

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



ACTUALIZACIÓN EN EL CONOCIMIENTO DE
Pinus chiapensis (Martínez) Adresen

POR:

ANTONIO GARCÍA VILLA

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



ACTUALIZACIÓN EN EL CONOCIMIENTO DE
Pinus chiapensis (Martínez) Adresen

MONOGRAFÍA

Que somete a consideración del H. jurado calificador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

POR:

ANTONIO GARCÍA VILLA

APROBADA:


ASESOR PRICIPAL
M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ


COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE AGRONOMÍA
DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ BADILLO

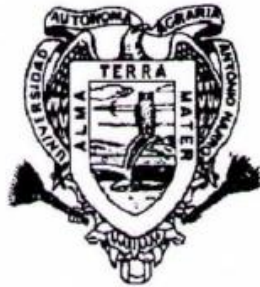


SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



ACTUALIZACIÓN EN EL CONOCIMIENTO DE
Pinus chiapensis (Martínez) Adresen

MONOGRAFÍA

Que somete a consideración del H. jurado calificador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

POR:

ANTONIO GARCÍA VILLA

APROBADA:

ASESOR PRINCIPAL

M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

ASESOR

M.C. JOSÉ ANIETO DÍAZ BALDERAS

ASESOR

M.C. JORGE DAVID FLORES FLORES

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE DE 2010

DEDICATORIA

CON TODO MI AMOR A MIS PADRES

Mercedes Villa Pérez y Víctor García Villa por haberme dado la vida, quienes han sido fuente de inspiración y fortaleza en los tiempos difíciles, a su enorme esfuerzo realizado y haberme brindado su confianza, así como su comprensión y hacer de mí una persona de bien.

A MIS ADORADOS HERMANOS

Rubén, Rosa María, Tomas, Omar y Omar[†]

Por su compañía, apoyo incondicional, por todos los momentos felices que pasamos y por todo su cariño gracias. En especial a mi hermano Rubén el cual me apoyo económicamente, en el tiempo que estuve dentro de la universidad y por haberme brindado sus sabios consejos.

A MIS TIOS Y PRIMOS

Por sus consejos que me guiaron por el buen camino, el apoyo incondicional durante todo este tiempo como estudiante y por todos sus consejos que me inspiraron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de ser parte de este mundo, el cual me ha permitido tener triunfos y derrotas que han dejado huellas de sabiduría en mi camino, por su amor y paciencia, el cual me ha dado todo a cambio de nada y el haberme guiado por el camino correcto logrando mi sueño anhelado.

A mi universidad *Alma Terra Mater* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por su hospitalidad que me hizo sentir como en casa y darme la oportunidad de capacitarme dentro de la carrera de Ingeniero Forestal.

Al M.C. Celestino Flores López, por su paciencia, su apoyo, disponibilidad de tiempo en la asesoría y por el compartir conmigo su sabiduría y conocimientos en la realización del presente trabajo.

Al M.C. Jorge David Flores Flores por el apoyo recibido en la realización de este trabajo, la revisión y comentarios, así como formar parte de mis asesores en el presente documento.

Al M.C. José Aniseto Díaz Balderas por su disponibilidad de tiempo en la revisión, aclarar dudas sobre el presente trabajo y tiempo empleado en la corrección.

A mis queridos amigos: Víctor H. Villa Pérez, Roberto de los Santos Vázquez, Eduardo D. León Morales, Jaime P. Cortez Martínez, Rufino Sandoval García, Juan Borjas Castillo, José Martín Hinostroza Esquivel, Elín Chacón Santos, Dany Eduardo Vázquez Rabanales, Wendy Karina López Hernández, Jorge A. Nájera Domínguez, Alberto Badillo Davis, Jorge A. Altamirano Franco, Froylán Ríos Velasco, Mónica Orosco Narvaíz, María Elena Sánchez Barrera. Con los cuales compartimos momentos felices, por haberme ayudado y brindado su amistad y apoyo incondicional durante mi carrera.

Al Dr. Juan Manual Martínez Reyna, por darme la oportunidad de compartir su conocimiento, su amistad y todos los momentos alegres que pasamos dentro del Equipo Internacional de Identificación de Plantas de Pastizales.

A mis amigos del Equipo Internacional de Identificación de Plantas de Pastizales: Rufino Sandoval García, Víctor H. Villa Pérez, Humberto García Ángel, Alberto Zárate Quevedo, José Luis García Franco, Noemí Jurado Cruz, Amanda Jael Pedraza Reinoso. Con quienes pase momentos felices en los concursos a Estados Unidos por el gran trabajo en equipo en los cuales obtuvimos grandes triunfos, por su compañerismo dentro y fuera de la universidad.

A mi hermana Rosa María, a mi prima Abigail Villa Pérez y Ángela Ortiz Ortiz, quienes me apoyaron a la consecución de información bibliográfica la cual me fue muy útil e importante en la realización de este trabajo para que fuera mejor.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUCCIÓN	1
2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	3
2.1 Taxonomía y descripción botánica	3
2.2 Distribución	10
2.2.1 Distribución natural	10
2.2.2 Distribución como especie exótica.....	12
2.3 Asociación vegetal	14
2.4 Factores del medio ambiente	16
2.4.1 Altitud.....	16
2.4.2 Geología	16
2.4.3 Suelo	16
2.4.4 Temperatura	19
2.4.5 Precipitación	19
2.5.1 Fuego	20
2.5.2 Plagas y enfermedades	20
2.5.3 Otros factores	21
2.6 Características y uso de la madera	22
3 PRODUCCIÓN DE PLANTA EN VIVERO	25
3.1 Propagación	25
3.1.1 Propagación sexual	25
3.1.2 Propagación asexual	41
3.2 Producción de planta.....	41
3.2.1 Siembra	41

3.2.1	Tipo de envase	43
3.2.2	Tipo de sustrato	44
3.2.3	Fertilización	44
3.2.4	Control sanitario.....	48
3.2.5	Labores culturales	51
3.2.6	Tiempo requerido para la producción de la especie	52
4	MANEJO DE LAS PLANTACIONES.....	53
4.1	Preparación del terreno y sistemas de plantación.....	53
4.2	Densidad de la plantación	54
4.3	Transporte de la planta.....	54
4.4	Protección.....	54
4.5	Mantenimiento	55
4.6	Plantaciones con fines especiales	55
4.6.1	Árboles de navidad	55
4.6.3	Restauración.....	57
5	MANEJO SILVÍCOLA	58
5.2	Calidad de la madera en rodales naturales	58
5.3	Regeneración	58
5.4	Estructura y composición de rodales	61
5.5	Crecimiento y rendimiento	64
5.6	Índices de sitio	70
5.7	Tablas de volumen	76
5.8	Estado de conservación	78
6	GENÉTICA	80
6.2	Variación genética	80
6.3	Mejoramiento genético	87
6.3.1	Hibridación.....	87
6.3.2	Rodales semilleros	87
6.3.3	Huertos semilleros	88
6.4	Ensayos de procedencia	88

6.4.1	Colecciones de procedencia.....	91
6.4.2	Variación de procedencia	91
6.4.3	Productividad	92
6.4.4	Rendimiento en volumen	93
6.4.5	Rasgos de calidad	94
6.4.6	Procedencia por sitio de Interacción.....	94
6.4.7	Parámetros genéticos para el crecimiento y rasgos de calidad	94
6.4.8	Crecimiento	95
6.5	Conservación genética	97
6.5.1	<i>In situ</i>	97
6.5.2	<i>Ex situ</i>	97
6.6	Relaciones filogenéticas	99
7	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CONSULTADA.....	102
8	LITERATURA CITADA	107
	APÉNDICE	113

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Nombres comunes de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen.	8
Cuadro 2. Ubicación geográfica de las localidades de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen.	11
Cuadro 3. Datos de análisis físico-químicos de suelos de dos fincas en San Juan del Bosque, Chiapas. Fuente: Zamora y Velasco (1977).....	17
Cuadro 4. Análisis físico-químico de suelos, en dos rodales de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en el municipio de San Juan del Bosque, Chiapas.	18
Cuadro 5. Contenido de humedad y porcentaje de germinación, en semillas almacenadas durante 8 meses, de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, de cuatro procedencias del estado de Chiapas.	29
Cuadro 6. Germinación y contenido de humedad promedio en semillas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, de cuatro procedencias del estado de Chiapas.....	29
Cuadro 7. Características y ubicación de cuatro localidades y ocho fragmentos estudiados en el estado de Chiapas	30
Cuadro 8. Porcentaje de germinación de semillas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en cajas petri y en parcelas establecidas a la luz y a la sombra.	31
Cuadro 9. Porcentaje y días de germinación de semillas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en el ensayo establecido en la cámara de incubación de tejidos.	35
Cuadro 10. Porcentaje y días a la germinación de semillas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en el ensayo en la estufa de secado.	35
Cuadro 11. Porcentaje y días a la germinación de semillas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en el ensayo establecido en San Pablo Huitzo, Oaxaca.	36
Cuadro 12. Producción de conos y semillas por árbol de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en cuatro áreas naturales, en Chiapas.....	38
Cuadro 13. Número promedio y proporción de semilla llena por cono de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen en cuatro sitios del estado de Chiapas.....	41

Cuadro 14. Tratamientos en el ensayo de fertilización en plántulas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en base al tipo de sustrato, textura, pH y materia orgánica.	49
Cuadro 15. Altura y diámetro de plántulas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, tratadas con y sin fertilización química durante 8 meses de estancia en vivero.	50
Cuadro 16. Sobrevivencia, altura, incremento medio anual, y características evaluadas en árboles de navidad para <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en el estado de Michoacán, México.	56
Cuadro 17. Plántulas recién germinadas en fragmentos forestales con <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en cuatro localidades del estado de Chiapas. ...	60
Cuadro 18. Densidad de árboles en fragmentos forestales con <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en cuatro localidades del estado de Chiapas.	63
Cuadro 19. Sobrevivencia de especies de pino en el arboreto Finca La Arcadia en la Zona Andina Colombia, en ensayos de procedencia-progenie de CAMCORE (Fecha de plantación 1981, elevación 1750 m., precipitación 1950 mm, estudio 01-02-01A).	66
Cuadro 20. Crecimiento de especies de pino en el arboreto Finca San José en la Zona Andina, Colombia (Fecha de plantación 1971, parcelas 4x4 árboles, 3° latitud Norte, 1750 msnm, precipitación 1950 mm).	67
Cuadro 21. Crecimiento de especies de pino y ciprés en el arboreto Finca Samaria en la Zona Andina, Colombia (Fecha de plantación 1986, parcelas 6x6 árboles, 3° latitud Norte, 2000 msnm, precipitación 2700 mm).	68
Cuadro 22. Crecimiento de especies de pino y ciprés en el arboreto Finca Peñas Negras en la Zona Andina, Colombia (Fecha de plantación 1986, parcelas 6x6 árboles, 3° latitud Norte, 2550 msnm, precipitación 2100 mm).	68
Cuadro 23. Crecimiento de especies de pino y ciprés en el arboreto Finca San José en la Zona Andina, Colombia (Fecha de plantación 1981, parcelas 6x6 árboles, 3° latitud Norte, 1750 msnm, precipitación 1950 mm).	69
Cuadro 24. Crecimiento de especies de pino en el arboreto Finca La Arcadia en la Zona Andina, Colombia en ensayos de procedencia-progenie de CAMCORE	

