. en el rodal. Los datos disponibles sugieren que cuando el valor de importancia relativa (VIR) de las especies de *Pinus* alcanza entre 60-70% las condiciones edáficas cambian drásticamente, como lo indican ajustes de funciones polinomiales recientemente efectuados por L. Galindo Jaimes, miembro de nuestro grupo ($P < 0.001$). También se encontró que la humedad del suelo es entre 5-12% menor en sitios piilarizados respecto a bosque mixtos de pino-encino y bosques maduros de encino (Fig. 7 del Anexo 1).

En conjunto, la información disponible sugiere que la inducción de pinares en un paisaje forestal como el de la región de estudio, en el que originalmente pudieron predominar los bosques mixtos de pino-encino, de encino y mesófilos de montaña, puede representar el establecimiento de un estado del sistema muy simplificado con pocas posibilidades de retorno a las condiciones de hábitat, estructura forestal y composición florística del bosque original. En la región de estudio estos bosques originales más umbrosos y húmedos, según se aprecia en algunos escasos rodales remanentes, pueden incluir numerosas especies y poseer una estructura muy compleja que incluye abundantes especies e individuos de epífitas, helechos, bejucos, lianas, arbustos y árboles del interior. Se encontró en este estudio que la estructura y composición de los bosques pinarizados está muy empobrecida, confirmando información previamente obtenida por nuestro grupo de trabajo. Además, como resultado directo de este estudio se encontró que las condiciones de temperatura y humedad del piso forestal de los bosques con dominancia de pinos son tales que la germinación de las semillas y el establecimiento de plántulas de cualquiera de las especies arbóreas nativas que se han estudiado es pobre o nula.

10. RESPUESTAS DE LAS PLÁNTULAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS ANTE LA MANIPULACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES DURANTE SU ESTABLECIMIENTO

Solamente de unas pocas especies (siete especies) fue posible producir números de plántulas suficientes durante el primer año del proyecto para realizar experimentos en los que se manipularon algunas variables ambientales que pueden afectar su establecimiento (véase apartado 5 de este informe y el Anexo 6). Hasta el segundo año del estudio se pudo contar con un número de semillas y plántulas suficiente para poder diseñar experimentos con número adecuado de repeticiones. Aunque los resultados de este proyecto proveen elementos para poder definir niveles de algunos factores experimentales que puedan ser limitantes del

establecimiento de las plántulas, se ha considerado más provechoso reservar las plántulas disponibles para establecerlas en experimentos de campo en las 14 parcelas de 10 X 10 m que se usaron para evaluar la productividad agrícola. Han habido ciertas razones para llegar a esta decisión. En general, hemos encontrado en la literatura (y en los comentarios de árbitros de nuestros manuscritos enviados a revistas de circulación internacional) que la tendencia actual en los estudios sobre restauración ecológica es hacia prestar relativamente poca credibilidad a estudios de laboratorio, vivero o invernadero, si no están apoyados por estudios paralelos realizados bajo condiciones de campo. En estas últimas condiciones, se considera que un estudio de menos de una temporada de crecimiento completa, o incluso un año, puede tener muchas limitaciones para su uso en la formulación de recomendaciones de tipo práctico. Con base en estas consideraciones, hemos priorizado la asignación de los recursos disponibles (plántulas producidas, generalmente limitadas en número) a experimentos realizados bajo condiciones de campo relativamente bien caracterizadas, con apoyo limitado de observaciones obtenidas en el laboratorio o el vivero. Por supuesto, si en los próximos años llegamos a identificar un factor cuyo estudio sea demasiado complejo en condiciones de campo, optaremos por la estrategia de iniciar algunas observaciones bajo condiciones más controladas, como lo hemos en ocasiones anteriores, antes de llevar la indagación a niveles de prueba más definitivos en el terreno.

11. POTENCIAL PRODUCTIVO Y DE SOSTENIMIENTO DE LA RIQUEZA FLORÍSTICA DE LOS SUELOS DE PARCELAS AGRÍCOLAS DERIVADAS DE BOSQUES CON DISTINTO GRADO DE PINARIZACIÓN

Los resultados alcanzados en este estudio corresponden a uno de los primeros intentos en relacionar diferentes tipos de bosques que son desmontados para establecer cultivos agrícolas. Es bien conocido por los agricultores indígenas de la región de estudio que no es de esperarse que sean similares los rendimientos de maíz y frijol de milpas que se obtienen en un sitio de "monte alto" (bosque maduro) respecto a los que se cosechan en un área de ocotal o bosque de pino. Las razones que se dan para explicar esta diferencia en rendimientos tienen que ver, esencialmente, con la cantidad de materia orgánica que se quema (mayor en el primer caso) y que se convierte en nutrientes minerales que las plantas pueden aprovechar. En este estudio no se ha encontrado con los análisis realizados hasta el momento (aquellos propuestos en el protocolo original) una respuesta sencilla de ninguna de las variables de producción agrícola y de biomasa y riqueza de especies de arvenses. Sin embargo, como ya se mencionó en el apartado 3 de este informe, se tienen elementos suficientes para considerar que el análisis hasta ahora realizado, que corresponde estrictamente al previsto en el protocolo original, es insuficiente y requiere muy posiblemente de la eliminación de datos espúrios fácilmente explicables, a posteriori, por el esquema de trabajo seguido en este estudio. No obstante, no deja de ser interesante que algunas de las variables edáficas que pueden afectar el rendimiento mostraron relación significativa con valores intermedios de dominancia de pinos en los rodales que se habían desmontado. En caso de que en análisis posteriores, que apenas se están explorando, se estudien las respuestas de las variables sin incluir los datos de los rodales más maduros (por razones para su exclusión como las mencionadas en el apartado 3 de este informe), es muy probable que se detecten tendencias decrecientes en función de la dominancia por especies de pinos en los rodales desmontados para establecer los cultivos.

12. RECOMENDACIONES GENERALES PARA PROGRAMAS DE RESTAURACION ECOLÓGICA DE BOSQUES DE ALTA DIVERSIDAD DE ESPECIES NATIVAS

A continuación se presentan algunos criterios que se pueden proponer para elaborar y evaluar programas de restauración ecológica de los bosques mixtos nativos en Los Altos de Chiapas. Algunos tienen un carácter eminentemente técnico y se basan en forma directa en algunos de los más relevantes resultados de este proyecto. Otras tienen un carácter más amplio, y atienden a cuestiones de índole social y económica que pueden determinar la viabilidad de las acciones.

- a. Manejar un alto número de especies arbóreas. La riqueza florística de Chiapas es ampliamente reconocida. En sólo el 3.8% del territorio nacional, Chiapas contiene a un tercio de la flora mexicana, lo que significa ca. 9,500 especies de plantas vasculares. Información previamente colectada por el responsable de este proyecto, junto con el M. en C. Neptalí Ramírez Marcial, indica que en el estado existen entre 1,800-1,900 especies de árboles, pertenecientes a ca. 450 géneros de 110 familias botánicas. En Los Altos de Chiapas (en sentido amplio) pueden presentarse un tercio de estas especies, y generalmente entre dos y tres decenas de especies de árboles en una hectárea de bosque. Por tanto, cualquier programa o plan que pretenda mantener o restaurar la riqueza biológica de los ecosistemas de la región debe atender a un amplio número de especies, aun sin pretender incluirlas todas.
- b. Identificar grupos de especies que tienen respuestas similares en su desarrollo. La riqueza de especies de árboles en Los Altos de Chiapas puede ser abrumadora para los esfuerzos que en el corto y mediano plazo pretendan lograr su manejo. Parece necesario asignar recursos a la identificación de grupos de especies que compartan al menos algunos atributos biológicos pertinentes a su manejo. Esto ayudaría a simplificar el manejo de una diversidad muy compleja, posiblemente intratable si se insiste en abordarla sobre la base de especies individuales. El enfoque actual de investigación acerca de los llamados "grupos funcionales" en ecología puede ser una vía promisoría para abordar estas cuestiones. Lo anterior no implica que no haya que conocer lo más posible acerca de todas las especies de árboles de los sistemas de interés, sino por el contrario, que con el conocimiento de éstas, aunque sea parcial, será posible asignarlas a uno u otro agrupamiento para proseguir el estudio y su manejo de manera relativamente simplificada. Nuestro grupo tiene avances incipientes respecto a la clasificación de las especies por características tales como hábito o forma biológica y posición a lo largo de un gradiente de desarrollo sucesional. Sin embargo, los avances son aún menores en términos de respuestas ecofisiológicas.
- c. Mantener una alta diversidad de fragmentos de hábitat en el paisaje regional. La región en la que se realizó este proyecto se distingue, además de otros atributos, por los siguientes: (1) alta densidad poblacional, (2) alta dispersión de la población en numerosos asentamientos de pocos miembros que con frecuencia pertenecen a una misma familia, (3)

alta frecuencia de monolingüismo de una población predominantemente indígena de la etnia tzotzil, (4) alta prevalencia de las unidades de producción familiares de producción agrícola y pecuaria para la subsistencia, con frecuencia a niveles marginales (5) alto grado de dependencia de los rodales forestales para satisfacer las necesidades locales de leña y materiales para construcción (6) alto grado de fragmentación de la propiedad de la tierra y (7) alto grado de complejidad del paisaje formado por un mosaico muy abigarrado de hábitats con grado variables de impacto humano. Los rodales de bosques sucesionalmente intermedios y acahuales son las comunidades arboladas más ampliamente distribuidas. Estos rodales ocupan pequeñas extensiones y son contiguos a pastizales y campos en los que se practica agricultura con diferentes tipos de intensidad (cultivo permanente, año-y-vez, roza-quema con rotación corta, roza-quema con rotación larga, roza-tumba-quema etc.). En estudios previos habíamos encontrado que no todas, pero sí un alto número de las especies de árboles nativos pueden persistir, al parecer con características demográficas adecuadas para su mantenimiento regional, en este mosaico de ambientes. Sin embargo, como resultado directo de este proyecto se encontró que un nivel intermedio o relativamente moderado de perturbación por extracción de leña y tala, puede ocasionar una estructura y composición del bosque que no altera de manera significativa las condiciones microambientales del hábitat respecto a los rodales maduros originales. Parecería que las posibilidades de mantener a una alta proporción del banco regional de especies nativas parecen aumentarse si existe riqueza de hábitats, con la asignación de ciertas áreas al mantenimiento de hábitats tan maduros y poco impactados como sea posible dentro de una matriz eminentemente agropecuaria y de uso forestal.

- d. Asignar alta prioridad al conocimiento sobre biología y uso de las especies nativas de encinos (*Quercus* spp.). Disponemos de evidencias de estudios previos por nuestro grupo de trabajo y otros en México, y también por los resultados de este proyecto, que indican la necesidad de contar con un dosel dominado por encinos para albergar a muchas otras especies de árboles del interior. Como se encontró en este proyecto, los encinos, cuando son dominantes del dosel, proveen un microambiente más fresco, húmedo y estable que permite el desarrollo de numerosas especies de árboles del interior. Además, como también se evidenció en este proyecto, el piso forestal con predominancia de hojarasca de encinos representa condiciones más favorables para la germinación y reclutamiento de algunas especies arbóreas propias de bosques sucesionalmente intermedios o tardíos. Es una feliz coincidencia el hecho de que sea relativamente simple manipular las bellotas y plántulas de las especies de *Quercus*, y que éstas muestren una rusticidad que permita su establecimiento desde etapas iniciales de la sucesión después de la deforestación. Aun bajo las circunstancias actuales, en las que se asigna escaso valor a la madera de encinos, que no sea para su uso como leña o carbón, los encinos representan, ya de por sí, uno de los más importantes recursos forestales de que disponen las comunidades indígenas de Los Altos de Chiapas. Sin embargo, un problema implícito en el establecimiento de encinos es su tasa de crecimiento relativamente baja respecto a otras especies con alto crecimiento inicial como *Alnus*, *Buddleia*, *Liquidambar*, *Cornus* y otras. Sin duda, será necesario dedicar un mayor esfuerzo al estudio de las respuestas a prácticas de manejo de las plántulas y juveniles de *Quercus* spp. (p. ej. fertilización, aplicación de fitohormonas, sustancias

promotoras del enraizamiento etc.) encaminadas a promover un desarrollo más veloz, sin dejar de considerar su eficacia y costo de aplicación.

- e. Asegurar la continuidad en actividades de investigación, desarrollo y seguimiento de mediano y largoplazo. Los programas y planes de restauración ecológica dependen del desempeño biológico y comercial de organismos de lento desarrollo, como lo son las especies de árboles, en especial las varias especies de encinos. Aun bajo las condiciones más favorables para su crecimiento, las especies de árboles nativos no alcanzan tallas útiles para su provechamiento doméstico o comercial sino hasta después de unas dos o tres décadas, e incluso más. Adicionalmente, los resultados que regularmente se pueden obtener durante un típico primer año de un programa se restringen solamente a la recolección de semillas y producción inicial de plántulas. Las actividades necesarias subsiguientes con frecuencia no se llevan a efecto debido a que los apoyos a los programas son suspendidos durante el segundo o tercer año de su ejecución. No es factible lograr la continuidad en las acciones con este tipo de marcos temporales para los financiamientos demasiado restrictivos. Es necesario que las agencias financiadoras y las entidades del gobierno federal, y otros, comprendan este punto y se dispongan a ampliar o hacer más flexibles sus criterios y normatividad para atender debidamente a la naturaleza biológica de los proyectos mismos. Un punto colateral que merece mención aquí es la necesidad de contar con predios para la experimentación forestal, sobre los cuales se tenga capacidad de decisión total a largo plazo. Con frecuencia los acuerdos con las comunidades o pequeños propietarios son posibles, y de hecho en muchos sentidos, como en el caso de la experimentación agrícola, altamente deseables o indispensables. Sin embargo, no necesariamente es el caso de los experimentos en silvicultura, manejo de bosques y biología de la conservación de especies de arbustos y árboles, que típicamente se llevan varios años y que requieren del más absoluto respeto al acceso restringido para poder derivar a plenitud la costosa información que pueden entregar.

Capacitar a los actores locales de la manera más amplia y efectiva posible. La aplicación y desarrollo exitoso de planes y programas de restauración ecológica dependerá de la actividad bien concertada de un amplio número de actores sociales. Entre estos se incluyen, en primer lugar, a las comunidades indígenas mismas legítimas herederas y poseedoras de los recursos naturales en cuestión. Además, deben concertar su participación, en grados muy variables, numerosas organizaciones de productores, organismos de la sociedad civil con fines de asesoría y seguimiento de los programas, las instituciones académicas (con sus propios tiempos, demandas y posibilidades únicas de aporte) y las entidades de los gobiernos federal, estatal y municipal. En todos estos grupos de actores es posible encontrar individuos con necesidad de recibir capacitación, ya sea, por ejemplo, al nivel de quien puede recolectar las semillas en los terrenos de sus comunidades, o de quien puede ser promotor municipal de algunas prácticas alternativas y probadas de establecimiento de plántulas. La restauración de áreas forestales degradadas es una tarea que implica la aportación de muchas horas de mano de obra de muchas personas ampliamente dispersas para realizar tareas frecuentemente pesadas, si bien no de manera continua y con gran intensidad, pero sí a lo largo de muchos años y con calificación rara vez apreciada. La insistencia en la capacitación en los aspectos más básicos de las prácticas

que la gente encuentre útiles en forma inmediata, puede ser una forma eficiente para que las prácticas se establezcan, se arraiguen y se difundan entre un amplio número de miembros de la comunidad, quienes luego puedan por cuenta propia y en atención a sus propios criterios ajustarlas a nuevas condiciones o innovarlas por sí mismos. Nuestra experiencia indica que es necesario fortalecer la organización a nivel local de acuerdo a las características muy particulares de cada grupo (propietarios, ejidatarios) y unidad de manejo. El éxito que se puede obtener a una escala de organización inferior es más fácilmente extendible a un nivel superior (municipio, región, estado), llegado el momento, mientras que es común que los intentos definidos *a priori* en el sentido inverso se tornen en sonados fracasos como muchos planes nacionales y estatales.

- g. Identificar y promover usos industriales y valores de la madera y productos no maderables de especies diferentes a los pinos. Todavía prevalece en México la noción de que la única industria forestal redituable en áreas de climas templados es aquella fundamentada en las especies de pinos. La gran mayoría de los profesionales forestales mexicanos mantienen una tenaz reticencia a incluir en los esquemas de fomento forestal dirigidos a aprovechamientos industriales a un mayor número de especies arbóreas que pueden tener usos locales bien reconocidos. Prevalece en los profesionales del país y en sus escuelas, quizás como consecuencia de la adopción acrítica de los criterios que rigen en el ámbito forestal internacional de tipo convencional y conservador. La visión de manejar rodales monoespecíficos, coetáneos y tan simplificados como sea posible. No obstante, en algunos países que en muchos aspectos tienen condiciones relativamente similares a México (p. ej. Chile), se ha desarrollado una silvicultura con tintes propios, no sin mediar problemas para su avance, que va dando lugar a una tecnología local para el adecuado manejo de bosques nativos con diversidad relativamente alta. Las posibilidades de que sean debidamente aprovechadas las dos o tres decenas de especies de árboles que naturalmente pueden encontrarse en una hectárea de bosque medianamente maduro en nuestra región de estudio depende, tanto del desarrollo de una nueva silvicultura basada en principios ecológicos de diversidad y estabilidad del paisaje y sus fragmentos componentes, como de la búsqueda de nuevos usos y valores de los productos maderables y no maderables. El conocimiento tradicional en la región puede, sin duda alguna, servir de importante guía, al menos en las fases iniciales de esta búsqueda. Es de esperarse que más adelante las definiciones acerca de qué especies, y cuántas, puedan ser incorporadas a nuevos sistemas de manejo, dependerá de qué tan suficiente es el desarrollo del conocimiento y la tecnología para su aprovechamiento industrial.
- h. Identificar y valorar servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques nativos diversos. No existe actualmente para las montañas del sur de México una silvicultura que pueda pretender manejar los bosques nativos con alta diversidad. Una alternativa que se ha encontrado útil, al menos en el corto plazo como válvula de escape a la enorme presión que enfrentan los recursos forestales de la región, mientras se da margen a la generación del conocimiento básico para desarrollar esta nueva silvicultura, lo constituyen varias opciones de financiamiento que pueden permitir el mantener algunos rodales en crecimiento por dos o tres décadas. Estas opciones se basan en el reconocimiento de varios servicios ecosistémicos, que de alguna manera se justifican con criterios de carácter global y que en

círculos del extranjero o de las regiones urbanas del país tienen un impacto como para decidir sobre recursos locales, tales como la captura de carbono, el mantenimiento de mantos freáticos, el ecoturismo y otros. Sin embargo, es necesario advertir que la dedicación de los terrenos a estas iniciativas, cuya motivación generalmente no procede desde la base misma de las comunidades involucradas, tiene sus limitaciones y no necesariamente representa una solución viable, autodeterminada y de mayor alcance en el tiempo y el territorio. Sin menoscabo de las limitadas bondades que estas iniciativas pueden mostrar para algunos grupos, es también necesario advertir que la dedicación de atención de los organizaciones, grupos e instituciones a tales proyectos puede distraer o competir durante la asignación de recursos financieros, humanos y materiales, ante la búsqueda de un nuevo conocimiento y tecnología forestales propios para el manejo de bosques nativos diversificados, que resulte acorde con criterios de soberanía y autodeterminación nacional y de las comunidades de productores implicadas.

- i. Plantear las propuestas como apoyo de aquellas que en primera instancia surian de las bases mismas de las comunidades indígenas. Las condiciones sociales y económicas de la región en la que se realizó este proyecto permiten señalar algunos puntos acerca de qué sería conveniente advertir para el desarrollo de programas de restauración ecológica de los recursos forestales. El estado mexicano cuenta con un conjunto de leyes, reglamentos, normas, etc., relativas al ámbito de la conservación y uso de los recursos naturales. En conjunto, estos instrumentos legales forman un cuerpo orgánico de carácter jurídico importante, indispensable sin duda, pero no completamente ajustado para la gestión de los recursos en las regiones indígenas del país. Los pueblos indígenas en Chiapas se encuentran en una etapa de su desarrollo histórico que se destaca por su dinamismo y por la demanda frecuente acerca de la falta de atención a sus derechos y necesidades de parte del estado mexicano. Ante tal situación, y como es de todos bien conocido, la sociedad civil en las regiones de Chiapas se ha organizado en numerosas células (organizaciones de productores, uniones de ejidos, uniones de pueblos indios, organismos no gubernamentales, etc.) que han definido un ámbito particular de ejercicio del poder político con funciones de coadyuvancia y vigilancia sobre las acciones de las entidades de los gobiernos federal, estatal y municipal, y de ellas mismas. Es en este aparentemente difuso ámbito político, hasta cierto punto marginal, sin que sea violatorio respecto a los ordenamientos legales existentes, donde con frecuencia se ventilan las características y bondades de muchos programas de trabajo en la región. Se considera con un alto peso en esos foros, de manera por demás justificada, que las iniciativas de planes y programas de desarrollo tengan como elemento básico la atención a necesidades sentidas en las comunidades y la propuesta de su participación en la autogestión de su ejecución, seguimiento y evaluación. Esto señala hacia la necesidad de que los intentos de apoyo a las comunidades sean, ante todo, un elemento de apoyo verdadero a las iniciativas que las propias comunidades hayan ya podido definir como las mejores para atender su propio desarrollo. Todos estos atributos que ahora muestran las complejas interacciones políticas de los diferentes actores sociales en la región, pueden ser canalizados, con enorme provecho, a programas de restauración ecológica de sistemas forestales y otros, que se basan en el uso amplio de la mano de obra calificada, en la incorporación de todos los miembros de las comunidades de manera equitativa y en la búsqueda del desarrollo, a bajo

costo, de una base de recursos más estable y diversificada para apoyar, en cuanto sea posible, sus propias decisiones de avance social y económico.

