CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ENSEÑANZA Y CAPACITACION

AREA DE POSTGRADO

FACTORES QUE AFECTAN LA REGENERACION NATURAL DE *Pinus oocarpa* SCHIEDE EN UN BOSQUE SECO DE LA BREA, GUATEMALA.

Tesis sometida a consideración del Comité Técnico Académico
del Programa de Estudios de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales
del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado
de

Magister Scientiae

por

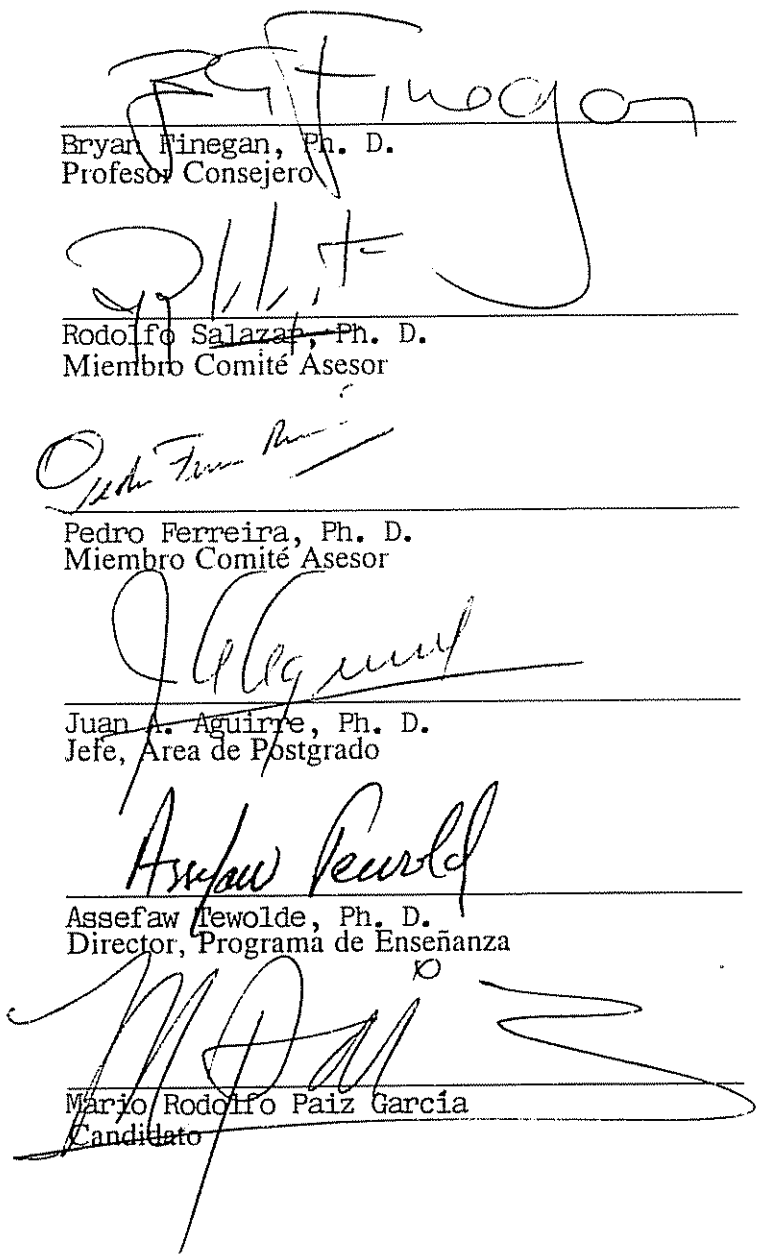
Mario Rodolfo Paiz Garcia

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica
1994

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Bryan Finegan, Ph. D.
Profesor Consejero

Rodolfo Salazar, Ph. D.
Miembro Comité Asesor

Pedro Ferreira, Ph. D.
Miembro Comité Asesor

Juan A. Aguirre, Ph. D.
Jefe, Area de Postgrado

Assefaw Tewolde, Ph. D.
Director, Programa de Enseñanza

Mario Rodolfo Paiz García
Candidato

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer profundamente a Dios, de quien es la gloria y la honra, por permitirme la oportunidad de culminar mis estudios (Josué 1:8). Además, a todas las personas e instituciones que, de acuerdo con su apoyo y generosidad, han hecho posible la realización de este trabajo.

A mi madre, mis suegros, hermanos, sobrinos, cuñados y demás familia, por apoyarme moral y espiritualmente durante mi estancia en CATIE.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, institución que a través de la Escuela de Postgrado y sus profesionales docentes, encaminó por la senda derecha mi formación profesional.

A mi Profesor Consejero, Dr. Bryan Finegan, un científico en el estricto sentido de la palabra, de quien aprendí mucho, por su dirección y acuciosidad en el desarrollo del proceso investigativo. A los miembros de mi Comité Asesor, Doctores Rodolfo Salazar y Pedro Ferreira, dos científicos de reconocida trayectoria, siempre dispuestos a dar conocimientos, por su ayuda y aportes a mi trabajo.

A todos los habitantes de la Aldea La Brea, Quesada, Jutiapa, Guatemala, por abrir las puertas de su bosque de *Pinus oocarpa*, a la investigación científica, en su beneficio. En especial a los miembros del comité pro-mejoramiento: Gerónimo Ramírez Lima (Presidente), Albino Ramírez Mejía (Secretario), Moisés Elías Flores Peña (Tesorero), Arturo Ramírez Peña (Vocal I), Félix Ramírez Delgado (Vocal II) y a su Coordinador, ejemplo típico del agricultor progresista, que sacrifica tiempo y energía por su comunidad, don Roberto Rosa Escobar.

A los agricultores Misael Peña Gudiel, Mauro Ramírez Jiménez y Jerónimo Ramírez Lima, por su apoyo decisivo y constante en el trabajo de campo. A mis sobrinos José Daniel, Willian Obed, Eder Oswaldo y Edson Roberto, por desear colaborar siempre en el trabajo de campo.

Deseo asimismo agradecer a la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre de Guatemala, por su autorización para realizar mis estudios, por su apoyo con recursos humanos en la recolección de frutos y por facilitar el uso de equipo para mediciones forestales.

Agradezco en forma especial al Proyecto Regional para el Manejo de Recursos y el Medio Ambiente (RENARM), por otorgar el financiamiento indispensable para mi superación académica.

No puedo dejar de expresar mi gratitud a todo el personal administrativo del CATIE en general, por su apoyo brindado cuando fue necesario; en especial, al personal de la Biblioteca Conmemorativa ORTON, con quienes siempre me sentí como en casa.

Finalmente, como deseando enfatizar, con un dejo de nostalgia, deseo agradecer cálidamente a todos mis compañeros de promoción, por ese diario compartir de vivencias y experiencias. En especial a Carolina Soihet Montes, Alma América Saravia, Alberto Sánchez Sánchez, Norma Vera, Ramón Hernández, Carlos Vázquez, Vilma Vílchez Vizcay y Héctor Valdivia, con quienes llegué a construir una amistad estrecha.

DEDICATORIA

A Magdalara, mi esposa y a mis dos hijas, Elvia María y Roxana Aracelly, por acompañarme con entusiasmo en los buenos y malos momentos que me tocó vivir durante el árduo proceso de formación científica.

CONTENIDO

PAGINA

Lista de figuras xii

Lista de cuadros xiii

Lista de abreviaturas xiv

1. INTRODUCCION 1
   - 1.1 Objetivos 2
     - 1.1.1 General 2
     - 1.1.2 Específicos 2
   - 1.2 Hipótesis 3

2. REVISION DE LITERATURA 4
   - 2.1 El bosque seco 4
   - 2.2 Ecología de los pinares 7
   - 2.3 Ecología de *Pinus oocarpa* 8
   - 2.4 Fisionomía 10
   - 2.5 Fenología y biología reproductiva 11
     - 2.5.1 Producción de conos 11
     - 2.5.2 Producción de semillas 14
     - 2.5.3 Diseminación de semillas 15
     - 2.5.4 Regeneración natural 18
     - 2.5.5 Crecimiento 20
   - 2.6 Efecto del fuego sobre la regeneración natural 21
   - 2.7 La luz 27
   - 2.8 Resumen de la revisión de literatura 30

3. MATERIALES Y METODOS 34
   - 3.1 Descripción del sitio 36
   - 3.2 Metodología 37
     - 3.2.1 Estudio de la regeneración 38
       - 3.2.1.1 Estado actual 38
     - 3.2.2 Estudio fenológico 40
     - 3.2.3 Producción de semillas 42
       - 3.2.3.1 Producción de conos por árbol 43
       - 3.2.3.2 Producción de semillas por cono 43
     - 3.2.4 Diseminación de semillas 44
     - 3.2.5 Efecto del fuego 45
       - 3.2.5.1 Efecto del fuego sobre la regeneración existente 45
       - 3.2.5.2 Efecto del fuego sobre la germinación de las semillas 47
       - 3.2.6 La luz 48

4. RESULTADOS Y DISCUSION 50
4.1 Situación actual de la regeneración 50
4.2 Estudio fenológico 53
4.3 Producción de semillas 60
4.3.1 Producción de conos por árbol 60
4.3.2 Producción de semillas por cono 62
4.3.2.1 Relaciones entre diámetro y longitud del cono con número de semillas 64
4.4 Diseminación de semillas 65
4.5 El fuego 70
4.5.1 Efecto del fuego sobre la regeneración existente 70
4.5.2 Efecto del fuego sobre la germinación de la semilla 72
4.5.2.1 En condiciones naturales 72
4.5.2.2 En condiciones controladas 73
4.6 Efecto de la luz sobre la regeneración 76
4.6.1 Brinzales 76
4.6.2 Latizales 78
4.7 Discusión general 80

5. CONCLUSIONES 84

6. RECOMENDACIONES 87

7. BIBLIOGRAFIA 89

8. ANEXOS 97

PAIZ GARCIA, M.R. 1994. Factores que afectan la regeneración natural de *P. oocarpa* Schiede, en un bosque seco de La Brea, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R.. CATIE. 96 p.

Palabras clave: *Pinus oocarpa*, regeneración natural, fuego, producción de conos, producción de semillas, diseminación, germinación, fenología, luz, crecimiento, brinzales, latizales.

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre los factores que afectan la regeneración natural de *P. oocarpa* en un bosque seco tropical, ubicado en el sitio conocido como La Brea, en el suroriente de Guatemala, exactamente a 14° 19' 43" latitud norte y 90° 03' 50" longitud oeste.

Dada la importancia comercial de *P. oocarpa* para la economía de Guatemala y el poco o ningún manejo técnico con base en la regeneración natural que se le dá a la especie, se decidió realizar este trabajo. Los objetivos fueron: cuantificar la producción de conos y semillas, la diseminación de semillas, evaluar el efecto del fuego sobre la regeneración existente y la germinación de semillas y cuantificar el crecimiento de brinzales y latizales con respecto a condiciones de micrositio de ubicación. El estudio fue de corta duración, de febrero a agosto de 1994.

Se encontró que un árbol de *P. oocarpa* produjo un promedio de 306±57 conos nuevos; cada cono, de 44,2±1,1 mm de diámetro y 68±2,8 mm de longitud, contenía un promedio de 19±2,4 semillas llenas o sanas, 12±1,4 vanas y 29±2,5 rudimentarias, incluyendo fragmentos.

El potencial productivo de semillas llenas del bosque fue estimado en 237.500 semillas por hectárea; la diseminación real de semillas llenas fue el 16% de esa cantidad, la que fue considerada suficiente para garantizar el establecimiento de 1.000 a 5.000 individuos jóvenes de regeneración por hectárea.

El 73% de las semillas llenas fueron diseminadas en los meses de febrero a junio; el resto, en julio y agosto. La diseminación aumentó siempre que hubo ausencia de precipitación, en la época seca y cuando disminuyó acentuadamente, en la lluviosa.

La quema controlada favoreció el proceso de germinación de las semillas de *P. oocarpa*, tanto en condiciones naturales como controladas. Las semillas germinaron mejor y en mayor cantidad en donde se aplicó fuego que en áreas no quemadas. La eliminación del mantillo (mediante chapeo manual), tuvo efecto similar al de la quema, es decir, también favoreció la germinación de las semillas.

Arboles con dap >=25 cm fueron casi inmunes a daños por efecto del fuego, mientras que aquellos con diámetros menores o iguales que cinco centímetros mostraron susceptibilidad, ya que un 10% murió. Se concluyó que los árboles con diámetro mayor que cinco centímetros exhibieron resistencia a daños por fuego en quemas controladas.

Los incrementos de diámetro basal a cinco centímetros del suelo en brinzales y de dap en latizales, así como los incrementos en altura total en ambos, fueron mejor explicados por el tamaño inicial de las plantas que por el grado de iluminación que reciben sus copas.

PAIZ GARCIA, M.R. 1994. Factors affecting natural regeneration of *Pinus oocarpa* Schiede in a dry forest of La Brea, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE, 96 p.

Key words: *Pinus oocarpa*, natural regeneration, fire, cone and/or seed production, dissemination, germination, phenology, light, growth, seedlings, saplings.

ABSTRACT

The investigation examined factors affecting natural regeneration of *P. oocarpa* in a dry tropical forest of the region known as La Brea of southwestern Guatemala. La Brea is located at 14° 19' 43" latitude north and 90° 03' 50" longitude west.

Given the commercial importance of *P. oocarpa* in the Guatemalan economy and the paucity of technical management of this specie based on natural regeneration, it was decided to conduct this study. Research objectives were: quantification of cone and seed production, seed dissemination, evaluation of the effect of fire on existing regeneration and seed germination, and quantify the growth of seedlings and saplings with regard to microsite conditions. Field research was carried on from February to August, 1994.

A *P. oocarpa* tree was found to produce an average of 306±57 new cones; each cone at 44,2±1,1 mm diameter and 68±2,8 mm long, contained an average of 19±2,4 full or healthy seeds, with 12±1,4 empty and 29±2,5 rudimentary, including fragments.

The productive potential of full seeds in the forest was calculated at 237.500 seeds per hectare; the actual dissemination of full seeds at 16% of this amount was deemed sufficient to guarantee the establishment of 1.000 to 5.000 saplings per hectare.

Seventy three percent of the full seeds were disseminated from February to June, with the rest in July and August. Dissemination increased in the absence of rain, in the dry season and in the wet season when it diminished significantly.

Controlled burning favored the germination process of *P. oocarpa* seeds, in both natural and controlled conditions. Seeds germinated better and in large quantity where fire was applied in areas not previously burned. The elimination of shrub (through manual slashing) produced an effect similar to burning in favoring seed germination.

Trees with dbh > = 25 cm were almost immune to damages by the effect of fire, while those with diameters smaller or equal to 5 cm showed susceptibility with 10% dying. It is concluded that trees with a diameter larger than 5 cm showed resistance to damages from fire in controlled burnings.

Increases in basal diameter of seddlings at 5 cm from the surface and dbh in saplings, and total increase in height of both are better explained by inicial plant size than by degree of canopy illumination.

LISTA DE FIGURAS

1. Distribución natural de *P. oocarpa* Schiede 9

2. Ubicación del sitio La Brea en Guatemala 1994 35

3. Porcentaje promedio de actividad fenologica de 40 árboles de *P. oocarpa*, para las fenofases: frutos verdes, frutos maduros y diseminación de semillas. La Brea, Guatemala. 1994 54

4. Dendrofenograma de 20 arboles de *P. oocarpa*, estrato I. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994 56

5. Dendrofenograma de 20 arboles de *P. oocarpa*, estrato II. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994 56

6. Climadiagrama del sitio La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1990-94 56

7. Diseminación mensual de semillas de *P. oocarpa*, por categoría, estrato I. La Brea, Guatemala. 1994 67

8. Diseminación total y relativa de semillas de *P. oocarpa*, por categoría, estrato I. La Brea, Guatemala. 1994 67

9. Diseminación mensual de semillas de *P. oocarpa*, por categoria, estrato II. La Brea, Guatemala. 1994 67

10. Diseminación total y relativa de semillas de *P. oocarpa*, por categoria, estrato II. La Brea, Guatemala. 1994 67

11. Diseminación de semillas llenas de *P. oocarpa*, por hectárea y estrato, en comparación con la distribución de la precipitación. Período febrero-agosto, 1994 68

12. Distribución diamétrica de los árboles vivos en el área quemada, antes y después de la quema. La Brea, Guatemala. 1994 72

LISTA DE CUADROS

1. Categorías de daño causado por el fuego a los árboles de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. 1994 46

2. Distribución diamétrica y área basal de *P. oocarpa*, por hectárea y estrato. La Brea, Guatemala. 1994 50

3. Parámetros estimados para variables relacionadas con la producción de conos nuevos por arbol de *P. oocarpa*, por estrato. La Brea, Guatemala. 1994 60

4. Comparación de coeficientes de determinacion (r^2), utilizando diferentes combinaciones de variables independientes con el número de conos nuevos de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. 1994 . 62

5. Número y porcentaje de semillas por cono de *P. oocarpa*, por categoría y estrato. La Brea, Guatemala. 1994. 63

6. Dimensiones promedias y limites de confianza del 95%, de 61 conos nuevos de *P. oocarpa* por estrato. La Brea, Guatemala. 1994 63

7. Distribución diamétrica de *P. oocarpa* antes de la quema y clasificación del efecto del fuego sobre la vegetación, según categorías de daño al árbol. La Brea, Guatemala. 1994 71

8. Efecto del fuego sobre la germinación de las semillas de *P. oocarpa*. Número de semillas germinadas 30 días después de la primera lluvia. La Brea, Guatemala. 1994 73

9. Efecto del fuego sobre la germinación de las semillas de *P. oocarpa*. Semillas germinadas por unidad experimental, 30 días después de la siembra. La Brea, Guatemala. 1994 74

10. Efecto del fuego sobre la germinación de las semillas de *P. oocarpa*. Análisis de varianza del número de semillas germinadas. La Brea, Guatemala. 1994 74

11. Incrementos de diámetro basal a cinco centímetros del suelo, en mm/año, en brinzales de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994 76

12. Incrementos de dap, en mm/año, de latizales de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994 79

LISTA DE ABREVIATURAS

m	metro
cm	centímetro
mm	milímetro
km	kilómetro
nm	nanómetro
dm	decímetro
m^2	metro cuadrado
g	gramo
kg	kilogramo
h	altura total
g	área basal a 1,30 m
d	diámetro
dap	diámetro a 1,30 m
msnm	metros sobre el nivel del mar
° ' "	grados, minutos y segundos
°C	grados centígrados
No.	número
n	número de elementos en una muestra
N	número de elementos en una población
N	norte
S	sur
E	este
O	oeste
ha	hectárea
ha^{-1}	por hectárea
r	coeficiente de correlación
R^2	coeficiente de determinación
Pr	probabilidad
%	porcentaje
ONG	Organizaciones no Gubernamentales
L copa	longitud de copa
d copa	diámetro de copa
árb	árboles
Prof	profundidad

1. INTRODUCCION

Las especies forestales latifoliadas de alto valor económico y la familia Pinaceae son un grupo de importancia comercial para Guatemala. El centro de orígen de la familia Pinaceae se dio en el hemisferio Norte, probablemente en Asia y comprende, entre otros, especies del género *Pinus*, el más importante, en el cual existen más de un centenar de especies (Mirov 1967); diez de ellas (Aguilar 1971), son nativas de Guatemala.

P. oocarpa es, probablemente, la especie más común en el país. Se encuentra en el 50 por ciento del área montañosa del territorio nacional; crece sóla o en asociación con especies de la familia Fagaceae, principalmente Quercus spp. (Aguilar 1961). De acuerdo con el sistema Holdridge, se le encuentra en un rango de pisos altitudinales desde basal hasta montano bajo.

P. oocarpa se reproduce bien por regeneración natural, y rebrota adecuadamente de cepa cuando los árboles están jóvenes o son dañados por fuegos (Troensegaard 1975).

De acuerdo con Mirov (1967), los pinos tienen dos características ecológicas principales: son heliófitas y toleran o tal vez prefieren sitios de sustratos con condiciones hostiles, a menudo suelos poco profundos, de baja fertilidad natural y excesivamente drenados. Denevan (1961), coincide al afirmar que las semillas de pino germinan mejor en el suelo mineral expuesto.

A pesar de la importancia de los pinares naturales en la economía de Guatemala, su situación actual es preocupante; dada la creciente tasa de deforestación, las plagas y enfermedades, el cambio de uso de la tierra a otros sistemas de producción y la ocurrencia de incendios, factores que tienden a agotar la existencia de ese recurso. Además, en Guatemala no se da el manejo técnico de los bosques de

P. oocarpa con base en la regeneración natural. La marcada escasez de profesionales forestales y la mentalidad cortoplacista del maderero tradicional son dos de las principales causas de esa situación.

Conocer los factores que influencian los patrones de regeneración natural de *P. oocarpa* puede facilitar la comprensión de la dinámica del bosque natural. En su versión más simple, el manejo técnico de un bosque es aprovecharlo, dándole la oportunidad de seguir existiendo mediante regeneración natural (Dourojeanni 1987). Para un manejo forestal efectivo, es imprescindible conocer los procesos que intervienen en la regeneración natural.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

- Contribuir a mejorar el conocimiento de los factores ecológico-silvícolas que afectan la regeneración de *P. oocarpa* en Guatemala.

1.1.2 Específicos

- Conocer los factores principales que afectan la regeneración natural de *P. oocarpa*, bajo condiciones de clima seco, para hacer recomendaciones preliminares sobre el manejo y protección de los rodales de la especie.

- Cuantificar la capacidad de producción de conos y semillas de la especie, durante el período de estudio.

- Estimar la cantidad de semilla diseminada por unidad de área.

- Determinar el tamaño óptimo de la regeneración natural, que le permite mayor resistencia a incendios de baja intensidad y duración (quemas controladas[1]).
- Cuantificar el comportamiento de la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas, con respecto al fuego y a las condiciones del micrositio de ubicación.

1.2 Hipótesis

- La cantidad de semilla producida y diseminada por árbol, afecta significativamente el número de individuos por establecerse en un rodal, durante el proceso de regeneración de *P. oocarpa.*

- La ocurrencia de incendios en los pinares modifica el comportamiento normal del proceso de germinación de las semillas que caen de los árboles de *P. oocarpa*, así como el crecimiento y desarrollo de las plantas juveniles. En ese sentido, existe un límite de tamaño de los árboles, a partir del cual muestran resistencia al efecto de incendios forestales con determinadas características de frecuencia, intensidad y duración.

- Las condiciones prevalecientes a nivel de micrositio, afectan de modo importante la germinación y crecimiento de la regeneración natural de *P. oocarpa.*

[1] La quema de combustible en un área determinada bajo condiciones preestablecidas, de tal manera que el fuego es confinado sobre aquella área donde cumple objetivos específicos en el manejo del recurso forestal (Hudson y Salazar 1981). Los términos quema controlada y quema prescrita son sinónimos

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 El bosque seco

Según Lamprecht (1990) los bosques tropicales secos presentan las siguientes características: van de densos a ralos, en alta proporción xerofíticos, en la época seca la mayoría de las especies carecen de follaje, muestran uno o dos pisos, son relativamente pobres en su composición florística, están localizados en regiones con época seca de cinco a 7,5 meses de duración y precipitación anual entre 700 a 1.000 mm, raras veces mayor; de un año a otro pueden presentarse grandes variaciones en el volúmen y distribución del régimen pluviométrico total. Gerhardt y Hyteborn (1992) definen en forma provisional el clima que conduce a la formación de los bosques secos como una estación seca de unos seis meses anuales, en uno o dos períodos, con una precipitación anual entre 400 y 1.700 mm.

Por su parte, Olivares y Medina (1992) conceptualizan los bosques secos tropicales como comunidades de árboles que crecen en climas con pronunciada estacionalidad en la precipitación pluvial, con una época seca de dos a seis meses, durante los cuales la relación de la evaporación potencial con la precipitación (E/P) es mayor que 1.

Estos autores también manifiestan que los bosques secos son diferentes a los húmedos con respecto a su estructura y función como componentes de un ecosistema, entre otras cosas. Se acepta que el factor de importancia primordial en la formación de los bosques secos no es la precipitación anual de las zonas que ocupan, sino la duración de la estación seca, factor que condiciona sus propiedades estructurales y ecofisiológicas.

Lamprecht (1990) sostiene que los bosques tropicales secos se encuentran a

ambos lados del ecuador, sobre todo a continuación del cinturón de bosques húmedos decíduos y se extienden hasta las regiones áridas que limitan el bosque, donde es sustituido por sabanas de arbustos espinosos, matorrales suculentos, semidesérticos, etc. Las superficies mayores de bosques secos están en Africa, al sur del Sahara, en el hemisferio meridional. En Norte y Centroamérica hay bosques secos principalmente a la sombra de lluvia de las cordilleras que van desde México hasta Costa Rica. Sobre el lado del océano pacífico en América del Sur se encuentran bosques secos desde los alrededores de Guayaquil hasta el norte de Perú. En la franja del océano atlántico, estos bosques son mucho más frecuentes, en Venezuela, Colombia y Brasil. Ejemplo típico de bosques secos tropicales son los conformados por pinares en México, Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua.

Se considera que los bosques secos son los ecosistemas más deteriorados y modificados, principalmente por la intervención del hombre (Gerhardt y Hyteborn 1992); han sido expuestos a cambios en gran escala: tala de especies valiosas, cambios de uso del suelo forestal a agricultura y ganadería e incendios forestales accidentales o intencionados. A este respecto Janzen, citado por Finegan (1993b) afirma que debido a la fuerte alteración de la mayoría de los bosques secos tropicales por el hombre, es difícil conocer el ecosistema natural y sus características. Esta situación es de interés para el forestal en la toma de decisiones de manejo, por ejemplo en la determinación de la intensidad de intervenciones silviculturales (raleos, cortas, entre otras).

Además, los bosques secos tropicales continúan soportando la presión de mayor población humana que los bosques húmedos; en Centroamérica, menos del dos por ciento de los bosques secos tropicales tienen áreas remanentes en estado más o menos intacto y menos del 0,1% cuentan con algún grado de conservación (Gerhardt y Hyteborn 1992).

En su composición florística los bosques secos son ecosistemas relativamente simples, compuestos por pocas familias y géneros (algunos de los cuales comparten con los bosques húmedos tropicales de tierras bajas como *Cedrela, Terminalia, Brossimum, Tabebuia,* entre otros); a pesar del traslape marcado entre bosques secos y húmedos en elementos florísticos, la poca información indica que hay diferencias importantes en relación a los factores que gobiernan el comportamiento ecológico de las especies [Janzen, citado por Finegan (1993b)].

Tocante al manejo de los bosques secos, Sabogal[1] informa que éstos presentan varias ventajas en parangón con el manejo de los bosques húmedos, a saber:

1. Son ecosistemas más simples; por tanto, algunos aspectos de su manejo son más sencillos.
2. Presentan mayor facilidad para operar con maquinaria.
3. Poseen mayor proporción de especies de alto valor, muchas de ellas con capacidad de rebrotar.
4. Favorece una mayor utilización (mayor proporción de especies a aprovechar).
5. Hace posible el uso múltiple de la mayoría de especies.
6. La mayoría de especies exhiben una fructificación temprana.
7. El banco de semillas en el suelo presenta mayor longevidad.

El mismo autor plantea cuatro desventajas:

1. El riesgo de incendios forestales es mayor.
2. Las especies exhiben un menor crecimiento.
3. El sotobosque presenta marcada estacionalidad.
4. La fauna tiene menor actividad.

[1]Sabogal, C. 1993. Los Bosques Secos. Turrialba, C.R. CATIE. Clase magistral en Curso Silvicultura de Bosques Naturales

2.2 Ecología de los pinares

Según Robbins y Hughes (1983), los pinos tuvieron su orígen en el hemisferio Norte, en climas templados y migraron hacia el sur. Su distribución y evolución están determinadas por factores geográficos y climáticos y subsecuentes cambios en los mismos. Los pinos tropicales se consideran los ejemplares más recientes de esta migración y se hallan en dos áreas principalmente: Este de Asia, América Central y el Caribe.