(Fecha de plantación 1981, elevación 1750 msnm, precipitación 1950 mm, estudio 01-02-01A).	69
Cuadro 25. Mediciones del arboretum de pinos mexicanos, Finca San José, Colombia, a los 6.3 años (Estudio 1-22).	71
Cuadro 26. Calidades de estación para <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen en el Rincón, Oaxaca.	73
Cuadro 27. Índices de sitio estimados por calidad de estación para árboles dominantes y codominantes de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen de El Rincón, Oaxaca.	74
Cuadro 28. Modelos matemáticos ensayados para la obtención de la ecuación de volumen para <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen.	76
Cuadro 29. Características morfológicas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, de la Sierra Madre del Sur.	81
Cuadro 30. Medias estimadas y media general para 16 características de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, en tres localidades de su distribución natural.	82
Cuadro 31. Procedencias de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, de Oaxaca y Chiapas, empleadas para el estudio de variación morfológica de acículas, conos y semillas.	84
Cuadro 32. Longitud promedio (cm) de las hojas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen.	86
Cuadro 33. Número de estomas y grosor de la pared tangencial externa de las células epidérmicas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen.	86
Cuadro 34. Relación de rodales semilleros de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen y número de árboles seleccionados en el estado de Chiapas.	88
Cuadro 35. Crecimiento de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen en los arboretos La Arcadia, San José y los Guaduales, en la Zona Andina Colombia; en ensayos de procedencia-progenie de CAMCORE.	90
Cuadro 36. Supervivencia y productividad de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, a los ocho años de edad en nueve pruebas en Colombia, este de Sudáfrica, y tres regiones de Brasil.	93
Cuadro. 37 Promedio de bifurcación en % de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, evaluado a los 5 y 8 años de edad en Colombia y Sudáfrica.	96

Cuadro 38. Autores de los temas revisados en la monografía y sus totales.	104
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Árbol de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Maravillas, municipio de Talea de Castro, Distrito Villa Alta, Oaxaca (Tomadas por M.C. Celestino Flores López el 09 de septiembre de 2010).	5
Figura 2. Árbol juvenil de <i>P. chiapensis</i> (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Maravillas, municipio de Talea de Castro, Distrito Villa Alta, Oaxaca (Tomadas por M.C. Celestino Flores López el 09 de septiembre de 2010).	6
Figura 3. Corteza de <i>P. chiapensis</i> (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Maravillas, municipio de Talea de Castro, Distrito Villa Alta, Oaxaca (Tomadas por M.C. Celestino Flores López el 09 de septiembre de 2010).	6
Figura 4. Ramas de <i>P. chiapensis</i> (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Maravillas, municipio de Talea de Castro, Distrito Villa Alta, Oaxaca (Tomadas por M.C. Celestino Flores López el 09 de septiembre de 2010).	7
Figura 5. Conos de <i>P. chiapensis</i> (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Zapotitlán, municipio de Atzalan, Veracruz (Fotografías tomadas por Rosa María García Villa y Tomas García Villa el 18 de junio de 2010).	7
Figura 6. Semillas de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Zapotitlán, municipio de Atzalan, Veracruz (Fotografías tomadas por Rosa María García Villa y Tomas García Villa el 18 de junio de 2010).	8
Figura 8. Altura de los pinos mexicanos en el arboretum de la Finca San José, Colombia, a los 6.3 años de edad.....	72
Figura 9. Incremento Medio Anual de los pinos mexicanos en el arboretum de la Finca San José, Colombia, a los 6.3 años de edad.....	72

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue recopilar toda la información bibliográfica posible así como lo más reciente que ha surgido sobre *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, que nos permita conocer la frecuencia y proporción sobre los temas que se han escrito y posteriormente analizar los trabajos bibliográficos de México y Guatemala como especie nativa y en otros países como exótica. Lo anterior con el propósito de facilitar el conocimiento que se tiene hasta el momento de la especie.

El procedimiento para la elaboración de este trabajo consistió en un guión preestablecido, elaborado con el apoyo del sistema Oxford de clasificación decimal de la literatura forestal, y el guión elaborado para los paquetes tecnológicos SIRE (Sistema de Información para la Reforestación, 2003) y conjuntamente con el guión de la monografía realizada por Téllez (1999). Los temas definidos para esta monografía son descripción de la especie, producción de planta en vivero, manejo de plantaciones, manejo silvícola y genética, realizando al final un breve análisis sobre los cinco temas e identificar aquellos temas donde no se ha desarrollado investigación o en donde hay poca experiencia.

Se encontró un total de 62 bibliografías que han escrito sobre los diferentes temas en *Pinus chiapensis*. La revisión bibliográfica muestra que hay temas que se han estudiado muy poco como lo es manejo de plantaciones el cual cuenta con solo 7 citas bibliográficas (11.29%), el tema de producción de planta en vivero con 12 citas bibliográficas (19.35%), y genética con 21 citas bibliográficas (33.89%). En cuanto al tema de descripción de la especie existe suficiente información con 28 citas bibliográficas (45.16%) al igual que el tema de manejo silvícola que también ha sido muy estudiado con 23 citas bibliográficas (37.09%). Se sugiere realizar más estudios, sobre temas no estudiados o de los cuales existe poca información como lo son; características tecnológicas de la madera, áreas semilleras, huertos semilleros, propiedades físicas y mecánicas de la madera, ya que estos trabajos son importantes y básicos para conservar la especie.

Palabras clave: Monografía, *Pinus chiapensis*, vivero, plantaciones, manejo silvícola y genética.

ABSTRACT

The objective of this study was to collect all the bibliographic information as possible and the latest that has emerged on *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, allowing us to determine the frequency and proportion on the topics that have been written and then analyze the bibliographic work Mexico and Guatemala as a native species and in other countries as exotic. This is to facilitate the knowledge that exists at the time about this species.

The procedure for the preparation of this work consisted of a predetermined script, developed with support from the Oxford decimal classification system of forestry literature, and the script technical packages developed for SIRE (Information System for Reforestation, 2003) and jointly with the script of the monograph by Téllez (1999). The themes identified for this monograph is a description of the species, plant nursery production, plantation management, forest management and genetics, making the end a brief analysis on the five topics and identify those topics where research has not been developed or where there is little experience.

It was found a total of 62 bibliographies on the different topics in *Pinus chiapensis*. The literature review shows that there are topics that have been studied very little such as plantation management which has only 7 citations (11.29%), the theme of nursery plant production with 12 citations (19.35%), and genetics with 21 citations (33.89%). On the topic of species description there are enough information with 28 citations (45.16%) as well as the topic of forest management also it has been studied with 23 citations (37.09%). It suggest further studies on subjects not studied or for which there is little information as are the characteristics of wood technology, seed production areas, seed orchards, physical and mechanical properties of wood, because these jobs are important and basic to conserve the species.

Keywords: Monograph, *Pinus chiapensis*, forest nursery, plantations, forest management and genetics.

1 INTRODUCCIÓN

Pinus chiapensis (Martínez) Andresen, es uno de los recursos forestales más importantes de la montaña húmeda y las zonas subtropicales del sur de México y el norte de Guatemala. Debido a la calidad de su madera, éste árbol es muy apreciado como madera y se planta en varias partes del mundo, incluyendo Sudáfrica, Colombia y Venezuela. Sin embargo, la etnobotánica de este árbol en su distribución natural de México y Guatemala es poco conocido (Del castillo y Acosta, 2002).

La distribución de la especie es restringida y nativa de México y Guatemala; se le encuentra bajo una presión muy severa, debido a la conversión de las pequeñas áreas de bosque a tierras de uso agrícola y a la explotación excesiva de su madera; añadiendo a esto, la escasa regeneración natural de la especie por las condiciones especiales que requiere para ello (Téllez, 1999).

En las áreas naturales donde es evidente la fragmentación y reducción de las pequeñas poblaciones de varias especies forestales endémicas delicadas; tales como el pino blando de Chiapas *Pinus chiapensis*, existe además poca información sobre la pérdida de la diversidad genética (Rogers, 1996).

En México existen aproximadamente 0.2 millones de hectáreas de plantaciones forestales, compuestas por diversas especies, en las que se incluye al *Pinus chiapensis* como uno de los pinos que conforman la mayor parte de las áreas de dichas plantaciones forestales, además de otras coníferas como *Pinus patula* y *Pinus ayacahuite* (Brown, 2000).

Esta especie actualmente presenta varias localidades en peligro de extinción y, en general está catalogada como especie que requiere protección especial de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001; entendiéndose con este término como aquella especie o población que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas (SEMARNAT, 2001; Sánchez, 2008).

Esta es una especie que debido a sus características tecnológicas y a la preferencia de los usuarios, se aprovecha en forma intensiva para fines de industrialización. La importancia económica y social de *Pinus chiapensis* radica en que tiene usos muy variables; posee una madera muy apreciada, de muy buena calidad y muy uniforme en sus características anatómicas, es fácil de trabajar y se puede utilizar para madera aserrada, molduras, carpintería, ebanistería, puertas, ventanas, marcos, cajas de empaque, cabos y cajas para fósforos, duela, mandos de escoba, chapa, triplay y papel; además la especie presenta características adecuadas para ser utilizada como árbol de navidad y se puede emplear como árbol de sombra en plantaciones de café (Téllez, 1999; Zamora y Velasco, 1977).

La información bibliográfica recopilada para esta monografía se obtuvo de diferentes medios bibliográficos, obteniéndose de la manera más completa posible el conocimiento desarrollado para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. La definición de los temas forestales establecidos en categorías para esta monografía, se basó parcialmente en el sistema Oxford de clasificación decimal de la literatura forestal (Comisión española de bibliografía y terminología, 1959).

Este trabajo será útil para las personas que requieren tener el conocimiento general de *P. chiapensis* y de forma más particular para los prestadores de servicios técnicos forestales, para los que realizan investigación, docencia y sobre todo para aquellas personas que esta información les apoye en el buen manejo en las áreas de distribución de la especie.

Objetivo del trabajo:

Recopilar la información bibliográfica posible y reciente que ha surgido sobre *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, generando un documento que sirva de consulta para estudiantes, personal docente y todo aquel interesado.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

2.1 Taxonomía y descripción botánica

Desde que se describió este taxón, ha sido de gran interés desde el punto de vista fitogeográfico, ya que *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen se considera muy relacionado con *P. strobus* L. el cual crece en las zonas templadas de Norte América. Ambas especies son parecidas, pero *P. chiapensis* tiene umbos con márgenes ligeramente crenado-eroso (desiguales con dientes obtusos y anchos, en forma de onda no uniformes) y las escamas basales del cono no se reflejan hacia el pedúnculo (Narave y Taylor, 1997).

La especie fue descubierta en el estado de Chiapas en los años cuarenta, la cual fue conocida como *Pinus strobus* que es nativa del este de Norte América (una zona triangular cuyos vértices son Terranova, Manitoba, y Norte de Georgia en Estados Unidos) sin que existieran antecedentes previos a su descubrimiento en otro lugar de México, para lo cual causó gran sorpresa porque no se reportaban localidades de esta especie en ningún lugar intermedio entre el Norte de América y Chiapas. Al principio se pensaba que eran árboles cultivados, aunque después, en un minucioso estudio se logró demostrar que era completamente silvestre. Aquí se realizó una comparación con ejemplares de Estados Unidos y no se encontró en el pino de Chiapas diferencias específicas, la cual fue consignada como una variedad de *Pinus strobus* L. con el nombre de *Pinus strobus* var. *chiapensis* Martínez (Martínez, 1948).