13. MANUSCRITOS ENVIADOS A REVISTAS ESPECIALIZADAS

- a. Camacho-Cruz, A., M. González-Espinosa, J.H.D. Wolf y B.H.J. de Jong. 1999. Germination and survivorship of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico. Enviado para su revisión en *Canadian Journal of Botany*. Véase Anexo 10.
- b. Galindo-Jaimes, L., M. González-Espinosa, P.F. Quintana-Ascencio y L.E. García-Barrios. 1999. Structure and composition of disturbed stands with varying dominance by *Pinus* spp. in the highlands of Chiapas, Mexico. Enviado para su revisión en *Canadian Journal of Forest Research*. Véase Anexo 11.
- c. González-Espinosa, M. and N. Ramírez-Marcial. 1999. El disturbio antrópico y la conservación y restauración de bosques en Los Altos de Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, en prensa. Véase Anexo 12.

14. RESÚMENES DE COMUNICACIONES PRESENTADAS EN REUNIONES PROFESIONALES

- a. López-Barrera, F., N. Ramírez-Marcial y C. Montes-Avelar. 1999. Native species propagation as a tool for forestry restoration in the highlands of Chiapas, Mexico. Cartel presentado en *11th Annual International Conference of the Society for Ecological Restoration*. San Francisco, CA, USA (22-25 de septiembre de 1999), pág. 133. Véase Anexo 13.
- b. González-Espinosa, M. y N. Ramírez-Marcial. 1999. El disturbio antrópico y la conservación y restauración de bosques en Los Altos de Chiapas, México. *Simposio sobre Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México: Perspectivas desde la Investigación Científica* Sociedad Botánica de México/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/Instituto de Ecología, A.C./Instituto de Ecología, UNAM, Morelia, Michoacán (10 y 11 de septiembre de 1999). Véase Anexo 13.

15. TALLERES DE VINCULACIÓN CON ACTORES SOCIALES DE LA REGIÓN INVOLUCRADOS EN LA CONSERVACION Y RESTAURACION DE BOSQUES

- a. *Taller Participativo para la Colecta y Preservación de Semillas de Especies Nativas*. Los participantes incluyeron a miembros de comunidades que colaboran con nuestros proyectos en el municipio de Oxchuc, personal técnico de organismos no gubernamentales y de las oficinas locales de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), de la Secretaría Estatal de Recursos Naturales y Pesca del Gobierno del

Estado de Chiapas (SERNIP), de la asociación Na-Bolom, A.C., de PRONATURA-Chiapas y del Departamento Municipal de Ecología de San Cristóbal de Las Casas. El Taller incluyó sesiones de clases en el aula, el laboratorio, el vivero, el herbario y en el campo. Se efectuó el 2 y 3 de septiembre de 1999 en las instalaciones de ECOSUR en San Cristóbal de Las Casas. Los organizadores fueron la Biól. Fabiola López Barrera, la M. en C. Angélica Camacho Cruz y el M. en C. Neptalí Ramírez Marcial, con la colaboración del M. en C. Luis Galindo Jaimes, el Sr. Alfonso Luna Gómez (traductor al tzeltal) y el Sr. Juan Carlos Bautista (traductor al tzotzil).

16. AGRADECIMIENTOS

Los participantes en este proyecto, que ha servido de mucho para aprender sobre aspectos básicos de la estructura y funcionamiento de los bosques de nuestra región de estudio, y otras afines, no podríamos haberlo efectuado sin contar con la más franca colaboración que recibimos de las comunidades de Rancho Merced-Bazom, municipio de Huistán y el ejido Mitzitón, municipio de San Cristóbal de Las Casas. No es la primera vez que nos han recibido y apoyado y esperamos que a ellos también les sirva aquello en lo que se pueda aplicar lo derivado de este proyecto.

En especial, deseamos mencionar a las personas siguientes por habernos dado acceso a trabajar en sus propiedades. En Rancho Merced-Bazoin: Señores Pedro Martínez Alvarez, Nicolás Pale Vázquez, Miguel Pale Martínez, Miguel Martínez Vazquez, Andrés Pérez Martínez, Pedro Martínez Ton, Manuel Pale Martínez y Manuel Martínez Gómez. Miguel Martínez Icó fue pieza base para poder encontrar y mantenerlas excelentes relaciones con la comunidad. En el ejido Mitzitón: Señores Marcelino Jiménez López, Domingo Jiménez Heredia, Aurelio González Jiménez, Emilio Hernández Heredia, Pedro Hernández Ventana, Rafael Díaz Cruz, José Gómez Heredia y Saiitos Jiménez López. El Sr. Mariano Jiménez Heredia, Conlissariado Ejidal fue particularmente útil para negociar la colaboración.

Recursos concurrentes a este proyecto fueron ofrecidos por el Gobierno Federal a través de los subsidios a ECOSUR durante 1997-1999 y por la Comunidad Europea a través del proyecto SUCRE, contrato No. INCO-DC, ERBIC-18-CT-970146.

RESULTADOS

Variables ambientales

Registro continuo de temperaturas.

El análisis estadístico realizado a las temperaturas registradas de manera continua, mostró que los promedios de temperaturas mínimas, medias, máximas y los de la diferencia entre máximas y mínimas presentaron diferencias significativas entre los meses; los promedios de temperaturas máximas y los de la diferencia de temperaturas mostraron además diferencias significativas entre hábitats. Los promedios de temperaturas medias presentaron diferencias marginales entre hábitats mientras que los promedios de temperaturas mínimas no presentaron diferencias significativas entre éstos, sólo fue significativa la interacción de hábitat x mes para los promedios de la diferencia de temperaturas (Cuadro 1)

En las pruebas de comparación múltiple los promedios de temperaturas mínimas no mostraron diferencias significativas entre hábitats, mientras que los promedios de temperaturas medias presentaron diferencias significativas entre el bosque maduro y el pastizal en los meses de julio, agosto y octubre. En cuanto a los promedios de temperaturas máximas y a los de la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas se obtuvieron diferencias significativas entre hábitats para todos los meses, donde en general se puede observar que las condiciones de temperatura propias del pastizal fueron diferentes a las que se presentaron en los bosques (Cuadro 2). En lo referente a las diferencias entre meses para los promedios de temperaturas mínimas y medias se aprecia

Cuadro 1. Análisis de medidas repetidas de los promedios de temperaturas (°C), obtenidos de los dispositivos HOBO, en el transcurso de un año, por cada tipo de hábitat (Pastizal, Pinar, Bosque Intermedio y Bosque Maduro) y por mes. La diferencia de temperaturas son, las máximas menos las mínimas.

Temperaturas	Fuente de variación	g.l.	C.M.	F	P
Mínimas	Mes	1.24 *	4.780	67.78	0.0001
	Mes x hábitat	3.72 *	0.034	0.48	0.7400
	Error	4.96 *	0.071		
	Hábitat	3.00	0.171	1.03	0.4710
	Error	4.00	0.167		
Medias	Mes	1.84 *	1.290	178.15	0.0001
	Mes x hábitat	5.51 *	0.007	0.95	0.5080
	Error	7.35 *	0.007		
	Hábitat	3.00	0.190	5.58	0.0650
	Error	4.00	0.034		
Máximas	Mes	1.55 *	1.334	106.94	0.0001
	Mes x hábitat	4.64 *	0.037	2.93	0.1100
	Error	6.18 *	0.013		
	Hábitat	3.00	1.350	38.59	0.0020
	Error	4.00	0.035		
Diferencia	Mes	1.92 *	3.790	98.86	0.0001
	Mes x hábitat	5.76 *	0.146	3.80	0.0460
	Error	7.68 *	0.038		
	Hábitat	3.00	5.477	68.33	0.0010
	Error	4.00	0.080		

* Grados de libertad ajustados de acuerdo a la ϵ de Greenhouse-Geisser.

Cuadro 2. Prueba de comparación múltiple de Tukey. aplicada a las variables de temperatura y humedad relativa registradas continuamente para cada hábitat (pa= pastizal, pi= pinar, bi= bosque intermedio y bm= bosque maduro) por mes de acuerdo a los promedios de temperaturas y humedades mínimas, medias, máximas y la diferencia entre máximas y mínimas. Las letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Variable	Meses	Mínimas				Medias				Máximas				Diferencias					
		PA	PI	BI	BM	PA	PI	BI	BM	PA	PI	BI	BM	PA	PI	BI	BM		
Temperatura (°C)	ene	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	c	c	a	b	b	c	c
	feb	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	b	b	c	c
	mar	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	a	b	b	b
	abr	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	b	b	b	
	may	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	ab	bc	c	
	jun	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	a	b	b	b
	jul	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	b	b	b	a	b	b	b	
	ago	a	a	a	a	a	ab	b	b		a	b	b	b	a	b	b	c	c
	sep	a	a	a	a	a	a	a	a		a	b	b	b	a	b	b	c	c
	oct	a	a	a	a	a	ab	ab	b		a	b	b	b	a	b	b	c	c
	nov	a	a	a	a	a	a	a	a		a	b	b	b	a	b	b	c	c
	dic	a	a	a	a	a	a	a	a		a	b	b	c	c	a	ab	bc	c
Humedad (%)	ene	a	b	b	c	a	ab	ab	b	a	a	a	a	a	a	b	b	b	
	feb	a	b	b	b	a	ab	ab	b	a	a	a	a	a	a	b	b	b	
	mar	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b
	abr	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	
	may	a	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	ab	bc	c	
	jun	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	
	jul	a	b	b	b	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	b	b	b	
	ago	a	b	b	b	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	b	b	c	c
	sep	a	b	b	b	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	b	b	c	c
	oct	a	b	b	b	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	b	b	b	
	nov	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	
	dic	a	ab	ab	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	

que en los meses fríos el patrón de ambas temperaturas fue igual, sobretodo diciembre, enero y febrero, este mismo patrón se observó también en los meses cálidos, sin embargo, para los promedios de temperaturas máximas y los de las diferencias entre máximas y mínimas no se presentó un patrón similar entre meses, ya que incluso las temperaturas de los meses más fríos para ambos promedios fueron iguales a las que se presentaron en algunos de los meses correspondientes al verano (Cuadro 3).

En la figura 1 se puede observar que en el pastizal es donde se presentó la mayor diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas, después le siguió el pinar, luego el bosque intermedio y por último el bosque maduro. Este comportamiento también se puede apreciar en la figura 2, donde la marcha de temperatura anual presentó una mayor variación en el pastizal en cualquier promedio de temperatura observado, sobretodo en los promedios de temperaturas máximas y mínimas y en las máximas y mínimas absolutas, después le siguió el pinar y por último los bosques intermedio y maduro que son los que más se parecen entre sí durante todo el año. No es muy notable la estacionalidad en esta variable, aunque, sí se apreció cierta diferencia entre la época de lluvias (mayo-octubre) y la de secas(noviembre-abril).

Registro de temperaturas máximas y mínimas.

El análisis estadístico de los datos de temperatura obtenidos de los termómetros de máximas y mínimas, mostró que para el caso de las temperaturas mínimas hubo diferencias significativas entre meses, hábitats y posiciones, así como también en las interacciones entre estos factores. Para las temperaturas máximas se obtuvieron

Cuadro 3 Prueba de comparación múltiple de Bonferroni aplicada a los 12 meses del estudio con respecto a cada variable: Temperatura (°C), tanto la registrada por Hobos como la registrada por termómetros, Humedad relativa (%), la registrada por Hobos y la obtenida del suelo por el método gravimétrico. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre meses para cada variable ambiental (P < 0.05).

Variable ambiental	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temperatura (HOBO)												
mínimas	ab	ab	abcde	cde	cde	cde	cd	c	e	d	acd	b
medias	ü	b	cdef	ghi	jk	kl	chk	cdefghijk	dgl	e	fi	ab
máximas	ab	acd	efgh	efg	c	cl	abgh	afl	a	dh	all	b
diferencia	abc	abcd	efg	aef	de	afl	bcgij	acgk	bl	iklin	jlm	hijklm
Humedad (HORO)												
mínimas	ab	abc	d	cde	f	ad	abe	abd	bl	abe	abdf	abd
medias	ab	cd	ef	eg	h	f	acg	abc	abc	bd	abceli	abc
máximas	ab	ab	a	b	c	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab
diferencia	abcdef	ace	gil	abfg	ag	adgi	hcgj	defgk	chl	ijki	jhl	ijkl
Temperatura (Termómetro)												
mínimas	ab	a	ab	c	cd	e	ef	g	eg	fg	d	b
máximas	a	ab	cde	cd	c	ce	bd	bde	be	be	a	a
* Humedad (suelo)	abc	de	ab	bc	ag	ef	ef	ef	f	fg	def	cd

* Prueba de comparación múltiple de Tukey P < 0.05

Figura 1. Promedios semanales de las diferencias entre las temperaturas máximas y mínimas promedio durante un año para cada hábitat (PA= Pastizal, PI= Pinar, BI= bosque intermedio y BM= bosque maduro).

---PA PI— BI— BM

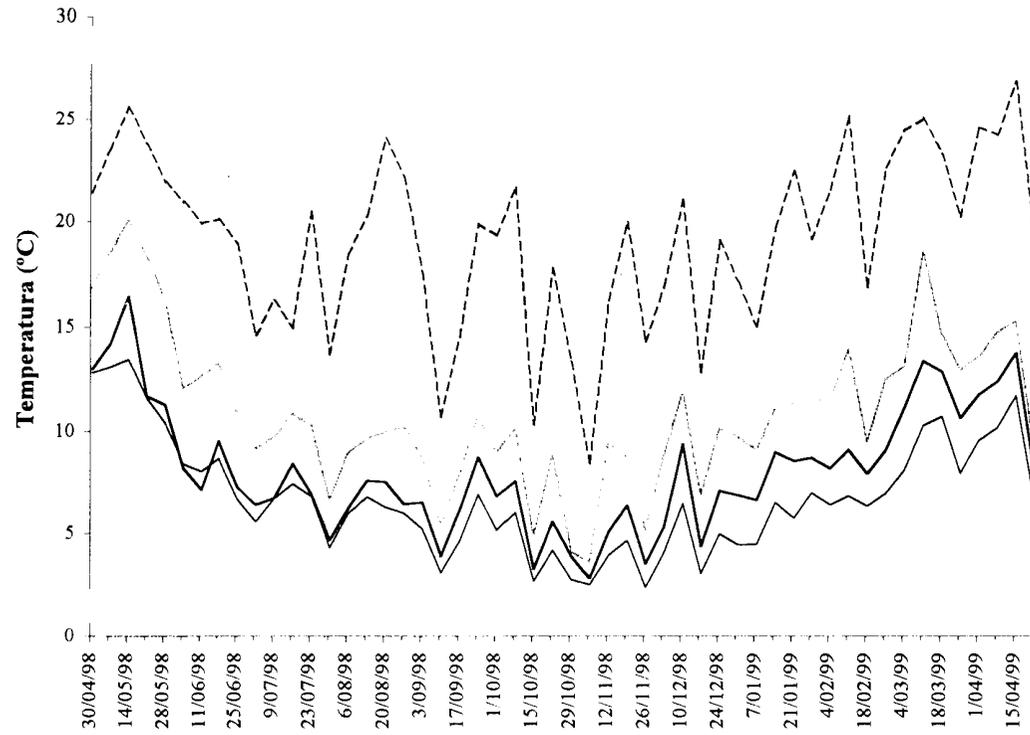
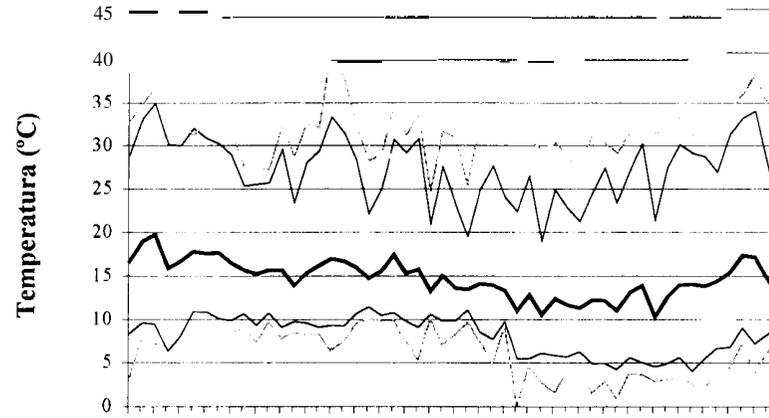
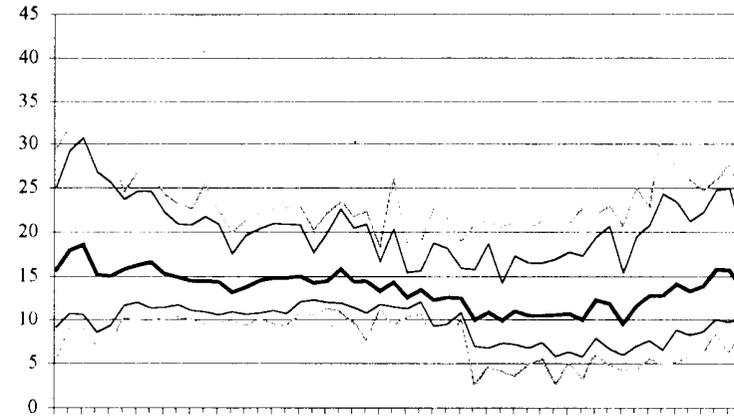


Figura 2. Registros semanales de temperatura para cada hábitat. Las dos líneas delgadas y continuas muestran los promedios de la temperatura máxima y mínima, la línea gruesa muestra el promedio de la temperatura media y las dos líneas punteadas muestran los valores absolutos de la temperatura máxima y mínima

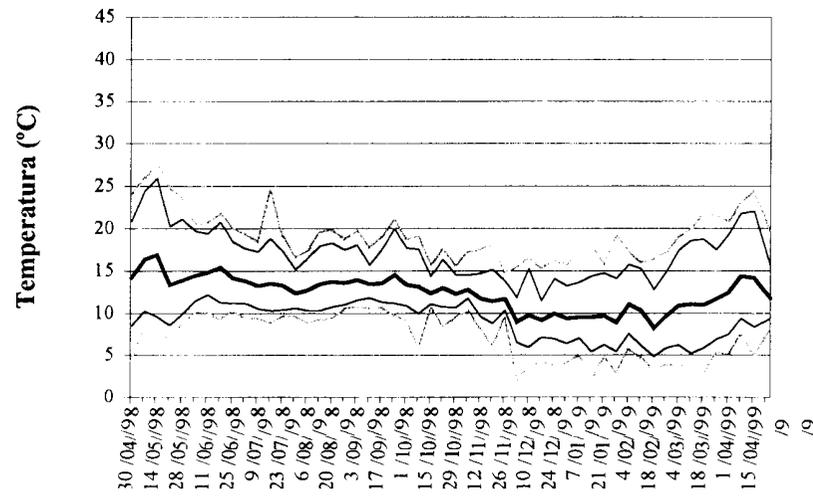
PASTIZAL



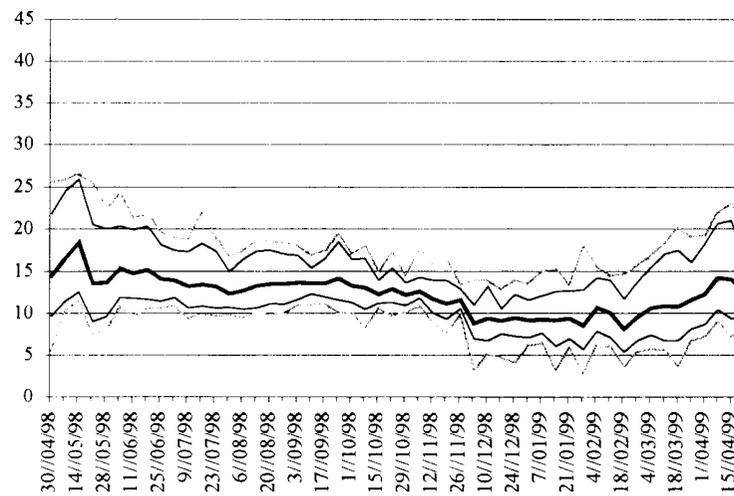
PINAR



BOSQUE INTERMEDIO



BOSQUE MADURO



diferencias significativas entre meses, hábitats y posiciones, sin embargo, sólo la interacción de mes x posición fue significativa (Cuadro 4).

En cuanto a las pruebas de comparación múltiple, en el caso de las temperaturas mínimas se obtuvieron diferencias sólo en los meses de abril y diciembre, en abril las temperaturas en el pastizal fueron diferentes del pinar pero iguales en el bosque intermedio y maduro, sin embargo en los tres tipos de bosque no hubo diferencias significativas entre sí, mientras que en diciembre las temperaturas registradas en el pastizal fueron diferentes a las de los bosques. En cuanto a las temperaturas máximas se presentaron diferencias significativas en los doce meses del estudio, donde en general las temperaturas en el pastizal y el pinar fueron iguales y diferentes del bosque intermedio y maduro, estos dos últimos también fueron iguales excepto en el mes de enero (Cuadro 5).