En su distribución natural parece que el género *Pinus* no ha podido cruzar el ecuador debido a las barreras que ofrecen los bosques tropicales y ecuatoriales; se exceptúa de este contexto *P. merkussi*, única especie que se encuentra en forma natural hasta los 2° 06' al sur del ecuador [Din (1958); Robbins y Hughes (1983)]. De acuerdo con Mirov, citado por Agudelo (sin fecha), aún no se han hallado fósiles de estas plantas al sur del ecuador.

Mirov (1967) afirma que las tierras altas de México y Guatemala son un centro de evolución secundario de las especies del género *Pinus*, ya que estos dos países juntos poseen una mayor cantidad de especies que ninguna otra área de igual extensión (por lo menos 29 han sido reconocidas en estos dos países). Este autor se apoya en el argumento de la acentuada variación inter e intraespecífica en las características de los pinos de esta región. En Guatemala (Aguilar 1961) sólo en el altiplano occidental del país existen nueve especies de *Pinus*.

Stebbins, citado por Veblen (1977) manifiesta que en Guatemala, las topografías accidentadas y la variación altitudinal de las tierras altas han creado un mosaico extremadamente diverso de ambientes físicos, los cuales favorecen un rápido aislamiento de poblaciones.

Agudelo (sin fecha) indica que los pinares naturales de la región subtropical de Centroamérica son ecosistemas relativamente simples en cuanto al grado de mezcla florística; expresa que estos bosques están constituidos por una o pocas especies de pinos o más comúnmente por una combinación, no muy variada de árboles, entre los cuales destacan pinos (*Pinus)*, encinos y robles (*Quercus*), liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) y otras latifoliadas.

2.3 Ecología de *P. oocarpa*

De acuerdo con Lamprecht (1990), *P. oocarpa* se distribuye en forma natural desde los 12° N en Nicaragua, hasta los 28° N en el noroeste de México. Las mayores existencias contínuas de esta especie se hallan en los altiplanos centrales de Centroamérica, desde el noroeste de Nicaragua, pasando por Honduras, el norte de El Salvador, el centro de Guatemala, hasta llegar a los 18° N en el sur de México. Al oeste de los bordes de la sierra madre occidental, en la región de Hidalgo, México, y en el centro de Belice, ocupa grandes regiones, pero con distribución discontínua. Greaves (1979) ilustra gráficamente la distribución natural de *P. oocarpa* (Figura 1).

P. oocarpa exhibe amplia plasticidad ecológica. Para su distribución natural, Standley *et al.* (1958) afirman que es frecuente entre 200 y 2.700 m de altitud; sin embargo, Pratts (1962), sostiene que se le encuentra más entre 700 y 1.500 msnm. En Guatemala habita entre los 500 y 2.400 msnm (Aguilar 1961), aunque Veblen (1977) informa que se le encuentra incluso en altitudes de 2.750 m.

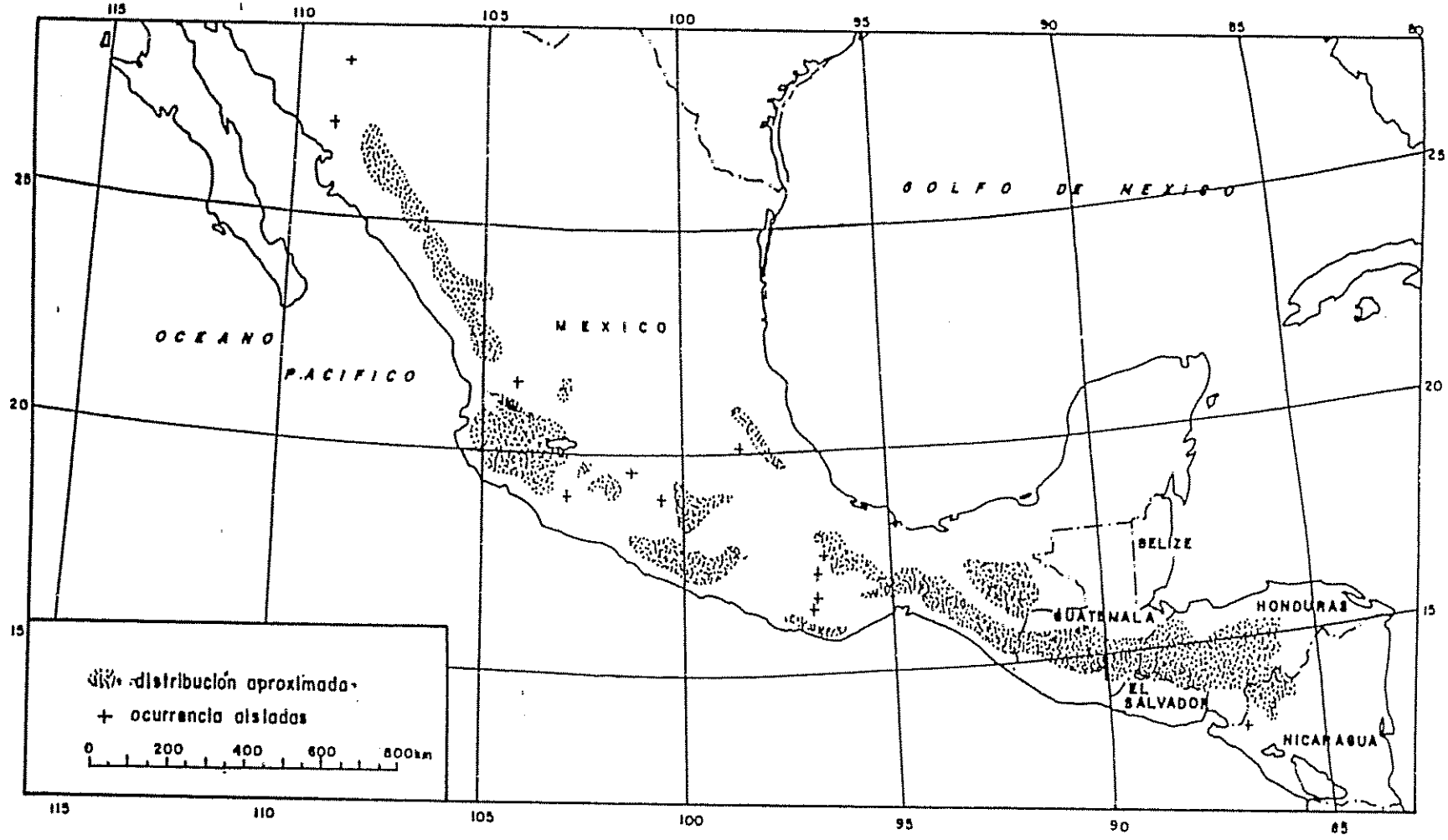


Fig. 1. Distribucion natural de *P. oocarpa*.
Fuente: tomado de Greaves (1979).

De las especies de pino que crecen en Centroamérica, *P. oocarpa* es la que tolera menos precipitación y mayores lapsos de sequía (Denevan 1961). El ámbito de precipitación anual para la especie varía desde 650 mm en Honduras (Wolffsohn 1982) hasta 2.500 mm, en el norte del mismo país [Gaussen, citado por Agudelo (1988)]. En la mayor parte de su área de distribución natural recibe de 700 mm (Pratts 1962) a 1.500 mm (Wolffsohn 1982).

Pratts (1962), señala que *P. oocarpa* soporta muy bien el calor, vegetando en regiones con temperaturas entre 13 y 23 °C, aunque Greaves (1982) manifiesta que habita en lugares con temperatura promedia mínima de 10 °C, y Zamora (1981) indica que se desarrolla en sitios con temperatura promedia máxima de 25 °C.

P. oocarpa se encuentra en condiciones naturales creciendo sobre suelos erosionados, delgados, arenosos, bien drenados, ácidos y de baja fertilidad, derivados de materiales de orígen volcánico antiguo, con un contenido alto de cuarzo (Pratts 1962). En condiciones de mayor fertilidad y humedad crece mejor, pero no compite con éxito con especies latifoliadas (Greaves 1979).

2.4 Fisionomia

P. oocarpa puede alcanzar alturas de hasta 35 m (normalmente de 20 a 30 m) y dap hasta de 100 cm pero más comúnmente entre 40 y 70 cm. La forma del fuste es variable; la copa es en general poco simétrica, de ramas finas y relativamente ralas. La corteza es suberosa y razgada en la parte superior del fuste, con frecuencia escamosa; las hojas asciculares se encuentran en hacecillos de cinco, pero también de tres y cuatro, raras veces de seis (Lamprecht 1990). Las hojas tienen de 12 a 28 cm de largo y hasta 1,5 mm de ancho. Su color con frecuencia es verde claro y vivo, son rígidas y se concentran principalmente en el extremo de las ramas. Los conos son de forma ovoide a cónica, color amarillo-marrón y miden de cinco a seis centímetros de largo y penden, solitarios o en grupos hasta de tres, de pedúnculos cortos (Lamprecht

1990).

La madera de la especie es color blanco amarillento en árboles jóvenes y resulta hasta notablemente rojiza en adultos, debido a la acumulación de abundante resina (Aguilar 1976). Es utilizada en la industria de la construcción, carpintería, fabricación de durmientes (Pratts 1962) y en la industria de celulosa y papel ha sido equivalente a la de los pinos más importantes del sur de los Estados Unidos (Pereira 1989). En Guatemala también es muy usada como postes para sostén de alumbrado eléctrico, leña (aunque con menor preferencia que la proveniente del género *Quercus*), y para extracción de ocote; actualmente se ejecutan proyectos de resinación en diferentes áreas del país para industrializar la resina (observaciones personales).

2.5 Fenología y biología reproductiva

2.5.1 Producción de conos

De acuerdo con Denevan (1961) y Zamora (1981) *P. oocarpa* es una especie serotina y de cono cerrado. El primero afirma que esa condición hace que las semillas caigan en forma gradual o sean retenidas en el cono hasta que se pudran, que sean abiertos los conos por animales o pájaros, o calentados por fuego. Las escamas del fruto, que son bastante duras y fuertes, no se abren a la vez sino parcialmente, en diferentes épocas.

Zamora (1981), informa que en Chiapas, México, la especie florece de noviembre a marzo, acentúandose en diciembre y enero; en Honduras (Wolffsohn 1982), indica que la floración se inicia en la el mes de julio, sin embargo, las primeras flores se ven en septiembre. El mismo autor (1984), expresa que la polinización anemófila comienza a principios de diciembre y termina a mediados de enero; las flores femeninas se hallan en las ramas viejas y por ello son más frecuentes en la parte inferior de la copa. Los árboles ubicados en zonas más altas y/o con menor

precipitación, florecen primero (Zamora 1981).

La maduración de los conos generalmente ocurre 26 meses después de la polinización (Wolffsohn 1982). Siendo así, ese fenómeno ocurre de enero a marzo, época generalmente seca en áreas con bosques secos del sub-trópico centroamericano; esto facilita la apertura de los conos por la ocurrencia de altas temperaturas. Observaciones que confirman lo anterior son las realizadas por Chable (1967), para Siguatepeque, Honduras; Trincheras y Troensegaard, citados por Hudson *et al.* (1981), para Jutiapa, en el mismo país y Zamora (1981) en Chiapas, México.

Robbins y Ochoa (1980) expresan que la maduración de los conos de la especie no es uniforme sino en forma escalonada; afirman que esa situación se comprueba fácilmente durante la recolección de frutos, siendo casi imposible evitar el corte de conos inmaduros. Además indican que el índice de madurez más utilizado para la recolección es el color combinado con la consistencia del fruto; un cono se considera maduro cuando está medio verde-cafe canela, con el ápice completamente duro.

No todos los conos se desarrollan; muchos mueren en el verano después de la polinización anemófila, otros son atacados por el hongo *Cronartium conigenum* [causante de la pérdida de hasta un 15% de la producción de conos en *P. caribaea* Mor. (Etheridge 1961)] y unos pocos por ardillas y psitácidos (por ejemplo, loros y guacamayos). Hay mucha variación en la producción de conos entre árboles y años (Wolffsohn 1981). El mismo autor (1984) afirma que los conos persisten en las ramas durante varios años después de la caída de sus semillas.

Wolffsohn (1982), manifiesta que aunque no existen suficientes datos sobre los factores que influencian la producción de conos de *P. oocarpa*, estudios realizados en diferentes partes con otras especies de pino, indican que los más importantes son las condiciones climáticas, fertilidad del suelo, densidad de los rodales, ataques por plagas, enfermedades, daños causados por ardillas y pájaros. Varnell, citado por Wolffsohn

(1984) sostiene que la fecundidad como factor genético es importante en la producción de conos de *P. elliottii*; un árbol que ha producido muchos conos en el pasado, probablemente lo hará también en el futuro. En *P. oocarpa* esta situación parece ser confirmada por Wilkinson (1983), quien efectuó una comparación entre el número de conos viejos y nuevos en 47 árboles; encontró que existe una relación representada por la ecuación: Y = 58,57 + 0,2013 X, en donde Y representa el número de conos maduros y X el número de conos viejos. Sus resultados arrojaron un coeficiente de correlación (r) de 0,66. El mismo autor afirma que también existe una relación con el tamaño del árbol; indica que las mejores relaciones son diámetro cuadrado de la copa con número de conos y dap con el logaritmo del número de conos. Esta ultima resultó representada por la ecuación rectilínea:

$$\text{Ln } Y = 2{,}534 + 0{,}06671\ X$$

donde:

Y = número de conos

X = dap en cm

El tamaño de la muestra fue de 47 árboles y el coeficiente de correlación (r) 0,61. En el mismo estudio, Wilkinson encontró que el 19,4 % de los conos no fueron productivos por razón del ataque de hongos o animales.

Para esa misma muestra, Wilkinson encontró un promedio de 292 conos nuevos por árbol; en su análisis incluyó árboles entre 20 y 63 cm de dap. Wolffsohn (1981), en una muestra pequeña de sólo nueve árboles entre 30 y 40 cm de dap, determinó un promedio de 592 conos nuevos por árbol. Este último autor manifiesta que en otro estudio obtuvo un promedio de 440 conos nuevos por árbol, aunque esta vez fueron seleccionados para la muestra los mejores individuos.

2.5.2 Producción de semillas

Wolffsohn (1984) informa que en cualquier cono se encuentran dos tipos de escamas, las infértiles con base delgada cerca de la punta y de la base del cono, y las fértiles con base ancha en la parte central; en las escamas infértiles más pequeñas no hay indicios de semillas, pero algunas tienen alas pequeñas con semillas rudimentarias. En los conos existen tres categorías de semillas: 1) rudimentarias no polinizadas, con longitud menor de dos milímetros; 2) vanas o vacías, de menor o igual tamaño que las maduras, y que deben su condición principalmente al ataque de insectos, de tamaño adulto o intermedio; 3) llenas, con una viabilidad de aproximadamente 90%.

Las semillas llenas de *P. oocarpa* son pequeñas, café obscuro, de cuatro a siete milímetros de longitud; tienen alas de 10 a 12 mm de largo, articuladas y engrosadas en la base, donde se unen a la semilla. Poseen de cinco a siete cotiledones, aunque frecuentemente presentan seis. Un kg de semilla contiene alrededor de 120.000 semillas (Perry Jr. 1991).

La producción de semillas es muy variable de acuerdo con el año, árbol, rodal y procedencia [Hudson *et al.* (1981); Wolffsohn (1981,1982); Houkal (1980); Robbins y Ochoa (1980)]. Variación amplia presenta también el porcentaje de semillas que resultan vanas; distintos autores han encontrado cifras diferentes [Houkal (1981), 30-36%; Wolffsohn (1981), 48%; Wilkinson (1983), 59%].

Houkal (1980), estudió la eficiencia de producción de semillas de *P. oocarpa* por el método de disección; encontró que los conos seleccionados (bien formados y sanos) tienen un promedio de 36 semillas llenas (sanas) por cono, y que los conos secados en el horno a 37,8 °C por 24 horas rinden un promedio de 27 semillas llenas; sin embargo, Robbins y Ochoa (1980) informan que en Honduras, el rendimiento de semillas de *P. oocarpa* es de nueve a 15 semillas llenas por cono. Wilkinson (1983), encontró un promedio de 48 semillas totales por cono. Estudios efectuados por el

mismo autor revelan que, en un año representativo, un árbol de 36 cm de dap y 0,1 m^2 de área basal, contiene cerca de 112 conos productivos, equivalente a 5.376 semillas, considerando un promedio de 48 semillas por cono. Un 60% de este total corresponde a semillas llenas.

Barnett y Brandt (1990) encontraron que el número de semillas llenas en los conos de *P. clausa* decreció de 40 en la expresión máxima de la maduración, hasta cinco, 14 meses después, mientras que el número de semillas vanas aumentó.
Estos resultados sugieren que la cantidad de semillas llenas producidas por cono está en relación inversa al tiempo transcurrido a partir del momento de la maduración, y la producción de semillas vanas, en relación directa; el riesgo de que una semilla llena se convierta en vana por ataque de plagas, enfermedades, pájaros y roedores, aumenta con el transcurso del tiempo.

M_cLemore (1962), estudiando una muestra de 20 conos de cada uno de 20 árboles de tres especies diferentes de pinos (*P. palustris* Mill, *P. elliottii* Engelm. y *P. taeda* L.), mediante la técnica de disección longitudinal del cono y usando regresión lineal, estimó el número de semillas llenas por cono, tomando como variable independiente el número de semillas llenas expuestas al hacer el corte; los rangos en el número de semillas llenas por cono que encontró, respectivamente, fueron: 5-185, 4-163 y 6-148.

2.5.3 Diseminación de semillas

Según Troensegaard (1975) en Jutiapa, Honduras, el período de diseminación de las semillas de *P. oocarpa* es en la época seca y con mayor intensidad entre febrero y mayo. Wolffsohn (1984) afirma que esa situación prevalece en todo el país y que en ese período se dispersa del 80 al 90% de las semillas viables. Asimismo, Hudson *et al.* (1981), coinciden al afirmar que para esa misma región centroamericana la época de

mayor diseminación ocurre de marzo a mayo, con cantidades menores de semillas sanas diseminadas en los periodos de mayor sequedad, más tarde en el año. En Chiapas, México (Zamora 1981) la dispersión de semillas ocurre igualmente en los meses de marzo a mayo.

Al empezar a abrir los conos, son atacados por bandadas de pájaros del género *Spinus*, que sacan las semillas llenas (Wolffsohn 1981). Se han recogido las semillas que caen de los pinos en varios sitios y los porcentajes de las distintas categorías, de acuerdo con este autor y con Houkal (1980), son: 12-15%, siete a 17%, 66-78% y cinco por ciento para semillas llenas, vanas, rudimentarias y fragmentos, respectivamente. Según estos datos, una gran parte de las semillas llenas nunca llega al suelo, siendo consumidas antes por aves, mamíferos o insectos.

Wolffsohn (1984) informa que las causas principales de la mortalidad en los óvulos y las semillas individuales en el árbol son: 1) falta de polinización; 2) fertilización por polen del mismo árbol, que puede resultar en combinaciones letales de genes recesivos, y 3) ataques por insectos, principalmente miembros del órden Heteroptera, que matan los óvulos antes de la fertilización o las semillas, después.

Wilkinson (1983), investigó el fenómeno de la diseminación de semillas de *P. oocarpa* en Honduras; informa que la caída de las semillas llenas es proporcional al área basal del rodal y a la altura de los árboles dominantes. Wolffsohn (1984) afirma que en sitios o años muy buenos se pueden obtener más de 10.000 semillas llenas por m^2 de área basal de los árboles semilleros. Sin embargo, en sitios con fertilidad promedio y en años normales la caída de semillas llenas de árboles semilleros con dap entre 30 y 40 cm, oscila entre 2.000 y 5.000 por m^2 de área basal. Después de quemas controladas o incendios, de aquella cantidad de semilla debe sobrevivir como regeneración establecida entre el tres y 13 por ciento. Bajo tales condiciones debe esperarse que por cada m^2 de área basal de los árboles semilleros resulten entre 100 y 500 individuos jóvenes de regeneración.

Reyes y Sandoval (1982), utilizando trampas para semillas, construidas en forma de cono con lámina de zinc liso, con una superficie de recepción de un metro cuadrado y captando semillas durante un año completo (febrero de 1981 a enero de 1982), en dos rodales, uno con área basal de 4,9 m^2 ha^{-1} y el otro de 16.6 m^2 ha^{-1}, estimaron una diseminación total anual de 8.333, 833 y 10.832 semillas llenas o sanas, rudimentarias y vanas, respectivamente, en el primer rodal; en el segundo, para estas mismas categorías de semillas, las cantidades estimadas fueron 35.000, 49.166 y 63.333 semillas. Aunque no informan intervalos de confianza para sus estimaciones, los resultados indican alta variación; se aprecian rangos desde cero semillas rudimentarias diseminadas en diciembre de 1981 hasta 35.833 en marzo del mismo año.

Hudson *et al.* (1981) realizaron un interesante estudio de tres años de duración, en dos rodales de área muy pequeña (0,2 ha); el primer rodal con un área basal de 13,8 m^2 ha^{-1} y el segundo con 10 m^2 ha^{-1}. En cada rodal colocaron aleatoriamente 10 trampas construidas en forma de "Y" con 0,25 m^2 de área de recepción (Anexo 1A). Con intervalos de confianza del 95% bastante amplios, estimaron un promedio anual de 82.700 y 101.300, 740.000 y 534.700 semillas llenas y vanas por hectárea, diseminadas respectivamente, en los rodales citados.

En relación al radio de diseminación con respecto al árbol semillero, estudios de FAO citados por Wolffsohn, y de él (1984), indican que hay poca regeneración fuera de un radio de 25 m en árboles aislados. El último autor, mediante una estimación aproximada, sugiere que en un año representativo, cerca de un árbol aislado de 30 a 40 cm de dap, se caen 1.000 semillas llenas dentro de un radio de 25 m y, dentro de un radio de 10 m, las semillas se encuentran en el suelo a una densidad de una por metro cuadrado. Aproximadamente 90% caen en el período febrero-mayo y germinan en mayo o junio.

2.5.4 Regeneración natural

También llamado **el método de la naturaleza**, constituye el apoyo ecológico para la sobrevivencia del ecosistema bosque (Sabogal 1980); el término tiene en realidad, dos sentidos: uno estático y otro dinámico, ligados a aspectos de abundancia, composición y distribución o agregación de los individuos. El mismo autor (1992), al externar su opinión acerca de que el manejo de los bosques secos tropicales demanda acciones inmediatas a nivel gubernamental en los países afectados, sugiere como una de las estrategias prioritarias, la inducción de la regeneración natural, proveyendo fuentes semilleras de especies deseables presentes en el área de interés.

Como se acotó al principio, *P. oocarpa* se regenera bien en forma natural; a ello contribuye su capacidad de rebrotar de cepa cuando los árboles son dañados siendo aún jóvenes. Dada su condición de planta heliófita, la regeneración es exigente en luz y no tolera la sombra (Denevan 1961). En concordancia, Wolffsohn (1984) sostiene que, con la exclusión de incendios, pastoreo y actividad humana, la sobrevivencia al final del cuarto año varía entre 30 y 60% de la regeneración existente al término del primero; la ausencia de estas actividades ocasionaría con el tiempo una disminución progresiva en los ingresos de luz al sotobosque, situación negativa para el establecimiento y desarrollo de una especie intolerante.

En los países de Centroamérica en que existe naturalmente *P. oocarpa*, el método silvicultural que se está empleando para asegurar la regeneración de la especie es el de árboles semilleros padres. El número de éstos a dejar por hectárea después del corte ha sido tema de investigaciones con diferentes especies de *Pinus*; distintos autores han concluido que, según la especie, se necesitan desde cinco hasta 37 árboles semilleros padres [Troensegaard *et al.* (1982); Hudson *et al.* (1981); Wolffsohn (1982); Lizardo (1955) y Chacón (1983)] bien distribuidos por hectárea. El criterio principal ha estado enfocado a garantizar un establecimiento de 2.500 plantas por hectárea, al final del primer año; no se han tomado en cuenta datos de

nacimiento, reclutamiento y mortalidad a través de estudios de poblaciones a largo plazo.

En cuanto a la calidad de los árboles semilleros padres, Troensegaard *et al.* (1982) manifiestan que, careciendo de resultados de ensayos específicos, la experiencia general indica que deben tener un dap mínimo de 25 cm pero que no deben ser árboles sobremaduros que producen pocas semillas viables.

Otro aspecto importante en que parece no haber consenso es acerca de qué se considera una regeneración completa o adecuada. Varios criterios son utilizados, siendo los más comunes aquellos que incluyen: 1) cantidad de individuos por unidad de área (densidad) y 2) la distribución de los árboles en el área (frecuencia de ocupación) estimándose mediante el porcentaje de parcelas de área determinada ocupadas por individuos de la especie de interés. Así, Troensegaard (1981) asume que una regeneración es completa cuando existe una o más plantas por cada cuatro metros cuadrados de superficie boscosa. Troensegaard *et al.* (1982) coinciden al afirmar que una superficie boscosa está completamente regenerada si existen en una hectárea 2.500 plantas con dap < 10 cm. Por su parte, Wolffsohn (1984) considera como regeneración establecida los árboles de cuatro años de edad, con una densidad bien distribuida de 625 individuos por hectárea. Agudelo[1] expresa que al finalizar el primer año, si la regeneración con altura menor que un metro es inferior a 1.200 árboles/ha, hay que inducir la regeneración y que si la situación persiste al término del segundo año, hay que plantar. Zamora (1981) manifiesta que, en general, la regeneración natural para todas las coníferas es raquítica, debido a fuegos y pastoreo, principalmente.

[1]Agudelo, N. de J. 1993. Importancia de los pinares y su estado actual. Clase magistral en Curso Silvicultura de Bosques Naturales. CATIE.

2.5.5 Crecimiento

De acuerdo con Finegan (1993e), el crecimiento es el aumento de tamaño que presentan los organismos conforme pasa el tiempo; la cantidad de crecimiento en un período determinado de tiempo se denomina incremento. El mismo autor resalta la importancia de distinguir entre **incremento medio anual (IMA)** que es el incremento promedio anual correspondiente a un período largo de tiempo y que se obtiene dividiendo el rendimiento entre la edad de una planta o rodal, e **incremento anual actual (IAA)** que representa el incremento durante un año determinado.

En los mejores sitios, *P. oocarpa* puede crecer hasta 30 cm de altura en el primer año, pero por lo general las plántulas sólo tienen de cinco a diez centímetros de altura al término del primer año (Wolffsohn 1984). El mismo autor informa que en las mejores estaciones, al finalizar el quinto año, los árboles pueden tener cinco metros de altura, pero en la mayor parte de su hábitat, los crecimientos normales son entre 50 y 100 cm a esa misma edad; el incremento no depende sólo de la calidad del sitio sino tambien del ataque de *Rhyacionia sp.* [un lepidóptero conocido también como barrenador del ápice en pinos (Munguía 1982)] a las yemas terminales, especialmente en suelos pobres. Después del cuarto año el incremento en diámetro, en los mejores sitios puede superar los dos centímetros por año, pero para la mayor parte de las estaciones los incrementos normales son entre cinco y diez milímetros por año. De estos datos se deduce que el crecimiento inicial, al menos, es lento.

Pérez, Stiff y Johnson (1990) informan que, para diferentes índices de sitio, el tiempo mediano requerido para que una planta de *P. oocarpa* alcance una altura de 1,3 m varía desde dos hasta seis años. Según García (1986), la especie, en condiciones naturales, presenta rendimientos normales expresados en incremento medio anual, de cinco a diez metros cúbicos por año.

2.6 Efecto del fuego sobre la regeneración natural

Reyes (1980) manifiesta que en el sistema roza-tumba-quema-siembra, la aplicación del fuego es una práctica usual entre los nativos mayas que ha trascendido hasta hoy en forma casi original. Esa puede ser la explicación del orígen de la existencia de grandes bosques de pino en Centroamérica, en que el hombre ha jugado un papel determinante.