En dicha comparación con los ejemplares de Estados Unidos solo se observó que en los ejemplares norteamericanos las hojas son más delgadas y finas, y en que los canales resiníferos son comúnmente tres en vez de dos, por lo que se consideró como una variedad (Martínez, 1948).

Posteriormente se realizaron varios estudios biosistemáticos, apoyados en ensayos de progenie, datos anatómicos y morfológicos; además de estos estudios, se realizaron otros estudios de campo del taxón conformados por, *Pinus monticola*, *Pinus strobus* y *Pinus chiapensis*. Siguiendo el análisis de estos datos, fue evidente que había una amplia diferencia genética y morfológica entre *Pinus strobus* var. *chiapensis* y *Pinus*

strobis típico (Andresen, 1964). Aunque dos años más tarde, Andresen (1966) basado a estas evidencias aceptables, consideró a *Pinus strobis* var. *chiapensis* a rango específico, mostrando en el análisis estadístico con respecto a *Pinus strobis* las diferencias siguientes:

- a) 25% de bordes aserrados por unidad longitudinal
- b) 31% de hojas más largas
- c) 20% de las escamas de los conos más cortos y truncados
- d) Los bordes de la apófisis redondeados y extremadamente delgados
- e) Escamas no reflejadas y continuas al pedúnculo
- f) 13% más de semillas por kilogramo
- g) El crecimiento es continuo en la etapa de plántula sin formar yemas durmientes

Recientemente esta variedad fue elevada a categoría específica de *P. chiapensis* por Gaussen (Lab. Forest. Toulouse trav. Tomo 2, Sect. 1 pt. 2, P. 198. 1960) (Zamora y Velasco, 1977).

P. chiapensis se encuentra dentro del subgénero Haploxylon (Pinos suaves o pinos blancos), el cual se ubica en la sección Cembra, formada por todos aquellos pinos que presentan coronas piramidales de forma irregular, árboles jóvenes con corteza lisa durante muchos años, ramillas suaves y base de la bráctea de la hoja no decurrente; pertenece al grupo de los ayacahuite, que se caracterizan por tener escamas con umbo terminal; además de *Pinus strobis* L., este grupo incluye a *Pinus flexilis* James, *Pinus reflexa* Engelmann, *Pinus ayacahuite* Ehrenb. y variedades, así como al *Pinus lambertiana* Dougl. (Perry, 1991; Zamora y Velasco, 1977).

P. chiapensis es un árbol con grandes coronas, generalmente piramidales y ramas horizontales espaciadas en verticilos bastante regulares (Figura 1). En los árboles jóvenes el espaciamiento regular de las ramas es particularmente evidente, también en la forma piramidal de la corona (Figura 2). Presentan tronco recto, de 20 a 35 metros de altura o más, con diámetros que oscilan entre 60 y 90 cm y llegan hasta 1.00 y 1.40 m en los árboles más viejos o desarrollados; corteza lisa a poco agrietada, de superficie irregular, color gris oscuro o castaño grisáceo de 10 a 25 cm de espesor (Figura 3);

ramas en verticilos (Figura 4), hojas en grupos de cinco, raramente cuatro, triangulares, delgadas y flexibles, entre 5.5 y 14.3 cm de longitud, verde claro, brillante; estomas presentes sólo en la superficie ventral; canales resiníferos tres y algunas veces dos; vainas pajizas, caedizas de 9 a 19 mm; conos de color amarillo-marrón, colgantes, resinosos, deciduos abriéndose en la madurez, de 6 a 22 cm de longitud, de color castaño rojizo, diámetro de 3.5 a 7.0 cm; pedúnculo débil, de 2 a 5 cm, delgados y flexibles con umbo terminal, cóncavos de 1.3 a 1.8 cm de ancho y 2.1 a 3.3 cm de largo, apófisis prolongada, con ápice redondeado a menudo delgado ligeramente curvados hacia adentro, ombligo terminal sin espina y por lo general resinosos (Figura 5); semillas color castaño oscuro de 5.4 a 7.5 mm de largo y 3.5 a 4.5 mm de ancho, con ala larga de 1.8 a 2.4 cm de longitud y 4.0 a 8.0 mm de ancho, fuertemente adheridas a la semilla (Figura 6). Número de semillas 60,000-80,000 / kg (Zamora y Velasco, 1977; Perry, 1991).



Figura 1. Árbol de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Maravillas, municipio de Talea de Castro, Distrito Villa Alta, Oaxaca (Tomadas por M.C. Celestino Flores López en 9 de septiembre de 2010).



Figura 2. Árbol juvenil de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Maravillas, municipio de Talea de Castro, Distrito Villa Alta, Oaxaca (Tomadas por M.C. Celestino Flores López el 9 de septiembre de 2010).



Figura 3. Corteza de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Maravillas, municipio de Talea de Castro, Distrito Villa Alta, Oaxaca (Tomadas por M.C. Celestino Flores López el 9 de septiembre de 2010).



Figura 4. Ramas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Maravillas, municipio de Talea de Castro, Distrito Villa Alta, Oaxaca (Tomadas por M.C. Celestino Flores López en 9 de septiembre de 2010).



Figura 5. Conos de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Zapotitlán, municipio de Atzacan, Veracruz (Fotografías tomadas por Rosa María García Villa y Tomás García Villa el 18 de junio de 2010).

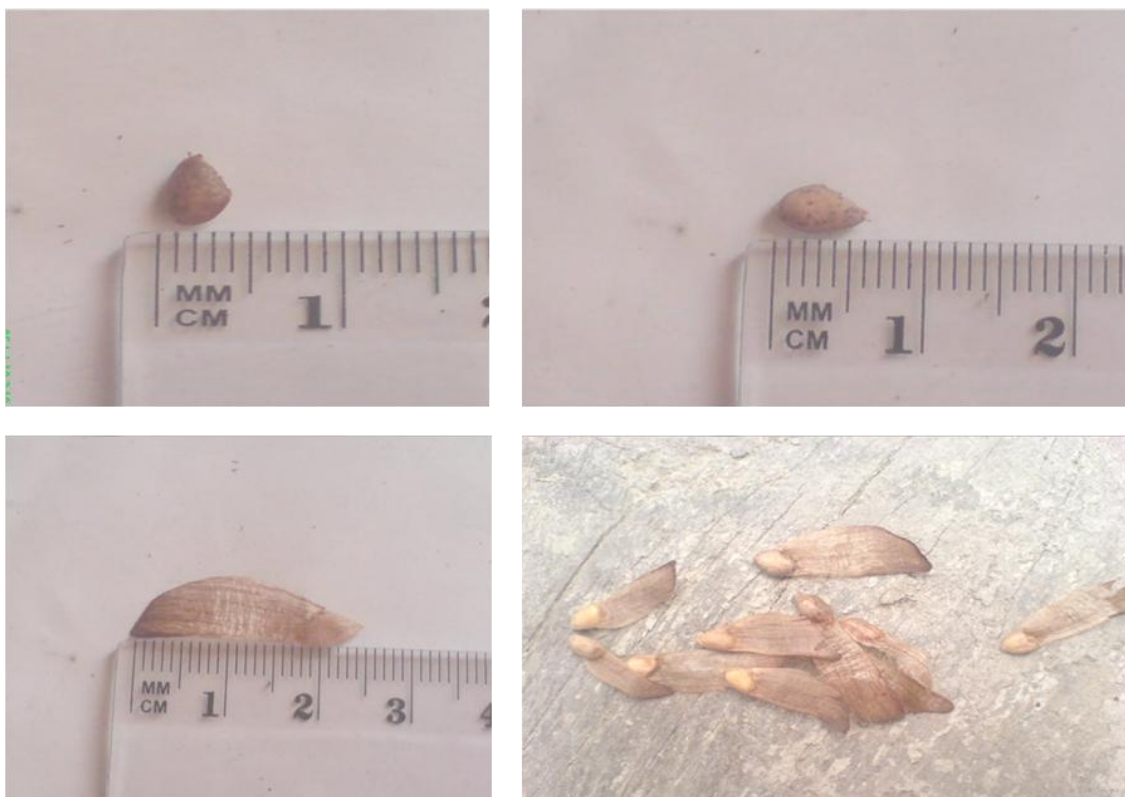


Figura 6. Semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Fotografías de la localidad Zapotitlán, municipio de Atzalan, Veracruz (Fotografías tomadas por Rosa María García Villa y Tomas García Villa el 18 de junio de 2010).

Pinus chiapensis tiene diversos nombres comunes de acuerdo con el idioma de la etnia prevaleciente en cada zona, en el Cuadro 1 se muestran los nombres comunes de esta especie de acuerdo a Miranda (1952), Zamora y Velasco (1977), Martínez (1979), Zamora y Castellanos (1999), Del Castillo y Acosta (2002) y Ramírez (2004).

Cuadro 1. Nombres comunes de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.

Nombre local	Lenguaje	Localidad	Región o estado
Acalocote	Náhuatl	Paixtepec, Papalocuautila, Zapotitlán	Eje neovolcánico, Veracruz.
Acalocote ²	Náhuatl	Apulco y Zacapoaxtla	Sierra norte de Puebla, Puebla
Ocote	Náhuatl	Tlacomulteno	Sierra norte de Puebla, Puebla
Ayacahuite vidrioso	Náhuatl y Español	Hierba buena, Vextla	Sierra madre del sur, Guerrero
Pinocote	Español	Santiago Zacatepec	Sierra norte, Oaxaca
Pino	Español	Guevea de Humboldt	Istmo Tehuantepec, Oaxaca
Pinabete	Español	Pueblo Nuevo	Chiapas
Tonatzin	Zoque	Tapalapa	Chiapas
Qui tye tyii	Chatino	Lachao	Sierra Madre del Sur, Oaxaca

Cuadro 1. Nombres comunes de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Continuación.