En la diferencia entre meses, tanto para las temperaturas mínimas como máximas se puede apreciar que en los meses respectivos a cada estación no hubo diferencias significativas (Cuadro 3).

En cuanto a la posición de los termómetros, para las temperaturas mínimas hubo diferencias significativas en los doce meses, donde en general las temperaturas registradas en el suelo forestal resultaron diferentes a las del piso forestal y a las obtenidas a 1.8 m de altura, mientras que en estas dos últimas posiciones no hubo diferencias entre sí, para las temperaturas máximas también hubo diferencias significativas en los doce meses y en la mayoría de los casos las temperaturas registradas para las tres posiciones fueron diferentes (Cuadro 6).

Cuadro 4 Análisis de medidas repetidas de los datos de temperatura (°C), registrados con los termómetros de máximas y mínimas, en el transcurso de un año, por cada tipo de hábitat (Pastizal. Pinar. Bosque Intermedio y Bosque Maduro), posición de los termómetros (suelo forestal: piso forestal y a 1.8 m de altura) y por mes.

Temperaturas	Fuente de variación	g.l.	C.M.	F	P
Mínimas	Mes	2.75 *	9.270	133.50	0.0001
	Mes x hábitat	8.26 *	0.564	8.12	0.0001
	Mes s posición	5.50 *	0.907	13.06	0.0001
	Mes x hábitat u posición	13.76 *	0.342	4.92	0.0001
	Error	27.52 *	0.069		
	Hábitat	3.00	1.390	8.45	0.0040
	posición	2.00	7.520	45.82	0.0001
	Hábitat s posición	5.00	0.750	4.57	0.0200
Error	10.00	0.164			
Máximas	Mes	3.16 *	0.933	35.46	0.0001
	Mes s hábitat	9.49 *	0.050	1.89	0.0870
	Mes x posición	6.32 *	0.086	3.28	0.0120
	Mes x hábitat x posición	15.81 *	0.035	1.33	0.2390
	Error	31.62 *	0.026		
	Hábitat	3.00	3.650	56.13	0.0001
	Posición	2.00	4.640	71.47	0.0001
	Hábitat s posición	5.00	0.188	2.89	0.0720
Error	10.00	0.065			

* Grados de libertad ajustados de acuerdo a la epsilon de (ireerhouse-Creisser).

Cuadro 5. Prueba de comparación múltiple de Tukey aplicada a los promedios de temperaturas mínimas y máximas (°C) registrados por los termómetros para cada hábitat (PA= pastizal, PI= pinar, BI= bosque intermedio y BM= bosque maduro). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre hábitats para cada mes ($P < 0.05$).

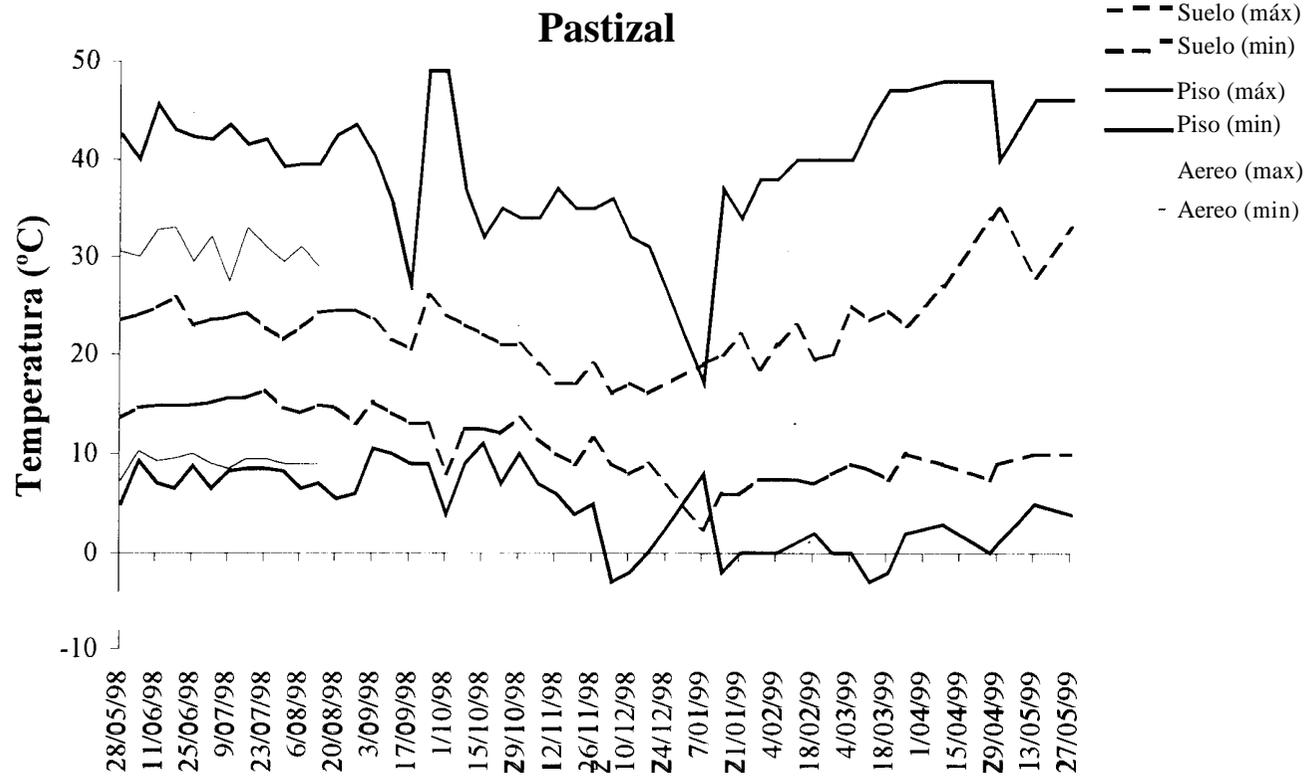
Meses	Mínimas				Máximas			
	PA	PI	BI	BM	PA	PI	BI	BM
ene	a	a	a	a	a	a	b	c
feb	a	a	a	a	a	a	b	b
mar	a	a	a	a	a	a	b	b
abr	a	bc	ac	ac	a	ab	b	b
may	a	a	a	a	a	a	b	b
jun	a	a	a	a	a	b	c	c
jul	a	a	a	a	a	b	c	c
ago	a	a	a	a	a	b	b	b
sep	a	a	a	a	a	a	b	b
oct	a	a	a	a	a	a	b	b
nov	a	a	a	a	a	a	b	b
dic	a	b	b	b	a	a	b	b

Cuadro 6. Prueba de comparación múltiple de Tukey aplicada a diferentes posiciones donde se colocaron los termómetros (suelo forestal, piso forestal y aéreo a 1.8m de altura), tanto para los promedios de temperaturas máximas como mínimas (C)..., Letras diferentes indican diferencias significativas entre posiciones para cada mes ($P < 0.05$).

Meses	Mínimas			Máximas		
	suelo	piso	aéreo	suelo	piso	aéreo
ene	a	b	b	a	b	c
feb	a	b	b	a	b	b
mar	a	b	b	a	b	c
abr	a	b	ab	a	b	ab
may	a	b	b	a	b	c
jun	a	b	b	a	b	c
jul	a	b	b	a	b	c
ago	a	b	b	a	b	a
Sep	a	b	b	a	b	c
oct	a	b	b	a	b	a
nov	a	b	b	a	b	b
dic	a	b	b	a	b	b

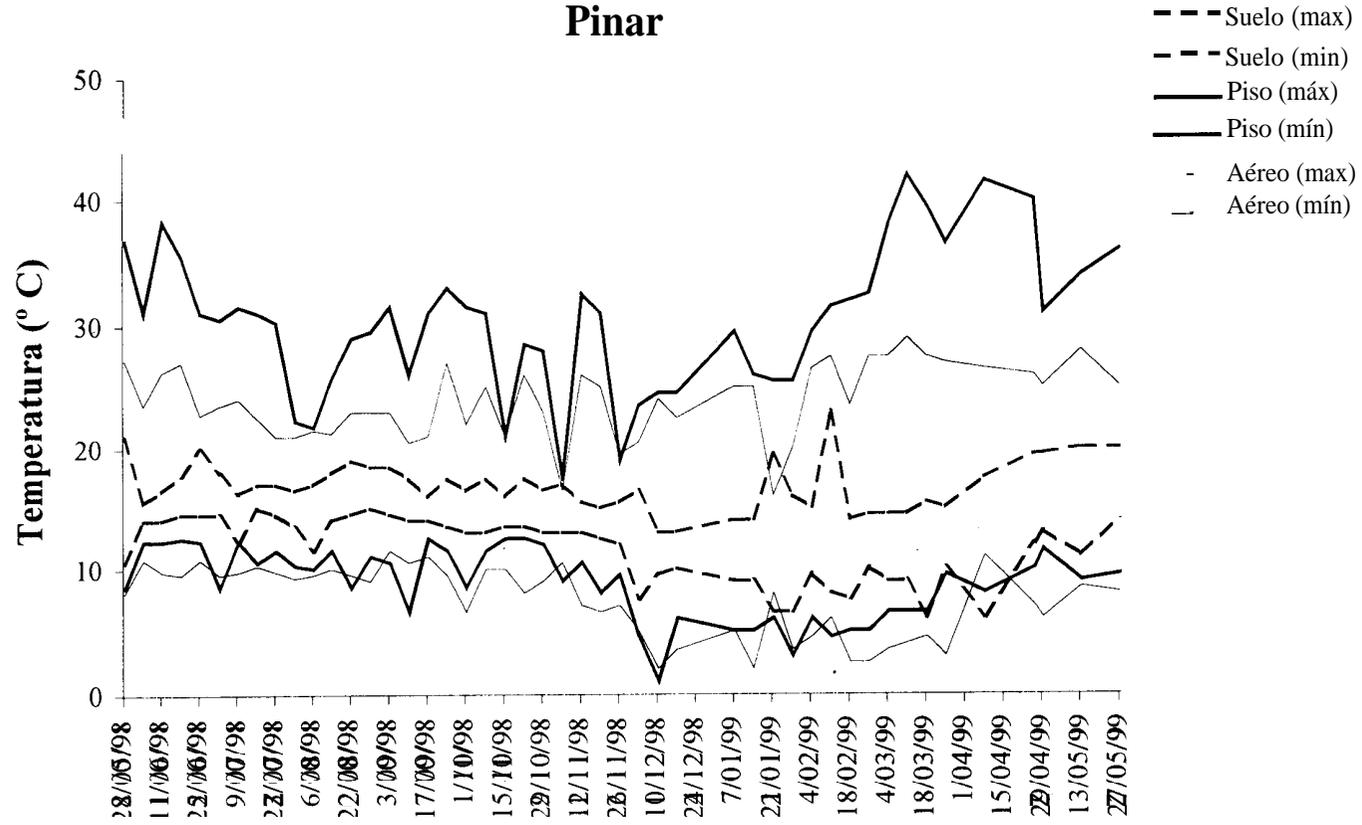
Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas semanales para cada posición donde se ubicaron los termómetros (suelo forestal, piso forestal y el aéreo a 1.8 m de altura) en cada hábitat.

A



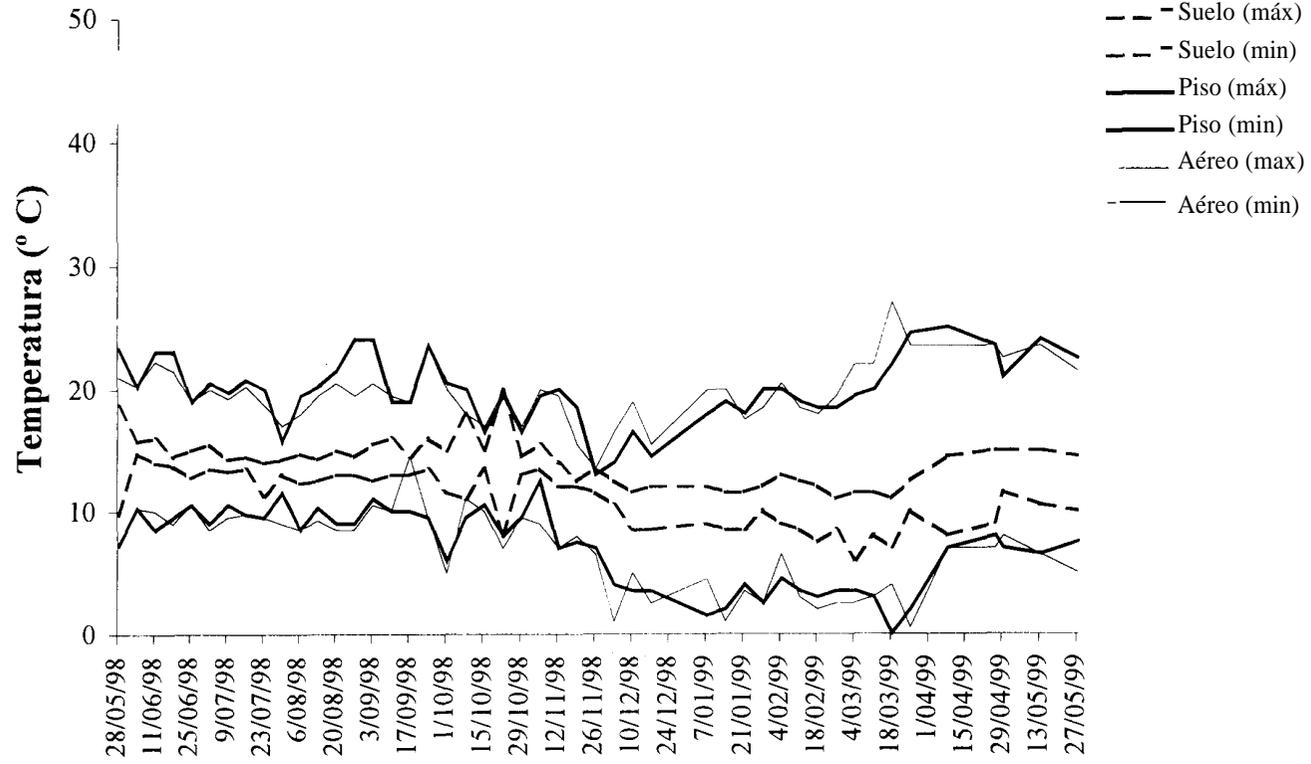
B

Pinar



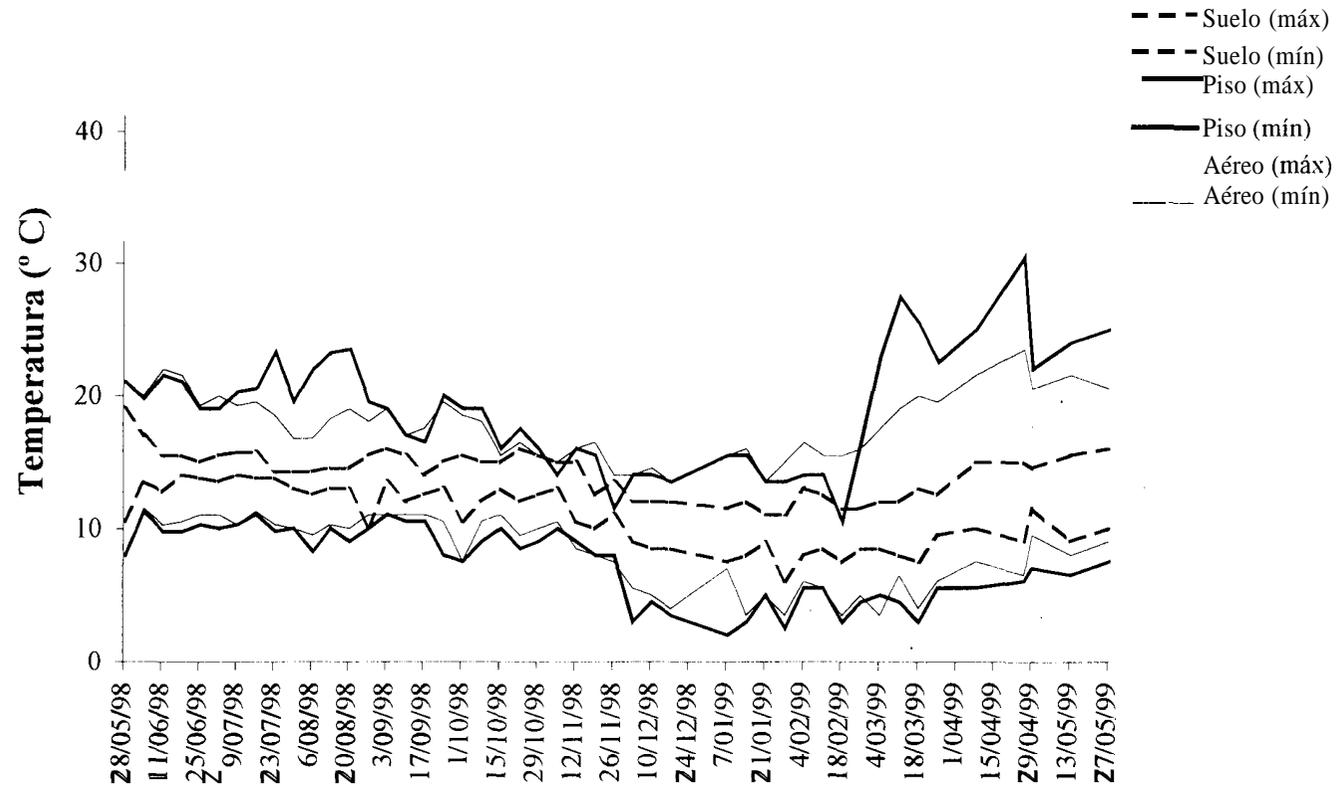
C

Bosque Intermedio



D

Bosque Maduro



En la figura 3 podemos observar que en los cuatro hábitats el termómetro ubicado en el suelo forestal es el que registró menos cambios drásticos tanto para las temperaturas máximas como para las mínimas y también es donde se mantuvo una oscilación de temperatura más constante que en cualquiera de las otras dos posiciones, sobretodo en los bosques intermedio y maduro. Los termómetros del bosque intermedio y maduro, ubicados en el piso forestal y a 1.8 m de altura, presentaron un comportamiento similar durante todo el año, éste fue más acentuado en el caso de las temperaturas mínimas del bosque maduro mientras que en el bosque intermedio se presentó tanto en las temperaturas máximas como en las mínimas. En el pinar sólo las temperaturas mínimas fueron las que se comportaron de manera parecida entre posiciones, ya que los datos de las temperaturas máximas registrados en el piso forestal fueron más altos que los registrados a 1.8 m de altura. De los cuatro hábitats, el bosque intermedio y maduro conservaron las oscilaciones térmicas más constantes y con menos variabilidad entre posiciones durante todo el año.

En el pastizal las temperaturas máximas no estuvieron relacionadas linealmente en ninguna posición donde fueron ubicados los termómetros, mientras que las temperaturas mínimas, sí presentaron una relación lineal, sobretodo en las posiciones de piso vs. suelo forestal y aéreo vs. piso forestal. En el caso de los pinares, las temperaturas máximas estuvieron relacionadas entre sí sólo con respecto a las posiciones aéreo vs. piso forestal y en las temperaturas mínimas la mayor relación se presentó en las posiciones piso vs. suelo forestal y aéreo vs. piso forestal. En el bosque intermedio y en el bosque maduro, las temperaturas máximas sólo estuvieron relacionadas en la posición aéreo vs. piso

forestal, mientras que en las temperaturas mínimas, se observó una relación estrecha en cualquier posición y ésta fue más acentuada en el bosque maduro (Cuadro 7).

En general, el coeficiente de determinación entre los valores de temperaturas registrados por los Hobos y los obtenidos por los termómetros fue bajo, sin embargo, la relación entre ambos dispositivos fue mayor para las temperaturas mínimas en todos los hábitats y aún mejor en los bosques intermedio y maduro (Figura 4)

Registro continuo de la humedad relativa.

El análisis estadístico realizado a la humedad relativa registrada por los Hobos, mostró que los promedios de humedad mínima, imedia y los de la diferencia entre máxima y mínima presentaron diferencias significativas entre meses y hábitats, los promedios de humedad máxima sólo mostraron diferencias entre meses pero no entre hábitats y ninguno de los cuatro promedios mostraron diferencias significativas en la interacción de estos dos factores (Cuadro 8).