En investigación forestal, el conocimiento del factor fuego reviste importancia capital que comprende dos aspectos: el primero lo considera como un agente modificador en la estructura, composición y selección de la vegetación y por consiguiente de las especies forestales de importancia económica; en el segundo, la quema es o forma parte de un sistema controlado en el manejo forestal para el establecimiento de bosques naturales y plantaciones en el trópico (Reyes 1980).

Shants, citado por Campbell (1954), escribió que, de no haber sido por el fuego, mucha de la superficie terrestre cubierta en 1954 por praderas habría sido bosque, muchos bosques de coníferas habrían estado poblados de especies latifoliadas y no pocos de los sectores más altos y mejores del tipo mediterráneo habrían sido bosques. Esta idea es congruente con la de Spurr, citado por Hudson y Salazar (1981) quien afirmó que en el mundo, la dominancia de los bosques de los géneros *Pinus y Quercus* sobre virtualmente todas las especies, se debe, en casi todas las regiones, principalmente al fuego. Pérez *et al.* (1990) manifiestan que el fuego puede ser el más importante elemento funcional del ecosistema del pino, e indudablemente necesario para retener la abundancia relativa de éste en la composición del bosque.

La naturaleza pirófita de *P. oocarpa* ha sido reconocida desde hace varios años [Allen, Denevan, citados por Hudson *et al.* (1981)] y en diferentes sitios de su zona de distribución [Johannessen, Vázquez, Wolffsohn, citados por Agudelo (1988)]. Según Troensegaard (1981), el fuego influencia notablemente la forma de los arbolitos,

muchos de los cuales son constituidos por brotes y tienen apariencia de arbustos.

Hudson *et al.* (1981), afirman que en la naturaleza *P. oocarpa* está bien adaptado a zonas secas, donde los incendios forestales son comunes. Los mismos autores afirman que los árboles de la especie poseen una corteza gruesa que evita daños al cámbium por los incendios; aunque algunas especies latifoliadas rebrotan después de los incendios, no son tan resistentes al fuego y, en suelos infertiles, no crecen tan rápido como los pinos.

Bajo condiciones naturales las semillas de esta especie caen en áreas recién quemadas y tres o cuatro meses después germinan, comenzando así el proceso de regeneración. Zendejas y Villareal (1971) afirman que las semillas de la especie son muy resistentes al calor, las cuales son adecuadamente protegidas de las altas temperaturas por medio de los conos, y que los incendios forestales de baja intensidad favorecen la liberación y dispersión de las semillas.

Al discutir la coincidencia de la época de mayor diseminación de las semillas de la especie con la de mayor probabilidad de incendios, estos autores califican su estrategia regenerativa como de "alto riesgo". Las semillas caídas son expuestas durante un tiempo relativamente largo a la probabilidad de ocurrencia de incendios y al ataque de predadores.

Perry Jr. (1991), manifiesta que a pesar de la resistencia de los árboles adultos al fuego, los árboles jóvenes son con frecuencia destruidos. Sin embargo, el fuego parece ser un factor importante en la adaptación de los pinos para competir con éxito frente a especies de hoja ancha, en áreas subtropicales. Hudson *et al.* (1981), profundizan más sobre ese razonamiento; explican que tiene la capacidad de sobrevivir después de una pérdida considerable de su follaje; la especie presenta, además de la capacidad de rebrotar del cuello de raiz, la característica de colonizar áreas quemadas. Estos rasgos permiten que algunos individuos puedan sobrevivir y

regenerarse, aun después de los incendios más intensos y perpetuar así la especie en el sitio.

Parece ser que después de un incendio, el suelo queda preparado en forma natural para el establecimiento de la regeneración, es decir, libre de malezas y en condiciones favorables de iluminación, a nivel de micrositio; la semilla, al caer, sólo precisa de suficiente humedad para germinar adecuadamente. En ese sentido, Wolffsohn (1981) y Hudson y Salazar (1981) destacan la importancia de realizar una quema prescrita o controlada antes de la caída de la semilla para preparar así el sitio; de este modo, sostienen, se favorece el proceso de regeneración natural.

Los fuegos frecuentes limitan la regeneración de los pinos, ya que las plántulas no tienen tiempo para desarrollar una corteza resistente al fuego y una altura que no sea afectada por el mismo. Cuando los rodales de *P. oocarpa* son protegidos contra incendios, no tienen plántulas por demasiada sombra y el sotobosque está compuesto predominantemente por especies latifoliadas (Denevan 1961). Parece razonable pensar que si los incendios se suceden anualmente, es casi imposible que se de el proceso normal de regeneración natural, pero si durante el ciclo vital de un árbol semillero existen lapsos de tiempo sin la ocurrencia de incendios, entonces facilitaría el desarrollo del fenómeno; a este respecto algunos autores proporcionan cifras diferentes. Así, Hudson y Salazar (1981) indican que tres a seis años son suficientes; (Agudelo 1990) afirma que un período sin incendios de tres a ocho años permite una regeneración natural exitosa; Por su parte, Sánchez y Hughet (1959) coinciden al afirmar que un período sin incendios de cinco años, garantiza una adecuada regeneración.

Greaves (1979) concuerda con muchos de los autores citados anteriormente al expresar que el fuego parece jugar un rol ecológico vital en los bosques de *P. oocarpa*. El éxito en la germinación de las semillas sólo toma lugar sobre el suelo mineral desnudo y las plántulas no toleran sombra densa. La especie parece ser incapaz de

competir con la vegetación de hoja ancha por un período prolongado sin la presencia de fuegos menores ocasionales. Si el fuego es totalmente excluido, el bosque volverá a ser nuevamente del tipo de hoja ancha.

De acuerdo con Hudson y Salazar (1981) las quemas prescritas incrementan la escorrentía y las pérdidas de sedimentos y disminuyen las tasas de acumulación de nutrientes. Los mismos autores encontraron que tres años después de la quema, estos factores habían vuelto a su estado normal y se atribuyó esta recuperación a la tasa rápida de recolonización de la vegetación del suelo que es adaptada a quemas frecuentes; concluyen que las pérdidas ocurridas después de la quema prescrita de baja intensidad fueron aceptables en comparación con las pérdidas enormes que ocurren después de un incendio no controlado y que es prevenido con la quema prescrita.

Asimismo, Agudelo, citado por Finegan (1993b), indica que los pinos toleran el fuego, siempre que no sea demasiado frecuente o intenso, mientras que las demás especies que formarían bosques en los pinares no lo toleran. En cambio, otros autores [Look y Miranda, citados por Rzedowski, Vela y Madrigal (1977); Pérez (1981); Hughet (1959)], consideran que los incendios son perjudiciales en alto grado a los pinares. El nivel de conocimiento actual permite afirmar que las dos posiciones tienen algo de verdad, es decir, que bajo determinadas circunstancias, los incendios pueden ser altamente perjudiciales, mientras que en otras, el efecto puede ser contrario. Es muy importante tener presente que el fuego, como en el caso de cualquier factor ambiental, presenta un rango de magnitudes en las combinaciones de frecuencia, intensidad y duración, que son soportables por los pinares, mientras que otros rangos son intolerables (Finegan[1]).

[1]Finegan, B. 1993. Comunicación personal.

En algunos bosques de *P. oocarpa* del estado de Guerrero, México, donde los incendios son frecuentes, se ha observado que después que el fuego ha matado la parte aérea del renuevo, la raiz que ha engrosado a pocos centímetros de profundidad, emite nuevos brotes, de tal manera que este factor de disturbio retrasa o estanca, pero no impide la regeneración del bosque; en cambio, concede a la especie una gran ventaja para ocupar el área sobre otras especies arbóreas carentes de ese mecanismo de adaptación (Rzedowski, Vela y Madrigal, 1977).

Algunos autores han investigado el daño causado a los pinares por el fuego. Así, Bristol (1959) informa que en *P. cubensis*, árboles mayores de nueve metros de altura sobreviven al fuego, pero que árboles hasta de 16 m han sido eliminados, ocasionalmente. Por su parte, Hughet (1959) indica que el fuego en bosques de coníferas no quema árboles enteros como ocurre en los bosques de tipo mediterráneo, donde el sotobosque se inflama fácilmente. El mismo autor afirma que los fuegos de la cubierta vegetal no afectan más que a los pinos jóvenes de menos de cinco a seis metros de altura. Asimismo Troensegaard (1981) sostiene que las plantas de pino que han alcanzado una altura igual o mayor que tres metros, están libres del daño causado por un incendio normal.

Hudson y Salazar (1981) explican que los efectos del fuego sobre el suelo varían de acuerdo con la frecuencia, duración e intensidad del mismo y con la naturaleza del suelo, principalmente con la textura, estructura y contenido de materia orgánica. Por su parte Wolffsohn (1986), sostiene que la eliminación repetida de la hojarasca por incendios reduce la fertilidad de suelos buenos y en suelos malos conduce al mantenimiento de un nivel bajo de fertilidad. Sobre este último aspecto, Hughet (1959) sostiene que una de las consecuencias funestas de los fuegos es la degradación del suelo. Los incendios de alta intensidad y duración y aquellos que ocurren repetidamente, pueden reducir la cantidad de materia orgánica, provocar cambios nocivos en la estructura de las arcillas y afectar en forma negativa las propiedades de porosidad, aireación e infiltración (Hudson y Salazar 1981).

Parte del nitrógeno que se encuentra en forma orgánica en la capa vegetal se volatiliza durante la combustión y cantidades apreciables pueden ser removidas del área (Hudson y Salazar 1981); sin embargo, el nitrógeno mineralizado o asimilable generalmente se incrementa después de los incendios, debido a que también aumenta la tasa de fijación del mismo porque la reducción de la acidez en la parte superior del suelo y el aumento de la temperatura estimulan la actividad de los microorganismos. Lewis (1974) informa que la cantidad de nitratos y fosfatos disponibles biológicamente en la hojarasca no se aumenta por acción directa de los fuegos, pero sí ocurre una acumulación de los mismos en forma soluble, un tiempo después de los incendios y ésto es probablemente una de las causas del incremento en la actividad microbial.

En relación a los efectos del fuego sobre el crecimiento de *P. oocarpa*, de acuerdo con Wolffsohn (1984), están claramente definidos por las correlaciones entre el incremento del área basal y el diámetro de la copa viva. Según este autor, árboles con ramas quemadas pero con diámetro de copa no reducida por acción de incendios, presentan mayores tasas de crecimiento que aquellos individuos no quemados del mismo tamaño; cuando se consume parte de la copa, pero la reducción no supera el 40 %, el incremento del árbol quemado se reduce en la misma proporción durante el primer año, pero luego se acelera el crecimiento y al final del tercer año no hay diferencias entre los árboles quemados y los no quemados de tamaño igual; cuando el fuego reduce el diámetro de copa en 40% o más, hay pérdida permanente del incremento en el árbol quemado.

Con respecto al efecto que ejerce el fuego sobre la germinación de las semillas y en la sobrevivencia de las plántulas, Wolffsohn (1984) indica que con la exclusión de incendios y actividad humana, la supervivencia al final del cuarto año varía entre 30 y 60 % de la regeneraión existente al finalizar el primer año. En cuanto a la germinación de las semillas, Zendejas y Villareal (1971) afirman que las temperaturas entre 50 y 70°C aceleran el proceso, mientras que aquellas severas entre 80 a 100°C

la retardan, debido posiblemente a cambios en la composición química de las semillas.

El fuego como factor de disturbio también puede matar la vegetación, reducir su tasa de crecimiento y disminuir la calidad del producto; tales efectos o daños pueden provocarse directamente por las altas temperaturas generadas por el fuego, o indirectamente por la acción de debilitar la vegetación y predisponerla al ataque de plagas y enfermedades (Hudson y Salazar 1981). Pérez (1981) afirma que, en una zona que haya sido incendiada, existe una probabilidad muy alta de que se establezcan plagas forestales, dado que el fuego debilita los árboles.

Las quemas prescritas aplicadas en forma correcta resultan beneficiosas en el manejo de los bosques de pino (Hudson y Salazar, 1981); estas quemas muchas veces no consumen completamente la hojarasca y no causan tanta erosión como los incendios anuales y aquellos de intensidad muy alta. Wolffsohn (1984) hace hincapié en que la regeneración de *P. oocarpa* no es posible sin una quema o incendio inmediatamente antes de la caída de las semillas. Wade y Lundsford (1990) se manifiestan cautelosos ante el uso de la quema prescrita; expresan que es un instrumento de manejo muy complejo al que sólo se debe recurrir con precaución cuando se conozcan bien las condiciones climáticas reinantes.

2.7 La Luz

El sol es la fuente de radiación de la tierra; de ahí que se hable de radiación solar (Donoso 1981). De acuerdo con este autor, la luz es aquella parte de la radiación o fracción visible del espectro solar que comprende las ondas electromagnéticas entre 400 y 750 nm y que equivale aproximadamente a la mitad de la radiación total que llega a la tierra. A este rango del espectro solar se le conoce también como **radiación fotosintéticamente activa (RAFA)** (Finegan 1993a).

La radiación solar es la única fuente de energía que puede ser utilizada por las plantas verdes. La luz que recibe una planta tiene varios componentes, cuya importancia relativa depende de varios factores del ambiente. En términos generales, la luz puede llegar directamente a la planta o en forma difusa debido a factores de la atmósfera como la presencia de polvo, después de ser reflejada o transmitida por las hojas de otras plantas (Finegan 1993a).

Es evidente que en sistemas forestales y agroforestales mucha luz no llega directamente a las plantas. Cuando la radiación solar es interceptada por una hoja, puede ser reflejada, transmitida o absorbida (Finegan 1993a).

La luz reflejada está sujeta a cambios de longitud de onda. Por otra parte, no toda la luz es absorbida por el aparato fotosintético, sólo el rango de longitud de onda denominado **RAFA**. Por lo tanto, la luz transmitida es modificada cualitativa y cuantitativamente (Finegan 1993a).

Desde el punto de vista ecológico, la luz es uno de los principales factores que afecta las posibilidades de establecimiento y crecimiento de la regeneración; por esta razón también resulta indispensable clasificar las especies en función de su temperamento. Esta clasificación es uno de los elementos fundamentales para elegir la técnica silvicultural de manejo de la regeneración más apropiada [Schutz, citado por Beek y Sáenz (1992)].

La clasificación más sencilla con base al comportamiento de las especies vegetales en relación a la luz, es la que clasifica a éstas en dos categorías: **heliófitas** (intolerantes a la sombra) y **esciófitas** (tolerantes a la sombra). Estas dos se consideran las estrategias biológicas básicas que han evolucionado ante las gradientes de luz [aunque en el intermedio existe toda una gama de grados de tolerancia e intolerancia, los que aparecen muy bien detallados en Clark y Clark (1987)]. *P. oocarpa* pertenece a la primera categoría (Mirov 1967).

El comportamiento pirofítico del pino, entonces, tiene una relación con su condición de planta heliófita; la reducción de la biomasa aérea de las plantas quemadas durante un incendio, favorece la recepción de más luz, facilitando el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural.

Wolffsohn (1984), también manifiesta que *P. oocarpa* es exigente en luz, como sucede con la mayor parte de los pinos, aunque ensayos de vivero indican que durante el primer año puede soportar hasta un 50 % de sombra. El mismo autor afirma que, con esta intensidad de sombra se estimula el incremento en altura, pero se reduce el crecimiento diametral. A medida que el grado de sombra aumenta, la altura se incrementa pero el follaje de las plántulas se torna amarillento, se presenta poco desarrollo de follaje adulto e incluso éste puede no llegar a formarse. Por otra parte, con altas intensidades de sombra las plántulas se debilitan y no pueden mantenerse en pie (Agudelo 1988).

Vela y Hernández (1968), experimentaron con plantas de *P. patula* en vivero con edades desde los siete hasta 14 meses, para determinar las mejores condiciones de iluminación en el crecimiento en diámetro y altura. Encontraron que los mayores incrementos en esas dos variables se dieron con grados de iluminación entre 67 y 100% (cero y 33% de sombra). Estos resultados ratifican las exigencias de luz de la especie, aún en sus etapas juveniles.

Bristol (1959) estudió la regeneración natural de *P. cubensis* en la región Moa en Cuba oriental; encontró que la regeneración del pino no ocurrió en un bosque heterogéneo con fuerte sombra. Si ocurrió en un suelo excepcionalmente empobrecido en el que otras especies fueron menos favorecidas y en un área con sólo escasos pinos en la cual las especies arbustivas no habían estado bien representadas.

Wilkinson (1983) informa que la luz tiene un efecto indirecto en la producción de conos en *P. oocarpa*, a través de la estimulación del crecimiento. Squillace (1957)

manifiesta que el crecimiento de la especie tiende a ser más rápido en los lados más iluminados de la copa y las ramas más grandes son asociadas con más conos producidos.

2.8 Resumen de la revisión de literatura

1. Se acepta que el factor más importante en la formación de bosques secos es la duración de la estación seca [Gerhardt y Hyteborn (1992); Olivares y Medina (1992)]. Estos ecosistemas son los más deteriorados y modificados, principalmente por la acción del hombre (Gerhardt y Hyteborn 1992).

2. En su distribución natural, el género *Pinus* no ha podido cruzar el ecuador debido a las barreras que ofrecen los bosques tropicales y ecuatoriales [Din (1958); Robbins y Hughes (1953)].

3. La distribución natural de *P. oocarpa* va desde los 12° N en Nicaragua, hasta los 28° N en el noroeste del México [Lamprecht (1990); Greaves (1979)] (Figura 1).

4. De las especies de *Pinus* que crecen en Centroamérica, *P. oocarpa* es la que tolera menos precipitación y mayores lapsos de sequía (Denevan 1961); la especie habita en lugares con valores de precipitación anual entre 650 mm y 2.500 mm (Wolffsohn 1982).

5. De acuerdo con Denevan (1961) y Zamora (1981), *P. oocarpa* es una especie serotina y de cono cerrado; debido a eso, las semillas se diseminan en forma gradual, en diferentes épocas del año.

6. En Honduras (Wolffsohn 1982) la floración de la especie inicia en el mes de junio, aunque las primeras flores se hacen visibles en septiembre y la

polinización anemófila inicia a principios de diciembre, finalizando a mediados de enero.

7. La maduración de los conos de *P. oocarpa* en Honduras, ocurre 26 meses después de la polinización (Wolffsohn 1982). Por tanto, ese fenómeno ocurre de enero a marzo, época generalmente seca en áreas con bosques secos del subtrópico de América Central. La maduración de los conos no es uniforme sino en forma escalonada, en diferentes épocas del año (Robbins y Ochoa 1980).

8. Los principales factores que influencian la producción de conos de la especie son: las condiciones climáticas, fertilidad del suelo, densidad de los rodales, ataque por plagas, enfermedades, ardillas y pájaros (Wolffsohn 1982) y la fecundidad como factor genético [Varnell, citado por Wolffsohn (1984)].

9. La producción de semillas de *P.* oocarpa es muy variable de acuerdo con el año, árbol, rodal y procedencia [Hudson *et al.* (1981); Wolffsohn (1981, 1982); Houkal (1980); Robbins y Ochoa (1980); Wilkinson (1983)].

10. En Honduras, la diseminación de semillas se da en la época seca y con mayor intensidad entre febrero y mayo [Troensegaard (1975); Wolffsohn (1984); Hudson *et al.* (1981)], período en el que cae del 80 al 90% de semillas viables (Troensegaard 1975).

11. De acuerdo con Wolffsohn (1981) y Houkal (1980), los porcentajes de semillas sanas o llenas, vanas, rudimentarias y fragmentos que se dispersan anualmente en Honduras son, respectivamente, 12-15%, 7-17%, 66-78% y 5%.

12. La diseminación de semillas de *P. oocarpa* varía enormemente entre sitios y años. Diferentes autores han encontrado cifras distintas de semillas llenas, vanas y rudimentarias. Reyes y Sandoval (1982) hallaron, respectivamente, para esas categorías y en dos estratos, 8.333-35.000, 833-49.166 y 10.832-63.333 semillas por hectárea.

13. *P. oocarpa* se reproduce bien en forma natural; a ello contribuye su capacidad para rebrotar de cepa cuando los árboles son dañados siendo aún jóvenes (Troensegaard 1975).

14. La naturaleza pirófita de *P. oocarpa* ha sido reconocida desde hace varios años [Allen, Denevan, citados por Hudson *et al.* (1981) y en diferentes lugares [Johanessen, Vázquez, Wolffsohn, citados por Agudelo (1988)]. La especie se ha adaptado a zonas secas, donde los incendios forestales son comunes (Hudson *et al.* 1981).

15. No existe consenso en cuanto a los beneficios de las quemas controladas sobre la regeneración de *P. oocarpa*. Algunos autores afirman que el fuego es beneficioso para asegurar una adecuada regeneración [Greaves (1979); Wolffsohn (1981); Hudson y Salazar (1981)], mientras que otros sostienen que es altamente perjudicial [Pérez (1981); Look y Miranda, citados por Rzedowski, Vela y Madrigal (1977); Hughet (1981)]. Es importante tener presente que el fuego, como cualquier factor ambiental, presenta un rango de magnitudes en las combinaciones de frecuencia, intensidad y duración, que son soportables por los pinares, mientras que otros rangos son intolerables (Finegan[2]).

16. La radiación solar es la única fuente de energía que puede ser utilizada por las plantas verdes (Finegan 1993a); en sistemas forestales y agroforestales, mucha

[2]Finegan, B. 1993. Comunicación personal.

luz no llega directamente a las plantas. Cuando la radiación solar es interceptada por una hoja, puede ser reflejada, transmitida o absorvida.

17. Ecológicamente, la luz es uno de los principales factores que afecta las posibilidades de establecimiento y crecimiento de la regeneración natural; por esta razón resulta indispensable clasificar las especies en función de su temperamento [Schutz, citado por Beek y Sáenz (1992). Esta clasificación es uno de los elementos fundamentales para elegir la técnica silvicultural de manejo de la regeneración más apropiada.

18. La clasificación más sencilla con base al comportamiento de las especies vegetales en relación a la luz, es la que las clasifica en heliófitas (intolerantes a la sombra) y esciófitas (tolerantes a la sombra); *P. oocarpa* pertenece a la primera categoría (Mirov 1967).

19. *P. oocarpa*, por ser heliófita, es exigente en luz, como sucede con la mayoría de pinos (Wolffsohn 1984), aunque ensayos de vivero indican que durante el primer año puede soportar hasta un 50% de sombra. Vela y Madrigal (1968) informan que los mayores incrementos en diámetro y altura en las plántulas en vivero, se dan con grados de iluminación entre 67 y 100% (cero y 33% de sombra).

3. MATERIALES Y METODOS

El estudio fue ejecutado en un bosque de *P. oocarpa*, ubicado en el suroriente de Guatemala, en el sitio conocido como La Brea, municipio de Quesada, departamento de Jutiapa, localizado a 14° 19' 43" latitud norte y 90° 03' 50" longitud oeste (Palacios 1992) (Figura 2).

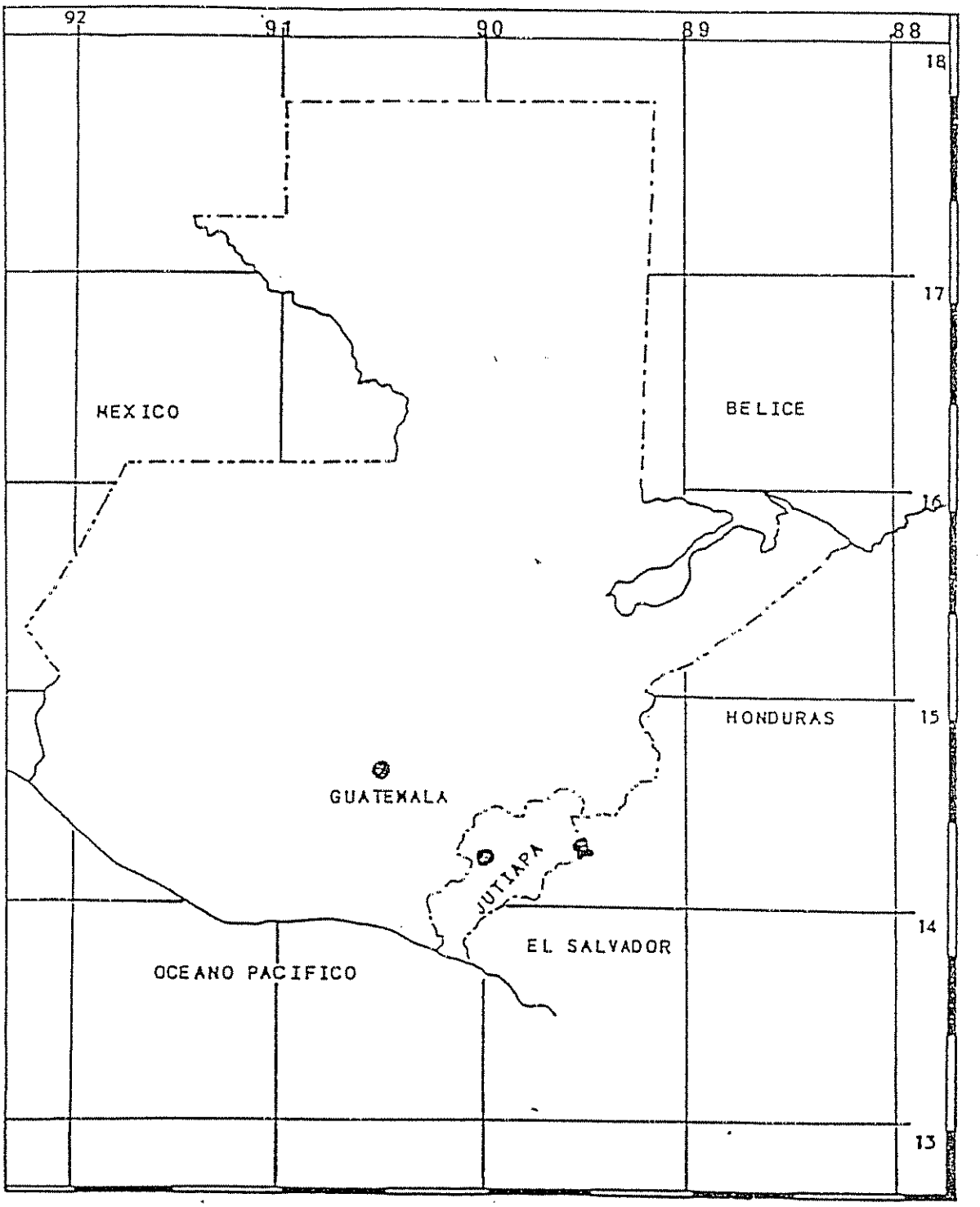


Fig. 2. Ubicacion del sitio La Brea, Guatemala.

3.1 Descripción del sitio

El bosque se extiende desde 1.300 a 1.700 msnm, con pendientes entre 20 y 100%. La precipitación promedio anual es de 1.133 mm, distribuida erráticamente entre mayo a octubre, con una sequía entre julio y agosto hasta de 40 días. Los meses más lluviosos son junio y septiembre y los más secos diciembre y enero (Palacios 1992). La humedad relativa promedio es 80% y las temperaturas promedias mínimas y máximas son 16 y 29 °C, respectivamente. La superficie total del bosque es de 555 ha; el 93,4% está cubierta por *P. oocarpa* y el resto por varias especies de *Quercus.*

De acuerdo al sistema Holdridge, el bosque se encuentra en la zona de vida bosque seco Subtropical (bs-S). Las biotemperaturas anuales oscilan entre 18 y 22 °C, con una evapotranspiración potencial estimada de 0,75 mm diarios (Palacios 1992).

Según Simons *et al.* (1959), los suelos son profundos, bien drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas, débilmente cementados. La parte superficial es de color café rojizo oscuro, textura franco arcillosa, estructura granular a bloques subangulares y hasta de 30 cm de profundidad, aproximadamente. En general, son de baja fertilidad natural (Anexos 1A y 2A).