Nombre local	Lenguaje	Localidad	Región o estado
Pino gretado	Español	Lachao	Sierra Madre del Sur, Oaxaca
Ayacahuite, acahuite	Náhuatl	Los Coatlán	Sierra Madre del Sur, Oaxaca
Pino gretado	Español	Los Coatlán	Sierra Madre del Sur, Oaxaca
Du yu sha ña á	Mixteco	San Pedro Cayuco	Mixteca, Oaxaca
Ocote	Náhuatl	San Pedro Cayuco	Mixteca, Oaxaca
Pino hembra	Español	San Pedro Cayuco	Mixteca, Oaxaca
Shu chun ah chun rachia	Triqui	San Juan Copala	Mixteca, Oaxaca
Madera de chinito	Español	San Juan Copala	Mixteca, Oaxaca
Ocote	Náhuatl	San Juan Copala	Mixteca, Oaxaca
Ya qui va	Cuicateco	Cuyamecalco	La Cañada, Oaxaca
A ma caa(l)	Chinanteco	San Pedro Tlatepuzco, San Felipe Usila	Sierra Norte, Oaxaca
Ya ni chá	Mazateco	San Juan Chiquihuitlán	Sierra Norte, Oaxaca
Ocote	Náhuatl	San Juan Chiquihuitlán	Sierra Norte, Oaxaca
Su yu do	Zapoteco	Tenetze	Sierra Norte, Oaxaca
Ya yieri do	Zapoteco	Tenetze	Sierra Norte, Oaxaca
Ya guieri do	Zapoteco	San Juan Yaé	Sierra Norte, Oaxaca
Ya guir do	Zapoteco	Santiago Yagallo	Sierra Norte, Oaxaca
Junch	Mixe	Santiago Zacatepec	Sierra Norte, Oaxaca
Pinocote	Español	Santiago Zacatepec	Sierra Norte, Oaxaca
Kuj'ushz	Mixe	San Pedro Ocotepec, Jiquila Mixe	Sierra Norte, Oaxaca
Kuj'ushz	Mixe	Quetzaltepec	Sierra Norte, Oaxaca
Guier do	Zapoteco	Guevea de Humboldt	Tehuantepec istmo, Oaxaca
Huaa chin	Zoque	Santiago Tutla (Bajo Mixe)	Tehuantepec istmo, Oaxaca
Huaa chin	Zoque	Santa María Chimalapa	Tehuantepec istmo, Oaxaca
Pinabeto	Español	Cintalapa, Pueblo Nuevo	Sierra Atravesada, Altos de Chiapas, Chiapas
Pinabeto	Español	San Cayetano, Zinacantán, Larrainzar	Altos de Chiapas, Chiapas
Ayacahuite	Náhuatl	Jitotol	Altos de Chiapas, Chiapas
Tonatzin	Zoque	San Cayetano, Zinacantán, Larrainzar	Altos de Chiapas, Chiapas
Tonatzin	Zoque	Tapalapa	Altos de Chiapas, Chiapas
Cuc'toj	Tzotzil	San Cayetano, Zinacantán	Altos de Chiapas, Chiapas
K' sis'taj	Tzotzil	Tenejapa, Larrainzar	Altos de Chiapas, Chiapas
Uc'taj	Canjobal	Santa Cruz Barillas	Cuchumatanes, Departamento de Huehuetenango, Guatemala
Pinabet	Español	Santa Cruz Barillas	Cuchumatanes, Departamento de Huehuetenango, Guatemala

Fuente: Miranda (1952); Zamora y Velasco (1977); Martínez (1979); Zamora y Castellanos (1999); Del Castillo y Acosta (2002); Ramírez (2004).

2.2 Distribución

2.2.1 Distribución natural

Pinus chiapensis es una especie de distribución limitada (Martínez, 1948). El cambio de uso de suelo y la explotación forestal inadecuada han favorecido que dicha especie este desapareciendo rápidamente de muchas zonas de su hábitat natural. Actualmente, se le encuentra en la mayor parte de su área de distribución, en áreas aisladas, a veces inaccesibles, y en densidades bajas (Perry, 1991).

El marco geográfico de la especie es de 15 a 20° de latitud norte y de 91 a 101° de longitud oeste. Se encuentra restringido generalmente a la parte baja de las laderas y pies de montaña, más frecuentemente se encuentra en cañones aislados (Domínguez, 1986).

En un inicio *P. chiapensis* fue reportada en el Estado de Chiapas, sin haberse localizado en ningún lugar intermedio, es decir, ni en la parte centro ni en el norte de México. Pero posteriormente se demostró que se encuentra en forma silvestre (Martínez, 1948). Sin embargo, su distribución comienza desde el oriente y sur de México hasta el norte de Guatemala.

En México, la especie se encuentra de manera discontinua en los estados de Veracruz (Eje Neovolcánico), Puebla (Sierra de Puebla), Oaxaca (Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Sur, Mixteca e Istmo), Guerrero (Sierra Madre del Sur) y Chiapas (montañas del Norte de Chiapas), así como en la parte norte de Guatemala (Sierra de los Chuchumatanes), específicamente en los departamentos de El Quiché y Huehuetenango (Perry, 1991; Eguiluz, 1988). Las poblaciones reportadas en México y Guatemala se representan en el Cuadro 2 y en forma gráfica en la Figura 7 (Dvorak et al., 2000).

Particularmente en Tlapacoyan, Veracruz, *P. chiapensis* forma asociaciones a 600 metros de altitud en condiciones de clima caliente y húmedo, en colindancia con el bosque tropical perennifolio. Entre Oaxaca y Tuxtepec la especie en cuestión asciende hasta 2,200 msnm pero no se le ha visto con gran abundancia. *P. chiapensis* y sus bosques destacan por la morfología de las copas de los árboles, distinta de la mayoría de sus congéneres (Rzedowski, 1983).

Cuadro 2. Ubicación geográfica de las localidades de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.

Localidad	Estado	República	Latitud N	Longitud W
Tlapacoyan	Veracruz	México	19° 56	97° 12
Bochil	Chiapas	México	17° 02	92° 52
Lachao	Oaxaca	México	16° 11	97° 02
Guevea de Humboldt	Oaxaca	México	16° 48	95° 22
La Libertad	Chiapas	México	16° 53	92° 32
La Trinidad	Chiapas	México	17° 02	92° 45
Larrazar	Chiapas	México	16° 52	92° 41
Pohlo	Chiapas	México	16° 56	92° 32
Pueblo Nuevo	Chiapas	México	17° 06	92° 52
Santa Cruz de los Pinos	Chiapas	México	16° 49	93° 27
San Gabriel Mixtepec	Oaxaca	México	16° 11	97° 05
Yerbabuena	Oaxaca	México	17° 58	96° 45
Santiago Tutla	Oaxaca	México	17° 11	95° 25
San Juan Cotzal	El Quiché, Guatemala	Guatemala	15° 27	91° 13
Highway 175	Oaxaca	México	17° 36	96° 23
Nopoala	Veracruz	México	19° 54	97° 13
Hierba Santa	Guerrero	México	17° 31	99° 58
Teotlaxco	Oaxaca	México	17° 28	96° 20
Guaquitepec	Chiapas	México	16° 59	92° 14
Tenajapa	Chiapas	México	16° 52	92° 28
Pantelho	Chiapas	México	17° 01	92° 28
San Cayetano	Chiapas	México	16° 59	92° 48
Los Angeles	Chiapas	México	16° 16	93° 38
Tierra y Libertad	Chiapas	México	16° 12	93° 40
Fco. I. Madero	Chiapas	México	16° 49	93° 46
Cienega de León	Chiapas	México	16° 41	94° 00
Jilguero	Guerrero	México	17° 30	100° 00
El Guajolote	Guerrero	México	17° 09	94° 41
Sierra el Conejo	Guerrero	México	17° 38	100° 36
Sta. Ma. Chimalapa	Oaxaca	México	16° 54	94° 41
San Pedro Teutila	Oaxaca	México	17° 58	96° 43
San Miguel Copala	Oaxaca	México	17° 13	97° 59
Zapotitlán	Veracruz	México	19° 50	97° 09
Barillas	Huehuetenango, Guatemala	Guatemala	15° 48	91° 18

Fuente: Dvorak *et al.* (2000).

En el estado de Guerrero la especie en cuestión se encuentra en un área relativamente amplia, localizada en el segmento correspondiente a la parte más alta de la Sierra Madre del Sur, en los cerros Teotepec y Tlacatepec. Aquí las poblaciones de *P. chiapensis*, se desarrollan sobre laderas graníticas abruptas. Esta especie no aparece en forma de bosque continuo, se desarrolla a manera de manchones situados en las partes altas y expuestas de los filos de las laderas y ordinariamente no descienden si no

muy rara vez hacia las cañadas, que están cubiertas por un bosque mesófilo y aparentemente perennifolio (Rzedowski y Vela, 1966).

Para el estado de Oaxaca en San Juan Lachao, Municipio de Juquila *P. chiapensis* se desarrolla sobre la roca madre también con suelos graníticos, pero las pendientes en general son menos pronunciadas que las observadas en Guerrero. Además el área se encuentra más habitada y por consiguiente la vegetación presenta señales de disturbio ocasionado por actividades humanas (Rzedowski y Vela, 1966).

Así mismo se encontró una nueva localidad de *P. chiapensis*, en la Sierra Sur del estado de Oaxaca; como resultado de los trabajos de exploración realizados en San Francisco Coatlán, Miahuatlán, se localizó un rodal de 3 hectáreas aproximadamente, los árboles aislados, distribuidos en varios rodales aledaños al anterior. La nueva localidad se localiza, aproximadamente, a 7 km al sureste del poblado, entre las coordenadas geográficas 16° 08' y 16° 11' de latitud norte y 96° 45' a 96° 47' de longitud oeste (Domínguez, 1986).

2.2.2 Distribución como especie exótica

En 1971, Smurfit Cartón de Colombia estableció una hilera de *P. chiapensis* en una plantación en Colombia, y desde entonces este país ha figurado entre los países que presentan el mayor potencial de productividad para la especie (Lambeth, *et al.*, 1991). En las regiones más cálidas de Estados Unidos y Nueva Zelandia se establecieron plantaciones de *P. chiapensis*, pero estas fracasaron (Lambeth, *et al.*, 1991).

Por otra parte la especie *P. chiapensis* se encuentra en otros países como especie exótica ya que en 1984 CAMCORE (Cooperativa de Recursos de Coníferas de América central y México), realizó la recolección de semillas en forma extensiva e intensiva de procedencias seleccionadas en todo el rango de la especie y que ahora son plantados en las áreas cuidadosamente controladas en Brasil, Venezuela, Colombia y Sudáfrica. México y Guatemala también están planeando establecer plantaciones bajo la supervisión de sus servicios forestales (Perry, 1991).