En las pruebas de comparación múltiple, los promedios de humedad mínima, media y los de la diferencia entre máxima y mínima mostraron diferencias significativas entre hábitats en la mayoría de los meses, en general se puede apreciar que la humedad relativa en el pastizal fue diferente a la de los bosques mientras que entre éstos resultó ser igual. Para los promedios de humedad máxima no se obtuvieron diferencias significativas entre hábitats en ninguno de los doce meses del estudio (Cuadro 2). En cuanto a las diferencias entre meses, para los promedios de humedad mínima, media y los

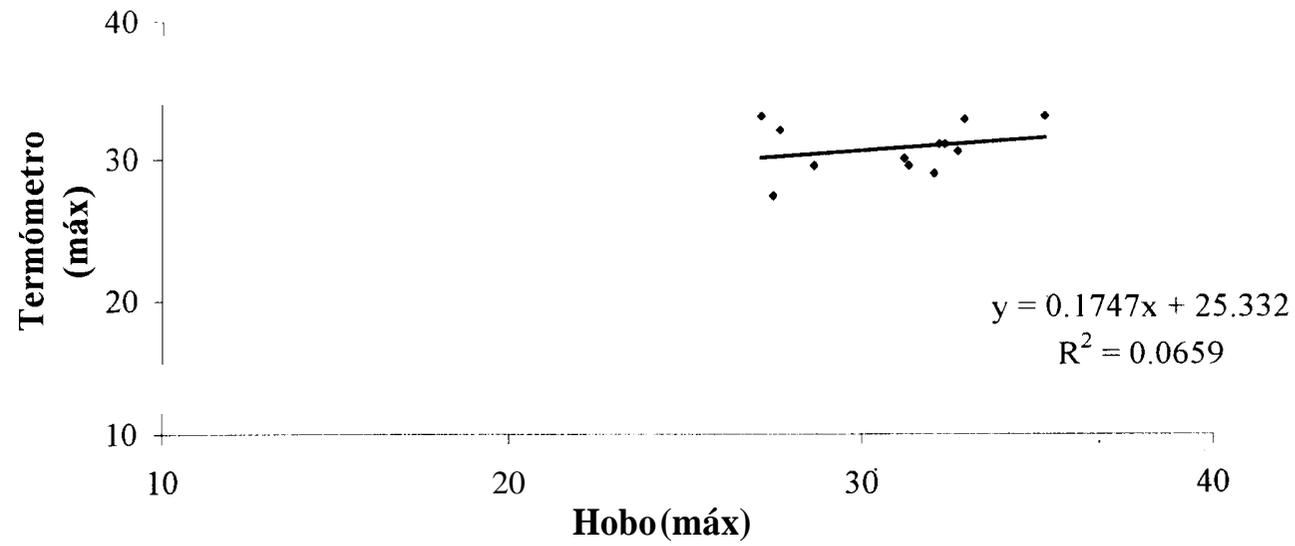
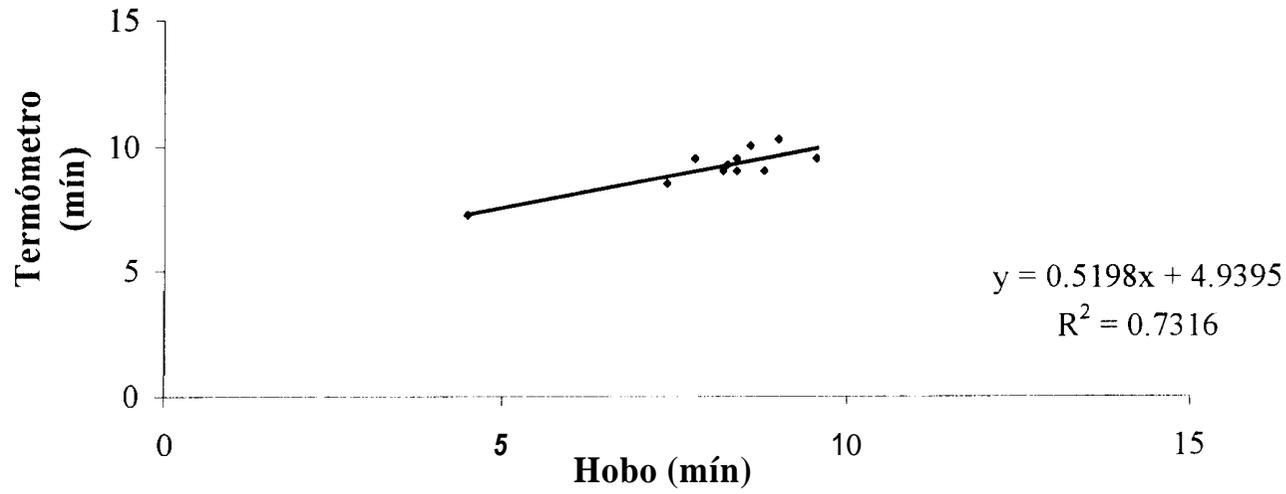
Cuadro 7. Relación lineal de las lecturas de temperaturas registradas con los termómetros de máximas y mínimas con respecto a la ubicación de éstos dentro de cada parcela (suelo forestal, piso forestal y aéreo, éste último colocado a 1.5mde altura). Se muestra la ecuación de la recta, R~y N.

Tipo de hábitat	Temperaturas	Termómetros		
		Piso vs. Suelo	Aéreo vs. Suelo	Aéreo vs. Piso
Pastizal	Máximas	$0.702x+23.351$, 0.22,47	$0.7234x+13.623$, 0.21,12	$0.2922x+18.541$, 0.10,12
	Mínimas	$0.9116x-5.454$, 0.54,47	$0.446x+2.5397$, 0.17,12	$0.4464x+5.7976$, 0.54,12
Pinar	Máximas	$0.401x+23.627$, 0.02,47	$-0.0004x+23.889$, 0.08×10^{-7} ,47	$0.4081x+11.478$, 0.61,47
	Mínimas	$0.8327x-0.8805$, 0.59,47	$0.7119x-0.8017$, 0.46,47	$1.7294x+1.0577$, 0.57,47
Bosque Intermedio	Máximas	$0.4619x+13.442$, 0.11,47	$0.1152x+18.211$, 0.01,47	$0.7255x+5.3555$, 0.65,47
	Mínimas	$1.1513x-5.5789$, 0.67,47	$1.1614x-5.7431$, 0.68,47	$0.9085x+0.4795$, 0.79,47
Bosque Maduro	Máximas	$0.9575x+5.373$, 0.15,47	$0.8745x+5.5089$, 0.38,47	$0.4745x+8.8337$, 0.70,47
	Mínimas	$1.1079x-4.5661$, 0.84,47	$1.0453x-3.1121$, 0.82,47	$0.8877x+1.61$, 0.86,47

Figura 4. Modelo de regresión lineal, entre las lecturas de temperaturas máximas y mínimas obtenidos de manera continua a 1.5 m de altura, para cada hábitat. Se muestra la ecuación de la recta y el coeficiente de determinación (R^2).

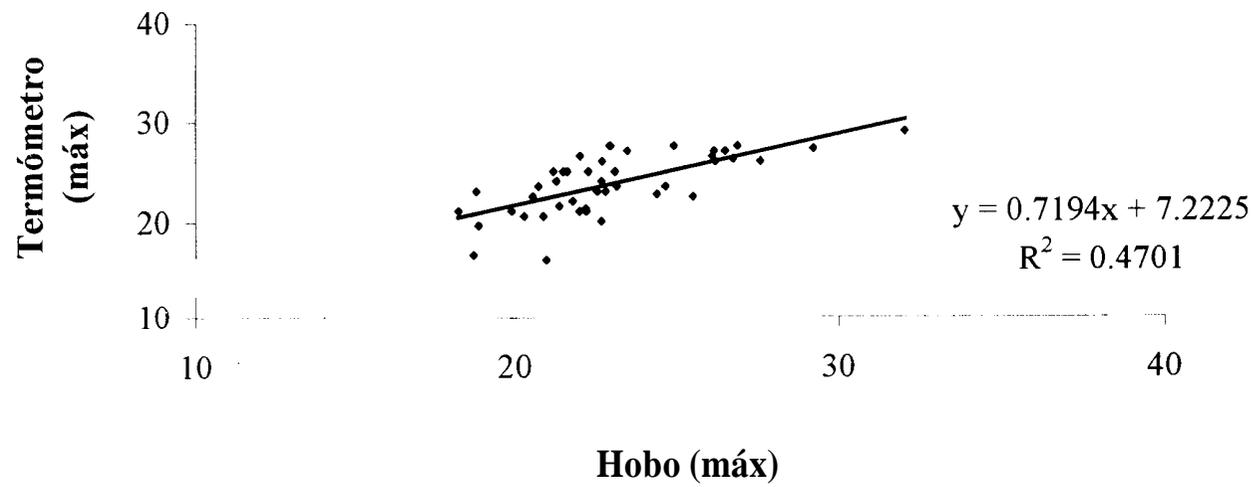
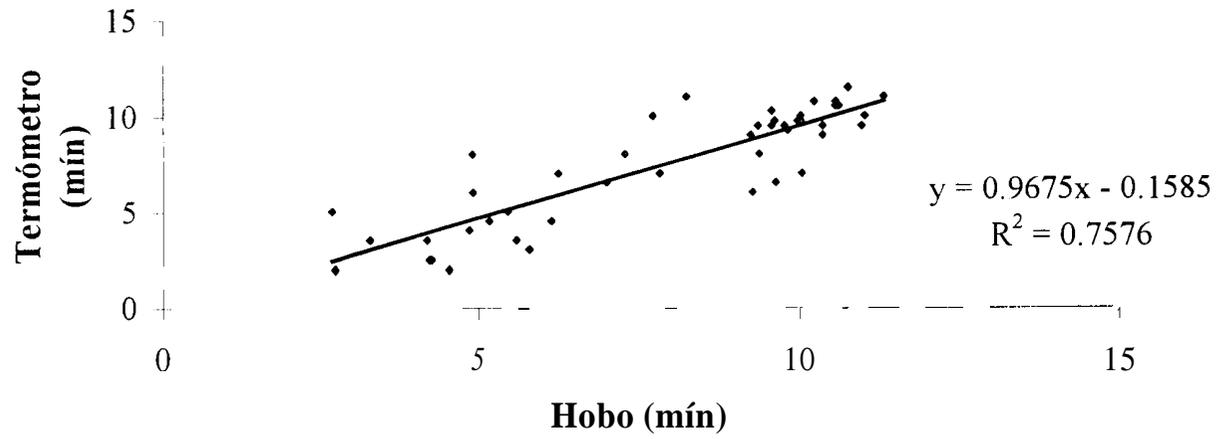
a

PASTIZAL



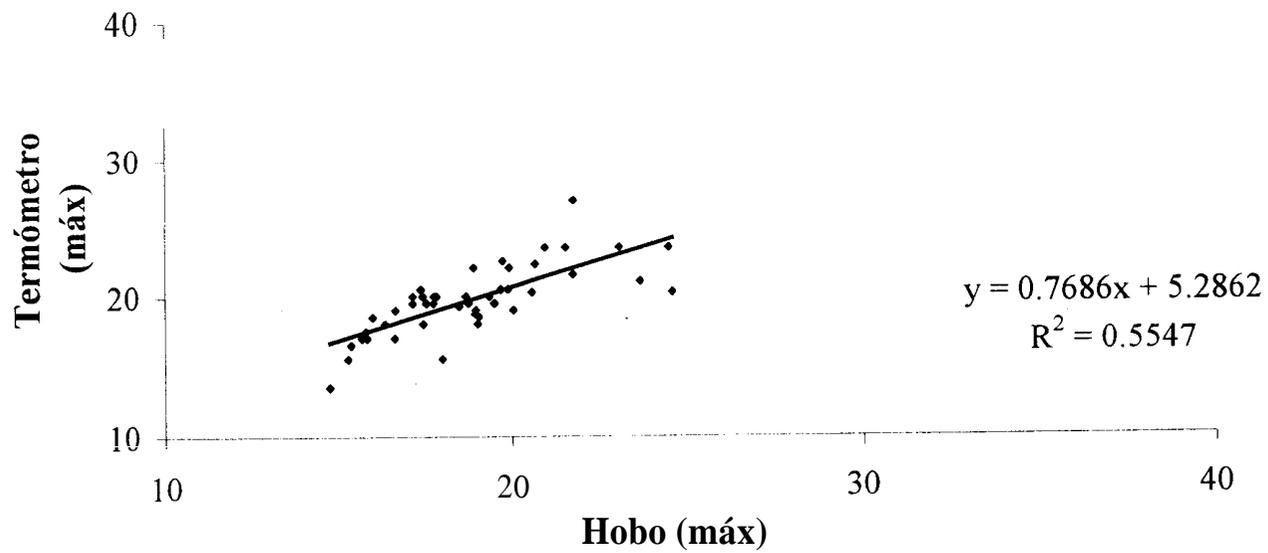
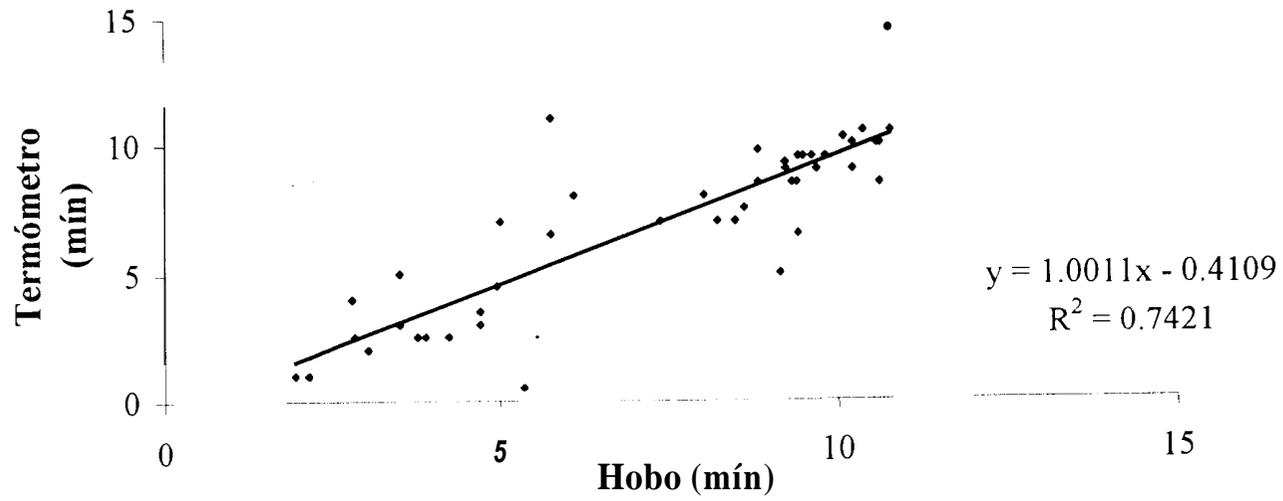
b

PINAR



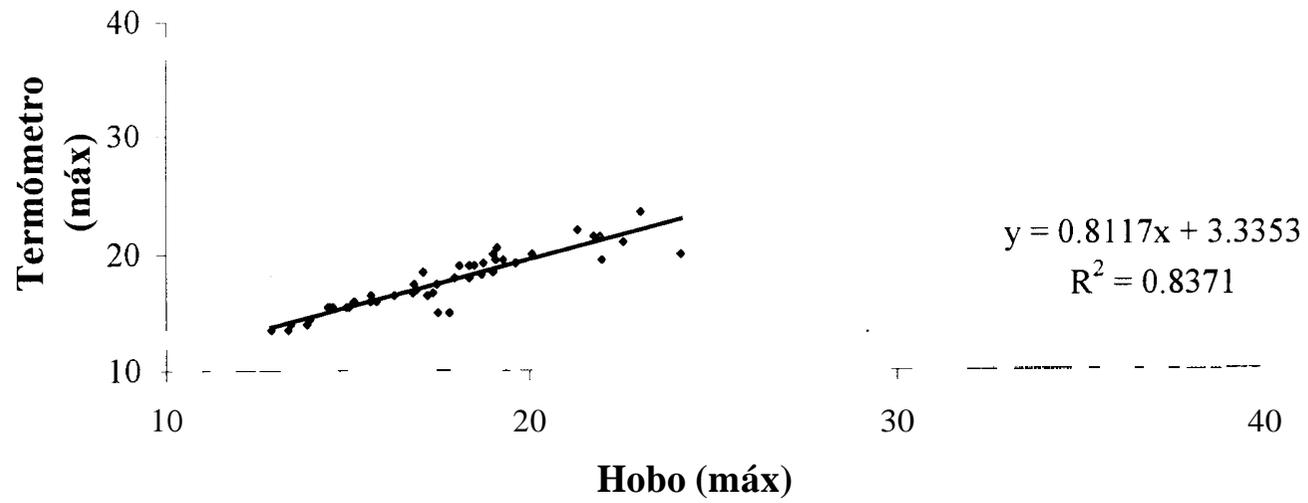
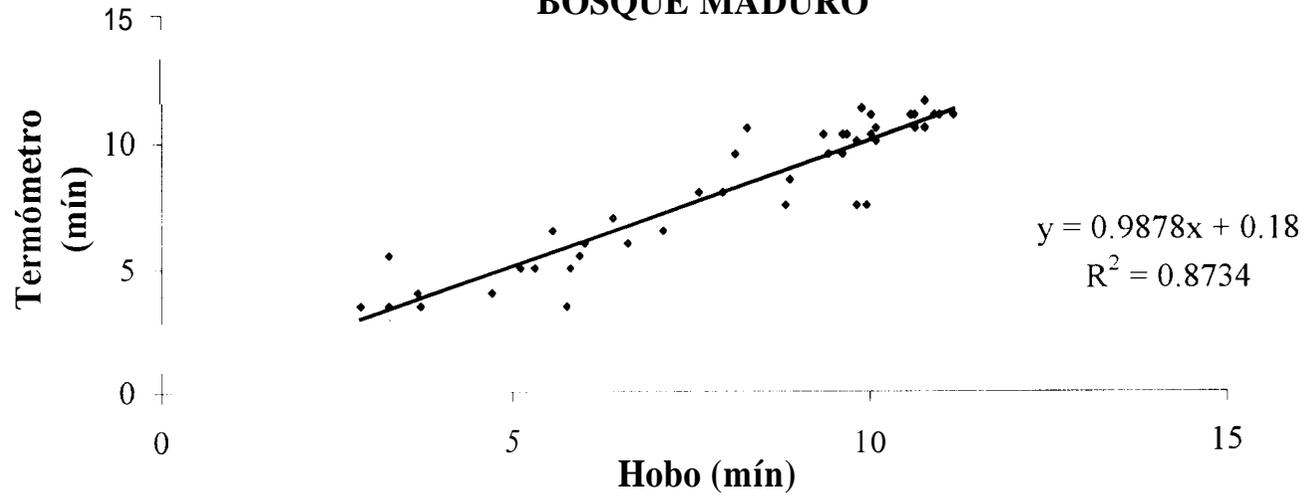
c

BOSQUE INTERMEDIO



d

BOSQUE MADURO



Cuadro 8. Análisis de medidas repetidas de los promedios de humedades relativas (%), obtenidos de los dispositivos HOBO, en el transcurso de un año, por cada tipo de hábitat (Pastizal, Pinar, Bosque Intermedio y Bosque Maduro) y por mes. La diferencia de humedades son, las máximas menos las mínimas.

Humedades	Fuente de variación	g.l.	C.M.	F	P
Mínimas	Mes	1.52 *	10048.441	37.27	0.0010
	Mes x hábitat	4.56 *	417.116	1.55	0.3010
	Error	6.08 *	269.606		
	Hábitat	3.00	4855.216	41.26	0.0020
	Error	4.00	117.687		
Medias	Mes	1.42 *	4797.426	62.86	0.0001
	Mes x hábitat	4.25 *	104.177	1.37	0.3550
	Error	5.67 *	76.315		
	Hábitat	3.00	844.996	9.65	0.0260
	Error	4.00	87.564		
Máximas	Mes	1.75 *	839.478	69.11	0.0001
	Mes x hábitat	5.24 *	11.435	0.94	0.5120
	Error	6.98 *	12.148		
	Hábitat	3.00	5.250	0.81	0.5500
	Error	4.00	6.470		
Diferencia	Mes	1.70 *	437.950	53.28	0.0001
	Mes x hábitat	5.11 *	9.860	1.20	0.4010
	Error	6.81 *	8.220		
	Hábitat	3.00	749.940	52.71	0.0010
	Error	4.00	14.230		

* Grados de libertad ajustados de acuerdo a la ϵ de gireenhouse-Geisser.

de la diferencia entre máxima y mínima no se presentó un patrón definido, sin embargo, para los promedios del porcentaje de humedad máxima en la mayoría de los meses se registraron valores similares con excepción del mes de mayo (Cuadro 3).

En las figuras 5 y 6, se puede observar que en el pastizal fue donde se alcanzaron los valores más altos en los promedios de la diferencia entre humedad máxima y mínima y también fue el hábitat que presentó más variación en la marcha anual de los promedios de humedad relativa máxima y mínima principalmente, donde llegó a alcanzar valores de 0%, lo cual no sucedió en ninguno de los hábitats con cubierta arbórea. El bosque intermedio y maduro presentaron condiciones muy similares entre sí. mientras que en el pinar estas condiciones fueron un poco menos estables. En el período más seco el pastizal osciló entre 0 y 94% de humedad, el pinar entre 7 y 50%, el bosque intermedio entre 6 y 85% y el bosque maduro entre 10 y 80%. En época de lluvias, la humedad en el pastizal osciló entre 63 y 100%. mientras que en los tres tipos de bosque se alcanzó el 100% constante en algunos meses. Finalmente también se pudo apreciar una estacionalidad entre el período de secas y el de lluvias en los cuatro hábitats.

Porcentajes de humedad relativa en el suelo.

El análisis de varianza del porcentaje de humedad en el suelo mostró diferencias significativas entre hábitats y por años, sin embargo, no hubo diferencias en la interacción de ambos factores (Cuadro 9).