La vegetación está constituida principalmente por pino colorado (*P. oocarpa*), encino (*Quercus sp.*), palo jiote o indio desnudo (*Bursera simarouba*), jocote de corona (*Spondias purpurea*), jocote jobo (*Spondias mombin*), nance dulce (*Byrsonima crassifolia*), nance cimarrón (*Bunchosia guatemalensis*), caliandra (*Calliandra sp.*) y mango (*Mangifera indica*) (observaciones personales, 1992).

En 1988 se registró un incendio con una duración de 15 días. que afectó gran número de árboles, algunos de los cuales aún presentan la corteza incinerada en la parte inferior del tallo. A raiz de ello, los vecinos se organizaron en brigadas

permanentes de prevención y control de incendios forestales. Antes y después de esa fecha, los incendios ocurridos han sido de tipo rastrero y generalmente debidos a descuido de los agricultores en la ejecución de rozas previas a la siembra de cultivos. Esta información fue de utilidad para conocer con más precisión el estado actual del sitio previo a la fase de experimentación.

En 1992 la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS), autorizó una licencia de saneamiento para ese bosque, dirigida a aprovechar los árboles enfermos y muertos (en pie o caídos), dado que el bosque es de propiedad comunal. El recurso forestal es celosamente administrado por una directiva de condueños mediante un subcomité agroforestal y protegido por los vecinos del lugar. Cada hogar tiene derecho a diez metros cúbicos de madera anualmente para el consumo familiar. En el pasado, ese derecho se utilizó para construcción y reparación de viviendas y para suministro de energía en la cocción de los alimentos, principalmente; sin embargo, en otros casos se extraía madera para aserrío que luego se vendía a terceras personas, situación que aún persiste aunque en casos aislados.

La mayor parte de esas extracciones se hicieron utilizando un método selectivo, dirigido a los mejores árboles en forma y tamaño, lo cual erosionó ecológica, económica y genéticamente el recurso forestal. Esta situación, unida a las perturbaciones naturales, permite ahora observar los efectos producidos: baja densidad de la masa forestal, predominio de individuos de mala forma y una regeneración pobre. Sin embargo, el bosque ha sido y continúa siendo para los pobladores una fuente constante y segura de ingresos económicos.

3.2 Metodología

Los levantamientos de campo fueron realizados en dos áreas o estratos de cuatro hectáreas cada uno, ubicados en diferentes condiciones de altitud dentro del bosque; el primero a una elevación de 1.300 msnm y el segundo a 1.500 msnm; esto

permitió tener una visión más amplia de la situación actual del recurso forestal.

3.2.1 Estudio de la regeneración

Se detallan aspectos de la fenología y ecología de semillas y plantas, así como de la distribución espacial de la regeneración.

3.2.1.1 Estado actual

Para estudiar el estado actual de la regeneración se utilizaron unidades de muestreo de tamaño diferente para cada categoría según altura y diámetro, en cada uno de los dos estratos indicados en el numeral cinco, así: para la regeneración con alturas entre 0,3 y 1,5 m, en adelante llamada **brinzales**, parcelas cuadradas de 2m x 2m; los árboles pequeños entre 1,5 m de altura y 9,9 cm de dap, que en el texto serán nombrados **latizales**, se muestrearon en parcelas cuadradas de 5m x 5m y los árboles con dap >= 10 cm, identificados también como **fustales**, en parcelas cuadradas de 10m x 10m. El tamaño y forma de las parcelas se escogió con la intención de facilitar las comparaciones futuras de los resultados con datos existentes en el Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.

Para determinar el tamaño apropiado de muestra en cada estrato, se efectuó un premuestreo utilizando la fórmula recomendada para muestreo sistemático por Scheaffer y Mendenhall (1987):

$$n = [N\bar{O}^2]/(N-1)*(B^2/4)+\bar{O}^2$$

donde:

N = número posible de unidades de muestreo que se pueden tener en el área total de cada estrato.

$\tilde{O}^2$ = varianza poblacional.

B = límite para el error de estimación, que se fijó en 10%.

4 = constante

Las unidades de muestreo en cada estrato fueron establecidas a lo largo de transectos en sentido norte-sur, trazando un centro de parcela grande (10m x 10m) cada 25 m. El distanciamiento entre lineas fue determinado tomando como base la intensidad de muestreo, mediante el empleo de la fórmula que para el efecto recomienda Ferreira (1982):

$L = Tp/BxI$

en donde:

L = distancia entre líneas (m)

Tp= tamaño de la parcela (m^2)

B = distancia entre parcelas (m)

I = intensidad de muestreo (como fracción)

A su vez, la intensidad de muestreo en cada estrato se calculó por medio de la fórmula: I = Am/AT, en donde Am = área de la muestra (m^2) y AT = área total del estrato (m^2).

La intensidad exacta de muestreo fue de 10% en el estrato I y seis por ciento, en el estrato II.

El método de muestreo empleado en cada estrato fue el sistemático, aprovechando las ventajas que presenta en comparación con los métodos aleatorio simple y aleatorio estratificado, principalmente en aspectos forestales [Villa y Caballero (1977); Sosa (1981); Ruiz (1981); Ferreira (1982); Scheaffer y Mendenhall

(1987); Ferris-Kaan y Patterson (1992)]. Una de las principales ventajas es que no se necesita estratificar, y cuando se hace, el método incrementa notablemente su eficiencia.

Para cada parcela grande (10 x 10 m) se tomaron datos relacionados con las condiciones de sitio (fertilidad del suelo, profundidad y pendiente).

Con la información obtenida se confeccionó una curva de la distribución por clases diamétricas, para así analizar la situación actual de la regeneración natural de *P. oocarpa.* Además, sirvió de base para tomar decisiones en cuanto a definir tamaños de muestra en las diferentes secciones del estudio.

3.2.2 Estudio fenológico

Para estudiar este aspecto, fueron seleccionados y marcados, en cada estrato, 20 árboles adultos, de diferentes diámetros, sanos y ubicados en distinta posición sociológica dentro del bosque, asegurando que sus copas fueran claramente visibles desde varios puntos de observación; un par de lentes binoculares fue utilizado para el efecto. A cada árbol se le registraron datos de dap, altura total, forma e iluminación de copa; pendiente, profundidad y fertilidad del suelo donde está ubicado. El tamaño de la muestra fue seleccionado con base en el criterio propuesto por Fournier (1975) de que plantas monoicas con polinización cruzada o alógama como *P. oocarpa* (Niembro 1986), que se comportan como dioicas, requieren tamaños de muestra mayores, más de 10 individuos. Como dentro del bosque es bastante fácil encontrar individuos de la especie, se duplicó el tamaño recomendado para lograr mayor eficiencia en el muestreo.

El dap fue medido con cinta diamétrica y la altura total con clinómetro Suunto. La pendiente del suelo se estimó mediante el uso de un nivel Abney; la profundidad del suelo fue establecida con el auxilio de piocha o pico, machete y cinta

métrica.

La iluminación de copa se determinó siguiendo la metodología de Clark y Clark (1987), con la modificación de que no se empleó el nivel "sin ninguna luz directa" amén de que en pinares esa situación difícilmente se da en la realidad. Así, la escala utilizada fue de cinco niveles:

1. Luz lateral baja (LLB)
2. Luz lateral alta (LLA)
3. Alguna luz vertical superior (entre 10 y 90% de la copa recibe luz vertical directa) (ALV).
4. Plena luz vertical superior (PLV).
5. Copa completamente expuesta (CCE).

(Anexo 4A)

La forma de la copa se midió siguiendo el método de Dawkins y descrito por Synnott (1979). Para la concepción de los niveles se consideraron la especie y el tamaño del árbol, es decir, en vez de usar los términos "círculo completo, círculo irregular, etc." se emplearon "perfecta, buena, tolerable...", considerando que la copa de un árbol de pino puede ser perfecta, dada la especie, aunque no tenga la forma de un círculo perfecto. Por tanto, la escala usada fue la siguiente:

1. Muy pobre
2. Pobre
3. Tolerable
4. Buena
5. Perfecta.

(Anexo 5A).

Los eventos fenológicos fueron observados según la metodología propuesta por Fournier (1974), básicamente por que es útil y práctica, para las fenofases: fructificación (presencia de frutos verdes y frutos maduros) y diseminación de semillas. Los valores de la escala y su interpretación, fueron los siguientes:

0. Ausencia de la característica
1. Presencia de la característica con un rango de 1-25%.
2. Presencia de la característica con un rango de 26-50%.
3. Presencia de la característica con un rango de 51-75%.
4. Presencia de la característica con un rango de 76-100%.

La ocurrencia de los eventos fenológicos se registró en planillas, anotando la identificación y ubicación del árbol, fecha, temperatura, la dirección y velocidad del viento.

La identificación del árbol se refiere al número que ocupa dentro de la muestra y su ubicación al estrato a que pertenece. La temperatura se tomó con un termómetro de bolsillo y se expresó en °C. La dirección del viento se midió con brújula Suunto y luego comprobada al trasladar el valor obtenido a la rosa de los vientos (Anexo 6A); su velocidad fue determinada con el uso de la escala de Beaufort modificada, descrita por Villaescusa (1990) y que se muestra en el Anexo 7A.

Las observaciones fenológicas (10 en total) se hicieron con periodicidad quincenal durante la época seca y mensual en la lluviosa, durante el período de estudio, que fue de febrero a agosto de 1994.

3.2.3 Producción de semillas

Para un mejor ordenamiento, esta sección del trabajo fue dividida en dos partes:

3.2.3.1 Producción de conos por árbol

Se determinó la cantidad de conos nuevos producidos por árbol, mediante conteos directos con el auxilio de un binoculo de 7 x 35 mm; esta acción se hizo tratando de ubicarse en un punto del terreno que permitiera la máxima visibilidad de toda la copa, para contar todos los conos nuevos del árbol, lo cual se logró actuando bajo condiciones óptimas de iluminación.

Fueron seleccionados aleatoriamente 21 árboles en el estrato I y 24 en el estrato II, para un total de 45 árboles. Esto equivale a una intensidad de muestreo general de 7,5%. La calidad de los árboles seleccionados no tuvo mayores restricciones; así, fueron incluidos árboles con diámetros entre 17 y 64 cm de dap y ubicados en distinta posición sociológica dentro de la masa forestal.

A cada árbol seleccionado se le tomaron los siguientes registros: identificación, ubicación, dap, altura total, área basal, diámetro, profundidad y exposición de copa, número de conos nuevos producidos, longitud y diámetro promedio de diez conos nuevos (seleccionados aleatoriamente de un grupo no menor de 30, cortados de todo el árbol por el método de escalado), edad del árbol (por conteo de anillos de crecimiento) y condiciones de sitio (principalmente pendiente y fertilidad del suelo).

3.2.3.2 Producción de semillas por cono

Esta sección del estudio se realizó seleccionando aleatoriamente un total de 61 conos nuevos maduros en cada estrato; para ello, los 10 conos cortados en cada árbol fueron mezclados en un sólo grupo para luego extraer el número de ellos ya apuntado; esto representó un promedio de intensidad de muestreo del 27% para los dos estratos. Luego se hizo un conteo del número de semillas en cada cono, mediante el método de separación visual e incisión. Las semillas de cada cono fueron clasificadas en tres categorías: llenas, vanas y rudimentarias más fragmentos.

Conociendo la distribución diamétrica por hectárea, el número de conos por árbol y el de semillas por cono, se determinó la producción potencial de semilla por hectárea del bosque, en las condiciones espacio-temporales prevalecientes.

3.2.4 Diseminación de semillas

Para el estudio de la diseminación de semillas, se construyeron 30 trampas para semillas, elaboradas con madera contrachapada de 3/8 de pulgada de espesor, con una superficie de recepción de 0,25 m^2 (0,5m x 0,5m), en forma de "Y", como las utilizadas por Hudson *et al.* (1981) (Anexo 3A).

El diseño de las trampas contribuyó a evitar la depredación de las semillas por aves y mamíferos. Se hicieron agujeros pequeños en la base de las trampas para facilitar el drenaje del agua de lluvia.

Con base en la presencia de un número adecuado de árboles semilleros para asegurar una adecuada regeneración natural [17 arboles/ha (FAO/COHDEFOR, citado por Wolffsohn (1982)) y 25 a 30 árboles/ha (Hudson *et al.* (1981) y Wolffsohn (1982))] se seleccionaron dos rodales de una hectárea de extensión, uno en cada estrato, dentro del bosque. Cada rodal se subdividió en 100 parcelas de 100 m^2; 15 trampas fueron colocadas en igual número de parcelas seleccionadas aleatoriamente (Anexos 10A y 11A). Las trampas se colocaron en los centros de las parcelas.

A cada trampa se le tomaron los siguientes registros: identificación, ubicación, rumbo y distancia del árbol semillero más cercano y número de semillas recolectadas. La identificación y ubicación se refieren al número de trampa y estrato, respectivamente; el rumbo se determinó con brújula suunto y la distancia se midió con cinta métrica.

Por separación visual e incisión, las semillas recolectadas fueron clasificadas en sanas o llenas, vanas y rudimentarias mas fragmentos. En la categoría de semillas vanas se incluyeron aquellas bien formadas pero vacías y fragmentos que pudieron clasificarse como tal.

Las observaciones se hicieron con periodicidad semanal durante la época seca y quincenal en la lluviosa; esto permitió efectuar un total de 20 observaciones en cada trampa, en el período febrero-agosto, 1994.

Las variables analizadas fueron:

- cantidad total de semillas caídas
- cantidad de semillas sanas diseminadas
- cantidad de semillas vanas diseminadas
- cantidad de fragmentos de semillas caídos

3.2.5 Efecto del fuego

La evaluación del efecto del fuego sobre la regeneración natural de *P. oocarpa* se realizó en dos partes:

3.2.5.1 Efecto del fuego sobre la regeneración existente

Esta parte del estudio se llevó a cabo bajo condiciones naturales. Se efectuó una quema controlada en un área de 0,35 ha, ubicada en un sitio dentro del bosque ubicada a 1.350 m de altitud, con topografía promedio de 25%. Se trató de que la masa forestal del área seleccionada permitiera evaluar el efecto del fuego sobre diferentes tamaños de árboles. La técnica de quema aplicada fue la conocida como fuego en retroceso. Un área contigua de igual extensión fue utilizada como testigo. Previo a la quema, se hizo un recuento y marcaje de la regeneración mayor o igual

que cinco centímetros de dap, clasificándola en clases diamétricas. Dos meses después de la quema, se evaluó nuevamente la regeneración, contando los individuos marcados para determinar su respuesta al efecto del fuego. Las variables medidas fueron las siguientes:

- cantidad de latizales y fustales presentes
- cantidad de latizales y fustales muertos
- cantidad de latizales y fustales afectados por el fuego, pero aún vivos
- tamaño óptimo de regeneración con respecto a la resistencia a incendios de baja intensidad y duración
- grosor de la capa de mantillo, antes y después de la quema.

Para determinar la intensidad del daño causado por el fuego a la vegetación, se consideró el aspecto de los árboles, con base en la tabla de incendios de Miller y Peterson, descrita por Pérez (1981), como se describe en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Categorías de daño causado por el fuego a los árboles de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. 1994.

CATEGORIA DE DAÑO	ASPECTO DEL ARBOL
1	Ileso
2	Ligeramente dañado
3	Medianamente dañado
4	Fuertemente dañado
5	Muerto

Fuente: Tomado de Pérez (1981).

3.2.5.2 Efecto del fuego sobre la germinación de la semilla

En condiciones naturales. Se estudió la germinación de las semillas en el área quemada indicada en el punto anterior. Para medir el efecto en ésta área fueron establecidas 30 parcelas de cuatro metros cuadrados, en las que se practicó un recuento de todas las semillas germinadas. Las lecturas se hicieron cada dos dias a partir del décimo día posterior a la primera lluvia, finalizando en el día 30, para el que se consideró concluido el proceso de germinación (Niembro 1986). Igual número de parcelas y del mismo tamaño fueron establecidas en el área testigo, para comparar el proceso de germinación con el del área quemada. Las lecturas en el área testigo se hicieron en la misma forma que para el de quema.

En condiciones controladas. Un experimento con diseño en bloques completos al azar (Anexo 12A) fue establecido para estudiar el efecto del fuego sobre la germinación de las semillas; éste se condujo de la manera siguiente:

número de repeticiones:	4
número de tratamientos:	3
tratamiento A:	quema controlada
tratamiento B:	suelo desnudo (eliminación del mantillo)
tratamiento C:	sin quema (testigo)
surcos por parcela:	8
largo del surco:	2 m
parcela neta:	8 surcos sin bordes
semilla:	*P. oocarpa* Schiede
distancia de siembra:	entre surcos = 0,25 m
	entre posturas = 0,25 m
semillas por postura:	1
espacio entre calles:	2 m
profundidad de siembra:	superficial

El experimento se delimitó con un cercado de alambre espigado, para evitar el ataque de animales.

La variable principal tomada en el experimento fue el número de semillas germinadas. Las observaciones se hicieron cada dos días a partir del décimo día después de la siembra, finalizando a los 30 días, por considerar que para entonces la germinación había concluído (Niembro 1986).

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + E_{ij}$$

3.2.6 La luz

Considerando que la cantidad de regeneración en el bosque es baja, el estudio del crecimiento de las plantas de *P. oocarpa* se realizó con el 100% de brinzales y latizales presentes en el total de parcelas, en los dos estratos.

Inicialmente se determinaron las clases de iluminación y la forma de la copa de los brinzales y latizales, conforme el procedimiento indicado en el estudio fenológico (Acápite 3.2.2).

Al inicio del estudio a los brinzales se midió las variables altura total, diámetro basal a cinco centímetros de altura y diámetro de copa e iluminación, segun el método propuesto por Clark y Clark (1990). A los seis meses se midieron las variables altura y diámetro del tallo y la copa. Los incrementos fueron anualizados mediante la fórmula:

Crecimiento anual = [(2a. medición - 1a. medición)/(intervalo entre mediciones, en días)] x 365 (Clark y Clark 1993).

Los diámetros menores o iguales que cuatro centímetros fueron medidos con un calibrador graduado en milímetros, mientras que aquellos mayores a esa cifra se midieron con cinta diamétrica. El punto de medición fue marcado con pintura para asegurar volver a medir en el mismo sitio. Las alturas totales y diámetros de copa fueron medidos con una cinta métrica de tres metros y en casos necesarios se usó una vara de madera de 3,5 m, graduada en centímetros.

Para evaluar el efecto en los latizales, las variables consideradas fueron: dap, diásmetro de copa, altura total e iluminación. La metodología empleada fue la de Clark y Clark (1987). A los seis meses se finalizó el estudio, repitiendo las mediciones.

Mediante análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis) se relacionaron los incrementos en diámetro basal en brinzales y dap en latizales, altura total y diámetro de copa en brinzales y latizales, con el grado de iluminación y con el tamaño inicial de la planta; esto para determinar diferencias de incrementos entre estratos y entre grados de iluminación. Asimismo se relacionaron las variables mencionadas mediante un análisis de correlación de Spearman.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Situación actual de la regeneración natural

El Cuadro 2 muestra la distribución diamétrica por hectárea de la vegetación, en cada estrato. El número de individuos con dap >= 10 cm y los valores de área basal en los dos estratos, son similares. Sin embargo, existe diferencia en el número de árboles con dap <= 10 cm; el estrato I, ubicado 200 m más bajo en altitud, posee un número menor (816±50) de individuos, que el estrato II (1.046±106).

Cuadro 2. Distribución diamétrica y área basal de *P. oocarpa*, por hectárea y estrato. La Brea, Guatemala. 1994.

Clase diamétrica (cm)	Estrato I		Estrato II	
	n/ha	g/ha	n/ha	g/ha
< 10	816	----	1.046	----
10 - 14	13	0,15	9	0,10
15 - 19	12	0,27	4	0,09
20 - 24	7	0,27	13	0,49
25 - 29	2	0,11	22	1,26
30 - 34	30	2,41	22	1,77
35 - 39	4	0,43	22	2,36
40 - 44	7	0,97	4	0,55
45 - 49	5	0,87	4	0,69
50 - 54	7	1,49	4	0,85
Total	904	----	1.150	----
Reg. > 10 cm	88	7,00	104	8,20

En cuanto a número total de individuos por hectárea, el estrato II posee una mayor cantidad de árboles (1.150±114) que el estrato I (904±81). La diferencia corresponde casi exclusivamente a regeneración <= 10 cm.

El Anexo 13A muestra la forma de las dos distribuciones diamétricas. Los dos estratos presentan un número reducido de individuos en las tres primeras clases

diamétricas, mostrando con ello el alto grado de intervención a que ha sido sometido el bosque en el pasado. De hecho, la forma irregular de las dos distribuciones diamétricas muestra los efectos de los incendios no controlados, el cambio de uso de la tierra a usos agropecuarios, las plagas y enfermedades, el pastoreo y la acción del hombre, que han dejado su huella en la reducción del número de árboles, principalmente en los de menor tamaño. En el estrato I, la situación es más acentuada; esto se explica en su ubicación, pues se halla más accesible y cerca de la comunidad.

La presencia de un número mayor de 50 árboles ha^{-1} con dap >= 25 cm, en ambos estratos, sugiere la idea de que el bosque es susceptible aún de regenerarse naturalmente con métodos adecuados de manejo, minimizando el efecto de los factores limitantes citados en el párrafo anterior.

Refiriéndose únicamente a la regeneración >= 10 cm de dap, el bosque de La Brea puede considerarse ralo, con una densidad promedio de 96 árboles/ha, cifra que es baja si se compara con datos suministrados por otros autores [Troensegaard *et al.* (1982) consideran un bosque denso el que tiene más de 150 árb/ha con dap >= 30 cm]. Aunque está aumentando la conciencia forestal de los vecinos de la comunidad, el aprovechamiento selectivo a que fue sometido el bosque en el pasado, incidió marcadamente en la disminución progresiva de la densidad del bosque y principalmente en los individuos de las clases diamétricas inferiores. Además, factores como el avance de la frontera agrícola, el ocoteo, el pastoreo y los incendios accidentales o deliberados, han contribuido a tal situación.

Los criterios utilizados para definir niveles adecuados de regeneración incluyen, entre otros, el número de individuos por área con determinadas características de interés (dap, altura, edad, especie, etc.) y el porcentaje de parcelas de determinada área que son ocupadas por las plantas. Estos dos criterios se pueden resumir mencionando que se refieren, el primero a cantidad de individuos por área y el segundo, a su distribución dentro de ella. Sin embargo, para definir si una cantidad de regeneración es adecuada o no, se debe conocer el

porcentaje de individuos que tendrían posibilidades de alcanzar la madurez, es decir, las tasas de mortalidad (Finegan[1]).

La regeneración natural < = 10 cm de dap, y haciendo uso del criterio de cantidad, es pobre en el bosque de La Brea. Asumiendo que un área completamente regenerada debería tener como mínimo 2.500 árboles/ha, bien distribuidos [Troensegaard (1981) y Troensegaard *et al.* (1982)], el bosque no llega al 50% de esa cantidad. Comparado con la cifra de 1.100 árboles/ha como mínimo para considerar un área completamente regenerada (Troensegaard *et al.* (1982), la cantidad de regeneración del bosque en mención sigue siendo insatisfactoria. De acuerdo con Agudelo (1990), si la regeneración menor que un metro de altura está por debajo de 1.200 individuos por hectárea, es necesario inducirla.

Más importante que la cantidad de regeneración presente, que sólo da idea del grado de cobertura vegetal, lo es su distribución en el área, situación indispensable para efectos de manejo. A este respecto, la distribución de la regeneración en el bosque de La Brea no fue uniforme, ya que el porcentaje de parcelas (de 2m x 2m en brinzales y 5m x 5m en latizales) ocupadas, resultó ser nueve y 20% para brinzales en los estratos I y II, respectivamente; 10 y 32% para latizales. En el caso de los fustales, la situación es mejor; presenta un 51% de frecuencia de parcelas (de 10m x 10m) ocupadas, en el estrato I y 74% en el estrato II, con un promedio general para el bosque de 62%. Este índice de frecuencia en la distribución de los fustales es aceptable si se toma en cuenta que los bosques secos tropicales se consideran los ecosistemas más degradados e intervenidos por el hombre.

Se considera necesario mejorar la distribución de la regeneración mediante técnicas de manejo con base en su estímulo; el bosque posee más de 50 árboles/ha con dap > = 25 cm (Cuadro 2), entre los que se pueden seleccionar y manejar árboles semilleros, para regenerar adecuadamente el área. Este aspecto facilitaría

[1] Finegan, B. 1994. Comunicación personal.

el establecimiento de una cantidad mayor de regeneración y mejoraría su distribución.

Parece razonable pensar que el bosque de la Brea, siendo ralo pero con suficiente cantidad de árboles semilleros por unidad de área, además de las características intrínsecas de la especie en cuanto a su heliofitismo, presenta una buena oportunidad para estimular la regeneración natural a través de un manejo adecuado.

4.2 Estudio fenológico

Se observó que árboles con dap < = 23 cm no mostraron ninguna de las fenofases analizadas o lo hicieron en menos de un 25%. árboles con dap > 23 cm, mostraron, en general, un comportamiento diferente, exhibiendo frecuencias mayores del 25% en la expresión de las características fenológicas. Para el sitio La Brea, 24 cm de dap puede considerarse un diámetro mínimo reproductivo. Esto se aprecia en la Figura 3, que agrupa todos los árboles de la muestra (40, en los dos estratos) en clases diamétricas y promedia los valores, en porcentajes, para todas las fenofases analizadas.

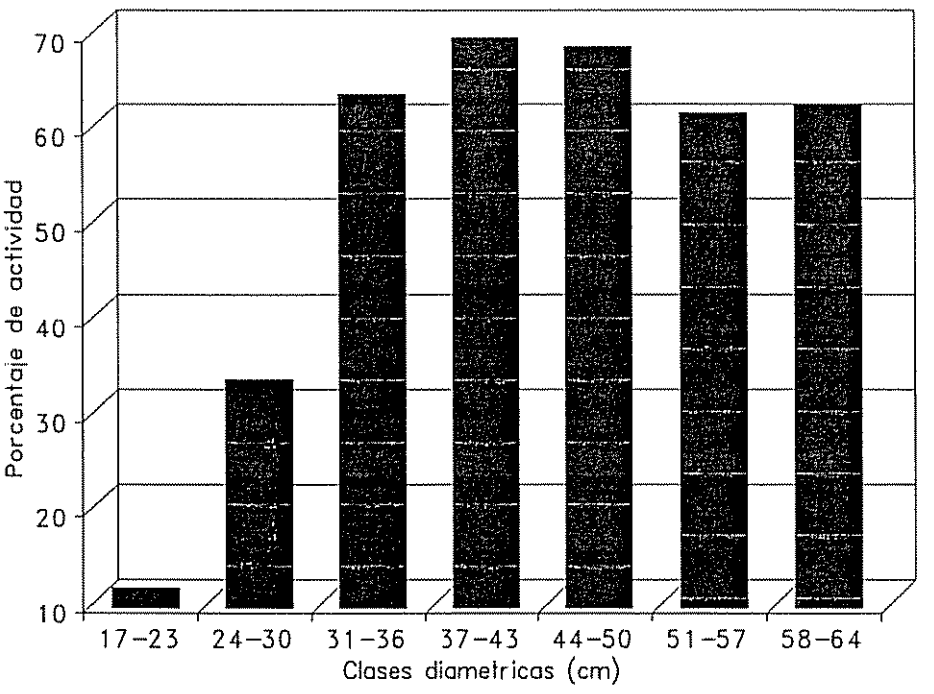


Figura 3. Porcentaje promedio de actividad fenológica de 40 árboles de *P. oocarpa*, para las fenofases: frutos verdes, frutos maduros y diseminación de semillas. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994.

Las Figuras 4 y 5 muestran, respectivamente, el comportamiento de las fenofases: presencia de frutos verdes, frutos maduros y diseminación de semillas, en los estratos I y II. Los resultados se presentan como el promedio de los valores, en porcentajes, de los 20 árboles de la muestra en cada estrato, según la magnitud de la expresión de los procesos, con base en la escala propuesta por Fournier (1974).