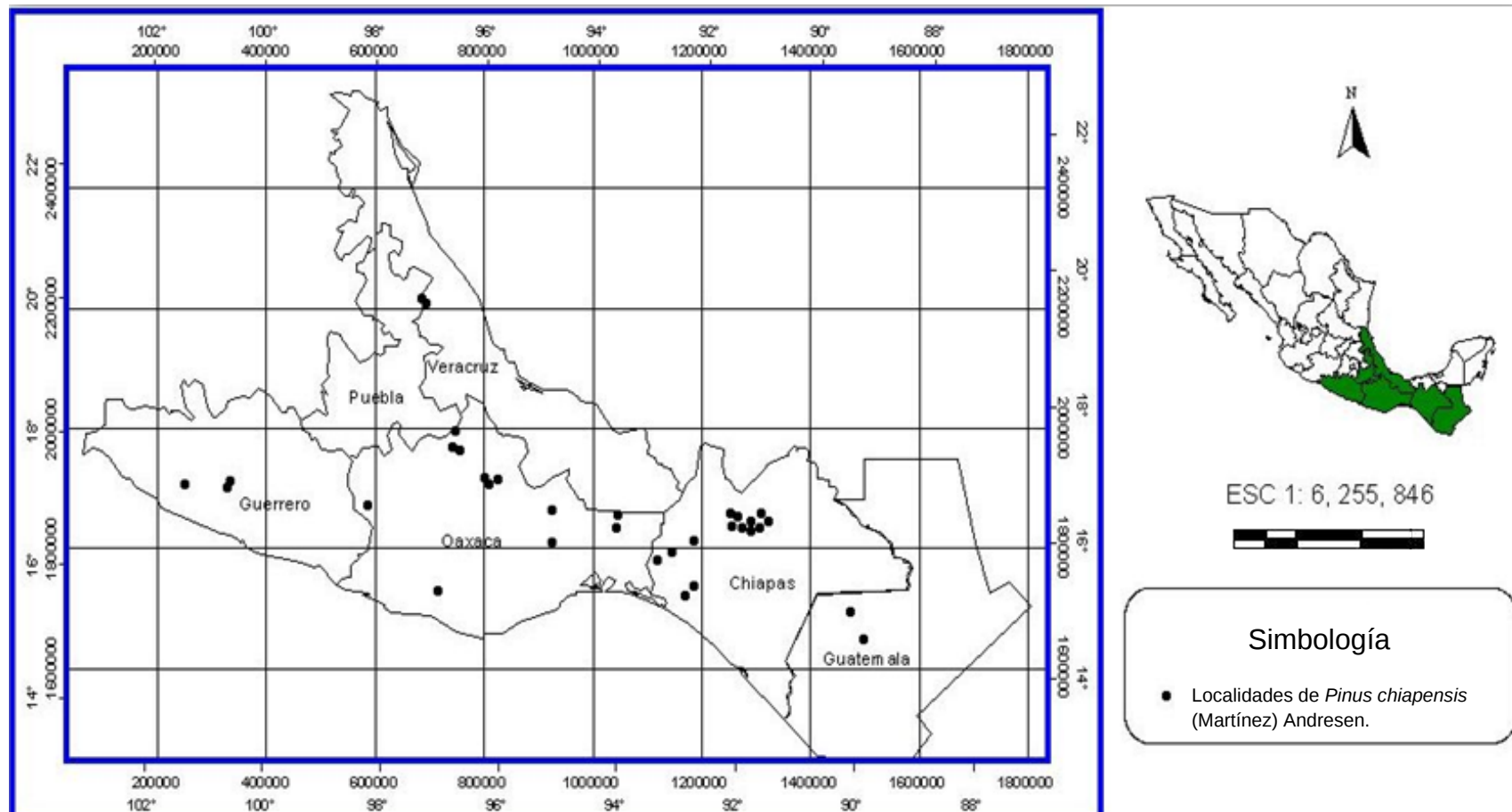


Figura 7. Distribución de poblaciones naturales de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en México y Guatemala (Datos tomados de Dvorak *et al.* 2000).

2.3 Asociación vegetal

Pinus chiapensis se desarrolla principalmente en bosques de pino, pino-encino o encino. Es común observarlo en asociación con *Liquidámbar styraciflua* L. En Chimalapas, Oaxaca se encuentra en selva alta perennifolia y en bosques de encino, en cañadas húmedas y en forma de bosques secundarios (Del Castillo, 1996).

P. chiapensis junto con otras especies de pinos viven frecuentemente en colindancia con el bosque mesófilo de montaña, pues sus exigencias ecológicas son aparentemente similares (Rzedowski, 1983). También se le ha encontrado frecuentemente formando pinares y mezclándose en los bosques deciduos (Miranda, 1952). En México y Guatemala *P. chiapensis* crece bajo condiciones tropicales a subtropicales. En la mayoría de los lugares la especie ocurre como individuos dispersos o pequeños grupos de árboles, a menudo asociada con *Pinus maximinoi* Moore, *P. pseudostrobus* Lindl, *Pinus oaxacana* Mirov, *Quercus spp.* L., *Fagus mexicana* Martínez, y otras especies de hoja ancha (Perry, 1991).

En los sitios con elevaciones de bajas a medias y suelos de textura gruesa (arena y grava) se asocia con *P. ayacahuite* Ehrenb. y *P. patula* var. *longepedunculata* Loock. mientras que en sitios de gran elevación se encuentra con *P. tecunumanii* (Schw) Eguluz & Perry, *P. teocote* Schl. & Cham. y *Liquidambar styraciflua* L., una latifoliada dura considerada como un indicador de buena fertilidad, la cual ocurre simultáneamente con *P. chiapensis* a través de su rango de distribución. También un helecho arbóreo *Cyathaea mexicana* Schltdl. & Cham., es un asociado en los sitios más húmedos (Domínguez, 1986).

Se asocia también con especies secundarias como *Cecropia obtusifolia* Bertol., *Croton draco* Schltdl. & Cham., *Belotia mexicana* Schum. y *Cupania glabra* Sw. Otros elementos tropicales asociados también son *Cedrela odorata* L. y *Pinus tenuifolia* Benth (Zamora y Velasco, 1977). *Pinus chiapensis* es la única especie de pino observada en selva alta perennifolia, asociado con *Astrocaryum mexicanum* Liebm. ex Mart., *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith y *Swietenia macrophylla* King, pero es más típico del bosque mesófilo de montaña secundario (Del Castillo et al., 2004).

Pinus chiapensis particularmente en Guerrero, se asocia con los géneros *Quercus*, *Clethra* y *Carpinus*; dentro de ellos específicamente con las especies *Quercus acutifolia*, *Carpinus caroliniana*, *Pinus ayacahuite*, y varias especies de Lauraceas (Rzedowski y Vela, 1966).

En los alrededores de Lachao, Oaxaca, la especie, forma parte de un bosque mixto donde comparte la dominancia con *Quercus acutifolia*, *Q. scytophylla*, *Carpinus caroliniana*, *Saurauia* sp., *Clethra* sp., *Cornus disciflora* y, en varios lugares, con *Chiranthodendron pentadactylon*, además de *Ternstroemia* sp., y *Eupatorium* sp. (Rzedowski y Vela, 1966).

En la localidad reportada recientemente de *Pinus chiapensis* a 7 km al SE del poblado de San Francisco Coatlán, Miahuatlán, Oaxaca, las especies asociadas son: *Pinus pringlei*, *Pinus michoacana*, *Pinus oaxacana*, *Pinus oocarpa*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus glaucescens*, *Q. elliptica*, *Q. obtusata*, *Q. acutifolia*, *Q. scytophylla*, *Q. conspersa*, *Q. rugosa*, *Q. urbani*, *Carpinus caroliniana*, *Ilex* sp., *Chiranthodendron pentadactylon*, *Baccharis glutinosa*, *Desmodium* sp., *Tephrosia lanata*, *arctostaphylos* sp., *Dodonaea viscosa*, *Acacia pennatula*, y *Pteridium aquilinum* (Domínguez, 1986).

En el estado de Chiapas, en la zona de San Juan del Bosque y Pueblo Nuevo Solistahuacán, *Pinus chiapensis* se encuentra asociado con *Liquidambar styraciflua*, *Ostrya* sp., *Pinus oocarpa*, *P. oocarpa* var. *ochotenerai*, *P. maximinoi*, *Quercus candicans*, *Q. sapotaefolia*, *Crotón draco*, *Luehea* sp., *Belotia mexicana*, *Trema* sp., *Inga micheleana*, *Cupania* sp. y *Heliocarpus* sp. (Zamora y Castellanos, 1999).

En la región de Ciénaga de León y Ocozocoautla, Chiapas además de asociarse con elementos del bosque caducifolio como *Liquidambar styraciflua*, se asocia también con elementos tropicales como *Cedrela odorata*, además de *Pinus maximinoi* y *Quercus* sp. (Zamora y Castellanos, 1999).

En las zonas de Coapilla, Ocotepec y Tapalapa forma parte del bosque de pino, en el cual domina *P. maximinoi* y concurren árboles aislados de *P. oocarpa*, *Quercus* spp., *Arbutus* spp. y *Liquidambar styraciflua* (Zamora y Castellanos, 1999).

2.4 Factores del medio ambiente

2.4.1 Altitud

Pinus chiapensis es una de las especies más comunes que se ha encontrado hasta la fecha a menores altitudes (Madrigal, 1967), la cual es nativa de México y Guatemala, ocurre en un rango de elevación de 150 a 2,300 msnm (Domínguez, 1986). Por su parte Perry (1991), reporta que ha sido encontrado desde un mínimo de 500 metros y hasta 2,250 m de altitud en grupos pequeños en la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca. En Veracruz se ha reportado que la especie se localiza de los 500 a los 1400 msnm; entre la selva mediana subperennifolia y bosque caducifolio; creciendo en laderas húmedas (Narave y Taylor, 1997).

2.4.2 Geología

Los suelos donde vegeta *P. chiapensis*, generalmente son derivados de roca granítica, especialmente en la vertiente del pacífico y en el estado de Chiapas (Rzedowski y Vela, 1966; Zamora y Velasco, 1977), aunque en algunas localidades existen formaciones derivadas de arenisca, conglomerados y ocasionalmente rocas calcáreas (Zamora y Velasco, 1977).

En el municipio de Tnetze Zaragoza, Oaxaca, habita en rocas metamórficas, de los cuales las rocas dominantes son representadas por el esquisto y pizarra, que se formaron probablemente en el periodo cretácico de la era Mesozoico (Martínez, 2000).

2.4.3 Suelo

Los suelos asociados con *P. chiapensis* tienen valores de pH de 4.5 a 6.0, y son de más de 1.0 m de profundidad. La especie tiende a ocupar algunos de los sitios naturales más fértiles de toda América Central y México. Las órdenes de suelo predominante en la que la especie se encuentra son Andisoles y Alfisoles. Esta especie se encuentra en lugares que son ecológicamente similares en toda su área de distribución natural (Dvorak *et al.*, 2000). Los suelos son predominantemente bien drenados, areno-arcillosos y areno-arcilloso-limoso, teniendo subsuelo con mayor contenido de arcilla y textura arcillo-limosa (Cuadro 3) (Domínguez, 1986).

Cuadro 3. Datos de análisis físico-químicos de suelos de dos fincas en San Juan del Bosque, Chiapas. Fuente: Zamora y Velasco (1977).

Finca	Prof. (cm)	Color		Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clasificación textural	Reacción pH	M.O. (%)	N.T. (%)	C/N	Otras determinaciones	
		En seco	En húmedo									Potasio Kg ha ⁻¹	Fósforo Kg ha ⁻¹
La Trinidad	0-30	10YR 5/4	10YR 4/4	28.00	36.00	36.00	Migajón- arcilloso	5.47	5.52	0.39	8.21	280.00	28.00
	30-300	10YR 7/4	10YR 4/4	34.00	46.00	20.00	Arcilla	5.00	1.73	0.16	6.27	210.00	28.00
La Estación	0-10	10YR 5/4	10YR 3/4	36.00	34.00	30.00	Migajón- arcilloso	5.12	3.79	0.07	31.4	140.00	28.00
	10-230	7.5YR 6/6	7.5YR 5/6	72.00	19.00	9.00	Migajón- arenoso	4.95	0.03	0.03	0.58	70.00	28.00
	230- 400	7.5YR 6/8	7.5YR 4/4	72.00	19.00	9.00	Migajón- arenoso	5.00	0.07	0.03	1.14	70.00	14.00

pH=Potencial de hidrogeno. M.O.=Materia orgánica. N.T.=Nitrógeno. C/N=Relación carbono/nitrógeno.

Clave de colores

10YR 5/4 Café amarillento	10YR 4/4 Café amarillento oscuro
10YR 7/4 Café muy pálido	10YR 3/4 Café amarillento oscuro
7.5YR 6/6 Amarillo rojizo	7.5YR 5/6 Café fuerte
7.5YR 6/8 Amarillo rojizo	7.5YR 4/4 Café

Consideraciones

El fósforo aprovechable es de bajo a muy bajo (28.00-14.00 kg/ha)
El potasio aprovechable es de bajo a muy bajo (280.00-70.00 kg/ha)

En las poblaciones del estado de Chiapas prospera en suelos bien drenados, areno-arcillosos, arcillosos o migajones, de color café amarillentos, amarillo naranja o amarillo rojizo, con profundidades que oscilan de 60 cm en laderas a 3 m en los valles, con pH de 5.0 a 5.5; la fertilidad generalmente es baja con contenido de nitrógeno y potasio medios o bajos y de fósforo y calcio bajos; la presencia de materia orgánica es media a buena (Cuadro 4) (Zamora y Velasco, 1977; Zamora y Castellanos, 1999).