La prueba de comparación múltiple mostró que el porcentaje de humedad en el

Figura 5. Promedios semanales de las diferencias obtenidas al restar el porcentaje de humedad relativa máximo y el mínimo durante un año para cada hábitat (PA= Pastizal, PI= Pinar, BI= bosque intermedio y BM= bosque maduro).

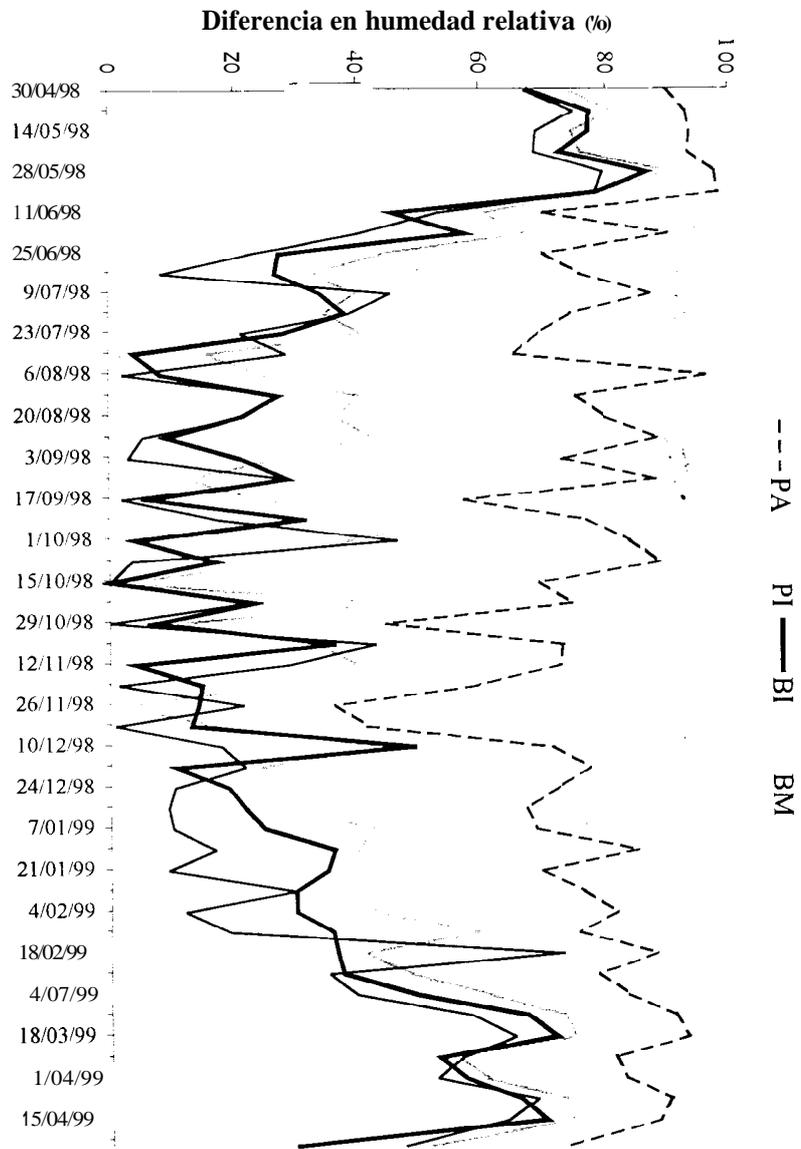
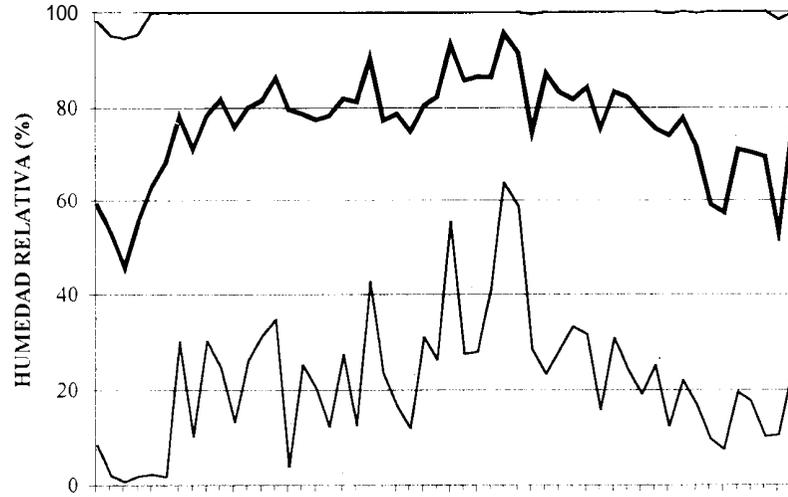
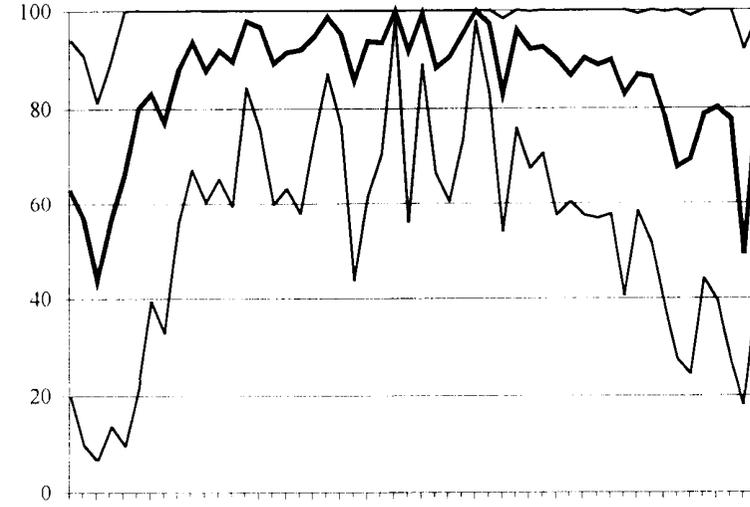


Figura 6. Promedios semanales del porcentaje de humedad relativa para cada hábitat. Las dos líneas delgadas muestran los promedios de los porcentajes de humedad máximos y mínimos, mientras que la línea gruesa muestra el promedio del porcentaje de humedad medio.

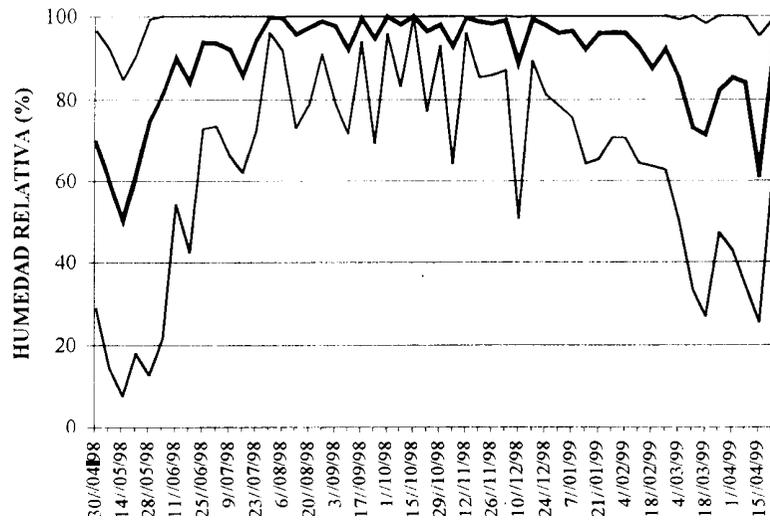
PASTIZAL



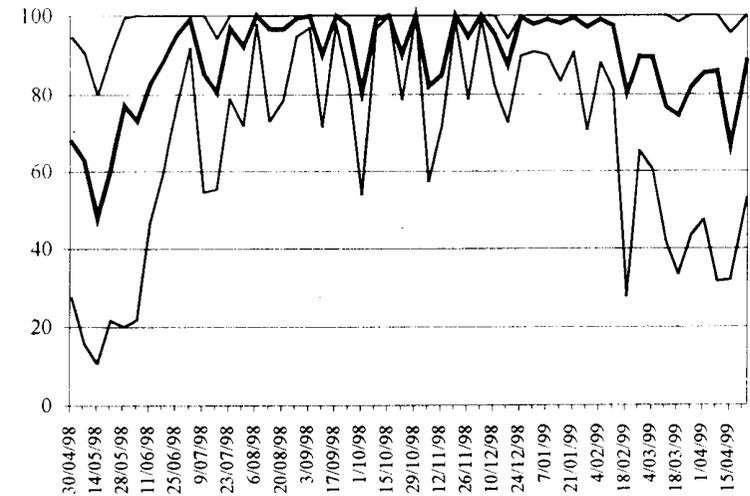
PINAR



BOSQUE INTERMEDIO



BOSQUE MADURO



Cuadro 9. Análisis de varianza factorial del porcentaje de humedad en el suelo durante 12 meses

<u>Fuente de variación</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>P</u>
Hábitat	3	116.875	39.766	0.0001
Mes	11	111.128	37.810	0.0001
Hábitat x mes	33	1.556	0.530	0.9710
Error	48	2.939		

suelo del pastizal fue diferente al de los bosques y dentro de éstos en el pinar también se presentaron condiciones de humedad diferentes a las del bosque intermedio y maduro, mientras que en estos dos últimos no se obtuvieron diferencias significativas (Cuadro 10). En lo que se refiere a las diferencias entre meses, no hubo un patrón general, sin embargo, los meses del período de secas y los del de lluvias fueron más parecidos entre sí respectivamente (Cuadro 3).

En la figura 7 se puede observar que el porcentaje de humedad en el suelo más bajo para los cuatro hábitats, se presentó en el mes de mayo. Tanto en el pastizal como en el pinar se registró un valor del 5%, en tanto que en el bosque intermedio se alcanzó el 8% y en el bosque maduro el 9%. El porcentaje de humedad más alto, también para los cuatro hábitats, ocurrió en el mes de septiembre, en el pastizal fue del 16%, en el pinar 18.96, en el bosque intermedio 21% y finalmente en el bosque maduro fue del 23%.

Análisis de las variables físico-químicas del suelo y la hojarasca del piso forestal.

El análisis de varianza de las variables físico-químicas del suelo mostró que hubo diferencias significativas entre hábitats para las variables de densidad aparente, pH, porcentaje de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de nitrógeno, suma total de hojarasca y también una diferencia marginal para la variable de arcilla (Cuadro 11).

Al realizar la prueba de comparación múltiple, la densidad aparente, el porcentaje de materia orgánica, el pH, el porcentaje de nitrógeno y la suma total de hojarasca en el

Cuadro 10. Pruebas de comparación múltiple de Tukey. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre hábitats ($P < 0.05$).

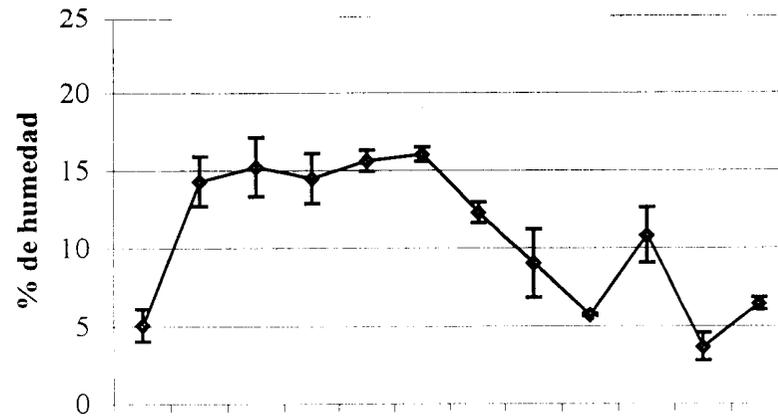
Variable	Pastizal	Pinar	Bosque Intermedio	Bosque Maduro
Humedad suelo	a	b	c	c
Hojarasca		a	b	b

Cuadro 11. Análisis de varianza con un criterio de clasificación de las características físico-químicas del suelo por cada tipo de hábitat (Pinar, Bosque Intermedio y Bosque Maduro).
Para todas las variables, g.1.= 17,2.

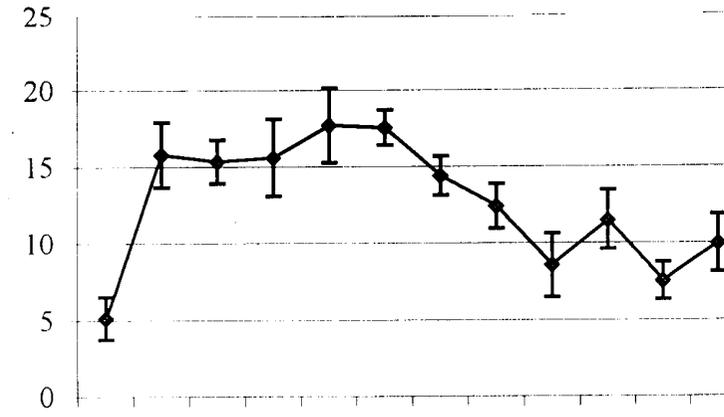
Variable	C.M.	F	P
Arena	40.222	2.193	0.1460
Arcilla	32.667	3.387	0.0610
Limo	4.222	0.231	0.7970
Fósforo	1.811	0.703	0.5110
Acidez Intercambiable	16.781	3.134	0.0730
Calcio	2.414	1.522	0.2500
Magnesio	2.563	3.421	0.0600
Biomasa microbiana	6637000.000	3.153	0.1480
Densidad aparente	0.061	26.213	0.0001
PH	1.431	7.501	0.0060
Materia orgánica	147.167	13.655	0.0001
Capacidad de intercambio catiónico	121.586	5.369	0.0170
Nitrógeno	5.056	7.000	0.0070
Hojasca Total	108200.000	9.516	0.0001

Figura 7. Porcentaje de humedad en el suelo (media \pm error estándar), obtenido cada mes durante un año por hábitat.

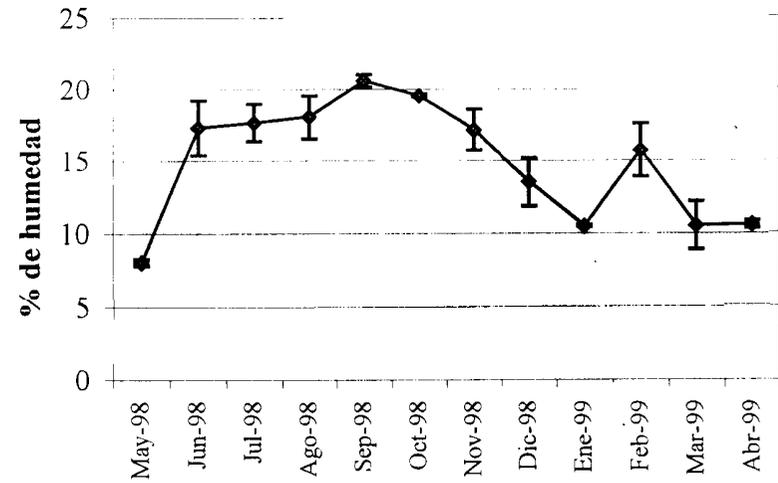
PASTIZAL



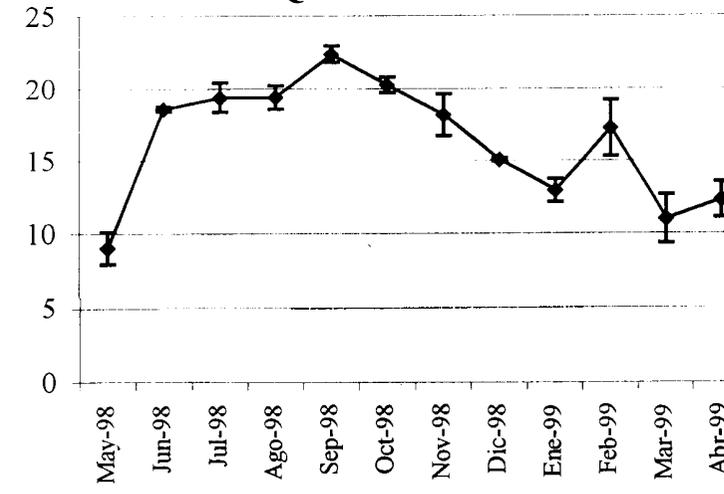
PINAR



BOSQUE INTERMEDIO



BOSQUE MADURO



pinar resultaron ser diferentes del bosque intermedio y maduro, mientras que en estos dos últimos hábitats fue igual. En el caso de la capacidad de intercambio catiónico, el pinar mostró diferencias significativas con respecto al bosque maduro únicamente y entre el bosque intermedio y maduro no hubo diferencias en esta variable. En cuanto a la arcilla, para el pinar y bosque maduro y para el bosque intermedio y bosque maduro no se presentaron diferencias, mientras que sí las hubo para el bosque intermedio y el pinar (Cuadro 10 y 12).

La densidad aparente en el pinar fue mayor que en el bosque intermedio y maduro, por el contrario, el porcentaje de materia orgánica, el porcentaje de Nitrógeno y la capacidad de intercambio catiónico fueron mayores en los bosques intermedio y maduro. En cuanto al pH, el suelo del pinar fue menos ácido que en los otros dos tipos de bosque (Cuadro 12).

Al obtener los promedios de las repeticiones para todas las variables del suelo, se pudieron observar diferencias aparentes, a pesar de no haber resultado significativas en la prueba de comparación múltiple realizada. Para el caso del porcentaje de arena, éste fue mayor en el pinar que en el bosque intermedio y maduro, mientras que el porcentaje de arcilla y limo, la acidez intercambiable y la biomasa microbiana fue mayor para estos dos tipos de bosque con respecto al pinar (Cuadro 12).

Por último, al observar los promedios de la relación Peso/Volumen de la suma total de hojarasca, el pinar fue el que presentó la mayor cantidad de hojarasca acumulada en el piso forestal con respecto a los bosques intermedio y maduro (Cuadro 13).

Cuadro 12. Variables fisico-químicas del suelo, se muestra la media, el error estándar y el promedio entre repeticiones. Letras diferentes indican diferencias significativas entre hábitats (Prueba de Tukey $P < 0.05$).

Variable	Parcela	Tipo de Bosque					
		Pinar Media	e.e.	intermedio Media	e.e.	Maduro Media	e.e.
Arena (%)	P1	60.61	1.33	54.61	5.70	62.61	1.33
	P2	63.95	0.67	53.28	4.16	49.28	5.03
	Promedio	62.28 a		53.95 a		55.95 a	
Limo (%)	P1	18.00	3.06	16.00	1.15	14.00	0.00
	P2	18.00	1.15	22.67	2.67	28.00	4.00
	Promedio	18.00 a		19.33 a		21.00 a	
Ac. interc. (meq/100g)	P1	3.70	0.89	5.59	1.72	5.66	1.37
	P2	0.24	0.03	5.03	0.99	2.03	0.62
	Promedio	1.97 a		5.31 a		3.84 a	
P (ppm)	PI	7.71	0.63	6.44	0.77	8.98	0.72
	P2	9.07	0.65	8.43	1.19	7.80	1.14
	Promedio	8.39 a		7.43 a		8.39 a	
Ca (meq/100g)	P1	6.03	0.54	5.82	1.10	6.97	0.82
	P2	6.17	0.90	6.32	0.36	7.39	0.87
	Promedio	6.10 a		6.07 a		7.18 a	
Mg (meq/100g)	PI	2.20	0.18	1.35	0.84	2.68	0.34
	P2	1.59	0.87	1.97	0.15	3.11	0.11
	Promedio	1.90 a		1.66 a		2.89 a	

Cuadro 12. Continuación

Variable	Parcela	Tipo de Bosque					
		Pinar		Intermedio		Maduro	
		Media	e.e.	Media	e.e.	Media	e.e.
* Biom. Micr (microgC/g suelo)	P1	5612.44		3422.22		8281.78	
	P2	2532.44		5680.89		6981.33	
	Promedio	4072.44 a		4551.56 a		7631.56 a	
Arcilla (%)	P1	21.39	1.76	29.39	5.70	23.39	1.33
	P2	18.05	1.33	24.05	1.76	22.72	1.15
	Promedio	19.72 a		26.72 b		23.05 ab	
Dens. Apar. (g/inl)	P1	0.95	0.02	0.81	0.03	0.75	0.02
	P2	0.98	0.05	0.78	0.02	0.82	0.02
	Promedio	0.97 a		0.80 b		0.79 b	
Mat. Org (%)	P1	11.03	0.87	17.66	2.30	18.22	0.58
	P2	3.90	0.24	11.54	2.53	15.77	1.21
	Promedio	7.47 a		15.60 b		17.00 b	
pH	P1	4.83	0.07	4.28	0.19	4.42	0.05
	P2	5.89	0.05	4.66	0.14	4.72	0.26
	Promedio	5.36 a		4.47 b		4.57 b	
N (%)	P1	0.40	0.01	0.76	0.15	0.74	0.05
	P2	0.14	0.01	0.47	0.07	0.53	0.05
	Promedio	0.27 a		0.62 b		0.63 b	
CICT (meq/100g)	P1	19.12	1.15	26.10	3.65	27.01	1.72
	P2	16.69	4.86	23.37	2.93	25.80	1.79
	Promedio	17.91 a		24.74 ab		26.41 b	

* No se muestra el error estándar ya que se obtuvo un solo valor por parcela

Cuadro 13. Promedios de la relación Peso @/m2)1 Volumen ($\sim 1 r n \pm \text{error estándar}$ por cada capa de hojarasca (superficial, en descomposición y en fermentación) y la suma total de las tres capas, para cada hábitat (PI=Pinar, BI= bosque intermedio y BM= bosque maduro).