La Figura 6 ilustra un climadiagrama para el sitio La Brea, incluyendo promedios de precipitación y temperatura de los últimos cinco años para los meses de febrero a agosto, con base en datos proporcionados por la estación meterológica

Quesada, de INSIVUMEH[2], la más cercana al área de estudio, ubicada a cuatro kilómetros de distancia.

En los meses de febrero a mayo de 1994 existió una manifestación activa en la fenología del bosque de La Brea (Figuras 4 y 5). La presencia de frutos maduros y la diseminación de semillas tuvieron un incremento hasta alcanzar un máximo en el mes de mayo. En febrero y marzo no hubo precipitación pluvial, en abril fue mínima y muy baja en mayo (Figura 6).

Al inicio del período lluvioso la diseminación de semillas, en los dos estratos, decreció marcadamente en el mes de junio que fue el más lluvioso; luego aumentó a un máximo en el mes de julio, en el que prácticamente no llovió debido a un veranillo o canícula, muy común en ese mes (Figura 6); en agosto, un mes lluvioso, la diseminación nuevamente volvió a un mínimo. Esto indica que la precipitación condiciona la magnitud de la expresión de la diseminación de semillas, debido a que los conos no abren cuando llueve bastante.

[2]Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología y Meteorología de Guatemala

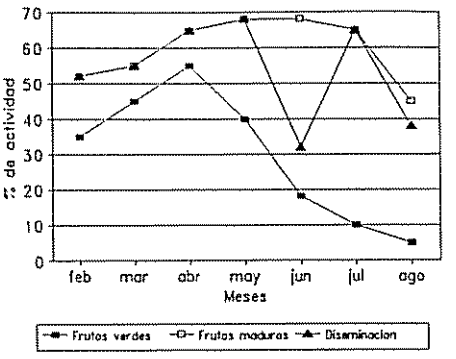


Figura 4. Dendrofenograma de 20 árboles de *P. oocarpa*, Estrato I. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994.

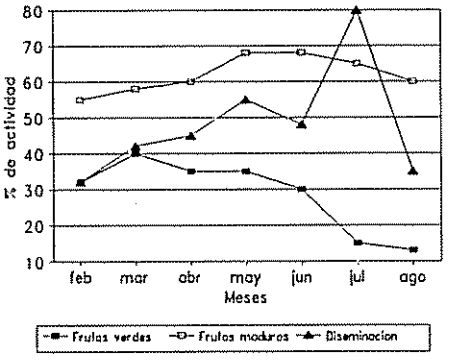


Figura 5. Dendrofenograma de 20 árboles de *P. oocarpa,* estrato II. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994.

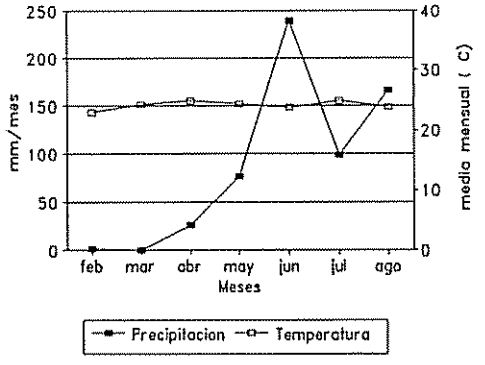


Figura 6. Climadiagrama del sitio La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1990-94.

La presencia de frutos maduros al inicio de la época lluviosa se mantuvo con niveles similares en los dos estratos, tendiendo a disminuir en los meses de julio y agosto. Esta situación demostró que la presencia de frutos maduros de *P. oocarpa* en el sitio de estudio, se dio a lo largo de todo el período. Esto puede deberse a la característica serotina de los conos de la especie, los cuales se conocen por mantener almacenadas sus semillas por períodos largos, dejándolas dispersarse a pausas, principalmente en diferentes épocas secas del año [Denevan (1961); Zamora (1981)].

En el estrato I la presencia de frutos verdes alcanzó un pico en abril I (Figura 4) y en marzo en el estrato II (Figura 5) para luego decrecer hasta alcanzar valores mínimos en el mes de agosto. A partir de entonces, la presencia de frutos verdes se manifestó en oposición a la presencia de frutos maduros; esto indica que a medida que los frutos verdes dejaron de serlo, aumentó la cantidad de aquéllos. Sin embargo, puede verse que el aumento de frutos maduros no está en igual proporción que la disminución de los verdes; esto puede ser explicado por la cantidad de frutos verdes que se pierden por diferentes causas (plagas, enfermedades y daños mecánicos, principalmente por la acción de ardillas y pájaros).

Es interesante observar que la curva de frutos maduros no presenta cambios bruscos como las de frutos verdes y diseminación de semillas. Esa situación puede tener implicaciones positivas en la aplicación de métodos silvícolas en el área de interés. Ello asegura la disponibilidad de frutos en los árboles a lo largo de todo el período y, por tanto, la disponibilidad de semillas, tanto para fines de regenerar naturalmente el área, como para su recolección con miras a hacerlo artificialmente. Además, hay que tomar en cuenta que existen frutos maduros que permanecen en el árbol por más de un año (Wolffsohn 1984).

Desafortunadamente no existen trabajos fenológicos de la especie en el sitio, para hacer comparaciones. Ante esa situación, cabe enfatizar que los resultados del presente estudio deben tomarse estrictamente a nivel local y para el período de estudio.

4.3 Producción de semillas

4.3.1 Producción de conos por árbol

En el Cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las variables en estudio, en cada estrato.

Cuadro 3. Parámetros estimados para variables relacionadas con la producción de conos nuevos por árbol de *P. oocarpa*, por estrato. La Brea, Guatemala. 1994.

Variable	Estrato I			Estrato II		
	media	DE*	CV**	media	DE	CV
dap (cm)	33	10	32	35	10	30
h (m)	16	4	23	18	4	21
d copa (dm)	75	19	25	77	20	26
L copa (dm)	94	34	36	104	32	31
Iluminación	4	0,9	21	4	0,6	15
pendiente (%)	12	3	22	20	3	15
edad (años)	48	14	29	51	14	27
prof. suelo (cm)	22	5	21	21	4	19
No. conos	303	217	72	309	162	52

* Desviación estándar
** Coeficiente de variación

Aunque los estimadores son mayores en el estrato II, una prueba de "t" para diferencia de medias al 5% de nivel de significancia reveló que son estadísticamente iguales en ambos estratos.

La producción de conos nuevos por árbol presentó una variación alta; el rango fue desde 17 hasta 818 conos por árbol; en el estrato I, el promedio de conos por árbol resultó ser 303 ± 74, mientras que en el estrato II fue 309 ± 69; para el bosque en general, el promedio estimado fue de 306 ± 57 conos nuevos por árbol. Esta cifra es inferior a las que informa Wolffsohn (1981) quien, en dos estudios en Honduras, encontró promedios de 592 y 440 conos por árbol; sin embargo, el

primer promedio proviene de una muestra muy reducida de nueve árboles con dap entre 30 y 40 cm y el segundo, de un tamaño de muestra que no indica, pero menciona que esta vez se incluyeron sólo de los mejores árboles. Wilkinson (1983) halló un promedio de 292 conos nuevos por árbol, trabajando en una muestra adecuada de 47 árboles con dap entre 20 y 63 cm. En el presente estudio, la muestra fue de 45 árboles con un rango de dap desde 17 hasta 64 cm.

Las variables del cuadro 3 fueron relacionadas con la producción de conos nuevos por árbol; se usó un análisis de regresión por pasos, incorporando y/o discriminando variables según su contribución al modelo. Esto se logró con el empleo de los procedimientos estadísticos RSQUARE y STEPWISE (SAS/STAT 1988). El objetivo fue encontrar un modelo que represente la producción de conos nuevos por árbol, de acuerdo con las características particulares de tiempo y espacio en la zona de estudio. Un análisis de resíduos de regresión para la variable número de conos indicó que éstos se distribuyen normalmente, por lo que no fue necesario hacer transformaciones en los datos. El Cuadro 4 muestra los modelos considerados mejores.

Se nota que al incluir en el modelo una sola variable, los coeficientes de correlación son más bajos que al adicionar más variables. La variable que más explicó la producción de conos por árbol fue el dap, seguido por la edad, el diámetro y la longitud de copa, con R^2, en su orden, de 77%, 75%, 74% y 70%. La pendiente del suelo fue la variable que menos contribuyó al modelo con un R^2 de 2%.

Cuadro 4. Comparación de coeficientes de determinación (R^2) utilizando diferentes combinaciones de variables independientes con el número de conos nuevos producidos por *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. 1994.

No. de variables independientes	Variables en el modelo	R^2
1	dap	77%
1	edad	75%
1	longitud de copa (L copa)	74%
1	diámetro de copa (d copa)	70%
1	Iluminación	56%
1	altura total (h)	28%
1	profundidad del suelo	28%
1	pendiente	2%
2	dap-d copa	82%
3	dap-h-iluminación	85%
4	dap-h-iluminación-d copa	86%
5	dap-h-d copa-iluminación-prof.suelo	86%
6	dap-h-d copa-L copa-Ilum.-pro.suelo	86%
7	excepto pendiente	86%
8	todas	86%

El R^2 aumentó al adicionar variables al modelo, aunque en magnitudes pequeñas. Considerando que los modelos de regresión múltiples incrementan el R^2 en sólo 9% en relación al modelo simple con dap como variable independiente, se escogió como el mejor modelo que representa el fenómeno de la producción de conos nuevos por árbol, el que incluye la variable dap, el cual explicó el 77% de la variación en el número de conos nuevos producidos por árbol de *P. oocarpa*. Este modelo, con sus dos parámetros estimados significativos ($pr < 0,001$), quedó representado por la ecuación:

$$Y = - 237,25 + 16,02(dap),$$

en donde Y = número de conos nuevos producidos por árbol.

4.3.2 Producción de semillas por cono

El Cuadro 5 muestra la producción de semillas por cono de *P. oocarpa*.

Cuadro 5. Número y porcentaje de semillas por cono de *P. oocarpa,* por categoría y estrato. La Brea, Guatemala. 1994.

Estrato	Numero de semillas por cono			
	llenas	vanas	rudimentarias*	total
I	18,1(35,7)	8,2(16,1)	24,5(48,2)	50,8(100)
II	19,4(28,8)	15,2(22,6)	32.7(48,6)	67,3(100)
Promedio	18,8(32,2)	11,7(19,4)	28,6(48,4)	59,0(100)

* incluye fragmentos.

Los promedios de diámetro y longitud de los conos se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Dimensiones promedias y límites de confianza del 95%, de 61 conos nuevos de *P. oocarpa*, por estrato. La Brea, Guatemala, 1994.

parámetro	estrato I	estrato II	promedio general
longitud (mm)	68,1±2,8	71,2±3,9	69,6±2,3
diámetro (mm)	43,2±1,3	45,1±1,7	44,2±1,1

El número de semillas llenas por cono fue prácticamente igual en ambos estratos (18,1±3,2, en el estrato I y 19,4±3,6 en el II). En cuanto a semillas vanas y rudimentarias, las diferencias fueron mínimas.

Como se aprecia en el Cuadro 5, los porcentajes para las tres categorías de semillas por cono son similares. Los conos del bosque de La Brea tuvieron, en promedio, 32% de semillas llenas, 19,4% de vanas y 48% de rudimentarias más fragmentos.

4.3.2.1 Relaciones entre diámetro y longitud del cono con número de semillas

La longitud del cono resultó parcialmente correlacionada con el número total de semillas (R^2 = 22%) y también con el número de semillas llenas (R^2 = 20%). La primera relación resultó representada por la ecuación Y = 2,03 + 0,82 X, donde:

Y = número de semillas totales por cono

X = longitud del cono en mm

La relación entre la longitud del cono y el número de semillas llenas por cono fue representada en este caso por la ecuación Y = -13,36 + 0,46 X, donde:

Y = número de semillas llenas por cono

X = longitud del cono en mm.

Las relaciones entre el diámetro del cono y número de semillas totales y llenas mostraron coeficientes de determinación insignificantes. Puede anotarse que las variables longitud y diámetro del cono no presentaron mucha relación con el número de semillas totales y llenas en este estudio.

El número total de semillas se obtuvo por la sumatoria de las tres categorías analizadas; otros autores lo calculan sumando únicamente las semillas llenas con las vanas. En este caso se tomaron en cuenta las tres categorías con base en que las semillas rudimentarias y fragmentos, corresponden también a semillas. Por tanto, los porcentajes no son comparables y cualquier parangón en este trabajo se hace con referencia a cifras absolutas.

El fenómeno de la producción de semillas por cono ha sido estudiado por varios investigadores; sus resultados demuestran que existe alta variación entre sitios y años. Así, en cuanto al número de semillas llenas producidas por cono, la cifra mayor la da Houkal (1980) quien, estudiando 100 conos en dos sitios diferentes en Honduras, encontró 36; en la muestra incluyó sólo conos sanos y bien

formados, lo cual pudo haber aumentado el promedio real. El mismo autor, en un trabajo posterior halló que el rendimiento de semillas llenas por cono fue de 26,8, pero esta vez los conos fueron abiertos por calentamiento en horno, situación que favorece bastante la extracción de las semillas.

La cifra mínima fue informada por Robbins y Ochoa (1980), quienes concluyeron que un cono posee, en promedio, de nueve a 15 semillas llenas; en este caso los autores reconocen que la eficiencia de extracción fue mala. Cifras intermedias las proporcionan Wilkinson (1983) y Hernández, citado por Robbins y Ochoa (1980) quienes encontraron 18 y 21,9 semillas llenas por cono, respectivamente. El autor del presente estudio, trabajando con la muestra más grande (122 conos en dos estratos) e incluyendo conos de diferentes formas y tamaños, sanos y algunos dañados o enfermos, encontró un total de 18,8 semillas llenas por cono, cifra inferior a las de Houkal, pero muy similar a las encontradas por Wilkinson y Hernández.

Con respecto al número de semillas vanas por cono, en este estudio se determinó un promedio de 11,7, cifra inferior a la que informan Houkal (1980) y Wilkinson (1983), quienes hallaron 18 y 20 semillas vanas por cono, respectivamente. Sin embargo, las comparaciones hechas deben tomarse con las reservas del caso, por cuanto corresponden a sitios y años diferentes, aspecto relevante en la variación de la producción de semillas de *P. oocarpa*.

4.4 Diseminación de semillas

Debido a que los datos provienen de un área muy reducida (3,75 m^2 ha^{-1} para las 15 trampas en cada estrato) y que presentan una variabilidad muy alta, dadas las características de la variable, los límites de confianza, por tanto, son elevados (Anexos 8A y 9A).

Las Figuras 7 y 8 muestran, respectivamente, la diseminación mensual de semillas por categoría y los porcentajes en relación al total, en el estrato I. Las

Figuras 9 y 10 ilustran esas mismas características, en el estrato II. Se observa que en los dos estratos las semillas vanas fueron las que se diseminaron en mayor cantidad (44,8% en el estrato I y 42,9% en el II); los fragmentos y semillas rudimentarias ocuparon un lugar intermedio (35% y 37,6% para los estratos I y II, respectivamente) y las semillas llenas se diseminaron en menor cantidad, también en los dos estratos (20,2% en el I y 19,5% en el II). Una prueba de "t" al 5% de nivel de significancia indicó que las diferencias no fueron significativas entre estratos.

La diseminación de semillas llenas exhibió el mismo comportamiento descrito en el estudio fenológico (Acápite 3.2.2), es decir, con expresión máxima en los meses secos o con poca precipitación, y mínima en los meses más lluviosos. Una relación inversa entre diseminación de semillas llenas y precipitación es evidente tanto en el estudio fenológico como en el de diseminación de semillas llenas; un análisis de correlación (r_s de Spearman) reveló que existe una correlación negativa alta entre precipitación y diseminación (r_s de 0,68 en el estrato I y 0,76 en el estrato II) (Figura 11).

No se encontraron diferencias significativas en la caída de semillas llenas y vanas entre trampas, en el estrato I; sin embargo, sí existieron diferencias en el estrato II (prob<0,006). La caída de semillas rudimentarias y fragmentos fue estadisticamente igual entre trampas, en los dos estratos. Este aspecto es importante en la distribución de la regeneración; significa que la diseminación de semillas llenas fue más uniforme en el estrato I. Por tanto, es de esperar una mejor distribución en el establecimiento de la regeneración natural nueva, que en el estrato II.

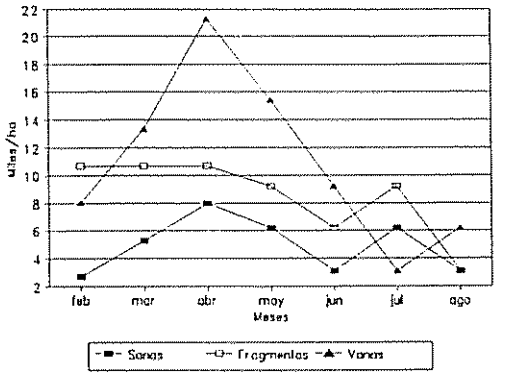


Figura 7. Diseminación mensual de semillas de *P. oocarpa*, por categoría, estrato I. La Brea, Guatemala. 1994.

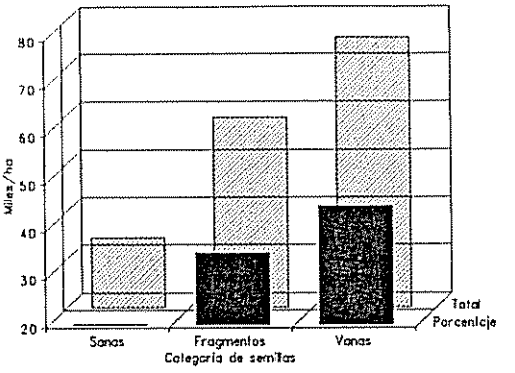


Figura 8. Diseminación total y relativa de semillas de *P. oocarpa*, por categoría. Estrato I, La Brea, Guatemala. 1994.

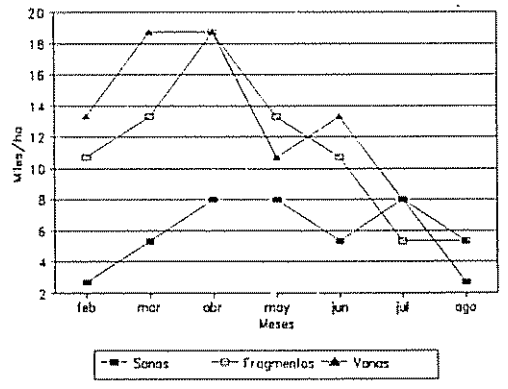


Figura 9. Diseminación mensual de semillas de *P. oocarpa*, por categoría, estrato II. La Brea, Guatemala. 1994.

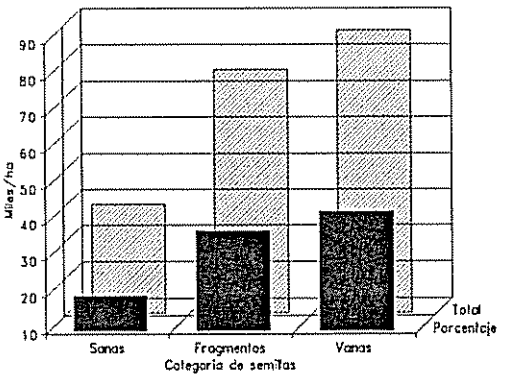


Figura 10. Diseminación total y relativa de semillas de *P. oocarpa*, por categoría. Estrato II, La Brea, Guatemala. 1994.

En el estrato I cayeron en total 4.943 semillas llenas por cada metro cuadrado de área basal; en el estrato II esta relación fue 4.938 semillas llenas.

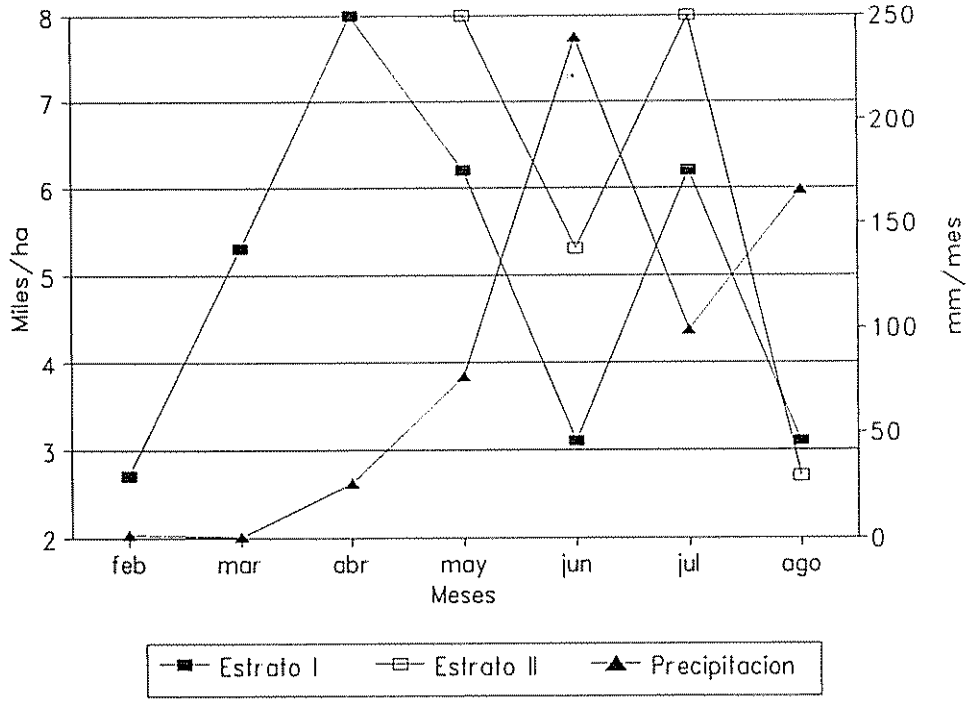


Figura 11. Diseminación de semillas llenas de *P. oocarpa*, por hectárea y estrato, en comparación con la distribución de la precipitación. Período febrero-agosto, 1994.

En cuanto a la orientación de las trampas con respecto al árbol semillero más cercano y la diseminación de las semillas, no se encontró ninguna relación direccional. A pesar de que aquellas trampas que tuvieron un árbol semillero ubicado en dirección NE recibieron un mayor número de semillas que el resto, las diferencias no llegaron a ser significativas ($Pr < 0,05$). A ese mismo nivel de significancia, tampoco existieron diferencias en la caída total de semillas, en relación a la distancia entre las trampas y el árbol semillero más próximo.

Durante los meses de mayo a agosto, en el estrato I, el estudio se continuó con 13 trampas debido a que dos se perdieron.

Es curioso que la especie disemine la mayor cantidad de semillas llenas precisamente en épocas en que las condiciones para su supervivencia y germinación son menos favorables; esta situación es calificada por algunos autores como **estrategia regenerativa de alto riesgo** (Zendejas y Villareal 1971). Estudios tendientes a establecer qué semillas germinan en mayor proporción, si aquellas que caen en épocas secas o las que lo hacen en la lluviosa, aunque difíciles de conducir, ayudarían a dilucidar mejor esta parte de los mecanismos regenerativos de la especie. Es lícito hipotetizar que la especie disemina la mayor proporción de las semillas, más viables, en la época menos propicia para su germinación, para abastecer parte de la demanda de los agentes depredadores, a sabiendas de que con el bajo porcentaje que disemina en la época que llueve más, cuando el riesgo depredativo puede ser menor, se garantiza un proceso regenerativo adecuado. Las semillas diseminadas en períodos lluviosos podrían ser más efectivas en su germinación que aquellas caídas en tiempo seco. Para ello será necesario determinar en qué época hay mayor cantidad de regeneración exitosa.

La mayor diseminación de semillas vanas, además de ser mayoría, podría deberse a que tienen menos dificultad para salir del cono que las semillas llenas; esto debido a que pierden consistencia, volumen y adherencia a las escamas. Las semillas llenas, por su parte, permanecen fuertemente adheridas a las escamas, aun con la presencia de altas temperaturas. Esta situación se comprobó al momento de extraer manualmente las semillas; las de más difícil extracción fueron las llenas.

La producción potencial de semillas llenas en el bosque de La Brea, estimada con base en la presencia de 50 árboles semilleros por hectárea, cada uno produciendo 250 conos productivos (restando un estimado de 20% de pérdidas por enfermedades y plagas) y cada cono con una producción de 19 semillas, ascendió a 237.500 semillas llenas por hectárea. Sin embargo, el promedio real de diseminación fue de 37.300 semillas llenas por hectárea, para todo el bosque; esta cantidad es equivalente al 16% de la producción total; el resto (84%), se perdió por ataque de pájaros, ardillas, plagas, enfermedades y porque se quedaron atrapadas en los conos. La razón entre semillas llenas producidas por árbol y

semillas diseminadas fue de seis a uno.

Esta situacion es importante por cuanto demuestra que la mayoria de las semillas llenas nunca llega al suelo. En la práctica, esto puede ayudar en la estimacion de la producción de semillas en rodales o huertos semilleros de la especie e igualmente en la planificacion de actividades de manejo de la regeneracion natural.

Con base en que del total de semillas llenas caídas debe sobrevivir como regeneración establecida entre el tres y el 13% (Agudelo 1990), la cifra de 37.300 semillas ha^{-1} diseminadas en el bosque garantiza, con un buen manejo, el establecimiento de 1.119 a 4.849 individuos jóvenes de regeneración por hectárea. De esta cantidad, el forestal encargado deberá asegurarse una sobrevivencia de 1.100 a 2.500 árboles ha^{-1}, al término del primer año.

4.5 El fuego

4.5.1 Efecto del fuego sobre la regeneración existente

El Cuadro 7 muestra la distribución diamétrica de los árboles previo a efectuar la quema y el grado en que fueron dañados por el fuego, según las categorías de referencia. Se marcaron todos los individuos con dap mayor o igual que cinco centímetros, que en total fueron 101.

El 90% de la vegetación sobrevivió a la quema, mientras que el diez por ciento (todos individuos de cinco centímetros de dap) murió. Los árboles con un dap mayor o igual que seis centímetros, aun sufriendo daños medios y fuertes no murieron y al inicio de las lluvias comenzaron a rebrotar. Los árboles con dap > = 25 cm resultaron ilesos o con daños ligeros. Los árboles comprendidos entre cinco y nueve centímetros de dap sufrieron los mayores daños; el 10% murió y un 15% resultó con daños fuertes. Los árboles que presentaron daños medios (categoría tres), son casi todos individuos de las primeras dos clases diamétricas.

Cuadro 7. Distribución diamétrica de *P. oocarpa* antes de la quema y clasificación del efecto del fuego sobre la vegetación, según categorías de daño al árbol: 1 = ileso; 2 = daño ligero; 3 = daño medio; 4 = daño fuerte y 5 = muerto. La Brea, Guatemala. 1994.

Clase diamétrica (cm)	Categoría de daño					N/3.500 m^2	N/ha
	1	2	3	4	5		
5 - 9	-	3	17	15	10	45	129
10 - 14	-	4	11	-	-	15	43
15 - 19	-	2	1	-	-	3	9
20 - 24	-	1	-	-	-	1	3
25 - 29	8	7	-	-	-	15	43
30 - 34	5	2	1	-	-	8	23
35 - 39	5	1	-	-	-	6	17
40 - 44	5	-	-	-	-	5	14
45 - 49	2	-	-	-	-	2	6
50 - 54	1	-	-	-	-	1	3
Total	26	20	30	15	10	101	129
Porcentaje	25	20	30	15	10	100	100

Ningún árbol comprendido entre los diámetros de cinco a 24 cm resultó ileso; la mayoría presentaron daños ligeros o medios. El 70% de individuos con dap > = 25 cm resultó ileso y el 28% con daños ligeros; apenas un 2% de los árboles a partir de ese diámetro sufrió daños medios. Puede decirse que a partir de 25 cm de dap, un árbol está libre de daños por el efecto de quemas controladas.

La Figura 12 ilustra las formas de las distribuciónes diamétricas en el área quemada, antes y después de la quema. Se aprecia que la diferencia está únicamente en la primera clase diamétrica, en la que después de la quema disminuye.