Cuadro 4. Análisis físico-químico de suelos, en dos rodales de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el municipio de San Juan del Bosque, Chiapas.

Profundidad cm	Textura	pH	M.O. %	NT %	C/N	P Kg ha ⁻¹	K Kg ha ⁻¹
0-30	Migajón arcilloso	5.7	5.5	0.39	8.21	28	280
30-300	Arcilla	5.0	1.7	0.16	6.27	28	210
0-10	Migajón- arcilloso	5.1	3.7	0.07	31.4	28	140
10-230	Migajón-arenoso	4.9	0.0	0.03	0.58	28	70
230-300	Migajón-arenoso	5.0	0.0	0.03	1.13	14	70

pH=Potencial de hidrogeno. M.O.=Materia orgánica. N.T.=Nitrógeno. C/N=Relación carbono/nitrógeno. P=Fósforo. K=Potasio. Fuente: Zamora y Castellanos (1999).

Del Castillo (1996), analizó la importancia de factores edáficos demográficos en el crecimiento de *P. chiapensis* con las siguiente variables; capacidad de intercambio catiónico total, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, fosforo aprovechable, nitrógeno total, contenido de arcilla, arena y materia orgánica, y pH. Aquí se encontró que el crecimiento medio radial tiende a aumentar al incrementar los niveles de potasio del suelo. Esto sugiere que el potasio es un factor limitante en el crecimiento secundario de esta especie. Los niveles encontrados de este nutrimento fueron extremadamente bajos.

Por otra parte Ramírez (2004) reporta que estas poblaciones están ubicadas en áreas donde predominan suelos profundos con alto contenido de materia orgánica y con buen drenaje, en alturas promedio de 680 msnm, con pH que oscila en el rango de los 5.0 a los 6.0.

2.4.4 Temperatura

P. chiapensis ocurre principalmente en climas subtropicales y tropicales, con una temperatura media anual de 20 a 22 °C. Las temperaturas máximas alcanzan de 40 a 42 °C, con mínimas de 4 a 6 °C. Esta especie no ocurre de manera natural en sitios donde se presentan heladas. En áreas donde la especie se encuentra en elevaciones arriba de los 2,000 msnm, los sitios con exposición sur o la topografía, promueven el drenaje del aire frío lejos de los rodales (Domínguez, 1986).

En la zona de la Ciénaga de León, Chiapas, los bosques de *P. chiapensis* se desarrollan en áreas con una temperatura media anual entre 20° y 24°C y no se presentan heladas. La media anual de temperatura es de 22.2°C, el mes más cálido, mayo, con 24.4°C y el mes más frío, diciembre, con 19.3°C; la oscilación anual de la temperatura es de 4.1°C (isotermal). En contraparte Zamora y Velasco (1977) mencionan que las temperaturas medias anuales puede que sean más bajas, oscilando entre 18 y 20°C presentándose heladas leves.

2.4.5 Precipitación

En la zona de distribución de *P. chiapensis* la temporada de la lluvia es más fuerte de mayo a octubre, con una estación seca de tres a cinco meses que tienen lugar desde diciembre hasta abril. Algunos lugares reciben la precipitación adicional en la mañana y nieblas por la noche. *P. chiapensis* se produce en áreas que reciben un promedio de 500 a 2000 mm de precipitación anual (Dvorak, *et al.*, 2000).

P. chiapensis se sitúa entre las isoyetas de 1500 a 2500 mm de precipitación anual y es posible que ocurran precipitaciones hasta de 3000 mm. Dentro de la zona de distribución de *P. chiapensis* en el estado de Chiapas la precipitación promedio anual es de 1,474 mm, con regímenes de lluvia de verano, la mayor cantidad de lluvia cae de mayo a octubre y la temporada de sequía abarca cuatro meses, con un porcentaje de lluvia invernal de 7,5 % y una gran humedad ambiental (Zamora y Velasco, 1977).

2.5 Factores físicos y biológico

2.5.1 Fuego

Las actividades humanas pueden tener efectos opuestos en las poblaciones de *P. chiapensis*. La práctica de quema moderada, puede aumentar la abundancia en los antiguos bosques nublados montanos tropicales, mediante la creación de nuevas áreas de colonización (Del Castillo *et al.*, 2009).

Por su parte Del Castillo *et al.*, (2004) menciona que especies como *P. chiapensis*, *P. oocarpa*, *P. patula* y *P. pseudostrobus* han sido favorecidos por los incendios forestales. Un ejemplo son los incendios registrados en el año de 1998, en los terrenos de Díaz Ordaz (los Chimalapas, Oaxaca), ya que fueron colonizados por plántulas de estas especies.

2.5.2 Plagas y enfermedades

Por lo general, en las poblaciones naturales de *P. chiapensis* no existen graves problemas de plagas y enfermedades; en la actualidad posiblemente el factor biótico mas importante en la alteración y disminución de las poblaciones naturales de esta especie es la presión humana, ya que el aprovechamiento intensivo en algunas localidades y el cambio de uso de suelo en otras, aunado a la dificultad de la especie para regenerarse en forma natural, han propiciado su reducción paulatina hacia sitios o relictos aislados (Rzedowski y Vela, 1966; Zamora y Velasco, 1977).

En el estado de Chiapas el problema es mínimo, excepto en pequeños bosques aislados con gran cantidad de arbolado sobremaduro donde se presentan algunos ataques por descortezadores; las plagas más comunes las constituyen *Dyorictria* sp. y *Megastimus* durante la temporada de fructificación, al atacar los conos y semillas en desarrollo (Zamora y Velasco, 1977).

Pineda y Cibrián (1984), mencionan que *P. chiapensis* ha sido plagado por un lepidóptero de importancia económica *Dyorictria erythropasa* el cual se le ha encontrado atacando conillos y conos.

Al igual que la mayoría de los pinos de Mesoamérica, *P. chiapensis* tiene su parte en las plagas de conos y semillas. Los insectos observados en el campo incluyen

Megastigmus spp., avispas que depositan sus huevos a través de las escamas del cono en las semillas en desarrollo; de ellos emergen unas larvas que consumen todo el embrión de la semilla, provocando que esta sea vana; de la misma manera se ha observado una variedad de larvas de la polilla de un escarabajo que se alimentan de las semillas en desarrollo (Donahue *et al.*, 1991).

P. chiapensis parece ser generalmente resistentes a las plagas cuando se planta como una especie exótica, pero su verdadera tolerancia no se conocerá hasta que más áreas de la especie se hayan establecido. Las plantaciones exóticas no han contraído enfermedades dañinas como *Cronartium ribicola* (roya vesicular del pino blanco) que azota el pino blanco del este, en las zonas de Canadá y los Estados Unidos (Dvorak, *et al.*, 2000).

Para el estado de Veracruz, no se había detectado plaga alguna para *P. chiapensis*, y no fue hasta 1996, cuando se registro la presencia de una plaga defoliadora de este pino. En las áreas arboladas de los ejidos Nicolás Bravo y Chiconta del municipio de Jalacingo, Veracruz y las comunidades de Xicote y Arroyo Colorado en el municipio de Atzalan, Veracruz esta plaga fue identificada y resultó ser “la mosca sierra” *Zadiprion falsus* Smith, la cual tuvo que ser combatida en forma emergente, por medio de aspersiones aéreas, ya que se encontraba afectando a 1,500 hectáreas de esta especie (Lozada y Vásquez, 2008).

2.5.3 Otros factores

Los vientos que más afectan a *P. chiapensis* son los provenientes del norte, los cuales se presentan en gran cantidad e intensidad, quebrando las ramas de esta especie, y en ocasiones, derribando los árboles adultos, estos por lo regular ocurren en los meses de febrero-marzo, julio-septiembre y ocasionalmente noviembre-diciembre (Ramírez, 2004).

Los suelos generalmente están poco perturbados y erosionados, excepto en algunas localidades de Oaxaca y Chiapas donde la presión humana por convertir los terrenos forestales a cultivos de frutales es fuerte (Rzedowski y Vela, 1966; Zamora y Velasco, 1977).

En cuanto a la erosión en los suelos en los que vegeta el pinabete, aunque por lo general se ubican en laderas, están poco expuestos a los agentes causales de la erosión, dado que estos pinares son aclareados y usados como sombra para los cultivos de café, plátano, naranja, aguacate y otros; los suelos donde se cultivan estos frutales, están protegidos por la gran cantidad de hierbas, arbustos y árboles del bosque caducifolio (Zamora y Velasco, 1977).

2.6 Características y uso de la madera

La madera de esta especie presenta las siguientes características: albura de color amarillo, duramen castaño claro, tinte rosado, olor y sabor resinoso, textura fina, grano derecho, veteado suave; 1 a 2 anillos de crecimiento por cm; canales resiníferos distribuidos al principio y al final del anillo; resistente y durable, fácil de trabajar y admite buen pulimento. *P. chiapensis*, produce madera uniforme de gravedad específica baja (0.340 a 0.380) en rodales naturales y con valores medios de peso específico de 0.35 g/cm³ y la longitud de la traqueida es de 2.816 mm (Martínez, 1948; Andresen, 1964; Zamora y Velasco, 1977; Domínguez, 1986).

La madera es suave, ligera, de color blanco cremoso con duramen ligeramente más oscuro. Es muy solicitado a nivel local y debido a que es fácilmente manejable, es ampliamente utilizado para muebles, puertas, marcos de ventanas, y madera de trabajo interior (Perry, 1991).

Aunque hoy en día *P. chiapensis* es considerada como una especie bajo protección especial, gracias a las características de su madera puede ser utilizada potencialmente para la elaboración de triplay, papel muebles y ebanistería de diversos artículos, entre ellos puertas, ventanas, marcos, modelos de madera, cajas y cabos de fosforo y molduras. De manera local tiene diferentes usos, así por ejemplo, en Chiapas se utiliza principalmente para la obtención de madera aserrada, para construcción, cajas de empaque, cajas para envases de refresco, duelas de piso y mangos para escoba y raramente tejamanil para techo de casas. Actualmente es utilizado como árbol de navidad en muy pequeña escala, y como árbol para sombra de café (Zamora y Velasco, 1977; Zamora y Castellanos, 1999; Miranda, 1952).

La madera de *P. chiapensis* por ser extremadamente uniforme y de baja densidad, la hace un buen candidato para molduras interiores de alta calidad; y por su color blanco y facilidad para aceptar el tinte uniformemente, es cotizada para decoración de interiores (Yáñez, 1981).

La baja densidad de la madera de *P. chiapensis* puede limitar su utilización en la producción de pulpas químicas. Sin embargo, la madera es muy uniforme y blanca la cual puede dar como resultado un cocimiento más homogéneo y un blanqueado más fácil. La baja densidad, extrema uniformidad en sus características y el color claro pueden hacerla muy deseable para pulpas termomecánicas (Lambeth *et al.*, 1991).

Este árbol ha sido muy apreciado por el gran tamaño del tallo. Prueba de ello se remonta a la época colonial en México, donde los registros, al parecer de este árbol, se utilizaron para la construcción naval. La demanda de los mástiles de repuesto y perchas fue alta durante principios del siglo XVIII, cuando la guerra y los huracanes en el Golfo de México causó daños frecuentes a la flota española (De Béthencourt Massieu, 1960).