Hábitat	Peso/Volumen (g/L)			Total
	Superficial	Descomposición	Fermentación	
PI	94.3 ± 11.80	133.45 ± 3.550	164.85 ± 10.25	392.6
BI	75.85 ± 37.55	98.95 ± 40.15	108.3 ± 55.20	283.1
BM	64.85 ± 7.450	94.7 ± 3.600	135.45 ± 15.45	295.0

Porcentaje de cobertura del dosel en cada estación del año.

El análisis estadístico del porcentaje de cobertura del dosel, no mostró diferencias significativas entre hábitats ni entre estaciones (Cuadro 14).

En la figura 8 se puede observar que, al menos, en los promedios del porcentaje de la cobertura del dosel, el pinar presentó un menor porcentaje de cobertura en cualquier estación en comparación con los otros dos tipos de bosque y también fue en el pinar donde se observó una mayor amplitud en la variación de los datos con respecto a la media.

Relación del tamaño y la edad de los pinos.

En la figura 9 se puede apreciar una relación lineal con respecto al tamaño y la edad de los pinos, sin embargo, la ecuación solamente explica el 55% de la variación total. Los individuos, que no se ajustaron al modelo, fueron pinos de gran tamaño pero con pocos anillos de crecimiento y también hubo pinos pequeños pero con varios anillos de crecimiento.

Caracterización de especies arbóreas.

Se encontró un mayor número de especies en los bosques intermedio y maduro en comparación al pinar, donde se cuantificaron, tres especies de pinos, con un área basal

Cuadro 14. Análisis de medidas repetidas del porcentaje de cobertura, obtenido para cada estación (primavera, verano, otoño e invierno) durante un año y por hábitat (Pinar, Bosque Intermedio Bosque Maduro).

<u>Fuente de variación</u>	<u>g.l.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>	<u>P</u>
Estación	1.55 *	116.777	2.159	0.215
Estación x hábitat	3.10 *	17.021	0.315	0.820
Error	4.64 *	54.100		
Hábitat	2.00	208.691	1.17	0.421
Error	3.00	178.050		

* Grados de libertad ajustados de acuerdo a la ϵ de Greenhouse-Geisser.

Figura 8. Porcentaje de cobertura del dosel (media \pm error estándar), obtenido en cada cambio de estación durante un año por habitat (PI= Pinar, BI= bosque intermedio y BM= bosque maduro).

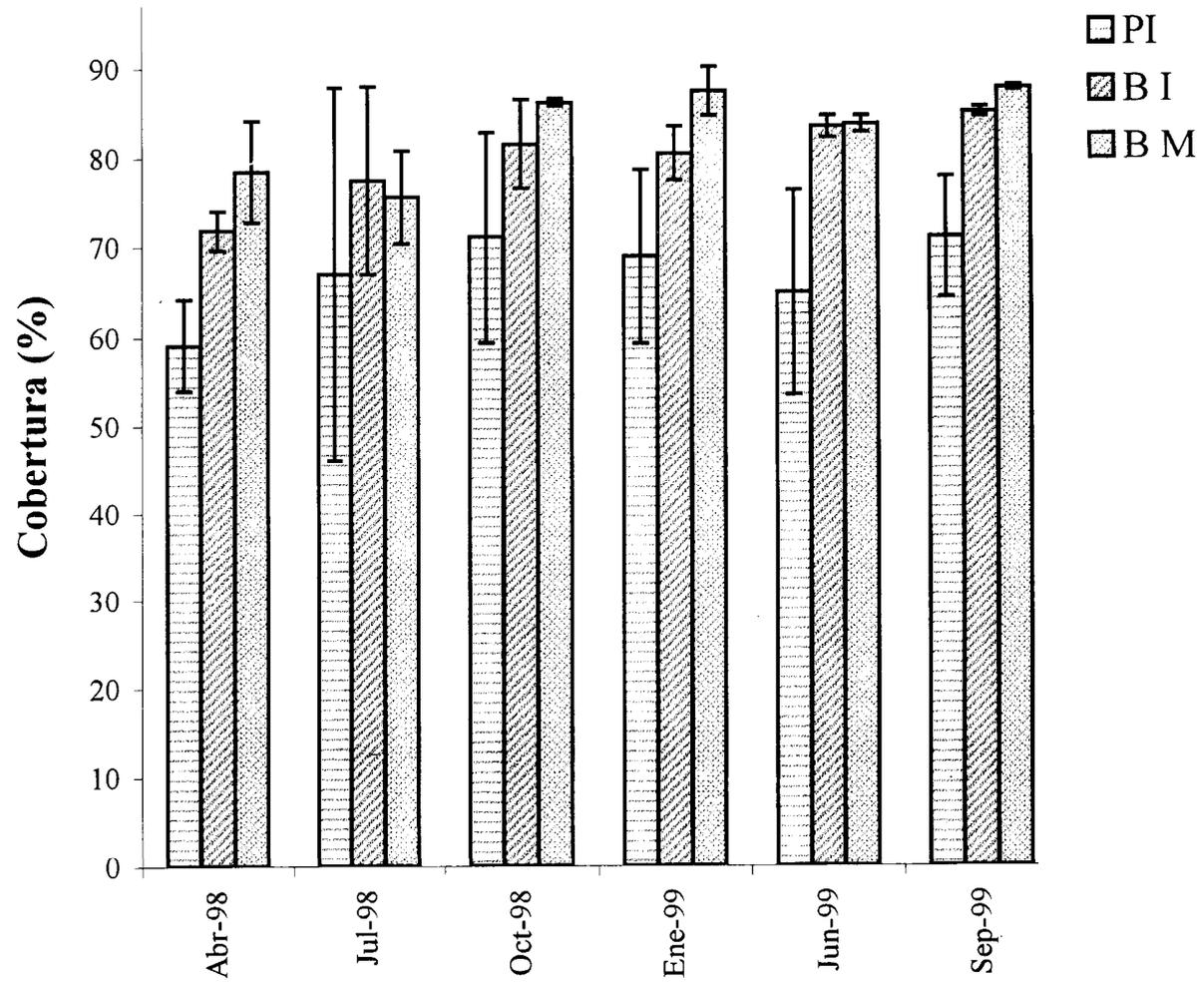
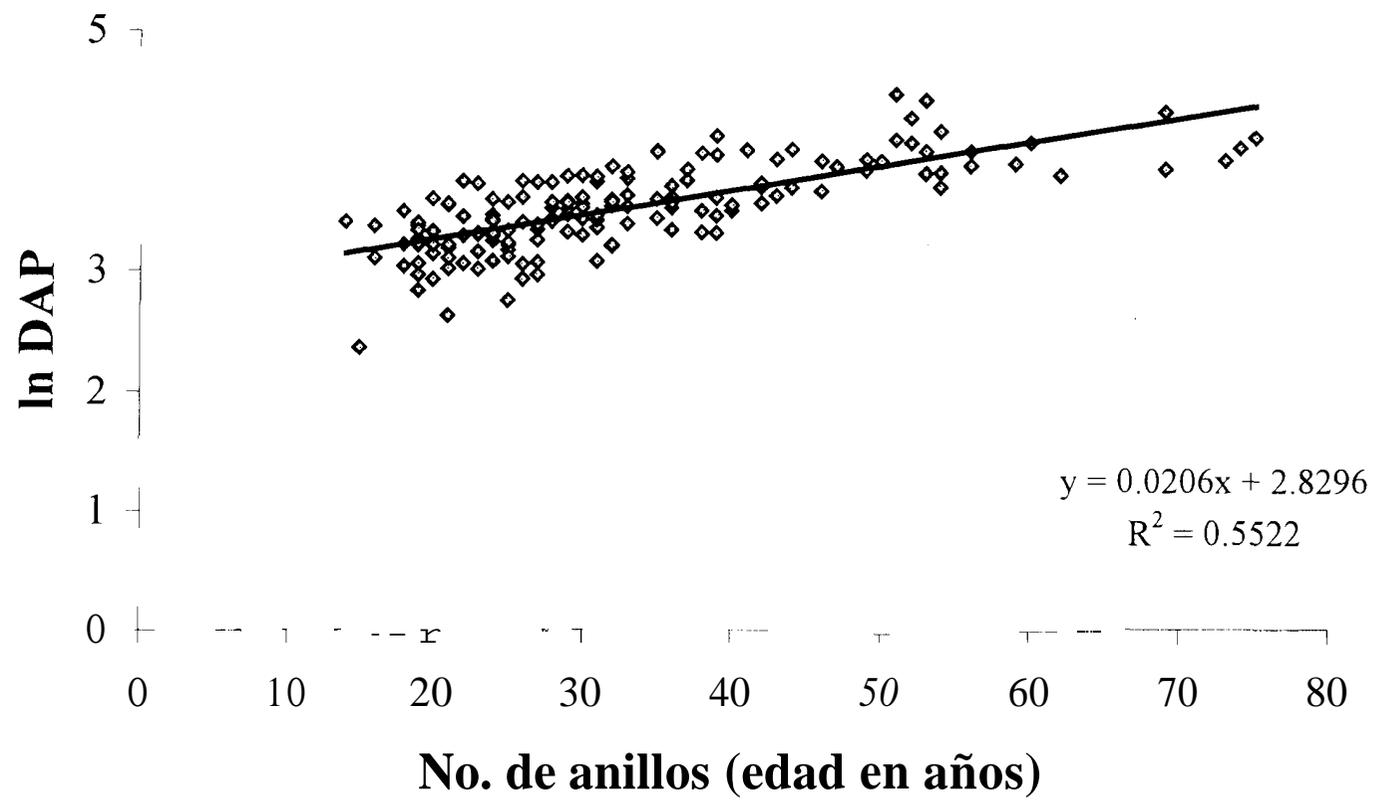


Figura 9. Modelo de regresión lineal del número de anillos contra el tamaño (ln del D.A.P.) de 160 individuos de *Pirlus* sp. en rodales de Rancho Merced-Bazóm.



total de 28 m²/ha y una densidad de 675 ind/ha; cuatro especies de encinos, con un área basal total de 3.76 m²/ha y una densidad de 1,130 ind/ha y solo una especie de otras latifoliadas, con un área basal de 0.65 m²/ha y una densidad de 95 ind/ha. El bosque intermedio presentó tres especies de pinos, con un área basal total de 20.23 m²/ha y una densidad de 260 ind/ha; tres especies de encinos, con un área basal total de 21.32 m²/ha y una densidad de 2,035 ind/ha y 22 especies de otras latifoliadas, con un área basal total de 11.24 m²/ha y una densidad de 7,630 ind/ha. Finalmente, el bosque maduro no presentó ninguna especie de pino, mientras que de encino se registraron dos especies, con un área basal total de 14.94 m²/ha y una densidad de 365 ind/ha y 23 especies de otras latifoliadas, con un área basal total de 34.50 m²/ha y una densidad de 17,965 ind/ha (Cuadro 15).

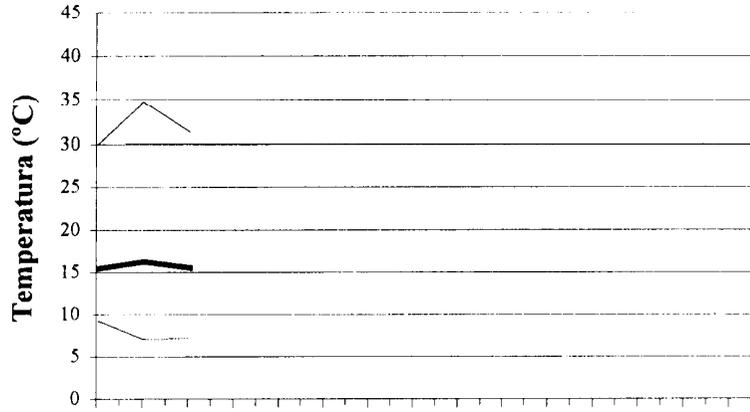
Cuadro 15. Área basal (m²/ha) y densidad (ind/ha) de las especies arbóreas presentes en cada tipo de bosque (Pinar, Bosque Intermedio y Bosque Maduro).

Especies arbóreas	Tipo de Bosque					
	Pinar		Bosque intermedio		Bosque maduro	
	A.B.	Densidad	A.B.	Densidad	A.B.	Densidad
PINOS						
<i>Pinus tecunumanii</i>	12.547	200	19.737	185	---	---
<i>Pinus montezumae</i> var. <i>montezumae</i>	4.522	65	---	---	---	---
<i>Pinus pseudostrobus</i> var. <i>pseudostrobus</i>	10.932	410	0.401	70	---	---
<i>Pinus ayacahuite</i>	---	---	0.088	5	---	---
ENCINOS						
<i>Quercus laurina</i>	3.603	220	10.255	500	12.403	350
<i>Quercus crassifolia</i>	0.131	850	5.931	50	2.533	15
<i>Quercus skutchii</i>	0.007	50	---	---	---	---
<i>Quercus rugosa</i>	0.020	10	---	---	---	---
<i>Quercus acatenangensis</i>	---	---	5.138	1485	---	---

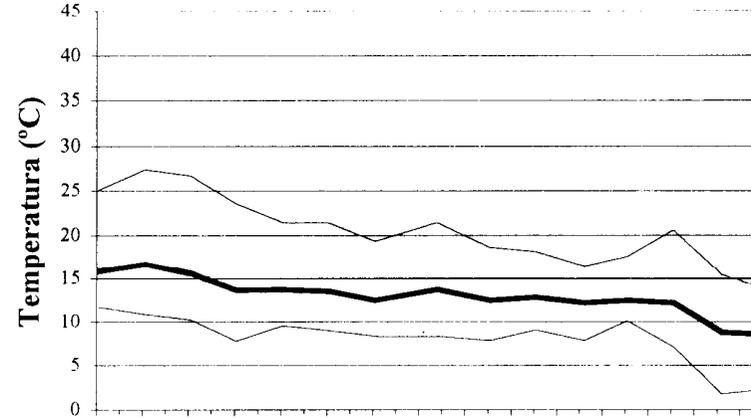
Cuadro 15. Continuación

Especies arbóreas	Tipo de Bosque					
	Pinar		Bosque Intermedio		Bosque hladuro	
	A. B	Densidad	AB.	Densidad	AB.	Densidad
OTRAS LATIFOLIADAS						
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.65	95	---	---	---	---
<i>Rhamnus sharpii</i>		---	0.24	320	0.05	100
<i>Prunuserotina</i>		---	0.19	60	0.10	15
<i>Cleyera theaeoides</i>		---	0.25	85	3.79	255
<i>Microtropis contracta</i>		---	0.07	20	0.42	570
<i>Persea americana</i>		---	0.13	270	6.75	3970
<i>Prunus ramnoides</i>	---	---	0.07	110	---	---
<i>Olmediella betschleriana</i>		---	0.03	10	0.05	10
<i>Symplocos limoncillo</i>		---	0.09	260	0.31	1320
<i>Licaria campechiana</i>		---	0.10	400		
<i>Rapanea juergensenii</i>		---	0.77	1425	1.46	635
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>		---	0.09	450	0.25	40
<i>Ternstroemia lineata</i>		---	0.49	555	1.49	1670
<i>Oreopanax xalapensis</i>		---	0.61	2750	1.26	4745
<i>Ilex macfadyenni</i>		---	0.02	150		