Esa disminución corresponde al diez por ciento de individuos (todos de cinco centímetros de dap) que murieron por efecto del fuego.

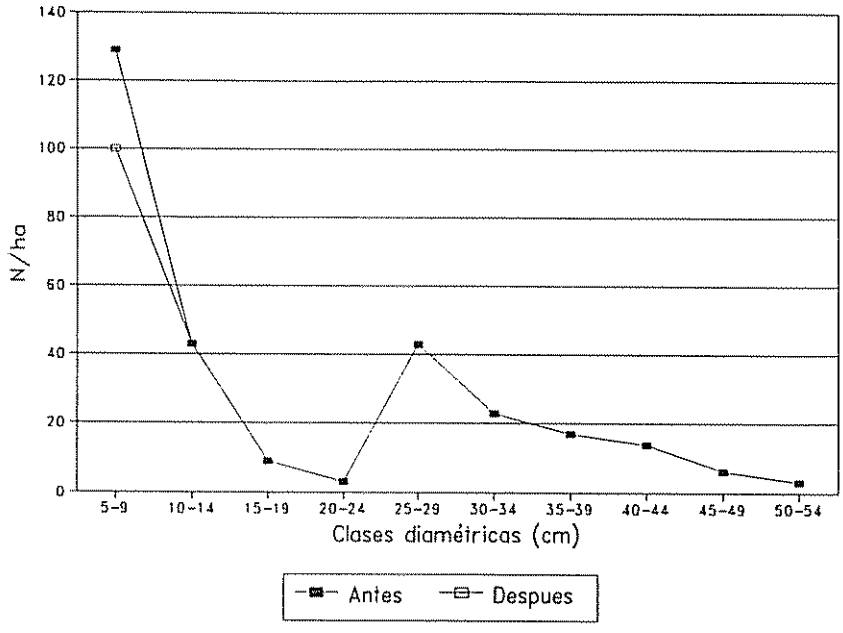


Figura 12. Distribución diamétrica de los árboles vivos de *P. oocarpa* en el área quemada, antes y después de la quema. La Brea, Guatemala. 1994.

4.5.2 Efecto del fuego sobre la germinación de la semilla

4.5.2.1 En condiciones naturales

El Cuadro 8 presenta los resultados obtenidos tanto en el área en que se aplicó una quema controlada como en el área testigo.

En el área bajo quema controlada de baja intensidad y duración (con una velocidad de propagación de 1,48 m/min), el promedio de semillas que germinaron por m^2 resultó ser 0,53, mientras que en el área testigo fue 0,28 semillas. Esto equivale a 5.300 y 2.800 semillas germinadas por hectárea, respectivamente. Esta diferencia es estadísticamente significativa (Prueba de "t", $Pr < 0,05$)

Cuadro 8. Efecto del fuego sobre la germinación de las semillas de *P. oocarpa*. Número de semillas germinadas 30 días después de la primera lluvia. La Brea, Guatemala. 1994.

Método	No. de parcelas de 4 m^2	Promedio de semillas germinadas por m^2
Quema controlada	30	0,53±0,16
Testigo	30	0,28±0,06

La quema controlada, que no deja completamente desnudo el suelo, favoreció claramente la germinación de las semillas de *P. oocarpa*. Una delgada capa de ceniza no mayor de cinco centímetros sirve de protección a la semilla contra el ataque de pájaros y roedores, dificultándoles su percepción visual. Dado que transcurrieron únicamente dos meses entre la quema y la llegada de las primeras lluvias, la actividad depredadora de los roedores que comen la mayoría de las semillas antes de su germinación, fue minimizada.

4.5.2.2 En condiciones controladas

El número de semillas que germinaron en cada parcela fue bajo; en promedio germinaron 13 semillas (24%), dado que se sembraron 64 semillas en cada unidad experimental. A pesar de que se protegió el área del experimento contra el ataque de animales y que se utilizaron sólo semillas viables, esta cifra se considera baja. En el cuadro 9 se muestran los resultados obtenidos en cuanto a germinación de semillas.

Cuadro 9. Efecto del fuego sobre la germinación de las semillas de *P. oocarpa*. Semillas germinadas por unidad experimental, 30 días después de la siembra. La Brea, Guatemala. 1994.

TRATAMIENTO	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
A (Quema)	18,75	2,06
B (suelo desnudo)	14,25	2,63
C (testigo)	5,75	3,77
PROMEDIO	12,92	

Estos resultados se sometieron a un análisis de varianza, para probar la hipótesis sobre igualdad de tratamientos. En el Cuadro 10 se presentan los cálculos numéricos.

Cuadro 10. Efecto del fuego sobre la germinación de las semillas de *P. oocarpa*. Análisis de varianza del número de semillas germinadas. La Brea, Guatemala. 1994.

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	FPr>F
Repeticiones	3	14,25	4,75	0,460,72
Tratamientos	2	348,67	174,33	16,870,003
Error	6	62,00	10,33	
TOTAL	11	424,92		

GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; F = cuadrado medio; F = valor de F calculado; Pr>F = probabilidad de encontrar un valor mayor que F calculado.

El fenómeno de la germinación de semillas exhibió un comportamiento estadísticamente diferente entre los tratamientos. Una prueba de diferencia de medias por el método de Dunnett al 5% de nivel de significancia, indicó que los tratamientos A (quema controlada) y B (eliminación del mantillo o suelo desnudo) fueron diferentes al tratamiento C (testigo). Esto significa que las semillas de la especie germinaron igual en el suelo que fue sometido a los efectos de una quema controlada de baja intensidad y duración, que en aquél cuyo mantillo o cubierta

vegetal se eliminó con el fin de dejarlo limpio.

El comportamiento igual de la quema controlada y la eliminación del mantillo sobre la germinación de las semillas puede deberse a que en ambos casos se ejerce una labor de preparación del suelo, separando la cubierta vegetal que, por su presencia, representa un obstáculo para el proceso normal de germinación de la semilla. Por otra parte, en ambos casos se elimina un material vegetal que facilita la actividad depredadora de pájaros, insectos y roedores; esto se traduce en una disminución de las pérdidas de semillas y en un aumento en las posibilidades de germinar. Otro aspecto importante es que al reducir la cantidad de vegetación presente, se incrementa ingreso de luz, factor importante en la germinación de las semillas y en el establecimiento de las plántulas de esta especie heliófita. Además, la competencia por humedad durante la germinación disminuye notablemente, situación que favorece la germinación de las semillas. Todas estas ventajas fueron desventajas para la germinación en el tratamiento testigo, en donde el proceso se dio con la menor intensidad.

La germinación de las semillas en condiciones naturales (testigo) sucedió, pero con menor expresión.

Es importante notar el comportamiento igual del fenómeno de la germinación en condiciones naturales y controladas; en ambos casos las semillas germinaron mejor y en mayor cantidad sobre el suelo en que se aplicó una quema controlada que en el testigo. Es oportuno resaltar el hecho de que el acto de eliminar el mantillo para limpiar el suelo tuvo un efecto similar al de la quema controlada, es decir, favoreció el proceso de germinación de las semillas al desaparecer la competencia por la vegetación.

Para aspectos de manejo forestal basado en regeneración natural, la quema prescrita y la eliminación del mantillo ofrecen una opción viable para preparar el suelo previo a la caída de las semillas. En ambos casos habrá que tomar en cuenta aspectos económicos, sociales, ecológicos y legales, antes de tomar una decisión.

4.6 Efecto de la luz sobre la regeneración natural

4.6.1 Brinzales

El Cuadro 11 muestra los incrementos en diámetro basal (a cinco centímetros del suelo) para las plantas comprendidas entre 0,3 y 1,5 m de altura total.

Cuadro 11. Incrementos en diamétro basal a cinco centímetros del suelo, en mm/año, en brinzales de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994.

	Clases diamétricas (mm)			
	< 9,9	10-19,9	20-29,9	30-39,9
promedio	2,7	4,1	5,3	6,1
mínimo	0	0	0	4,1
mediano	4,1	4,1	6,1	6,1
máximo	6,1	10,1	8,1	8,1
D. estándar	2,0	2,9	2,4	2,0
C.de variacion (%)	76,0	70,0	45,0	33,0
sesgo	-0,1	0,2	-1,8	0,0
modal	4,1	4,1	6,1	4,2
N	23	13	8	5

Se nota que los incrementos aumentan de acuerdo con el diámetro inicial de los árboles, lo cual se aprecia también en el Anexo 14A. Los resultados sugieren que aquellas plantas de mayor tamaño exhibieron una tasa de crecimiento mayor que las más pequeñas. Esto se percibe más claramente si se considera que a mayor tamaño corresponde más capacidad para capturar los recursos necesarios.

En todas las clases los valores medianos son mayores o iguales que el promedio. Esto indica que las distribuciones son negativamente asimétricas o simétricas. Los coeficientes de variación disminuyen en cada clase, desde 76% en la menor hasta 33% en la mayor. Esta situación indica que la variabilidad en los incrementos va disminuyendo conforme aumenta el tamaño de la planta. En general, las desviaciones estándar presentan igual comportamiento.

El incremento en diámetro fue correlacionado positivamente con el diámetro inicial de la planta (r_s Spearman de 0,66, $Pr < 0,0001$); el índice de posición de la copa, que da idea acerca del grado de iluminación que recibe, también estuvo correlacionado en forma positiva con el incremento en diámetro, aunque con un coeficiente mucho menor pero significativo (r_s Spearman de 0,36, $Pr < 0,0107$). Este comportamiento puede deberse a que las plantas en la etapa de brinzales, creciendo en rodales con densidades bajas como en el caso de La Brea, aunque requieren bastante luz, no compiten por ésta en forma intensa; esto lo demuestra el hecho de que todos los individuos tuvieron índices de posición de copa de tres a cinco, esto es, recibiendo luz desde arriba. Por otra parte, reconociendo su marcado heliofitismo, las plantas requieren de bastante luz, pero siendo ésta relativamente abundante en un bosque seco poco denso, no representa un factor limitante para el establecimiento y desarrollo de las plantas. La competencia por luz no es en sí con árboles de la misma especie, sino de tipo interespecífica.

Un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis) reveló que los incrementos en diámetro basal de los brinzales difieren significativamente ($Pr < 0,001$) de acuerdo con el tamaño inicial del árbol y, aunque a un nivel inferior, también con el grado de iluminación de las copas ($Pr < 0,019$). Por tanto, además de esas dos variables, una buena parte de la variabilidad en los incrementos en diámetro y altura puede atribuirse, entre otros, a factores genéticos individuales y de micrositio a nivel de suelo.

Situación similar se presentó en la relación existente entre el incremento en altura total y el tamaño inicial de la planta; el coeficiente de correlación de Spearman para estas dos variables es de 0,64 ($Pr < 0,0001$). Sin embargo, el incremento en altura también estuvo correlacionado con el grado de iluminación, con un coeficiente ligeramente menor y significativo (0,57, $Pr < 0,0001$). Estos resultados sugieren que, para un período de tiempo dado, los incrementos de altura en brinzales de *P. oocarpa* en La Brea, que se encuentran recibiendo niveles de iluminación adecuados, están explicados mayormente por el tamaño inicial de las plantas. Sin embargo, resaltan también la importancia de la luz en el crecimiento.

Los incrementos en diámetro de copa tuvieron una correlación más alta con el índice de posición de la copa (r_s de Spearman 0,57, $Pr < 0,0001$), que con el diámetro inicial de la planta ($r_s = 0,54$, $Pr < 0,0001$). De acuerdo con ese comportamiento, puede interpretarse que aquellas plantas que tienen un grado de iluminación mayor, tienden a incrementar más el tamaño de su copa que las más pequeñas. Sin embargo, el tamaño inicial de la planta explica un buen porcentaje del incremento en diámetro de la copa. Esto concuerda con lo anotado por Wilkinson (1983) en el sentido de que el crecimiento de las copas de los árboles de *P. oocarpa* tiende a ser más rápido en sus lados más iluminados.

Finalmente, cabe señalar que, de acuerdo a una prueba de rangos no paramétrica (Wilcoxon, $Pr < 0,05$), no se encontraron diferencias significativas en los incrementos medianos de diámetro basal, altura total y diámetro de copas, entre estratos.

4.6.2 Latizales

Los incrementos en dap para las plantas comprendidas entre 1,5 m de altura y 9,9 cm de dap se presentan en el Cuadro 12 y aparecen ilustrados en el Anexo 15A.

Cuadro 12. Incrementos de dap, en mm/año, de latizales de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. 1994.

	Clases diamétricas (mm)				
	10-19,9	20-29,9	30-39,9	40-49,9	50-59,9
promedio	3,5	5,1	7,7	8,1	9,6
minimo	0	2,0	6,1	6,1	8,1
mediano	4,1	4,1	8,1	8,1	9,1
maximo	8,1	8,1	10,1	10,1	12,2
D. estandar	2,6	2,2	1,7	2,0	1,9
C.V. (%)	74,0	43,0	22,0	25,0	20,0
sesgo	0,3	0,5	0,5	0,0	0,8
modal	2,0	4,1	6,1	6,1	8,1
N	11	8	5	3	4

Las diferencias entre estratos para los incrementos medianos de las variables dap, altura total y diámetro de copa no fueron estadísticamente diferentes (prueba Wilcoxon, $pr<0,05$). El tamaño inicial de la planta fue la variable que mejor explicó los incrementos en las tres variables citadas, con coeficientes de correlación de Spearman, en su orden, de 0,72, 0,83 y 0,66, todos significativos ($Pr<0,0001$). Los coeficientes de correlación del grado de iluminación con esas mismas variables fueron, respectivamente, 0,29, 0,30 y 0,30.

Se aprecia que los incrementos medianos tienden a aumentar de acuerdo con el diámetro inicial. Nótese que a excepción de la primera y tercera clase, los valores medianos son menores que el promedio. El coeficiente de variación y la desviación estándar tienden a disminuir conforme aumenta el diámetro. Similar comportamiento muestran las desviaciones estándar.

El análisis de los resultados de brinzales y latizales, permite argumentar que los incrementos en diámetro, altura y diámetro de copa, están explicados mayormente por el tamaño inicial de los árboles. Además, puede anotarse que la luz en rodales ubicados en bosques secos poco densos, no representa una limitante para el crecimiento de los árboles. Es aceptado que a mayor densidad en la

vegetación, la intensidad luminosa bajo ella es menor y que los bosques disetáneos, que ocupan el sitio mejor que los coetáneos por su estratificación, poseen menores grados de iluminación que éstos (Donoso 1981). Ante este razonamiento, valga añadir que el bosque de la Brea, prácticamente coetáneo, con no más de 100 árboles con dap > = 10 cm (densidad baja), ubicado en una región seca, con cielos despejados la mayor parte de los días del año en la estación seca y de las horas del día durante la lluviosa, presenta condiciones de iluminación adecuadas para los árboles del bosque.

4.7 Discusión general

El bosque de La Brea ha sido y continúa siendo una fuente de ingresos para los pobladores de la comunidad; sin embargo, por falta de un adecuado manejo, ha sido sometido a un deterioro ecológico, genético y económico. Además, los efectos de disturbios naturales como los incendios, han contribuido al actual estado del ecosistema.

La forma irregular de las distribuciones diamétricas de los árboles, con un reducido número de individuos en las clases más pequeñas y más grandes y la concentración de más del 50% en las clases entre 25 y 40 cm, evidencian la acción de los agentes de disturbio ya mencionados. En realidad, la situación descrita no es de extrañar; por el contrario, es muy común en bosques de pino bajo condiciones de clima seco tropical y sometidos a uso comunal; es aceptado que tales ecosistemas son los más degradados, principalmente por la acción del hombre (Gerhardt y Hyteborn 1992).

En la actualidad, gracias al buen grado de organización de los vecinos del lugar, en quienes ya existe conciencia de la importancia de manejar un bosque bajo un sistema técnico, se están corrigiendo algunos de los factores negativos; un ejemplo lo constituye la ejecución de actividades de prevención y defensa contra incendios y tala ilícita de árboles. A pesar de eso, existen todavía algunas amenazas, principalmente en lo tocante al pastoreo, ocoteo y al avance de la

frontera agrícola, aspectos en que aún falta un camino por recorrer. Un subcomité agroforestal muy dinámico en la comunidad, hace esfuerzos por resolver esta problemática y constantemente busca apoyo gubernamental y de las ONG, para encaminar a la población a convivir armónicamente en forma sostenible con el recurso forestal que poseen.

El bosque cuenta actualmente con una densidad baja de individuos con dap > = 10 cm (96 árboles ha^{-1}); no obstante, la presencia de al menos 50 árb/ha con dap > = 30 cm, dentro de los cuales se pueden seleccionar y manejar como árboles semilleros un número conveniente de ellos, [5 a 8 árboles ha^{-1} (Agudelo[3]); 17 ha^{-1} (Wolffsohn 1984)] da una pauta indicadora de que el bosque aún es susceptible de ser regenerado naturalmente mediante un buen manejo.

De esta manera, la regeneración natural < = 10 cm de dap, que en el presente posee valores bajos en densidad (904±81 y 1.150±114, en los estratos I y II, respectivamente) y en distribución (promedio de 10 y 31% en frecuencia de parcelas ocupadas para brinzales y latizales), puede ser estimulada para mejorar esos índices en beneficio recíproco del bosque y la comunidad. Un punto importante para el manejo de la regeneración natural, además de la presencia de fuentes semilleras, lo constituye el conocimiento del comportamiento de la especie en cuanto a la producción de frutos y diseminación de semillas.

El estudio fenológico reveló que en el sitio la especie produce frutos principalmente en los meses de febrero a abril, aunque se encontraron todavía en el mes de agosto; la diseminación de semillas ocurre principalmente en la época seca y también en los períodos de sequía entre la estación lluviosa. Una buena época para recolectar frutos en el sitio sería durante los meses de febrero a abril.

De acuerdo con el número promedio de conos nuevos producidos por árbol (306±57) y de semillas sanas por cono (18.7±2.4), el bosque presenta condiciones

---

[3] AGUDELO, N. de J. 1993. Importancia de las coníferas en Centroamérica. Turrialba, C.R. Clase Magistral en Curso Silvicultura de Bosques Naturales Tropicales

para producir potencialmente un total de 237.500 semillas sanas por hectárea durante el período de febrero a agosto; sin embargo, el promedio de diseminación real es 37.300, equivalente al 16% de la producción potencial; un alto porcentaje (84%), se pierde por diferentes causas (plagas, enfermedades, pájaros y ardillas, principalmente; otro porcentaje de semillas quedó atrapadó en los conos).

Para efectos de manejo de la regeneración natural, del tres al 13% de esa cantidad (agudelo 1990) debe sobrevivir como regeneración establecida. Esto significa que con esa producción de semillas y un manejo adecuado, se estaría garantizando el establecimiento de 1.119 a 4.849 individuos jóvenes de regeneración por hectárea. El éxito en la ejecución de las estrategias a seguir para asegurar una alta sobrevivencia de la regeneración corresponde al interés de los vecinos de la comunidad por cumplir con las sugerencias y recomendiaciones de manejo que se les indiquen.

Opciones viables para mejorar los niveles actuales en la germinación de semillas las ofrecen tanto la aplicación de quemas controladas como la eliminación del mantillo; en ambos casos, mediante una planificación y ejecución cuidadosas, se garantiza un incremento en la eficiencia del proceso de germinación de semillas en aquellas áreas de interés. Aunque por razones ecológicas sería más recomendable la eliminación del mantillo, habrá que considerar el aspecto económico que conlleva; tiene un costo más alto que la quema controlada, principalmente en mano de obra. Por otra parte, una quema prescrita, además de ser un método más barato, resulta más práctico para un bosque de propiedad comunal, como en el caso de La Brea; esto permite contar con el apoyo permanente de recursos humanos.

Una desventaja de la quema controlada, en comparación con la eliminación del mantillo mecánicamente, lo es el hecho de exponer la masa forestal a una reducción inmediata por muerte (hasta un 10% en este estudio), principalmente de individuos con dap < = 5 cm; sin embargo, este daño puede ser compensado con el establecimiento y sobrevivencia de una regeneración abundante. Esto puede

lograrse con actividades de protección y defensa contra incendios y pastoreo por un período conveniente que, de acuerdo con diferentes autores [Agudelo (1990); Hudson y Salazar (1981); Sánchez y Hughet (1959)] puede ser de tres a ocho años.

Las épocas para ejecutar quemas controladas en el bosque de La Brea, con miras a estimular el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural, pueden hacerse dos o tres meses antes del inicio de las lluvias, o sea en los meses de febrero o marzo. Esto neutraliza bastante la acción depredadora de insectos, roedores y pájaros y la competencia con la vegetación del sotobosque, favoreciendo la germinación de las semillas.

En cuanto al crecimiento de la regeneración natural de *P. oocarpa*, las plantas, por ser heliófitas, requieren un alto porcentaje de luz directa para crecer adecuadamente (Vela y Hernández 1968); afortunadamente ese recurso ambiental no representa un factor limitante en un bosque seco poco denso como el de La Brea, en donde la mayoría de plantas se comportan como dominantes y codominantes. Casi el 100% de las plantas en este estudio se encontraron recibiendo luz desde arriba (índices de posición de copa de tres a cinco).

5. CONCLUSIONES

Situación actual de la regeneración natural

1. El bosque de *P. oocarpa* de La Brea tiene una densidad baja de regeneración >= 10 cm de dap (96 árboles ha^{-1}). La regeneración <= 10 cm se considera igualmente baja (1.027 árboles ha^{-1}). No obstante, la presencia de un número mayor de 50 árboles ha^{-1} con dap >= 25 cm, entre los que se pueden seleccionar y manejar árboles semilleros padres, dan la pauta para creer que el bosque es susceptible de ser regenerado en forma natural, con un adecuado manejo.

Fenología

2. El diámetro mínimo reproductivo para los árboles de *P. oocarpa* en el bosque de La Brea, para el período febrero-agosto de 1994 fue 24 cm.

3. La maduración y producción de frutos en el sitio ocurrió principalmente en los meses de febrero a abril, aunque a lo largo de todo el período de estudio existieron frutos maduros en los árboles.

Producción de conos

4. El tamaño promedio de los conos de la especie fue 44,2±1,1 mm en diámetro y 68±2,8 mm en longitud. Cada cono produjo, en promedio, 19 semillas llenas, 12 vanas y 29 rudimentarias mas fragmentos. Las variables diámetro y longitud del cono no mostraron mucha relación con la producción de semillas totales y llenas.

5. La producción estimada de conos nuevos por árbol de *P. oocarpa* en el sitio, durante los meses de febrero a agosto fue de 306±57. La ecuación que mejor ajustó la predicción de la producción de conos nuevos por árbol en

el sitio resultó ser: Y = -237,25 + 16,02 (dap), en donde Y representa el número de conos nuevos por árbol y dap el diámetro a 1,30 m de altura (cm).

Producción y diseminación de semillas

6. El bosque de La Brea mostró un potencial para producir un total de 237.500 semillas llenas o sanas por hectárea. Sin embargo, la diseminación real fue el 16% de esa cantidad, es decir, por cada seis semillas producidas por árbol, se diseminó sólo una. Con un buen manejo, este porcentaje es suficiente para garantizar una regeneración establecida de 1.119 a 4.849 individuos jóvenes por hectárea.

7. El 73% de las semillas sanas o llenas fueron diseminadas durante los meses de febrero a junio; el resto sucedió en los meses de julio y agosto. El fenómeno de la diseminación se incrementó siempre que hubo ausencia total de precipitación en la época seca y cuando disminuyó acentuadamente durante la estación lluviosa.

Efecto del fuego sobre la regeneración natural

8. Arboles con dap >= 25 cm se comportaron como libres de daños ocasionados por el fuego. Un diez por ciento de individuos jóvenes con dap <= 5 cm murió por los efectos de la quema controlada. Ningún árbol mayor que cinco centímetros de dap murió. A partir de seis cm de diámetro parece haber una mayor resistencia al fuego aplicado durante una quema prescrita.

Efecto del fuego sobre la germinación de semillas

9. Las quema controlada favoreció el proceso de germinación de las semillas de *P. oocarpa* tanto en condiciones naturales como controladas. Las semillas

germinaron mejor y en mayor cantidad en donde se aplicó una quema controlada que en áreas testigo. La eliminación del mantillo (chapia), tuvo un efecto similar, es decir, favoreción el proceso de germinación.

Efecto de la luz sobre el crecimiento de brinzales y latizales

10. Los incrementos en dap y altura total de los brinzales y latizales en el período febrero-agosto de 1994, fueron mejor explicados por el tamaño inicial de las plantas que por el índice de posición de las copas. Sin embargo, los resultados hicieron resaltar los requerimientos altos de luz por la especie, dado su heliofitismo. En ese sentido, las plantas se encontraron recibiendo condiciones adecuadas de iluminación, por lo que la luz no fue un factor limitante para su crecimiento.

6. RECOMENDACIONES

1. Manejar el bosque con base en el estímulo de la regeneración, mediante el método de árboles semilleros padres. Esto permitirá regenerar adecuadamente el bosque, mejorando los índices actuales de densidad y distribución de la regeneración natural.

2. Mediante una planificación y ejecución adecuada, utilizar la técnica de quemas controladas de baja intensidad y duración en áreas específicas. Esta acción ayudará a aumentar la eficiencia en el proceso de germinación de las semillas. En aquellas áreas sujetas a la práctica de quemas controladas, se tendrá que planificar una protección estricta contra incendios no planificados, durante un período de tres a ocho años, para garantizar el establecimiento de la regeneración natural.

3. Los vecinos de la comunidad deberían continuar con las actividades de organización y coordinación tendientes a minimizar los efectos negativos de los incendios no controlados, naturales o intencionados, la tala ilícita, el pastoreo excesivo y el ocoteo.

4. En áreas de difícil establecimiento de la regeneración natural, repoblarlas con métodos artificiales. Para ello es necesario efectuar planificaciones oportunas sobre recolección de semillas en el propio bosque, establecer viveros volantes entre los vecinos. Esta sería una actividad complementaria.

5. Hacer estudios sobre la eficiencia germinativa de las semillas que caen en tiempo seco, con aquellas que lo hacen en períodos lluviosos. Asímismo, realizar investigaciones para evaluar aspectos de supervivencia en áreas sujetas a la acción de quemas controladas.

6. Implementar un sistema de monitoreo de fenología y crecimiento a largo plazo. Esta acción podrá ejecutarse en coordinación con instituciones gubernamentales u ONG dedicadas a la investigación.

7. Organizar eventos de capacitación forestal para los vecinos de la comunidad de La Brea, dirigidos a lograr un uso racional del bosque y la comecialización de productos y subproductos del bosque. Para esto, la institución nacional forestal (DIGEBOS) puede coordinar esfuerzos y voluntades con los vecinos y ONG.

8. Sin olvidar la importancia de la función ecológica de las semillas llenas que no llegan a ser diseminadas, considerar la posibilidad de recolectar semillas de la especie, con fines comerciales.

7. BIBLIOGRAFIA

AGUDELO CIFUENTES, N. de J. s.f. Potencial de manejo de coníferas en los trópicos. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 12 p.

_____. 1988. Plan de manejo para el bosque del Uyuca de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. Primeros cinco años. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. p. 26-52.

_____. 1990. Caracterización de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* Morelet y *Pinus maximinoi* H. E. Moore. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 51 p.

AGUILAR C., M.A. 1971. Aprovechamiento de coníferas del género *Pinus* en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 43 p.

AGUILAR C., J.M. 1976. Guía para la identificación de las coníferas de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 64 p.

AGUILAR G., J.I. 1961. Pinos de Guatemala. La Aurora, Guatemala, Dirección General Forestal, Guatemala. 19 p.

_____. 1966. Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. 2. ed. Guatemala, Tipografía Nacional. 383 p.

ATKINSON, A.C. 1985. Plots, transformations and regression. An introduccion to graphical methods of diagnostic regression analysis. Oxford, Oxford Statistical Science Series. 200 p.