Hoy en día, la madera para construcción es un producto importante para *P. chiapensis*. Se utiliza principalmente para fines domésticos, en todo su rango, por la gente local. La explotación comercial de este árbol es restringida en México, pero se ha detectado la tala furtiva con fines comerciales, de vez en cuando en este país (Fleischer *et al.*, 1984).

Debido al gran tamaño, en los registros se utilizan como vigas en los techos de las casas rurales y edificios. La madera también se utiliza comúnmente para la fabricación de muebles, y puede ser preferible a la de otras especies de pino que coexisten como *P. patula* Loock, al ser más ligera y fácil de trabajar. Sin embargo, algunos carpinteros consideran frágil la madera de *P. chiapensis*. De hecho, el adjetivo, vidrioso se da a este pino en algunas regiones debido a esta característica de la madera. En Chiapas, los subproductos de la molienda de la madera, como los pedazos de corteza y pequeños trozos de madera, son llamados costera, y se usan como camas en gallineros y porquerizas (Del Castillo y Acosta, 2002).

Los conos de *P. chiapensis* son ricos en resina. Debido a esto, la gente en algunos pueblos rurales del sur de México usa los conos para el inicio de fuego para

cocinar. En el pasado, los conos fueron usados como antorchas, ya sea en casa o durante sus paseos nocturnos en el bosque. Se vendían en las tierras bajas de Usila, Sierra Norte de Oaxaca, para este propósito. En la actualidad, con el acceso generalizado a la electricidad, este uso ha desaparecido (Del Castillo y Acosta, 2002).

La resina se utiliza principalmente como fuente de combustible, también como un ungüento en heridas y fracturas óseas del hombre, además es aplicado con éxito en las heridas de los animales domésticos. La especie es usada como árbol de sombra en los huertos cerca de las casas, en las plantaciones de café y en los pastizales inducidos. En los ranchos tropicales en Veracruz, cerca de Zapotitlán, y en San Cayetano, Chiapas. Este pino es utilizado como cerca viva (Del Castillo y Acosta, 2002).

Por último, la madera se vendía también como fuente de pulpa para fabricación de papel industrial, antes de que la explotación comercial estuviera restringida, en lugares como Tanetze de Zaragoza, Sierra Juárez y Oaxaca. Cuando se quema, la madera de *P. chiapensis* no dura tanto como la de roble o la de otras maderas duras. Por lo tanto, el uso de este pino como leña para cocinar, en particular las ramas, no es raro en los pueblos rurales a través del rango de distribución de esta especie (Del Castillo y Acosta, 2002).

3 PRODUCCIÓN DE PLANTA EN VIVERO

3.1 Propagación

3.1.2 Propagación sexual

La floración plena de *P. chiapensis* ocurre en los meses de marzo y abril, los conos maduran 18 meses después, es variable dependiendo parcialmente de los factores ambientales y de la altitud, en la segunda quincena de agosto y primera de septiembre es la mejor época para su recolección ya que por lo general la semilla está bien formada y es viable. La dispersión de semilla ocurre en la segunda quincena de septiembre y durante octubre y noviembre se verifica la caída de los conos (Zamora y Velasco, 1977; Zamora y Castellanos, 1999).

Los conos de *P. chiapensis* pueden comenzar a madurar de julio a octubre, dependiendo de la ubicación geográfica. La maduración se indica cuando cambian de verde a marrón. Pueden abrir de una a dos semanas después de volverse marrones y pronto caducos; las semillas se desprenden de inmediato. En rodales naturales en Chiapas, México, el rendimiento en 160 kg de conos es de aproximadamente 1 kg de semillas (Zamora y Velasco, 1977).

Por lo tanto se requiere de una planificación cuidadosa para recolectar semillas con éxito, porque el período de maduración entre el cono y la dispersión de semillas es corto. Los conos se recogen en la mayoría de los estándares cuando se aplican las podas, de mediados de agosto a mediados de septiembre, utilizando pértigas y cortadores. Los conos se secan al exponerlos al sol por una a dos semanas, sin embargo, deben ser protegidos de la lluvia durante el proceso de secado (Zamora y Velasco, 1977).

Las semillas se quitan de los conos por agitación en un vaso grande o agitador mecánico, o en un agitador pequeño manual para pequeños lotes. Las semillas son desaladas por el roce o agitándolas, después se limpian con aire o flotándolas en el agua, por último se deben secar antes de su almacenamiento. Se debe utilizar un cuidado especial en el tratamiento para evitar el daño a las semillas ya que estas son

de capas finas. El promedio de semillas en Guatemala es de 52,000 por kg y en Chiapas, México de 80,000 por kg (Perry 1991; Zamora y Velasco, 1977).

Por otra parte existe relativamente poca información sobre la floración y producción de semillas de *P. chiapensis* cuando se planta como una especie exótica. En la región meseta, cerca de Popayán, Colombia, la floración ocurre en junio (Dvorak *et al.* 2000).

En una plantación de 17 años de edad, con 30 árboles por hectárea encontraron un promedio de cuatro semillas por cono y con menos de cinco conos por árbol. En la región de Mpumalanga, Sudáfrica, la floración comenzó desde los ocho años. Así mismo en los ensayos de CAMCORE la primera cosecha de conos fue a los 10 años de edad en masas con aproximadamente 70 % de sobrevivencia, los conos maduran en marzo y abril. En el sur de Brasil *P. chiapensis* florece temprano ya que Investigadores de Klabin (Fabricadora de papel y celulosa S.A) observaron flores en los árboles de los ensayos de CAMCORE a los seis años. El tiempo de floración de la especie se encuentra al final del invierno, en agosto y septiembre (Dvorak *et al.*, 2000).

Un factor a considerar dentro de las limitaciones que tiene *P. chiapensis* es el almacenamiento de la semillas, para lo cual hace difícil no sola la conservación de la especie si no también el uso del recurso genético (Wright *et al.*, 1996). La tasa de germinación de *P. chiapensis*, aunque es más baja que la de otros pinos, ha sido aceptable para semillas almacenadas hasta por dos años; mas allá de este lapso de tiempo, la germinación puede ser muy baja (Lambeth *et al.*, 1991). La recolección de semillas en Mesoamérica se produce a la altura de la temporada de lluvias. En consecuencia, el contenido de humedad de la semilla debe reducirse entre el 6 y el 9% antes de ser colocadas en almacenamiento en frío aproximadamente a 4 °C (Dvorak *et al.*, 2000).

Como ya se mencionó, un problema importante en el manejo de semilla en *P. chiapensis* es la velocidad a la que pierde su viabilidad, cuando se mantienen en almacenamiento en frío. Después de un año de almacenamiento, la viabilidad puede caer un 50% y después de tres años puede ser inferior al 5%. Si se tienen las semillas en un contenido de humedad superior al 10% puede contribuir a la rápida pérdida de la

viabilidad. Sin embargo se necesitan más investigaciones para determinar la causa real de este problema (Dvorak *et al.*, 2000).

Carrillo, *et al.*, (1980) realizaron un estudio con el fin de conocer el efecto que tiene el contenido de humedad de la semilla en el porcentaje de germinación de *P. chiapensis*; encontrando finalmente, niveles de variación de 1 a 40% de germinación para diferentes procedencias y tiempos de almacenamiento, indicando que el contenido de humedad de la semilla almacenada tiene un gran efecto sobre su viabilidad.

Se trabajaron cuatro lotes de semillas: dos de La Trinidad, San Juan del Bosque; una de Pueblo Nuevo, Solistahuacán; y una de el Panteón, Pueblo Nuevo, Solistahuacán, todas del estado de Chiapas. El estudio consistió en determinar los rangos de contenido de humedad en las semillas de *P. chiapensis*, almacenadas en una cámara fría (entre 0°C y 3°C) durante ocho meses; para lo cual, se tomo una muestra cada dos meses; de cada lote se obtuvo 0.300 kg de semilla, de esta muestra se separaron 0.006 kg para medir el contenido de humedad y, el resto de la semilla se llevó al laboratorio para efectuar análisis de germinación.

El análisis de germinación se realizó en estufa con condiciones controladas, a 22°C en cajas petri con papel filtro, se realizaron conteos cada siete días. Para obtener el porcentaje de humedad de las semillas, se utilizó el método de desecación en horno que consiste en tomar tres submuestras de 0.006 kg cada una y depositarlas en tres envases de vidrio refractario, previamente pesado en balanza analítica, posteriormente se depositaron en el horno durante 16 a 18 horas a temperaturas de 104 a 106°C, hasta obtener peso constante.

Se encontró que el patrón de comportamiento de *P. chiapensis* estuvo en relación directa con el contenido de humedad, esto es, a menor contenido de humedad de las semillas, mayor porcentaje de germinación. En el Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos para cada una de las procedencias; el contenido de humedad y porcentaje de germinación durante ocho meses, mientras que en el Cuadro 6 se presenta un promedio del porcentaje de germinación y contenido de humedad en semillas de *P. chiapensis* de todas las localidades evaluadas durante los ocho meses que duro el estudio (Carrillo *et al.*, 1980).

Como consecuencia se afirmó que el comportamiento en lo que a germinación se refiere de los lotes analizados, tuvo un comportamiento que podría considerarse normal, ya que los valores de contenido de humedad estuvieron dentro de los valores que se estiman como adecuados para el almacenamiento de semillas de gimnospermas (Carrillo *et al.*, 1980).

Por su parte Martínez (1997) realizó una evaluación de la germinación de semillas en *P. chiapensis* procedentes de cuatro localidades de Chiapas (Cuadro 7), bajo tres condiciones; en caja de petri, en parcela experimental expuesta a la luz y la otra parcela expuesta a la sombra, establecidas en San Cristóbal de las casas, los resultados más relevantes se presentan a continuación.

Las semillas obtenidas de 20 árboles de *P. chiapensis*, se colocaron el 21 de octubre en cajas de petri de plástico con papel secante como sustrato. Las cajas de petri fueron colocadas en un cuarto con luz solar indirecta a una temperatura promedio en el día de 23.5°C y durante la noche de 12°C. Al inicio de la prueba las semillas fueron tratadas con una solución fungicida de Captan^{MR} de 2 g/litro de agua, manteniéndose húmedas hasta el final del experimento.

Germinación en parcelas experimentales. El 15 y 16 de noviembre se sembraron 100 semillas de cada uno de los 20 árboles muestreados; se establecieron dos parcelas, una parcela se ubicó bajo el dosel cerrado de pinos y otra a la luz solar directa. Las semillas se colocaron sobre una capa de mantillo y hojarasca de pino-encino (2 a 3 cm de grosor) y se cubrieron con otra capa del mismo material, de aproximadamente 2.0 cm de grosor. Se simuló lo más posible las condiciones naturales que experimentan en el campo las semillas en esa época del año, posteriormente se registro la sobrevivencia a partir del día cinco de febrero.

Se encontró diferencias significativas entre la germinación en caja de petri (Cuadro 8) y las parcelas experimentales con sombra y a la luz. Las diferencias en el número de semillas germinadas entre parcelas a la luz y a la sombra no fueron significativas.

Cuadro 5. Contenido de humedad y porcentaje de germinación, en semillas almacenadas durante 8 meses, de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, de cuatro procedencias del estado de Chiapas.