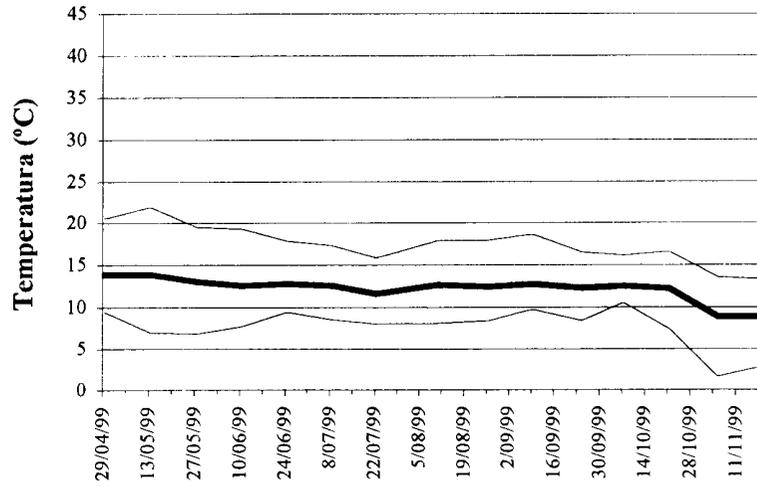
Pastizal



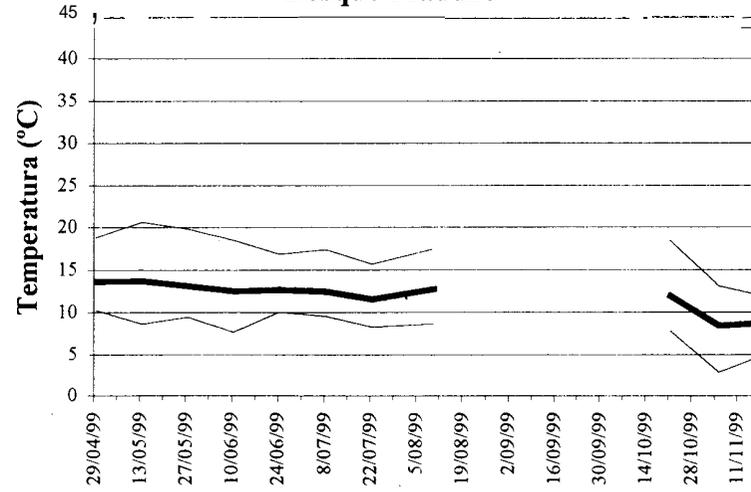
Pinar



Bosque Intermedio

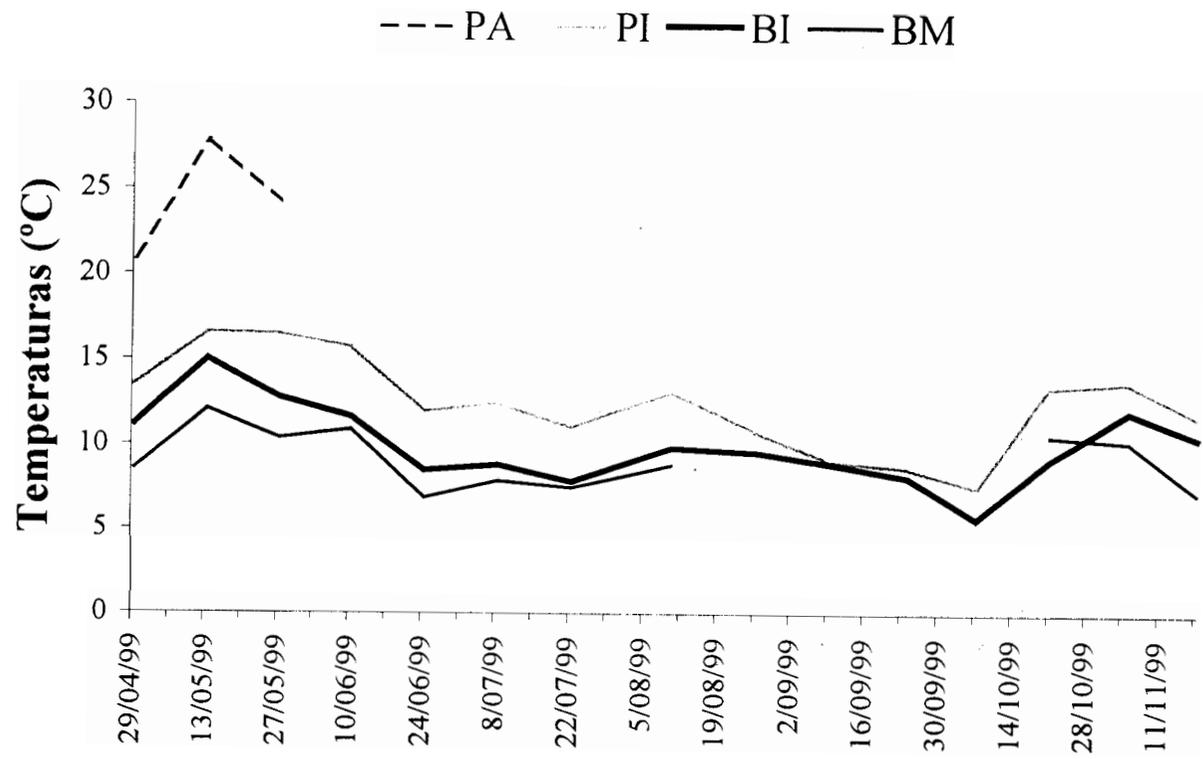


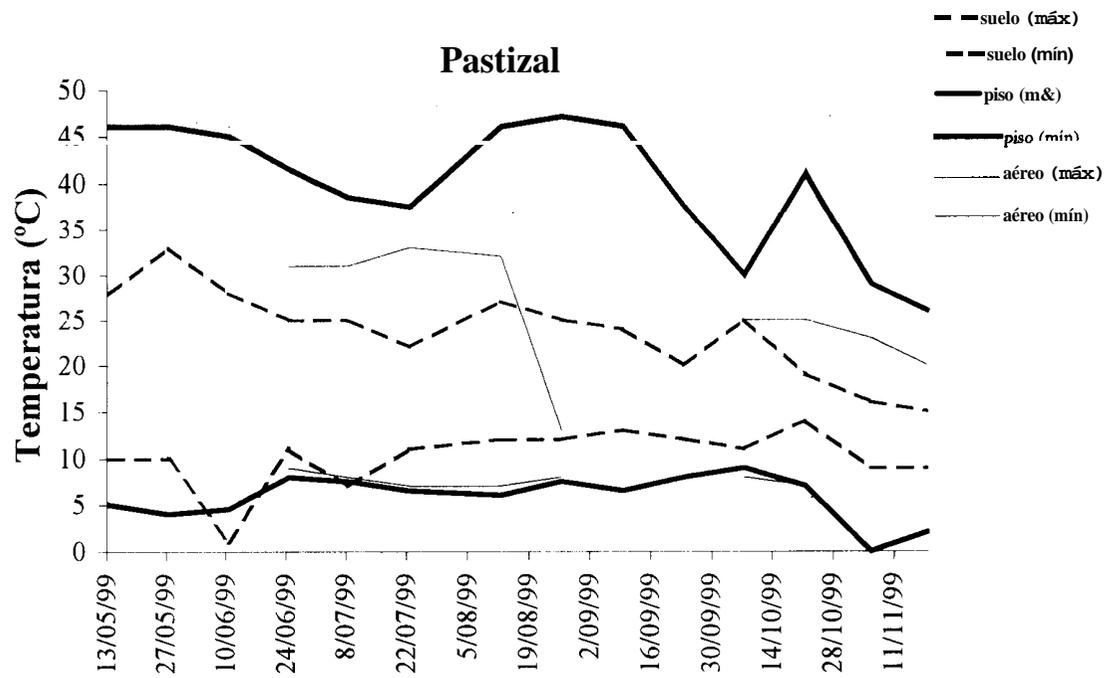
Bosque Maduro



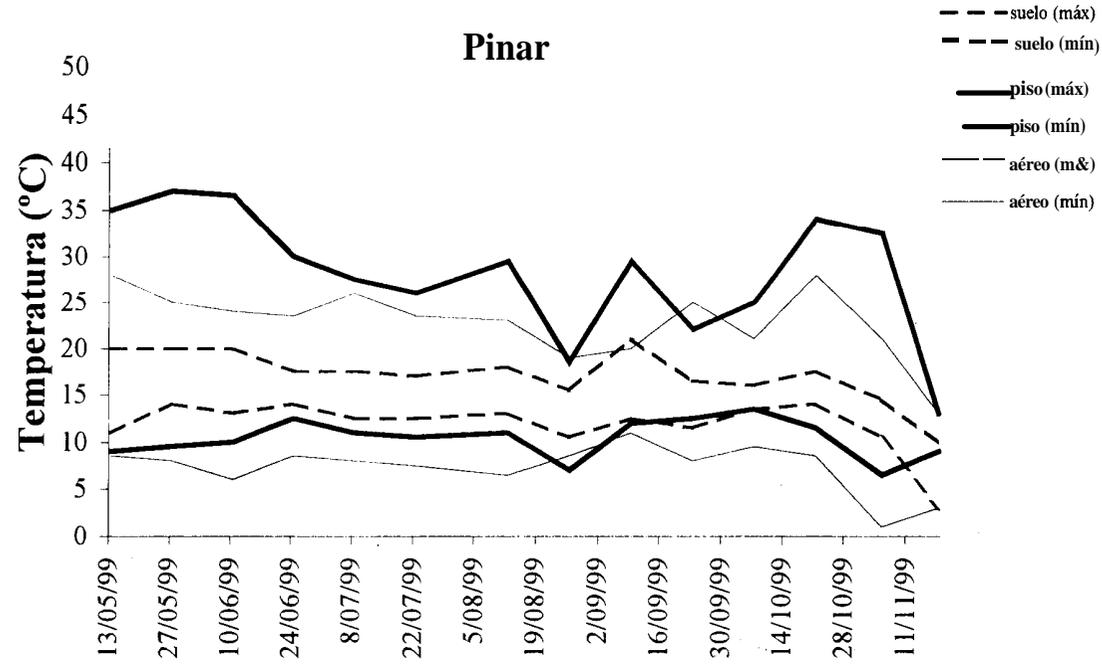
Cuadro 15. Continuación

Especies arbóreas	Tipo de Bosque								
	Pinar			Bosque Intermedio			Bosque hladuro		
	A.B.	Densidad		A.B.	Densidad		A.B.	Densidad	
<i>Drimys granadensis</i>	---	---		0.06	150		---	---	
<i>Magnolia sharpii</i>	---	---		0.14	100		4.77	210	
<i>Alnus acuminata</i>	---	---		0.62	15		---	---	
<i>Cornus disciflora</i>	---	---		0.65	135		0.69	340	
<i>Styrax argentum</i>	---	---		0.05	5		0.52	1220	
<i>verbesina perymenioides</i>	---	---		6.50	210		0.09	190	
<i>Viburnum jucundum</i>	---	---		0.09	100		0.00	50	
<i>Litsea glaucescens</i>	---	---		0.00	50				
<i>Clethra macrophylla</i>	---	---					10.79	275	
<i>Meliosma dentata</i>	---	---					0.36	25	
<i>Eupatorium nubigenum</i>	---	---					0.62	265	
<i>Daphnopsis malacophylla</i>	---	---					0.33	1100	
<i>Xylosma chiapensis</i>	---	---					0.06	60	
<i>Saurauia latipetala</i>	---	---					0.33	850	
<i>Myrica cerifera</i>	---	---					0.00	50	
TOT.-AL	N			N			N		
Pinos	3	28.00	675	3	20.23	260	0	---	---
Encinos	4	3.76	1130	3	21.32	2035	2	14.94	365
Otras Latifoliadas	1	0.65	95	22	11.24	7630	23	34.50	17965
TOTXL	8	32.41	1900	28	52.79	9925	25	49.43	18330

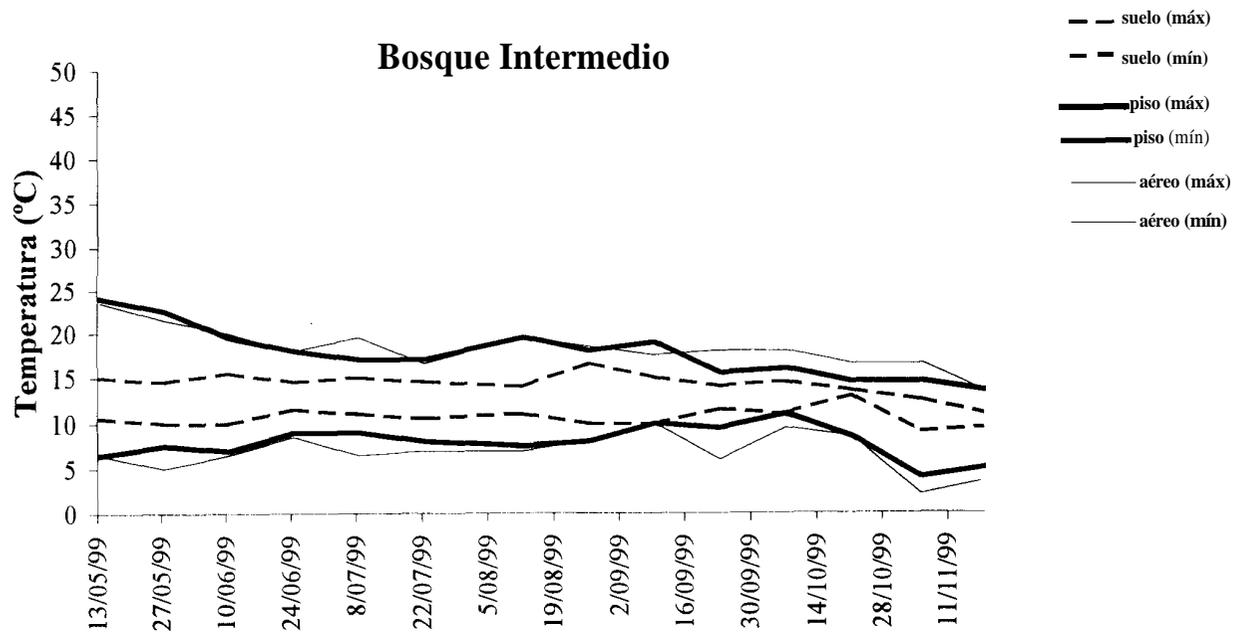




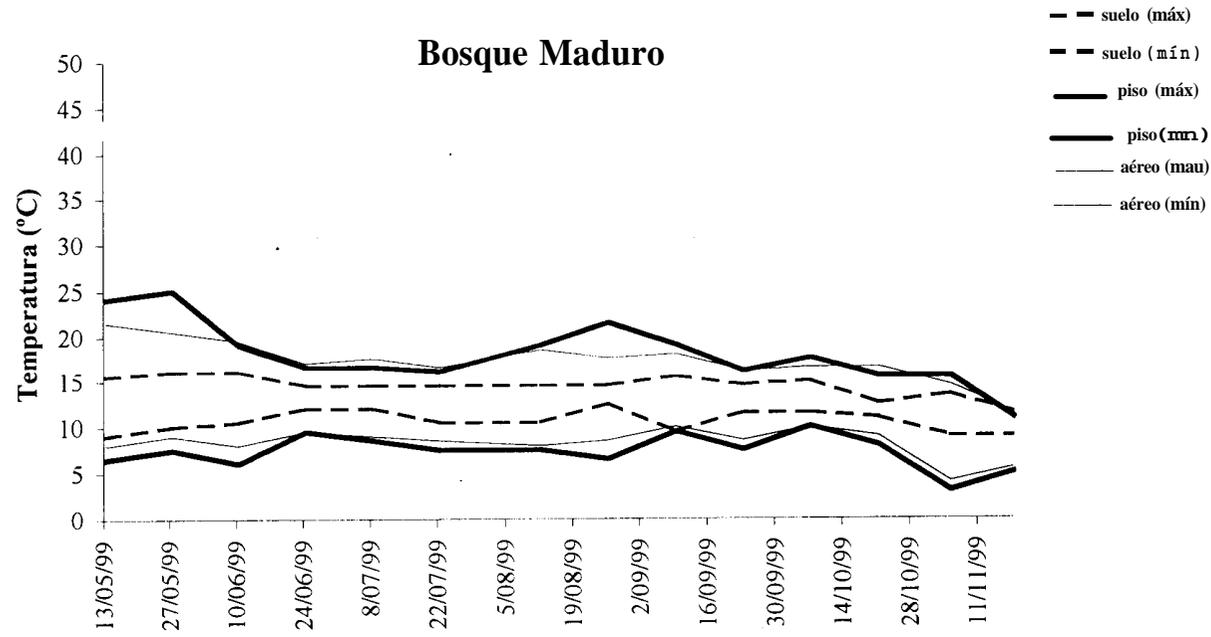
Pinar

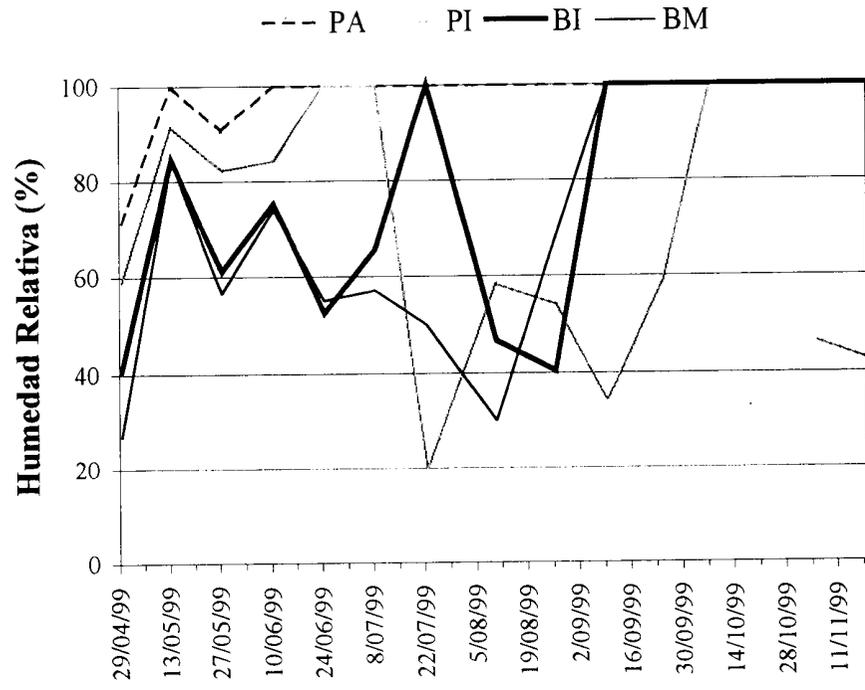


Bosque Intermedio

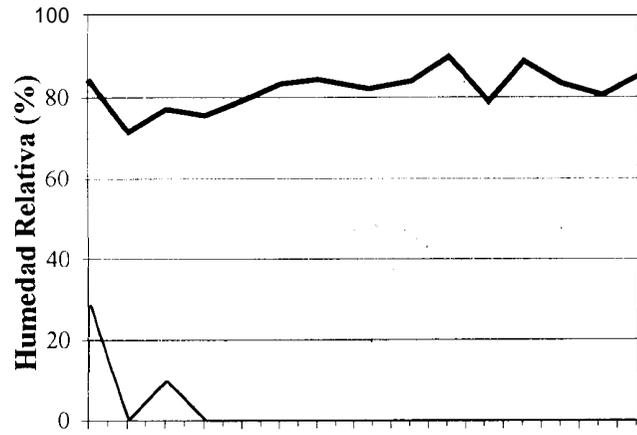


Bosque Maduro

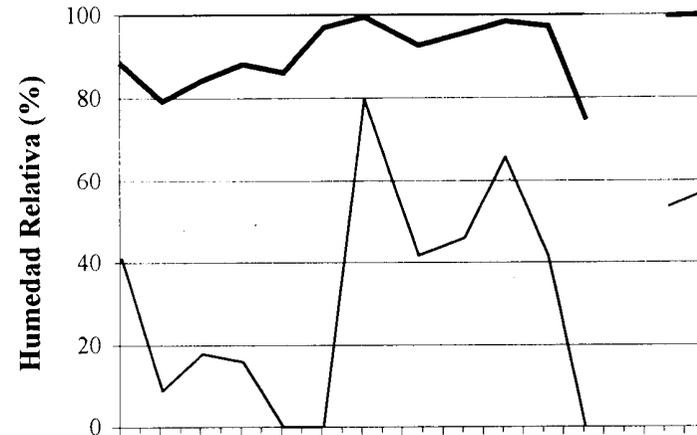




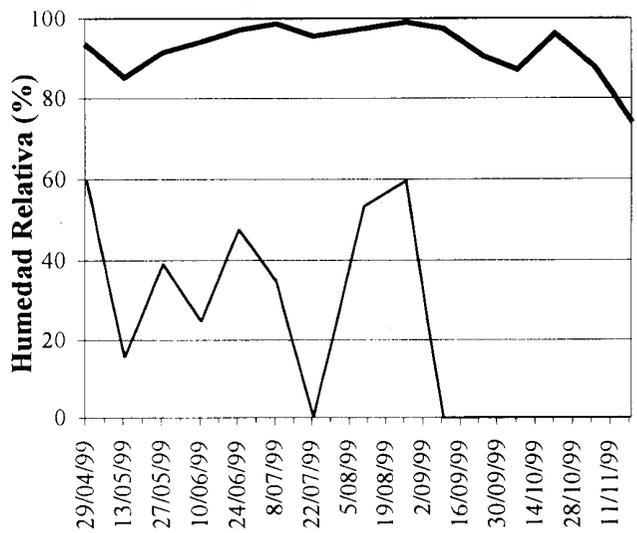
Pastizal



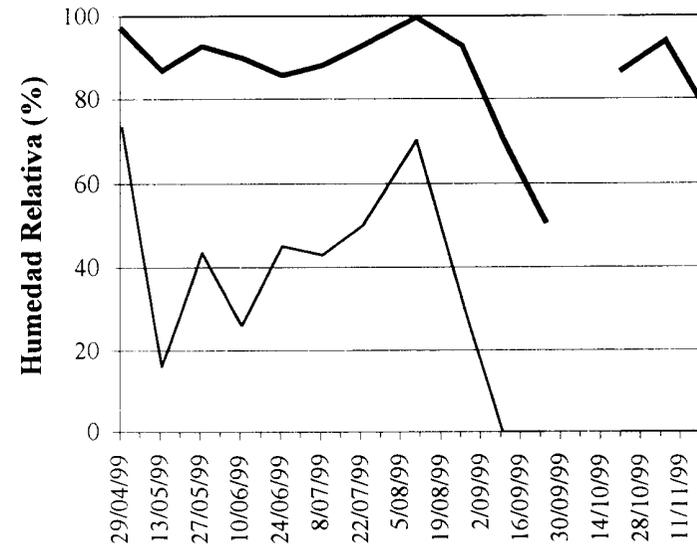
Pinar



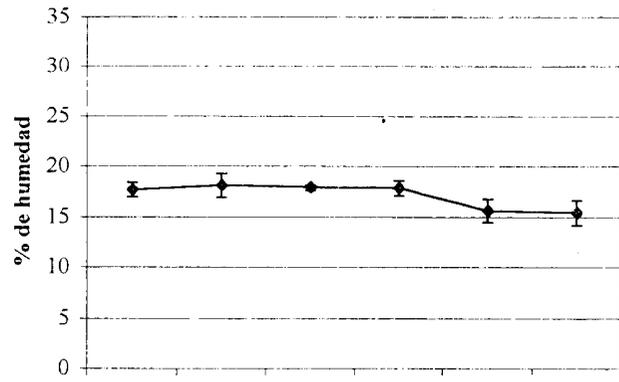
Bosque Intermedio



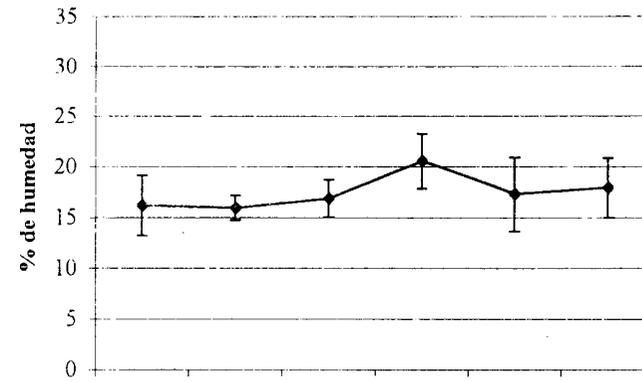
Bosque Maduro



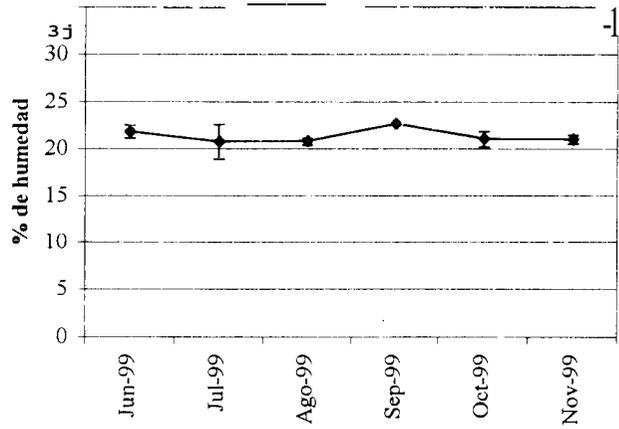
Pastizal



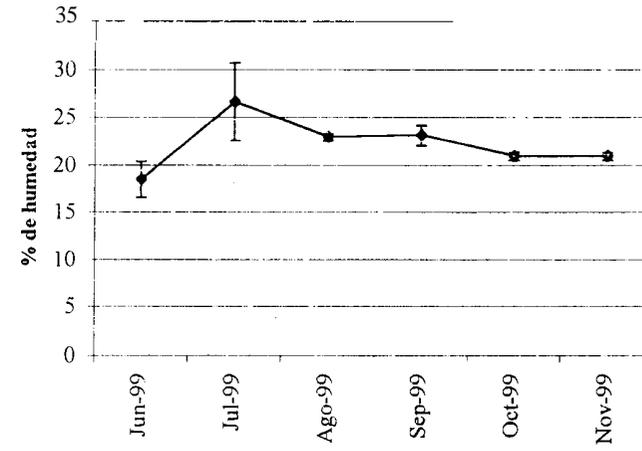
Pinar



Bosque Intermedio



Bosque Maduro



METODOLOGÍA:

El diseño experimental de esta tesis consistió en la selección de 14 rodales en los Altos de Chiapas cuya composición florística representara el gradiente de pinarización, desde bosques de encino maduros a bosques 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., dando resultados no comparables.