BARNETT P., J.; BRANDT A., F. 1990. Cone maduration and seed yield of Ocala Sand Pine. Tree Planters' Notes (EE. UU.) 41(2):22-26.

BEEK R. AUS DER.; SAENZ, G. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, C.R. Turrialba, C. R., CATIE. 48 p. (Serie técnica. Informe Técnico No. 200).

BRISTOL, L.M. 1959. Natural regeneration of *Pinus cubensis*. Turrialba (CR) 4(3):282-287.

BUDOWSKI, G. 1964. Los errores más frecuentes en revisiones de literatura. Turrialba, C.R., CATIE. 6 p.

CAMPBELL, R.S. 1954. Las quemas en relación con el pastoreo en los montes. Unasylva (Italia) 8(4):171-176.

CHABLE, A.C. 1967. Reforestation in the Republic of Honduras, Central América. Ceiba, Honduras 13(2):1-56.

CHACON S., J.M. 1983. Regeneración mediante árboles padres de *Pinus arizonica*. Ciencia Forestal (México) 8(42):3-20.

CHATTERJEE, S.; PRICE, B. 1991. Regression analysis by example. 2. Ed. Washington, John Willey & Sons, 278 p.

CLARK, D.A.; CLARK, D.B. 1987a. Análisis de la regeneración de árboles del dosel en bosque muy húmedo tropical: aspectos teóricos y prácticos. Revista Biología Tropical (C.R.) 35(supp 1):41-54.

_____. 1987b. Population ecology and microhabitat distribution of *Dipterix panamensis*, a neotropical rain forest. Biotropica (EE.UU.) 19:236-244.

_____. 1990. Distribution and effects on tree growth of lianas and woody hemiepiphytes in a costarican tropical wet forest. Journal of Tropical Ecology, 6:321-333.

_____. 1993. Comparative analysis of microhabitat utilization by saplings of nine tree species in neotropical rain forest. Biotropica (EE. UU.) 25(4):397-407.

CRITCHFIELD, W.B.; LITTLE Jr., E.L. 1966. Geographic distribution of the pines of the world. Washington, USDA, Forest Service. 97 p.

DENEVAN, W. N. 1961. The upland pine forests of Nicaragua; a study in cultural plant geography. California University. 12(4):251-320.

DONOSO Z., C. 1981. Ecología forestal. El bosque y su medio ambiente. Santiago, Editorial Universitaria. 369 p.

DIN, A. U. 1958. Pinos para las regiones tropicales. Unasylva (Italia) 12(3):122-134.

DOUROJEANNI, M.J. 1987. Manejo de bosques naturales en el trópico americano: situación y perspectivas. Revista Forestal del Perú (Perú) 14(1):91-108.

ESCOBAR S., A.A. 1985. Estudio del *Pinus oocarpa* Schiede en el municipio de San Pedro Pinula, Jalapa. Ejercicio Profesional Supervisado, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 30 p.

ETHERIDGE, D.E. 1961. Preliminary observations on the pathology of *Pinus caribaea* Mor. in British Honduras. Commonwealth Forestry Review (G.B.) 47(1):72-80.

FERRIS-KAAN, R.; PATTERSON, G.S. 1992. Monitoring vegetation changes in conservation management of forests. London, U.K., Forestry Commission. 108. 31 p. (Forestry Commission Bulletin Nr. 108).

FERREIRA R., O. 1982. Manual de inventarios forestales. Siguatepeque, Honduras, ESNACIFOR-COHDEFOR. 43 p.

FINEGAN, B. 1993a. Condiciones y recursos y su distribución en el espacio y el tiempo. Turrialba, C.R., CATIE. 20 p. (Presentado en: Curso Bases Ecológicas para Silvicultura y Agroforestería I).

_____. 1993b. Los gremios de especies forestales. Turrialba, C.R. CATIE. 17p. (Presentado en: Curso Bases Ecológicas para Silvicultura y Agroforestería II).

_____. 1993c. La fenología de los bosques tropicales y las especies que los componen. Turrialba, C.R., CATIE. 22 p. (Presentado en: Curso Bases Ecológicas para Silvicultura y Agroforestería II).

_____. 1993d. La organización de bosques naturales tropicales. Turrialba, C.R., CATIE. 16 p. (Presentado en: Curso Bases Ecológicas para Silvicultura y Agroforestería I).

_____. 1993e. Aspectos de la ecología del crecimiento y rendimiento de los árboles. Turrialba, C.R., CATIE. 28 p. (Presentado en: Curso Bases Ecológicas para Silvicultura y Agroforestería I).

FOURNIER O., L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba, (C.R.) 24(4):422-423.

_____.; CHARPENTIER, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. Turrialba (C.R.) 25(1):45-48.

FOURNIER O., L.A. 1975. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. Turrialba (C.R.) 26(1):96-97.

_____. 1975. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo de premontano de San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Turrialba (C.R.) 26(1):54-59.

GARCIA, J. 1986. Informe de El Salvador sobre manejo de bosques tropicales húmedos en la región de Centro América. s.n.t. 9p.

GERHARDT, K.; HYTEBORN, H. 1992. Natural dinamics and regeneration methods in tropical dry forests: an introduction. Journal of Vegetation Science (Sweden) 3:361-364.

GREAVES, A. 1979. Descriptions of seed sources and collections for provenances of *P. oocarpa*. Unit of Tropical Silviculture. Commonwealth Forestry Institute. Universyty of Oxford (UK) p 1-15.

_____. 1982. *Pinus oocarpa*. Forestry Abstracts (G.B.) 43(9):504-524.

GUTIERREZ, J.M. 1961. La preparación del manuscrito para una revista científica agrícola. México, Programa Interamericano para el Mejoramiento del Maiz. 10 p.

HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, C.R., IICA. 216 p.

HOUKAL, D. 1980. Comportamiento de procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en el vivero ESNACIFOR en Siguatepeque, Honduras. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 11 p. (Artículo Científico no. 2.).

HUDSON, J.M.; GUEVARA, J.; RODRIGUEZ, W. 1981. Diseminación natural de semillas de *Pinus oocarpa* en Honduras e implicaciones para la regeneración natural. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 13 p. (Artículo Científico no. 3.).

HUDSON, J.; SALAZAR, M., comps. 1981. Las quemas prescritas en los pinares de Honduras. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 58 p. (Publicación Miscelánea 1)

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. del Alemán por Antonio Carrillo. Alemania, GTZ. p. 36-50.

LIZARDO, L. 1955. Natural regeneration pine forest. The Philippine Journal of Forestry (Filipinas) 11(1-2):211-223.

M$_c$LEMORE, B.F. 1962. Predicting seed yields of southern pine cones. Journal of Forestry (EE.UU) 60:639-641.

MENDENHALL, W. 1987. Introducción a la probabilidad y la estadística. Trad. por Carlos Segami. México, D.F. Grupo Editorial Iberoamérica. 626 p.

MIROV, N.T. 1967. The genus Pinus. N.Y. The Ronald Press. 602 p.

MORALES, J. 1989. Estudio del bosque comunal de Santo Domingo Los Ocotes de San Antonio La Paz, El Progreso, para proponer un plan de manejo racional. Ejercicio Profesional Supervisado, Guatemala, Universidad de San Carlos. 42 p.

MUNGUIA, O.E. 1982. La polilla *Rhyacionia sp.* en las plantaciones de pino en Honduras. En Actas de las cuartas jornadas de reforestación. Nov. 1982. COHDEFOR, Tegucigalpa, Honduras. p. 242-253.

MUSALEM S., M.A. 1975. Algunas correlaciones entre las características del cono y la viabilidad y germinación de las semillas de *Pinus caribaea* var. Hondurensis procedentes de plantaciones. En Información Técnica de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo (México). 1(5):23-27.

NIEMBRO R., A. 1986. Mecanismo de reproducción sexual en pinos. Chapingo, México, Editorial Limusa. 130 p.

ONUAA (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION). 1985. Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo. Estudios de ejemplos de India, Africa, América Latina y el Caribe. FAO (Italia) Estudio de FAO Montes no. 55. p 155-180.

OLIVARES, E.; MEDINA, E. 1992. Water and nutrient relations of woody perennials from tropical dry forests. Journal of Vegetation Science (Sweden) 3:383-392.

PALACIOS O., S.T. 1992. Plan de manejo del bosque comunal de *P. oocarpa* Schiede de la aldea La Brea, Quesada, Guatemala, Ministerio de Agricultura. 59 p.

PEREZ, D.N.; STIFF, C.T.; JOHNSON, F. 1990. Indices de sitio y curvas de crecimiento en altura para *Pinus oocarpa* Schiede en la zona central de Honduras. Revista El Tatascán, (Honduras) 7(1-2):1-11.

PEREZ CH., R. 1981. Los incendios forestales como vectores de las plagas del bosque. Ciencia Forestal (México) 6(29):17-30.

PERRY Jr., J.P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Portland, Oregon, Timber Press. 231 p.

PEREIRA V., G. 1989. Niveles de producción de madera en veintiocho procedencias de *P. oocarpa* en cuatro ensayos. Ed. por INDERENA, Medellín, Colombia. Proyecto Investigaciones Forestales. 26 p.

PETERSON, R.S.; SALINAS Q., R. 1967. *Cronartium conigenum*: distribución y efectos en los pinos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (México). Boletín Técnico No. 19. 11 p.

PRATTS LLAURADO, J. 1962. Ficha forestal de *Pinus oocarpa* Schiede. s.l.,s.e. 6 p.

REYES C., R. 1980. Efecto del fuego sobre algunas características de un suelo YAAX-HOM y la vegetación en Quintana Roo. Ciencia Forestal (México) 5(26):14-41.

RZEDOWSKI, J.; VELA, G.L.; MADRIGAL, S.X. 1977. Algunas consideraciones acerca de la dinámica de los bosques de coníferas de México. Ciencia Forestal (México) 2(5):15-35.

ROBBINS A., M.J.; OCHOA M., O. 1980. Algunos problemas en la obtención de semillas de *Pinus caribaea* y *Pinus oocarpa* en Honduras. En Jornadas de reforestación (2, 1980, Tegucigalapa, honduras). Actas. Tegucigalpa, COHDEFOR. P. 83-94.

_____.; HUGHES, C.E. 1983. Provenance regions of *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* within the Republic of Honduras, C.A.: a preliminary delineation. Oxford, (G.B.). Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forestry Papers Nr. 18. p. 10-15.

RODAS Z., J. 1984. Guía dendrológica para Guatemala. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. Guatemala. 31 p.

RUIZ A., M. 1981. Sitios permanentes para inventarios forestales continuos. Ciencia Forestal (Mexico) 6(33):27-42.

RUIZ del CASTILLO, J. 1990. El problema de los incendios forestales. En Curso Superior Iberoamericano Sobre Defensa Contra Incendios Forestales (4, 1990, España). España, Instituto para la Conservación de la Naturaleza. 6 p.

SABOGAL M., C. 1980. Estudio de caracterización ecológico silvicultural del bosque "copal", Jenaro Herrera (Loreto-Perú). Tesis Ing. For. Universidad Agraria La Molina (Perú). p. 68-85.

_____. 1992. Regeneration of tropical dry forests in Central America, with examples from Nicaragua. Journal of Vegetation Science (Sweden) 3:407-416.

SCHEAFFER, R. L.; MENDENHALL, W. 1987. Elementos de muestreo. Trad. del Inglés por Gilberto Rendón y José Gómez. 3 Ed. México, D.F., Grupo Editorial Iberoamerica. 321 p.

SAS/STAT. 1988. User's Guide. Release 6.03 Edition. Cary, N.C. SAS Institute. 1028 p.

SIMONS, S.C.; TARANO, J.M.; PINTO Z., J.H. 1959. Clasificacion de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.

SOSA C., V.E. 1981. Inventarios forestales. Ciencia Forestal (México) 6(31):18-42.

STEEL D., R.G.; TORRIE, J.H. 1990. Bioestadística: principios y procedimientos. Trad. por Ricardo Martínez B. 2 ed. México, D.F., M_c Graw-Hill. 622 p.

SQUILLACE, A.E. 1957. Variation in cone properties, seed yield and seed weight in western white pine when pollination is controlled. Montana State University. Bulletin no. 5. 16 p.

STANDLEY, D.C.; STEYERMARK, J.A. 1958. Flora of Guatemala. Chicago, Natural History Museum. v. 24(parte 1), p. 45-58.

SYNNOTT, T.J. 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rain forest. Commonwealth Forestry Institute. Oxford (G.B.) Tropical Forestry Papers no. 14. 67 p.

TROENSEGAARD, J. 1975. Plan de ordenación 1975-1985: distrito forestal demostrativo de Jutiapa. FAO. Documento de trabajo HON-71-511. No. B-6. 87 p.

_____.; MANTILLA, J.; NAPIER, I. 1982. La regeneración natural de *P. oocarpa* en áreas de corte: una alternativa al método actual. En: Actas de la IV jornada de Reforestación. Compilado por Oswaldo E. Munguía y Edwin M. Molina. Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR). Siguatepeque, Honduras. Noviembre 1982. p. 257-258.

VAN SOEST, J.; AYRAL, P.; SCHOBER, R.; HUMMEL, F.C. 1969. La normalización de los símbolos en dasometría. Roma,FAO. 19 p.

VEBLEN, T.T. 1977. Guatemalan conifers. Guatemala is one of the few tropical highland regions in wich conifers are well represented. Unasylva (Italia) 29(118):25-30.

VELA G., L.; HERNANDEZ S., R. 1968. Influencia de la luz solar directa sobre el crecimiento de plantas de vivero de Pinus patula Schl. et Cham. y *Pinus montezumae* Lamb. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (México). Boletín técnico No. 22. 15 p.

VILLA S., A.B.; CABALLERO D., M. 1977. Técnicas de muestreo usadas en México en inventarios forestales. Ciencia Forestal (México) 2(10):3-30.

VILLAESCUSA, R. 1990. El comportamiento del fuego en los incendios forestales. In Curso Superior Iberoamericano Sobre Defensa Contra Incendios Forestales (4, 1990, España). España, Instituto para la Conservación de la Naturaleza. 14 p.

WADE, D.; LUNDSFORD, J. 1990. La quema como un medio de ordenación forestal: el uso de quemas controladas en el sur de los Estados Unidos. Unasylva (Italia) 41(162):28-38.

WEISBERG, S. 1985. Applied linear regression. 2 ed. Minnesota, John Willey. p 1-163.

WILKINSON, K. 1983. Seed production for natural regeneration of *Pinus oocarpa* Schiede. Thesis Mag. Sc. Oxford, Oxford University. 96 p.

WOLFFSOHN, A. 1981. La sobrevivencia de semillas y arbolitos de *Pinus oocarpa* en condiciones naturales. En Jornadas de Reforestación (3,1981, Tegucigalpa, Honduras). Actas. Tegucigalpa, COHDEFOR. p.149-159.

_____. 1982. Los pinares de Honduras. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 23 p. (Informe Técnico no. 1).

_____. 1984. Estudios silviculturales de *Pinus oocarpa* Schiede en la República de Honduras. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 55 p. (Publicación Miscelánea no. 4).

_____. 1986. El fuego de los bosques de Honduras y su manejo. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 57 p (Tomo 1).

ZAMORA SERRANO, C. 1981. Algunos aspectos sobre *Pinus oocarpa* Schiede en el estado de Chiapas. Ciencia Forestal (México) 6(32):25-53.

ZENDEJAS E., J.A.; VILLAREAL C., R. 1971. Efecto de las altas temperaturas originadas por el fuego en los conos y semillas de *Pinus montezumae* y *Pinus oocarpa*. México y sus Bosques (México) 10(3):25-27.

8. ANEXO

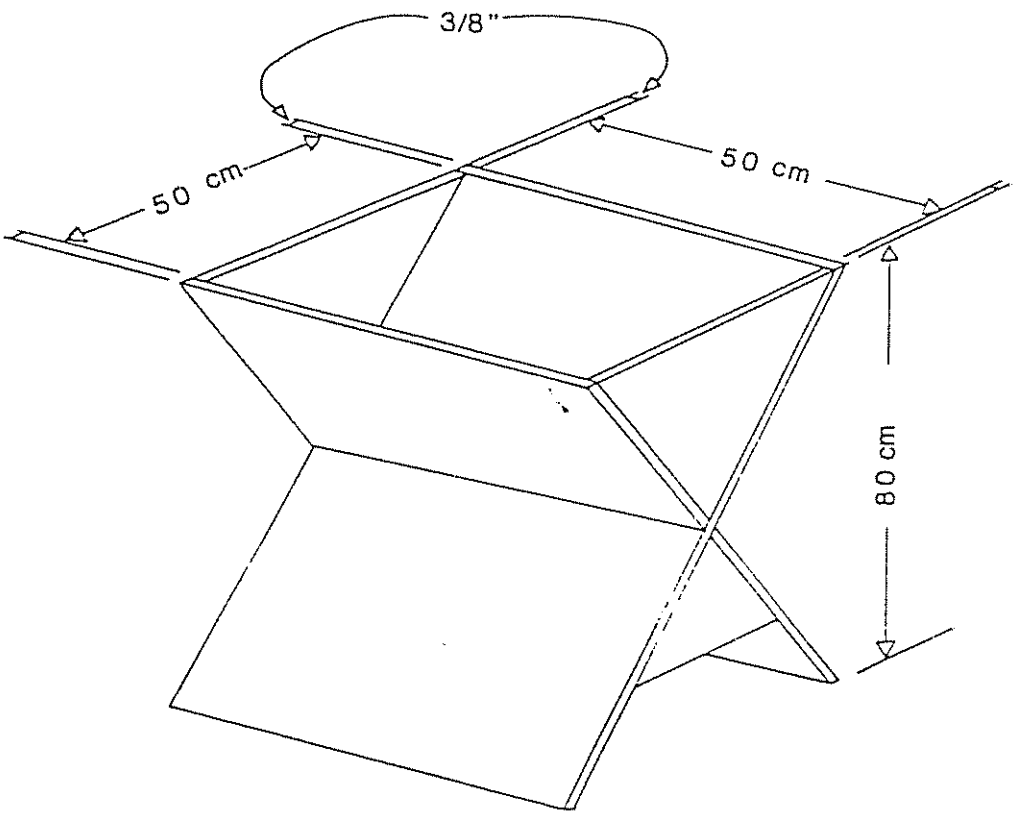
ANEXO 1A. Resultados del análisis químico de los suelos del bosque de La Brea, estrato I. Guatemala. 1994.

Parcela	pH	Microgramos/ml		Meq/100 ml de suelo	
		P	K	Ca	Mg
1	4,9	0,60	56	1,31	0,52
2	5,3	0,60	60	1,68	0,62
3	5,9	0,60	90	3,74	1,39
4	5,3	0,60	90	1,50	0,77
5	5,5	0,60	60	1,87	0,83
6	5,1	0,60	129	1,87	1,17
7	5,5	0,60	144	3,18	2,13
8	5,3	0,60	89	1,87	1,14
9	5,5	0,60	114	2,43	1,36
10	5,2	0,60	78	2,06	1,02
11	6,2	2,40	174	5,80	2,44
12	5,7	1,80	102	3,37	1,45
13	5,0	1,20	170	3,37	1,54
14	5,8	1,20	62	1,50	1,36
15	5,8	0,60	50	1,31	0,65
16	5,5	0,60	50	2,99	1,42
17	5,5	3,60	233	3,56	1,30
18	5,5	1,20	66	2,25	1,17
19	5,3	1,20	189	2,81	1,48
20	5,5	0,60	56	1,87	0,96
21	5,5	0,60	56	1,31	0,77
22	5,9	0,60	66	2,06	1,14
23	5,2	1,20	189	3,37	1,51
24	5,7	1,20	168	2,43	2,01
25	5,5	1,80	167	2,62	1,42
26	5,8	1,80	86	2,43	1,23
27	5,9	1,80	105	2,43	1,45
28	5,7	1,80	195	2,25	1,45
29	5,9	1,20	114	3,18	1,39
30	5,6	1,20	159	2,43	1,45
31	5,7	0,60	96	2,25	1,02
32	6,1	1,20	149	3,74	1,64
33	5,9	0,60	113	2,43	1,51
34	5,4	0,60	153	2,43	1,51
35	6,8	1,20	131	4,07	1,57
36	5,8	0,60	90	2,25	1,48
37	5,5	0,60	135	1,87	1,17
38	5,5	0,60	123	1,87	1,02
39	5,9	0,60	170	2,25	1,54
40	5,8	0,60	72	1,68	0,86
41	5,6	3,00	63	2,81	0,99
42	5,4	2,40	138	1,87	1,76
43	5,9	2,40	107	2,62	1,33
Promedio	5,6	1,13	114	2,50	1,30

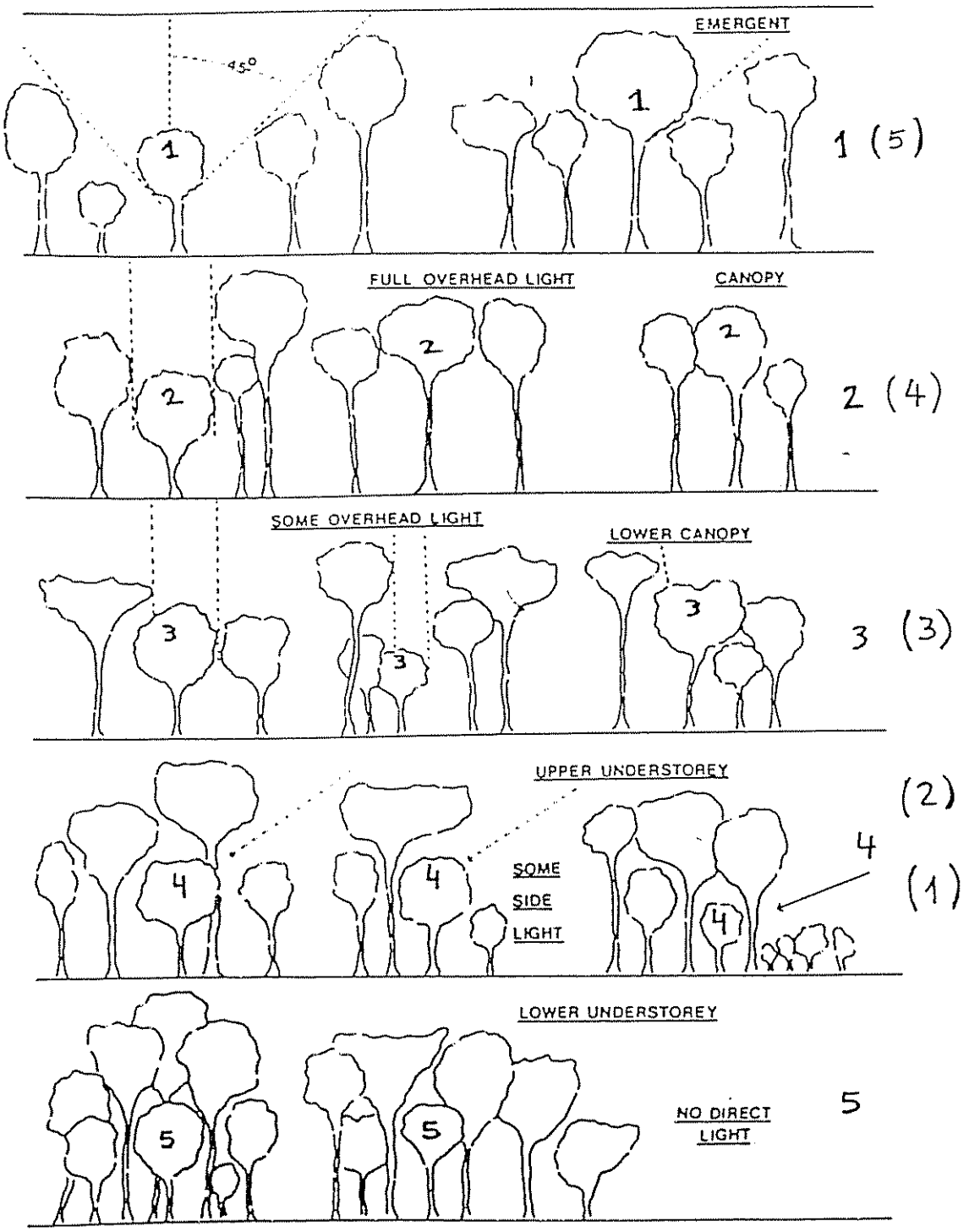
ANEXO 2A. Resultados del análisis químico de los suelos del bosque de La Brea, estrato II. Guatemala. 1994.

Parcela	pH	Microgramos/ml		Meq/100 ml de suelo	
		P	K	Ca	Mg
1	5,6	3,60	86	1,68	1,79
2	5,9	1,20	54	1,87	3,21
3	5,9	0,60	66	1,12	3,67
4	5,6	0,60	80	2,06	1,76
5	5,8	0,60	57	2,06	1,20
6	5,8	0,60	75	2,25	1,17
7	5,4	0,60	74	5,24	1,11
8	5,6	0,60	77	2,81	1,45
9	5,5	1,80	80	2,25	1,30
10	5,6	0,60	96	1,87	1,42
11	6,0	0,60	74	1,50	1,14
12	5,7	0,60	111	2,43	1,30
13	5,3	0,60	60	1,50	1,82
14	5,4	0,60	164	2,25	1,33
15	5,6	0,60	141	2,25	1,60
16	5,7	0,60	101	2,06	1,36
17	5,5	0,60	78	1,68	1,20
18	5,8	0,60	74	2,43	1,70
19	5,3	0,60	53	1,68	2,53
20	6,0	0,60	116	2,62	2,04
21	5,4	0,60	108	2,62	1,76
22	5,4	0,60	131	1,87	1,33
23	5,4	0,60	83	1,87	2,35
Promedio	5,6	0,81	89	2,17	1,72

ANEXO 3A. Diseño de las trampas utilizadas en el estudio de diseminación de semillas de *P. oocarpa*, La Brea, Guatemala. 1994.

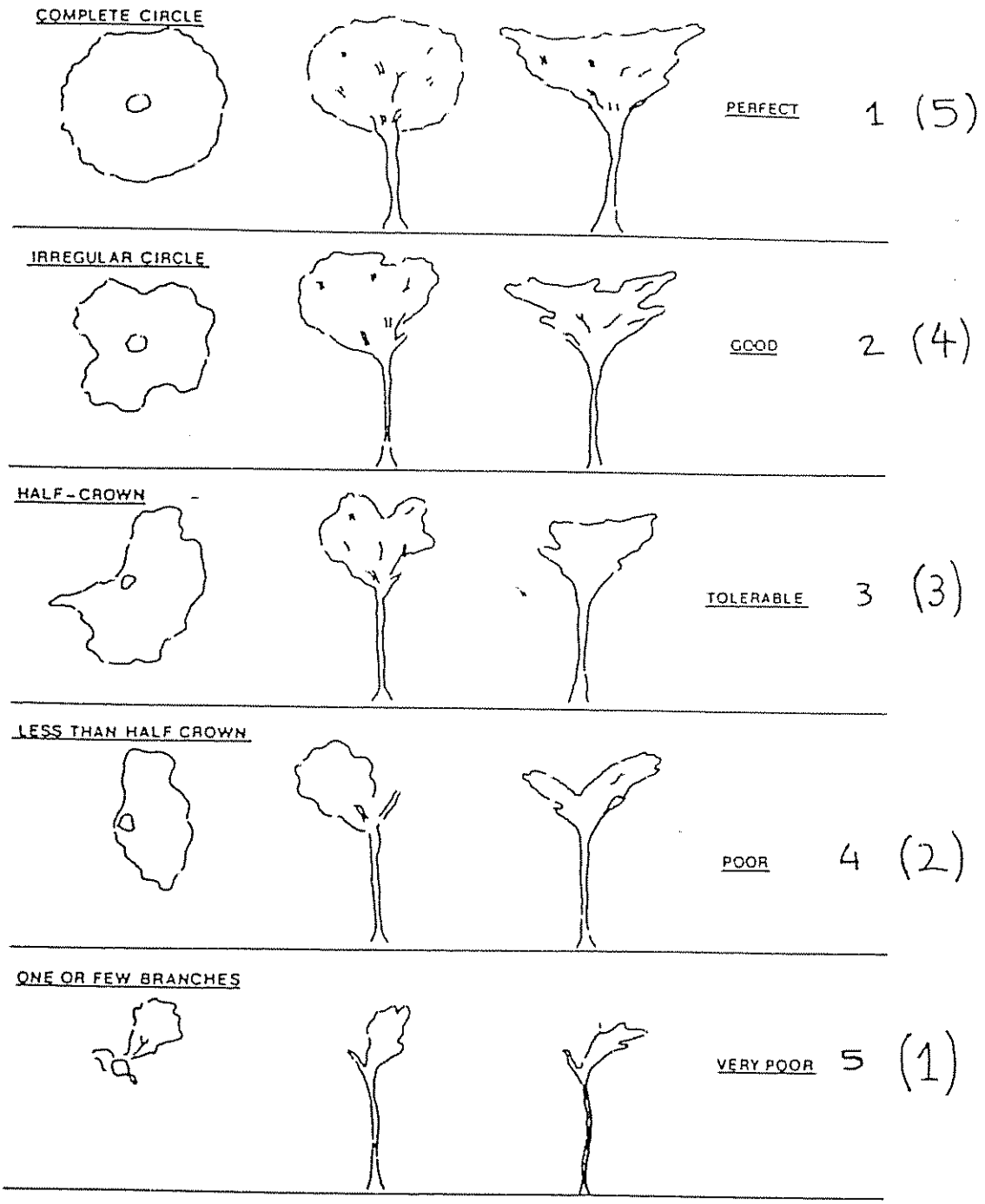


ANEXO 4A. Clasificación de la exposición de copa. Los números encerrados entre paréntesis fueron los usados en el presente trabajo.