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

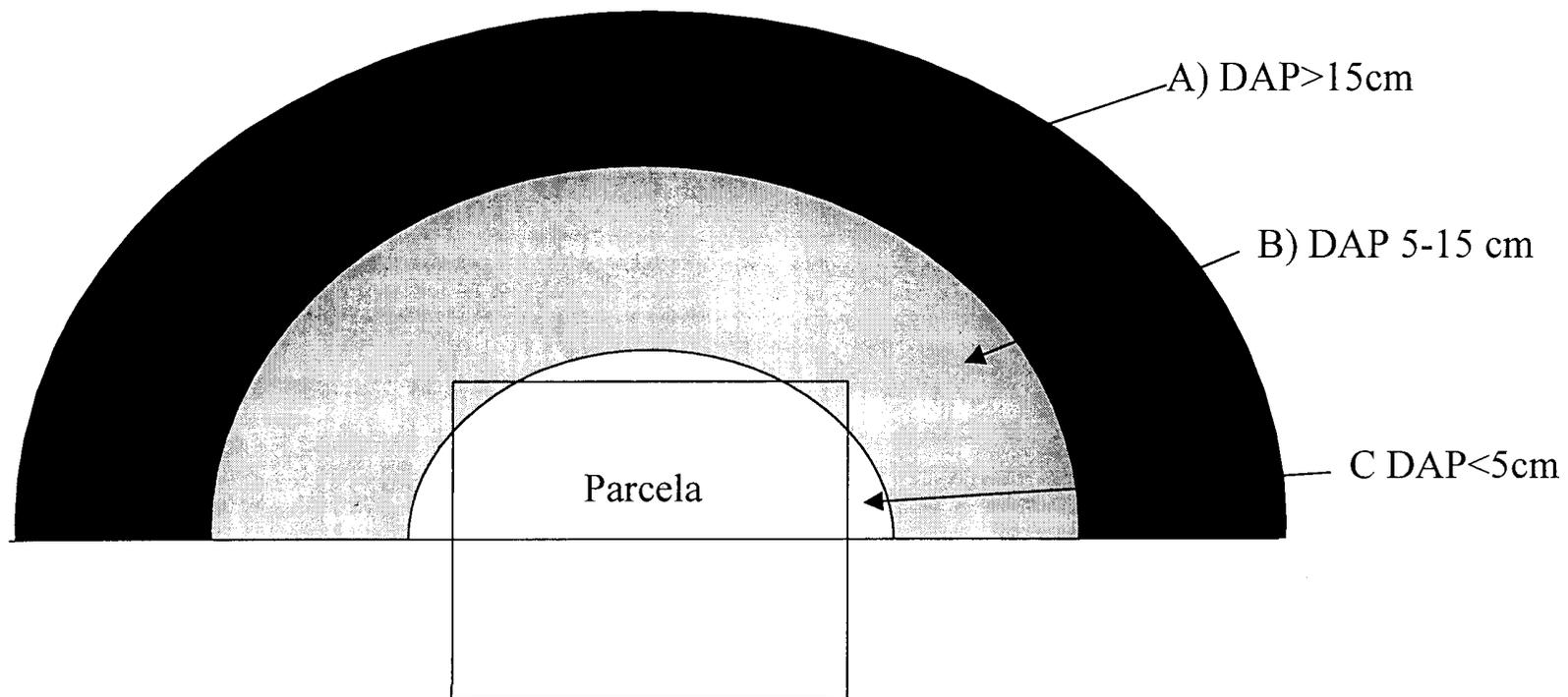
Evaluación del grado de pinarización de los sitios

El trabajo de campo se realizó en dos comunidades de los Altos de Chiapas. 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 Carta edafológica E15-11). 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 Carta edafológica E15-11) (mapa 1).

En el Ejido Mitzitón (EM) se seleccionaron 8 parcelas y en Rancho Merced-Bazom (RMB) 6 parcelas de 10X10m 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 (mapa2); 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. Tabla 1.

Cada parcela la constituyó el área de un medio círculo de 500 m² cuyo centro fue también el de la parcela (Esquema 1). En esta área se registraron todas las especies vegetales cuyo diámetro a la altura del pecho (DAP) fuera mayor a 15cm; en una subárea semicircular de 250 m² se muestrearon todas las especies cuyo DAP fuera menor a 15 cm y mayor a 5cm; en una subárea de 50 m² se obtuvieron los datos de todas las especies cuyo diámetro fuera menor a 5cm.

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) para estos 3 gremios. Las parcelas se ordenaron de acuerdo al área basal absoluta de *Pinus* spp., la cual fue tomada como indicador del grado de pinarización del bosque.



Esquema 1.- Disposición de los medios círculos utilizados para el levantamiento florístico de las parcelas. Área A= 500m², B= 250 m², C= 50m², parcela= 10m².

Tabla 1.- Listado de especies arbóreas y arbustivas consideradas como del interior o del dosel durante la determinación de la composición florística de las parcelas.

ESPECIES DEL INTERIOR	ESPECIES DEL DOSEL
<i>Bacharis vaccinoides</i>	<i>Alnus acuminata</i>
<i>Buddleia americana</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>
<i>Buddleia chordata</i>	<i>Pinus devoniana</i>
<i>Cestrum aurantiacum</i>	<i>Pinus montezumae</i>
<i>Cestrum guatemalensis</i>	<i>Pinus oaxacana</i>
<i>Clethra macrophylla</i>	<i>Pinus oocarpa</i>
<i>Cleyera theaeoides</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>
<i>Cornus disciflora</i>	<i>Quercus crispipillis</i>
<i>Crataegus pubescens</i>	<i>Quercus crasifolia</i>
<i>Eupatorium ligustrinum</i>	<i>Quercus laurina</i>
<i>Eupatorium nubigerum</i>	<i>Quercus rugosa</i>
<i>Eupatorium pignocephallum</i>	
<i>Eupatorium sordidum</i>	
<i>Eupatorium sp.</i>	
<i>Fuchsia thymifolia</i>	
<i>Licaria cf. Campechana</i>	
<i>Lycianthes purpusii</i>	
<i>Magnolia sharpii</i>	
<i>Miconia glaberrima</i>	
<i>Monina xalapensis</i>	
<i>Myrica cerifera</i>	
<i>Oreopanax xalapensis</i>	
<i>Prunus ramnoides</i>	
<i>Prunus serotina</i>	
<i>Ramnus sharpii</i>	
<i>Rapanea juergensenii</i>	
<i>Rubus adenotrichus</i>	
<i>Saurauia latipetala</i>	
<i>Senecio sancristobalensis</i>	
<i>Solanum nigricans</i>	
<i>Solanum sp.</i>	
<i>Styrax argenteus</i>	
<i>Ternstroemia lineata</i>	
<i>Verbesina perymenioides</i>	
<i>Viburnum discolor</i>	
<i>Viburnum jucumdum</i>	
<i>Xylosma chiapensis</i>	
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	
<i>Persea americana</i>	

Evaluación del potencial productivo

Las parcelas se ubicaron en la orilla del rodal para reducir en lo posible el sombreado y no tener la necesidad de tumbar demasiados árboles. No fue conveniente trabajar con parcelas más grandes debido a que los bosques de la zona están muy fragmentados y a que sería impropio promover el desmonte para este estudio de los escasos bosques maduros que aún existen en la región.

Los dueños de los terrenos los rozaron de acuerdo al método tradicional de Roza-Tumba-Quema (R-T-Q) usando la técnica de "chaporreado", que consiste en eliminar las hierbas con machete (Aleman 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, 2 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. Los detalles a cerca de las quemas pueden verse en el apéndice A.

Antes de la siembra se tomaron muestras compuestas de suelo (incluyendo hojarasca) hasta 30 cm. de profundidad de las partes quemadas y no quemadas de las parcelas para analizarlas.

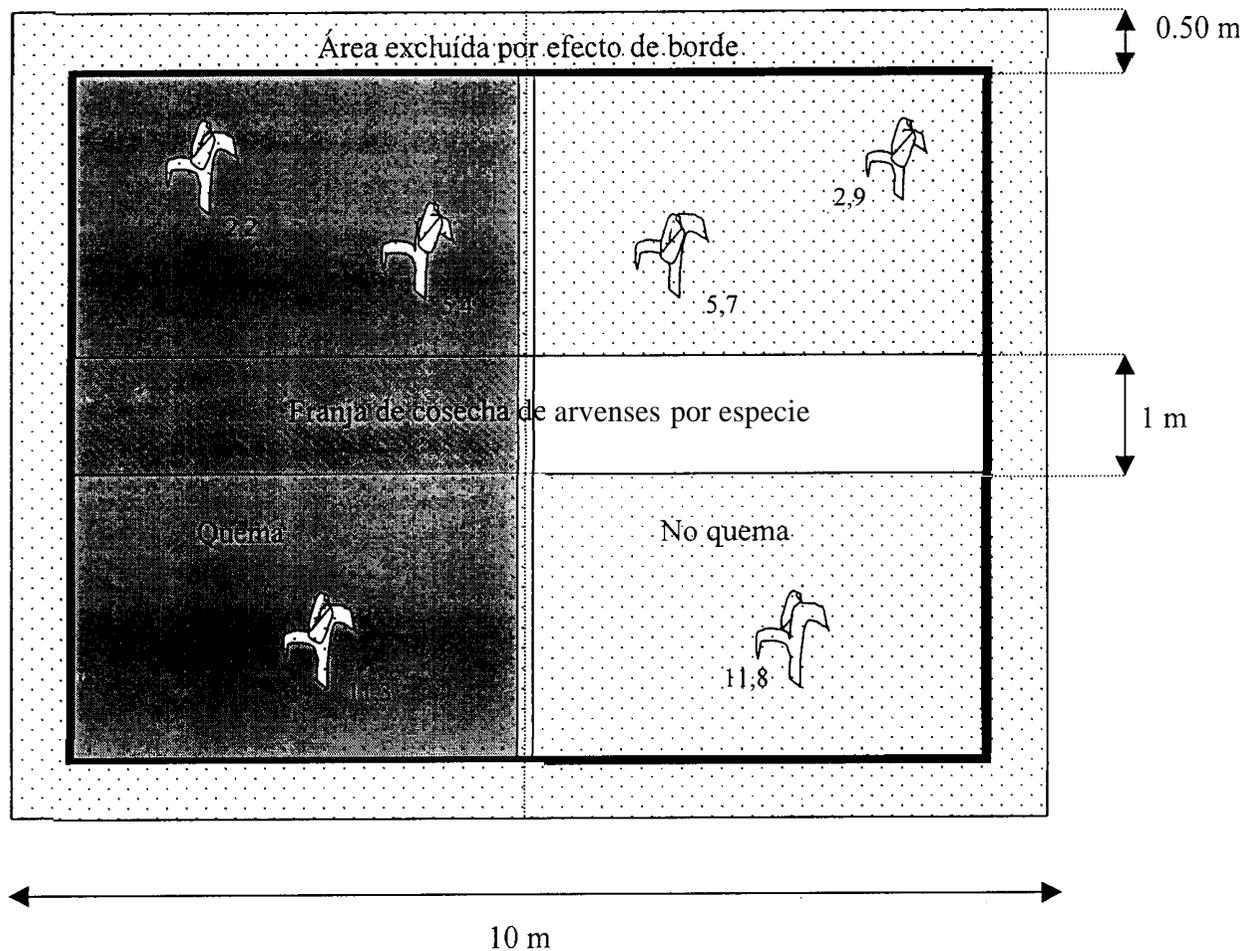
La siembra se realizó los días 30 y 31 de mayo de 1998. Para sembrar se hicieron agujeros pequeños (5cm. de profundidad) con macana o palo plantador (Aleman Santillán 1989) en los que se colocaron 5 semillas de maíz criollo (*Zea mays* L.) obtenido de la siembra del año anterior en EM, y 3 semillas de frijol ibes (*Phaseolus coccineus* L. subsp. *Darwinianus* Hdez. X. y 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 0.75m. 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 arrancando con la mano 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 limpia de arvenses (Apéndice A). 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 1X5m. En esta franja se colectaron las arvenses separándolas por género y 10 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 5000g (+-0.35g). 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. 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 (Esquema 2). Las mazorcas de maíz (incluyendo sus brácteas) se pesaron en fresco con báscula de reloj de 50 kg. (+-50g.) y fueron llevadas al laboratorio para separar las brácteas (totomoxtle) de las mazorcas y secarlas en



Esquema 2.- 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.

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 solo 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 5000g (+-0.35g) 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.

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 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. Así mismo, el tamaño de las parcelas fue demasiado reducido como para ser representativo de lo que sucede en las milpas de los campesinos. 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 significancia estadística podría aumentar en algunos casos, y las tendencias observadas podrían ser más claras si estas variables fueran controladas.

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 emergían, 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 Asencio (1997).

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). 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 en el programa Excel 95 contra el área basal de *Pinus* spp. y se les aplicó primero un análisis de regresión lineal, y si los datos no mostraban tendencias significativas entonces se realizó uno no lineal. Para conocer la significancia estadística de las correlaciones obtenidas se usó el coeficiente de correlación de Pearson, considerando los valores $P < 0.01$ como altamente significativos y los valores $P < 0.1$ como marginalmente significativos.

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.

APENDICES

Apéndice A.- Características principales de las parcelas.

No.	Localidad	Altura msnm	ORIENTACION	COLINDANCIA
1	RMB		150ªSE	Milpa de maiz.
2	RMB		80ª SW	Bosque medio pinarizado
3	RMB		30ªNE	Bosque pinarizado
4	RMB		80ªSE	Pastizal
5	RMB		20ªSE	Milpa de maiz
6	RMB		SW	Milpa de maiz
7	EM		SE	Milpa de maíz y pastizal
8	EM		SW	Milpa de maíz y pastizal
9	EM		SW	Zona desmontada
10	EM		NW	Milpa de maíz
11	EM			Pastizal
12	EM		NE	Milpa de maíz
13	EM		NE	Milpa nueva
14	EM		NW	Milpa y 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 de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas encontradas durante la caracterización florística de las parcelas en Rancho Merced Bazom y Ejido Mitzitón, Chiapas, México.

ESPECIES DEL INTERIOR	ESPECIES DEL DOSEL	OTRAS ESPECIES
<i>Bacharis vaccinoides</i>	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Arbutus xalapensis</i>
<i>Buddleia americana</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Cestrum anagiris</i>
<i>Buddleia chordata</i>	<i>Pinus devoniana</i>	<i>Cleyera theaeoides</i>
<i>Cestrum aurantiacum</i>	<i>Pinus montezumae</i>	<i>Conysa sp.</i>
<i>Cestrum guatemalensis</i>	<i>Pinus oaxacana</i>	<i>Cornus disciflora</i>
<i>Clethra macrophylla</i>	<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Daphnopsis malacophylla</i>
<i>Cleyera theaeoides</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Especie 1
<i>Cornus disciflora</i>	<i>Quercus crispipillis</i>	<i>Eupatorium macreatum</i>
<i>Crataegus pubescens</i>	<i>Quercus crasifolia</i>	<i>Iresine celosia</i>
<i>Eupatorium ligustrinum</i>	<i>Quercus laurina</i>	<i>Olmediela bechleriana</i>
<i>Eupatorium nubigerum</i>	<i>Quercus rugosa</i>	<i>Phytolaca icosandra</i>
<i>Eupatorium pignocephallum</i>		<i>Salvia karvinski</i>
<i>Eupatorium sordidum</i>		<i>Solanum nigricans</i>
<i>Eupatorium sp.</i>		
<i>Fuchsia thymifolia</i>		
<i>Licaria cf. campechana</i>		
<i>Lycianthes purpusii</i>		
<i>Magnolia sharpii</i>		
<i>Miconia glaberrima</i>		
<i>Monina xalapensis</i>		
<i>Myrica cerifera</i>		
<i>Oreopanax xalapensis</i>		
<i>Prunus ramnoides</i>		
<i>Prunus serotina</i>		
<i>Ramnus sharpii</i>		
<i>Rapanea juergensenii</i>		
<i>Rubus adenotrichus</i>		
<i>Saurauia latipetala</i>		
<i>Senecio sancristobalensis</i>		
<i>Solanum nigricans</i>		
<i>Solanum sp.</i>		
<i>Styrax argenteus</i>		
<i>Ternstroemia lineata</i>		
<i>Verbesina perymenioides</i>		
<i>Viburnum discolor</i>		
<i>Viburnum jucumdum</i>		
<i>Xylosma chiapensis</i>		

Apéndice C.- Continuación.

<i>Zanthoxylum melanostictum</i>		
<i>Persea americana</i>		

RESULTADOS:

Características florísticas de las parcelas

El AB fue considerada como el mejor indicador de la pinarización ya que está relacionada con la biomasa aportada por este género de coníferas en cada rodal. Las parcelas ordenadas de acuerdo al AB de *Pinus* spp. se muestran en la tabla 2.

El área basal (AB) de todas las latifoliadas incluyendo *Quercus* spp. disminuyó en relación con el aumento del A9 de *Pinus* spp. como se observa en la figura 1 ($R=0.708$, $V=12$, $P<0.01$). El AB de *Quercus* spp. por separado no se vió afectada significativamente por la dominancia de los pinos (fig. 2 $R=0.362$, $V=12$); el resto de las latifoliadas en cambio sí presentaron una fuerte tendencia a disminuir conforme el AB de los pinos aumenta (fig. 2 $R=0.678$, $V=12$, $P<0.01$).

Tabla 2.- Parcelas ubicadas en Rancho Merced Bazóm (RMB) y Ejido Mitzitón (EM) ordenadas de acuerdo al Área Basal (AB) de *Pinus* spp.

Parcela No.	Ubicación	Área Basal (m ² /ha)		
		Pinos	Encinos	Otras
1	RMB	0,00	3,68	46,16
5	RMB	2,44	14,72	3,96
9	EM	3,92	15,89	6,08
14	EM	5,85	19,08	3,62
4	RMB	6,58	17,70	11,79
12	EM	8,58	21,86	1,93
13	EM	15,50	6,91	4,54
10	EM	15,90	6,30	0,03
8	EM	25,16	5,20	0,00
7	EM	28,04	13,05	16,61
3	RMB	28,78	11,72	0,18
11	EM	36,90	6,47	0,15
2	RMB	38,68	3,66	3,51
6	RMB	47,03	0,00	0,00

El número de especies del dosel (Tabla 1) tendió a aumentar significativamente con el AB de *Pinus* spp. ($R=0.58$, $V=12$, $P<0.05$). El número de especies del interior mostró una relación inversa altamente significativa con el AB

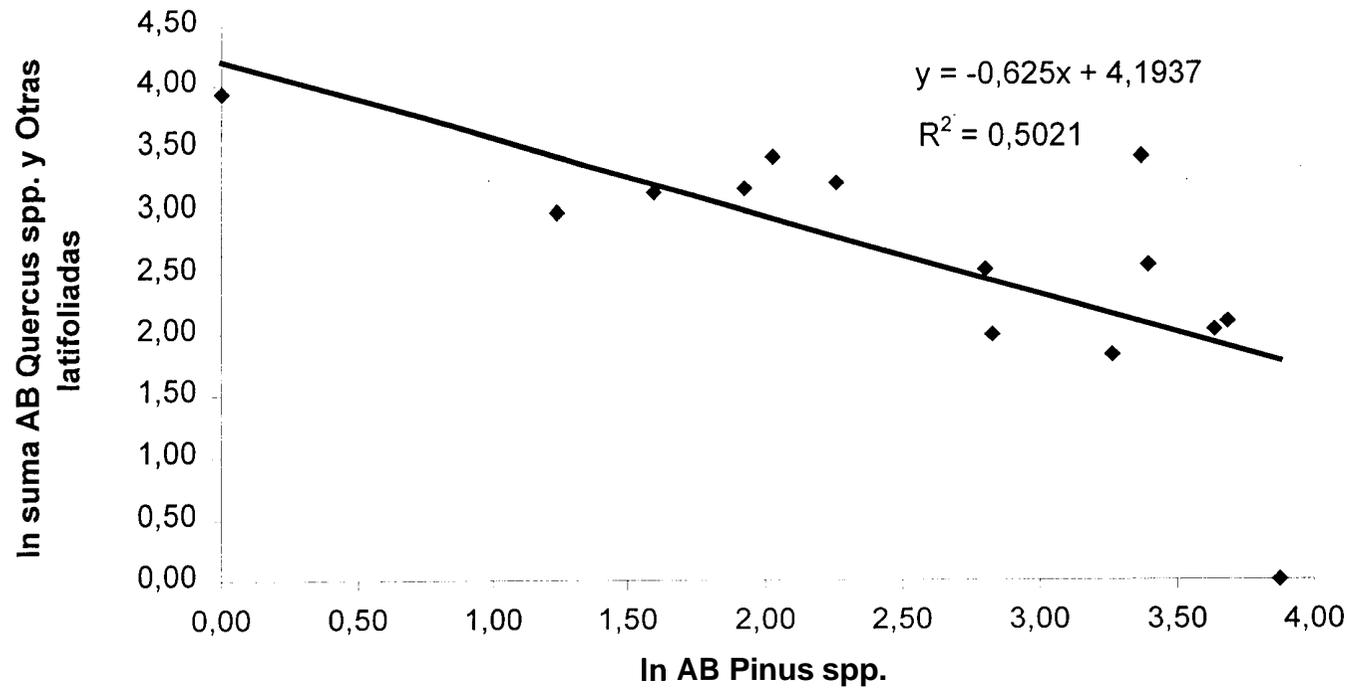


Fig. 1. Relación entre la suma del AB de *Quercus* spp. y otras latifoliadas con el grado de pinarización. Se observa claramente que existe una tendencia significativa de las latifoliadas a disminuir su área basal (AB) según se incremente el AB de *Pinus* spp.