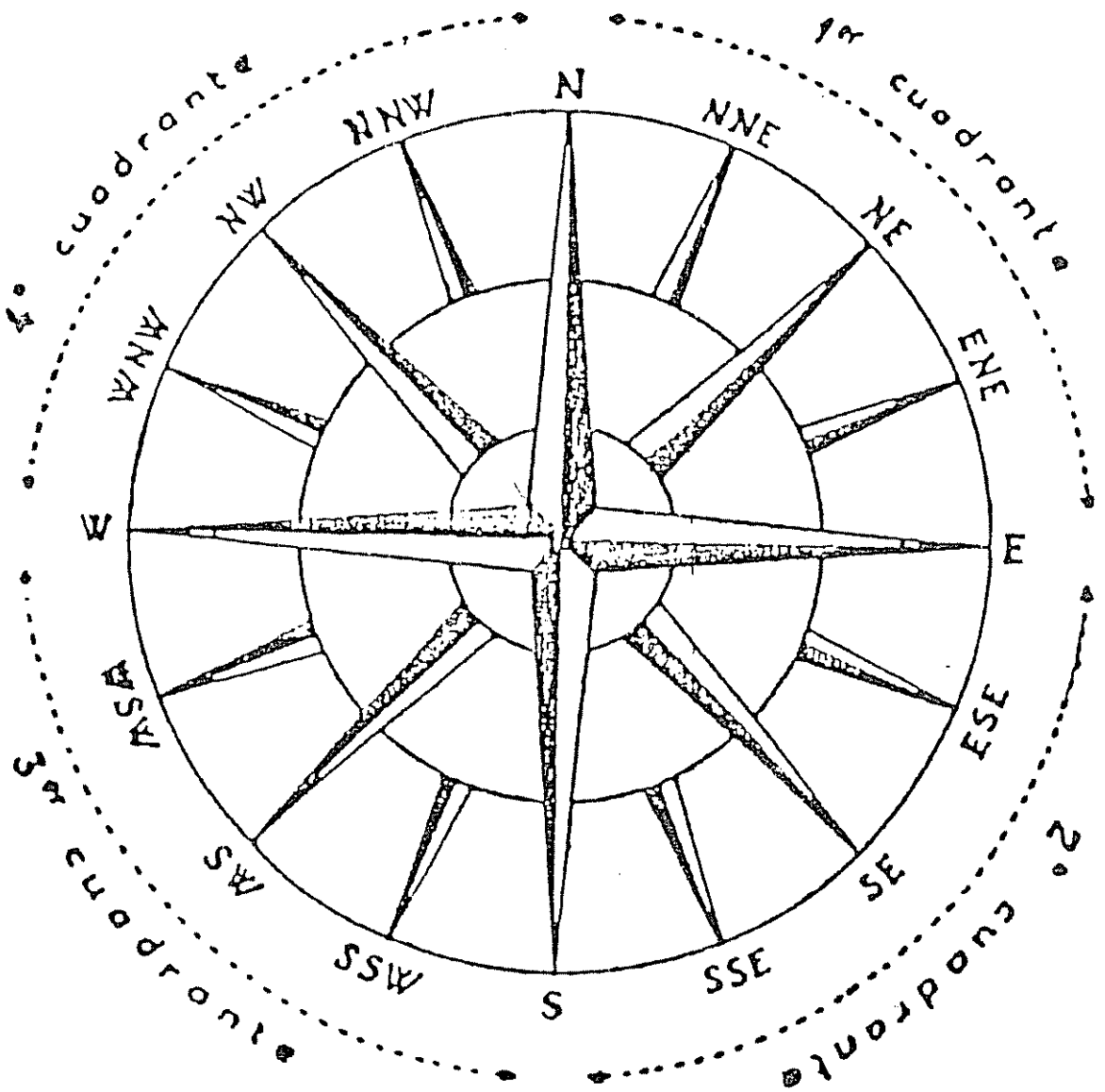
Adaptado de Synnott, 1979.

ANEXO 5A. Clasificación de la forma de copa. Los números encerrados entre paréntesis fueron los utilizados en esta investigación.



[B] Adaptado de Synnott, 1979.

ANEXO 6A. La rosa de los vientos, utilizada en este estudio para comprobar la dirección del viento.



ANEXO 7A. Escala de Beaufort modificada, usada en el estudio del efecto del fuego sobre la regeneración natural de *P. oocarpa*, para determinar la velocidad del viento.

Clase de viento	Velocidad del viento	Acción del viento
1	5 km/h	Viento leve. Columna de humo asciende verticalmente. Hierbas y pastos se mueven suavemente.
2	6-11 km/h	Viento leve que se siente en la cara. Se mueven las hojas de los árboles. Plantas pequeñas se mecen suavemente.
3	12-19 km/h	Brisa suave. Árboles pequeños se mecen notablemente.
4	20-29 km/h	Brisa moderada. Árboles pequeños se mecen violentamente. El viento levanta polvo de los caminos.
5	30-39 km/h	El viento es impertinente. Las hojas de los árboles se caen. Es molesto caminar contra el viento.
6	40-50 km/h	Viento fuerte. Ramas de árboles se dañan. Es molesto andar contra el viento.
7	51-61 km/h	Ventarrón moderado. Hay daño a ramas de árboles. El viento acuesta hierbas y pastos. Es difícil caminar un trecho corto contra el viento.
8	62 km/h	Ventarrón fuerte. Los árboles se dañan. El viento acuesta hierbas y pastos. Es muy dificil caminar un trecho corto contra el viento.

Fuente: Tomado de Villescusa (1990).

ANEXO 8A. Diseminación estimada de semillas de *P. oocarpa* en 15 trampas de 0,25 m² de superficie, en el estrato I. Datos en miles de semillas por hectárea. La Brea, Guatemala. 1994.

Mes	Categoría de semillas			
	Sanas	Fragmentos*	Vanas	Total
feb	2,7±5,7	10,7±10,1	8,0±9,2	21,4
mar	5,3±7,8	10,7±10,1	13,3±10,8	29,3
abr	8,0±9,2	10,7±10,1	21,3±14,2	40,0
may	6,2±9,1	9,2±14,5	15,4±21,0	30,8
jun	3,1±6,7	6,2±9,1	9,2±10,6	18,5
jul	6,2±9,1	9,2±10,6	3,1±6,7	18,5
ago	3,1±6,7	3,1±6,7	6,2±9,1	12,4
Total	34,6	59,8	76,5	170,9
%	20,2	35,0	44,8	100,0

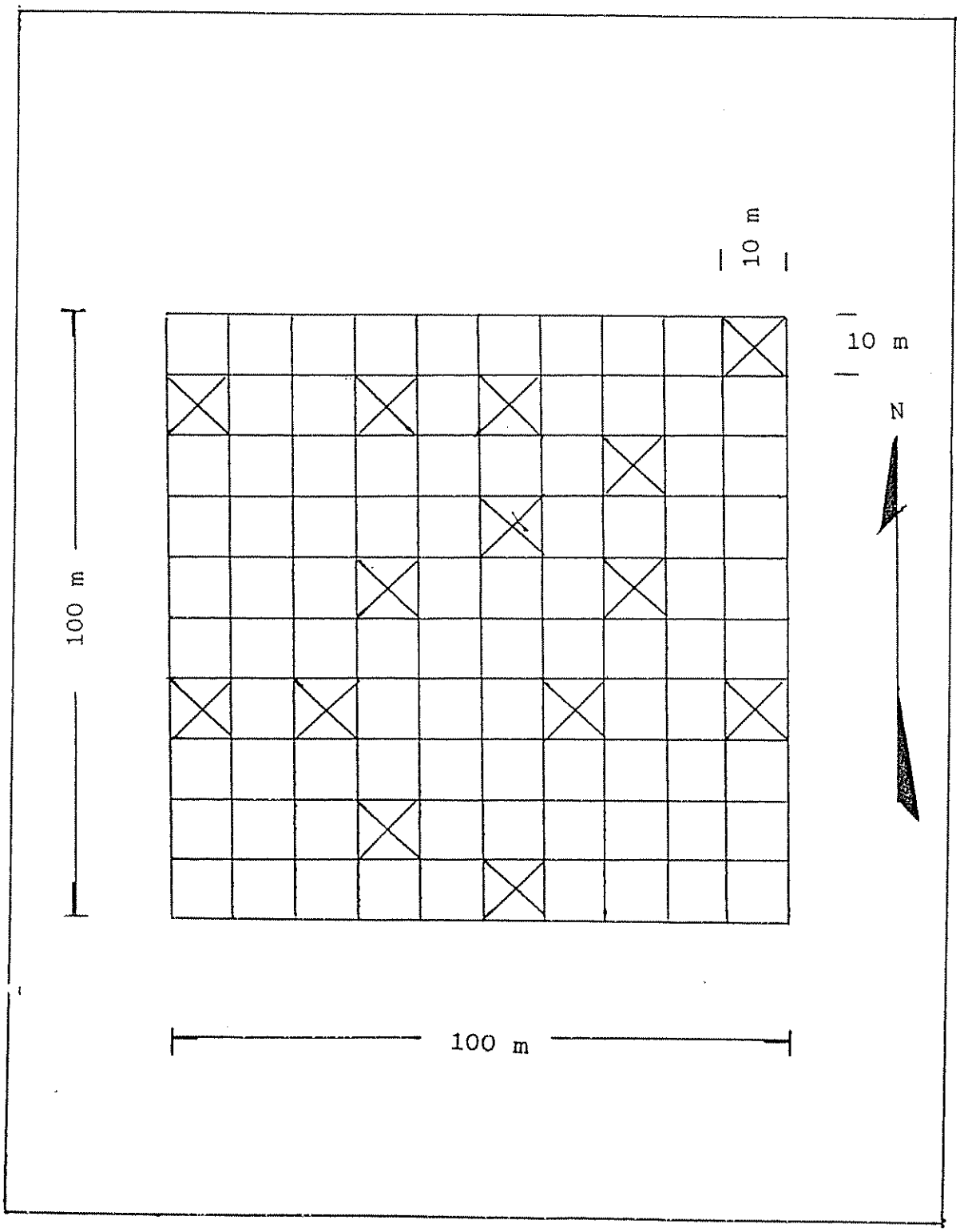
* incluye semillas rudimentarias.

ANEXO 9A. Diseminación estimada de semillas de *P. oocarpa* en 15 trampas de 0,25 m² de superficie, en el estrato II. Datos en miles de semillas por hectárea. La Brea, Guatemala. 1994.

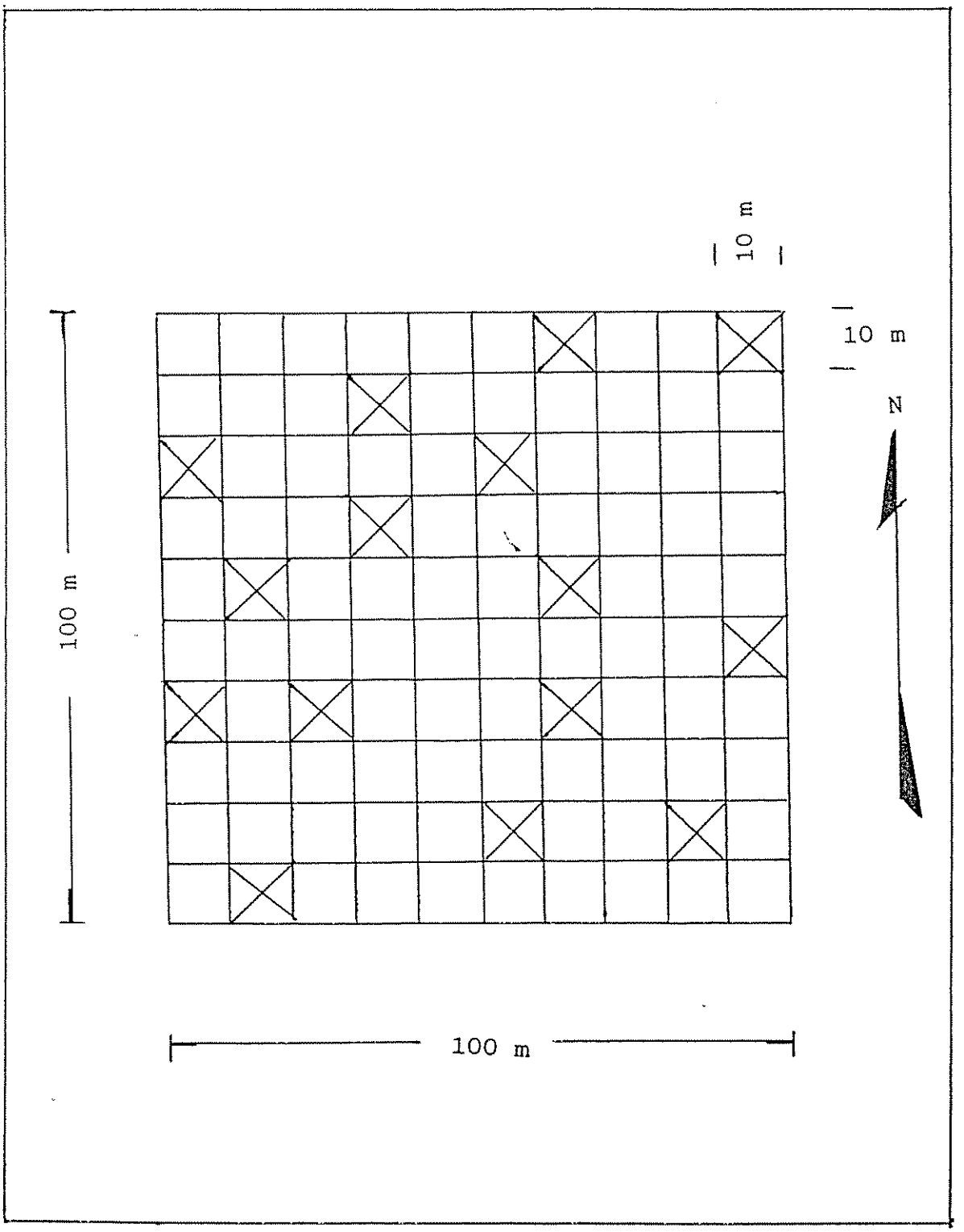
Mes	Categoría de semillas			
	Sanas	Fragmentos*	Vanas	Total
feb	2,7±5,7	10,7±10,1	13,3±10,8	26,7
mar	5,3±7,8	13,3±18,1	18,7±16,2	37,3
abr	8,0±9,2	18,7±14,2	18,7±16,2	45,4
may	8,0±9,2	13,3±10,8	10,7±10,1	29,3
jun	5,3±7,8	10,7±10,1	13,3±10,8	32,0
jul	8,0±9,2	5,3±7,8	9,0±9,2	21,3
ago	2,7±5,7	5,3±11,4	5,3±7,8	13,3
Total	40,0	77,3	88,0	205,3
%	19,5	37,6	42,9	100,0

* incluye semillas rudimentarias.

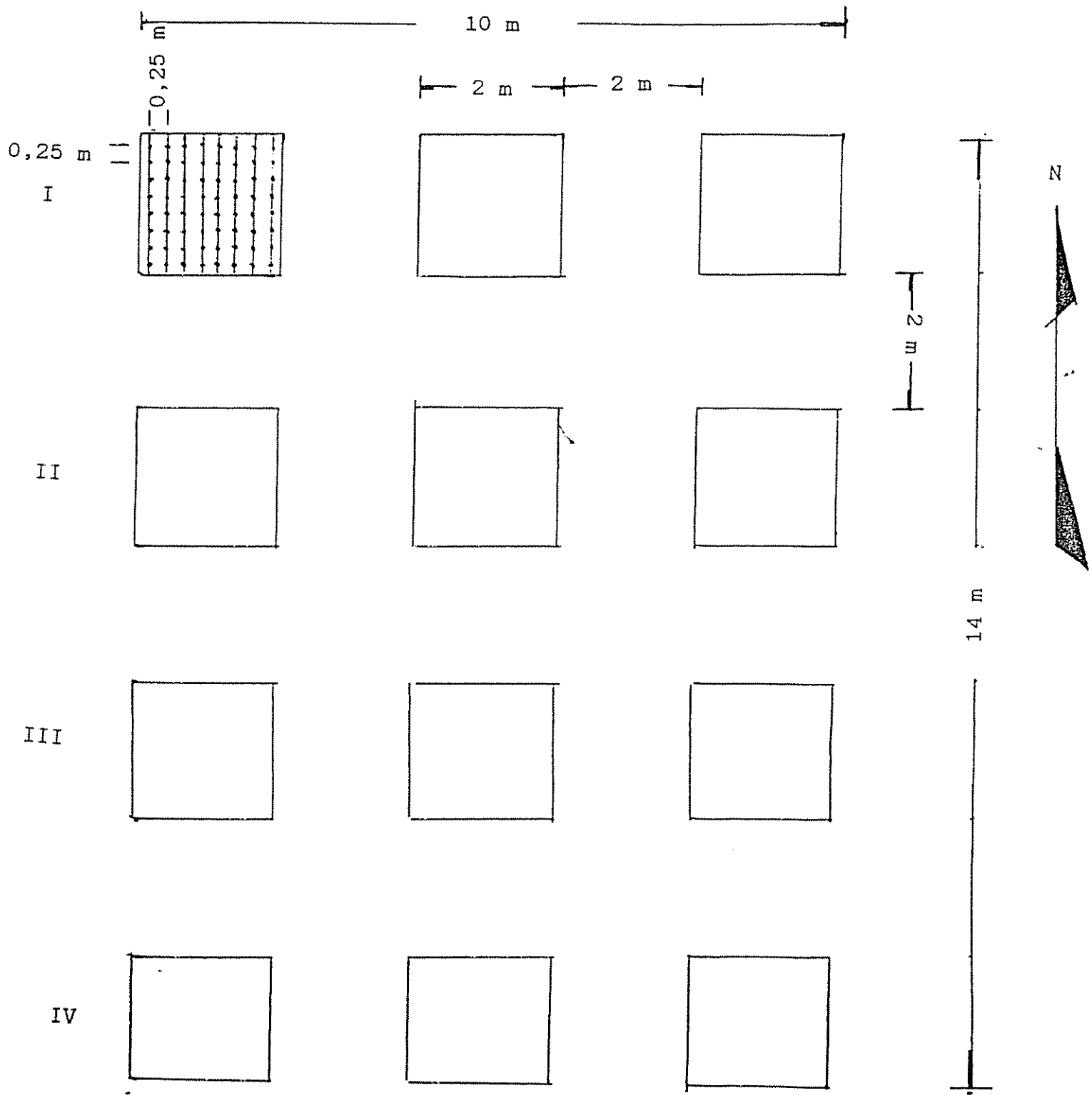
ANEXO 10A. Ubicación de las 15 trampas utilizadas en el estudio de diseminación de semillas de *P. oocarpa*, en el estrato I. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994.



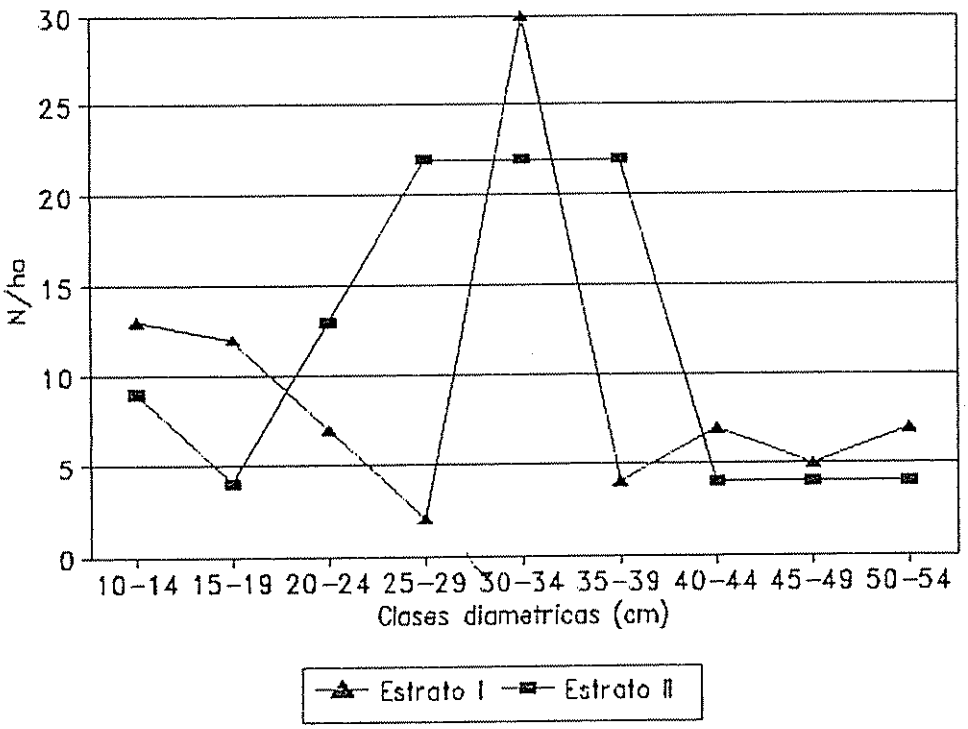
ANEXO 11A. Ubicación de las 15 trampas utilizadas en el estudio de diseminación de semillas de *P. oocarpa*, en el estrato II. La Brea, Guatemala. Período febrero-agosto, 1994.



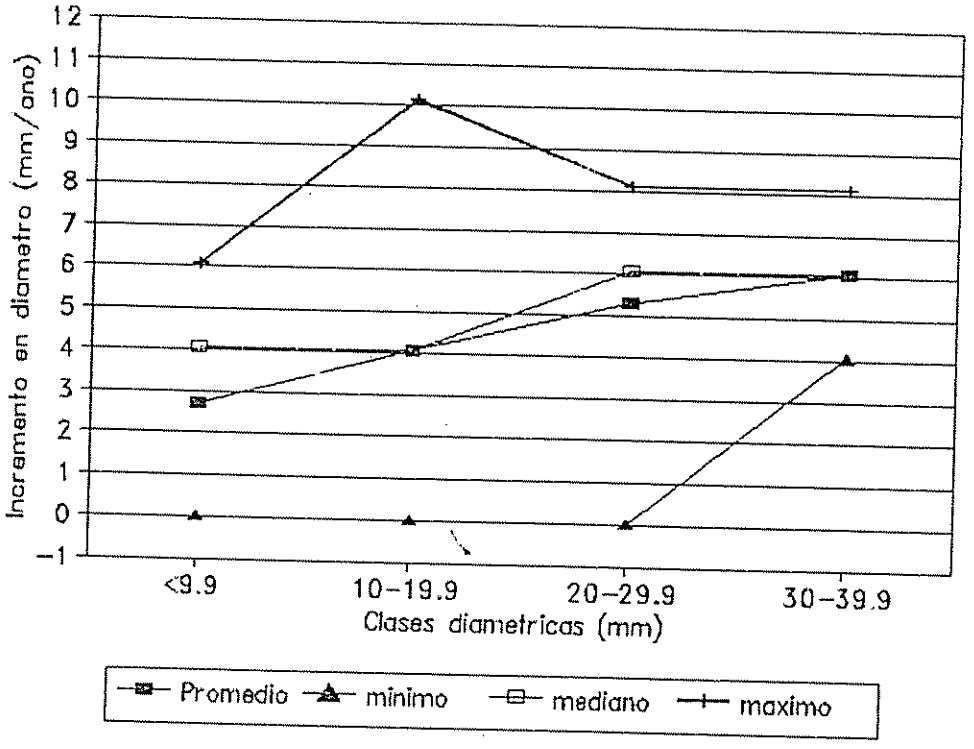
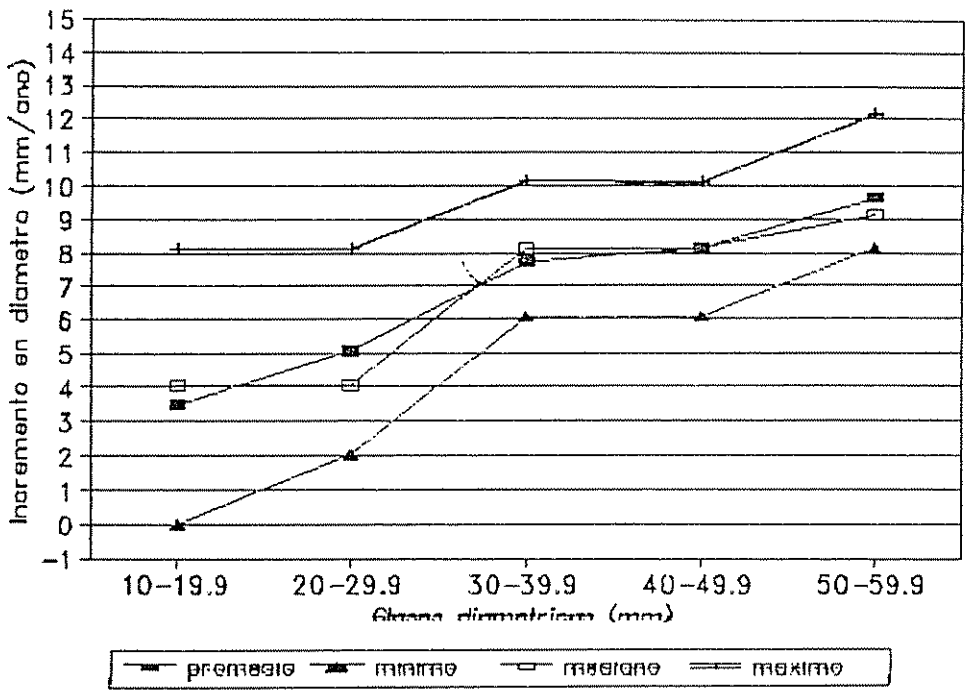
ANEXO 12A. Experimento con diseño en Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y tres tratamientos (A = quema; B = suelo desnudo y C = testigo), establecido para evaluar el efecto del fuego sobre la germinación de las semillas de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. 1994.



ANEXO 13A. Distribución diamétrica de *P. oocarpa*, por hectárea y estrato. La Brea, Guatemala. 1994.



ANEXO 14A. Incrementos en diámetro basal a cinco centímetros del suelo, en brinzales de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. 1994.



ANEXO 15A. Incrementos de dap en latizales de *P. oocarpa*. La Brea, Guatemala. 1994.