Procedencia	2 meses		4 meses		6 meses		8 meses		Contenido de humedad promedio %
	Contenido de humedad %	Germinación	Contenido de humedad %	Germinación	Contenido de humedad %	Germinación	Contenido de humedad %	Germinación	
La Trinidad, San Juan del Bosque	9.3	1	9.7	7	8.6	2	8.3	4	8.9
La Trinidad, San Juan del Bosque	7.0	29	7.5	9	6.6	21	6.8	40	7.0
Pueblo Nuevo, Solistahuacán	9.0	9	12.3	9	7.8	13	7.3	20	9.1
El Panteón Pueblo Nuevo, Solistahuacán	8.4	25	8.3	28	6.9	18	6.9	39	7.6

Fuente: Carrillo *et al.*, 1980.

Cuadro 6. Germinación y contenido de humedad promedio en semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, de cuatro procedencias del estado de Chiapas.

Tiempo de almacenamiento (meses)	Germinación promedio %	Contenido de humedad promedio %
2	15.9	8.4
4	12.6	9.4
6	13.9	7.4
8	26.2	7.3

Fuente: Carrillo *et al.*, 1980.

Cuadro 7. Características y ubicación de cuatro localidades y ocho fragmentos estudiados en el estado de Chiapas.

Localidad en el estado de Chiapas	Fragmento	Coordenadas Latitud/Longitud	Altitud (msnm)	Clima	Temperatura °C	Precipitación (mm)	Suelo
Tentic	I	16°52' Norte 92°41' Oeste	1940	Templado subhúmedo con lluvias en verano	13.7	1024	Regosol
	II						
	III						
Magdalena Aldama	I	16°50' Norte	1550	Semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano	18.4 a	2077 a	Luvisol
	II	93°37' Oeste			22.5	2500	
San Cayetano	I	16°58' Norte	1660	Semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano	18.4 a	2077 a	Nitosol
	II	92°44' Oeste			22.5	2500	
San Miguel	I	17°03' Norte	1450	Semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano	18.4 a	2077 a	Nitosol
		92°43' Oeste			22.5	2500	

Fuente: Martínez (1997).

Las semillas provenientes de San Miguel, Chiapas mostraron el mayor porcentaje de germinación tanto en las parcelas a la luz y a la sombra como en cajas de petri (Cuadro 8). Solamente las semillas provenientes de Tentic, Chiapas mostraron un porcentaje de germinación menor que las semillas de San Miguel (Martínez, 1997).

Cuadro 8. Porcentaje de germinación de semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en cajas petri y en parcelas establecidas a la luz y a la sombra.

Localidad	Germinación			Número de semillas
	Porcentaje de germinación en cajas petri	Parcelas		
		Luz %	Sombra %	
Tentic	40.2	8.3	6.3	900
San Miguel	80.0	18.7	15.7	300
San Cayetano	68.4	15.6	1.2	500
Magdalena Aldama	42.7	16.7	8.3	300

Fuente: Martínez (1997).

En condiciones de sombra, el porcentaje y tiempo de germinación, así como la emergencia de plántulas fue menor que bajo luz directa. Si bien las plántulas se encontraron con mayor frecuencia en lugares expuestos a la luz, las semillas fueron capaces de germinar en las condiciones de baja luminosidad de la parcela bajo la sombra, aunque en menor proporción y velocidad que en la parcela expuesta a la luz (Martínez, 1997).

Martínez (1997), evaluó los días de germinación en cada una de las condiciones establecidas, encontrando que las semillas de las cuatro localidades estudiadas, comenzaron a germinar más rápido en cajas de petri que en parcelas establecidas a la luz y a la sombra (8, 25 y 54 días, respectivamente). El proceso de germinación fue más o menos continuo, terminando en un periodo de 44 días en las cajas petri, en 24 días en la parcela experimental a la luz solar y en 10 en la parcela experimental bajo la sombra.

Asimismo Martínez (1997), evaluó la sobrevivencia de las plántulas establecidas en parcelas a la luz y a la sombra, las plántulas establecidas en la parcela expuesta a la luz murieron en un intervalo de 68 días, observándose un patrón similar entre todas las localidades estudiadas; las plántulas establecidas en la parcela con sombra, únicamente emergieron dos plántulas que sobrevivieron menos de una semana. En

base a este estudio, sugiere que puede existir cierto nivel de diferenciación genético entre las poblaciones de *P. chiapensis* estudiadas, y que el aislamiento y reducción de sus poblaciones puede disminuir la viabilidad de la semillas y la fecundidad de los árboles.

García (1998) realizó un estudio para determinar la calidad de semilla, la cual se emplearía posteriormente para la producción de planta de *P. chiapensis* en vivero; para lo cual determinó los siguientes parámetros físicos y biológicos en semillas:

García (1998) menciona que para el número de semillas por kg, empleo la metodología recomendada por ISTA (International Seed Testing Associations). Para lo cual se contaron 10 submuestras de 100 y 500 semillas para conocer cuál de estas dos cantidades proporcionaba un resultado más exacto, a cada una de estas submuestras se le determinó su peso con la ayuda de una balanza analítica en gramos.

Se calculó la media de las 10 muestras con 100 y 500 semillas, para después calcular el número de semillas por gramo con la formula (1):

$$\text{Número de semillas/kg} = \frac{\text{No. De semillas en la muestra}}{\text{Peso en g de 1000 semillas}} \quad (1)$$

De la medida de los pesos de las 10 muestras se obtuvo el peso de las 100 y 500 semillas; el número de semillas por kg se obtuvo multiplicando los resultados calculados por 1000. De las 10 submuestras pesadas en las pruebas con 100 y 500 semillas, se obtuvo un peso medio. Según la ISTA, si el coeficiente de variación tiene un valor menor a 4 la prueba hecha para la estimación del número de semillas por kg es válida. En la prueba con 500 semillas se obtuvo un coeficiente de variación de 1.8 mientras que en la prueba con 100 semillas fue de 3.9, por lo que en el primer caso se considera un resultado más satisfactorio por tener un menor rango de variación con respecto a su media. En base a lo anterior García (1998) reporta que en un kg existen aproximadamente 64,666 semillas de *P. chiapensis*.

Para llevar a cabo el porcentaje de pureza en semillas, García (1998) empleó un lote de semillas, del cual obtuvo 3 submuestras al azar de 100 g cada una, mismas que se clasificaron en: semillas puras, semillas de otras especies y materia inerte. Una vez hecha la clasificación se determinó el peso en gramos. Cada uno de los componentes

se expresó en porcentaje respecto al peso de la muestra; para determinar el porcentaje de pureza se aplicaron las formulas 2, 3 y 4, para cada uno de los materiales respectivamente:

$$\% \text{ de pureza} = \frac{\text{Peso medio de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ de otras semillas e otras especies} = \frac{\text{Peso de las semillas}}{\text{Peso total e la muestra}} \times 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ de materia inerte} = \frac{\text{Peso medio de la materia inerte}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100 \quad (4)$$

Con lo anterior, García (1998) encontró que el porcentaje de pureza en un lote de semillas colectado de un bosque puro de *P. chiapensis* localizado en la población de San Juan, Juquila Vijanos, Oaxaca, fue de 81.73 %; el porcentaje de materia inerte de 18.27% y la semillas de otras especies se definió como trazas, por tener un porcentaje menor al 0.5%, según criterios definidos por la ISTA.

Así mismo García (1998) determinó el contenido de humedad en un lote de semillas de *P. chiapensis*, el trabajo consistió en pesar dos muestras de semilla de 15 gramos cada una, posteriormente, se colocaron en cajas de aluminio, a las que se les tomó su peso sin la semilla fresca y después con la semilla; los recipientes se colocaron en una estufa con una temperatura de 103°C durante 17 horas. Pasado este tiempo las cajas fueron extraídas y colocadas en una capsula criogénica para su enfriamiento y así obtener los pesos de cada una de ellas con la semilla seca. El contenido de humedad en el lote de semillas de *P. chiapensis* resultó de 16.18%; este resultado es solo una aproximación y no muy confiable, dado que la ISTA, establece que para determinar el contenido de humedad en semillas del género *Pinus* se debe de utilizar el método de destilación al tolueno.

Por otra parte, Carrillo *et al.* (1980) determinaron el contenido de humedad en semillas de *P. chiapensis* utilizando para esto la metodología de la estufa a baja temperatura constante, el cual fue de 7 a 9.9%.

De igual forma García (1998) realizó un ensayo de germinación con semillas de *P. chiapensis* procedente de Oaxaca; empleó un lote de semilla pura, sin ningún pretratamiento que pudiese favorecer la germinación. La finalidad del estudio fue conocer bajo qué condiciones de luz, temperatura y humedad se obtiene una mayor germinación, para lo cual, estableció tres ensayos bajo las siguientes condiciones:

Ensayo 1: la semilla se colocó en la sala de incubación de tejidos, utilizando como sustrato algodón humedecido con agua destilada a una temperatura constante de 24°C (según la ISTA se debe considerar un rango de 20 a 30 °C, para *P. strobus*), con luz durante las 24 horas del día (Cuadro 9).

Ensayo 2: la semilla se colocó en una estufa de secado, a una temperatura mínima de 22°C y una máxima de 25°C, las condiciones de luz no fueron favorables ya que esta muestra recibió luz únicamente cuando se llevaban a cabo los riegos (Cuadro 10).

Ensayo 3: las semillas se expuso a condiciones naturales de luz y temperatura en la comunidad de San Pablo Huitzo, Oaxaca, la temperatura mínima fue de 17°C y la máxima de 32°C, la cantidad de luz fue la que las semillas recibieron durante el día (Cuadro 11).

En los tres ensayos se realizó el primer conteo a los 7 días y el último a los 31; en los tres ensayos de germinación, sala de incubación de tejidos, estufa de secado y condiciones naturales, se obtuvo un porcentaje de germinación de 79., 76.7 y 9.5 %, respectivamente.

El mayor porcentaje de germinación se obtuvo en el ensayo establecido en la cámara de incubación de tejidos, donde la semilla recibió a luz natural y artificial durante las 24 horas, las condiciones de humedad fueron según los requerimientos del sustrato y la temperatura se mantuvo constante a 24°C, mientras que la exposición de la semilla de *P. chiapensis* en condiciones ambientales naturales, provoca un bajo porcentaje de germinación.

Cuadro 9. Porcentaje y días de germinación de semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el ensayo establecido en la cámara de incubación de tejidos.

Número de semillas	Semillas germinadas a los días						Semillas germinadas (%)	Semillas vanas (%)	Plántulas anormales (%)	Semillas no germinadas (%)
	6	11	16	21	26	31				
100	0	8	33	9	13	24	87	0	0	13
100	0	14	28	18	1	6	67	0	0	33
100	0	10	27	16	9	15	77	0	0	23
100	0	11	32	19	14	11	87	0	0	13
Media	0	10.7	30	15.5	9.2	14	79.5	0	0	20.5

Condiciones: temperatura mínima 24°C, máxima 25°C y promedio 24°C; se recibió luz durante las 24 horas del día (artificial y natural) los riegos fueron cada dos días y la variación en la temperatura fue de 1 °C. Tiempo transcurrido 31 días. Fuente: García (1998).

Cuadro 10. Porcentaje y días a la germinación de semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el ensayo en la estufa de secado.

Número de semillas	Semillas germinadas a los días						Semillas germinadas (%)	Semillas vanas (%)	Plántulas anormales (%)	Semillas no germinadas (%)
	6	11	16	21	26	31				
100	0	30	9	6	8	15	68	0	0	32
100	0	41	12	9	1	17	80	0	0	20
100	0	34	16	4	6	17	77	0	0	23
100	0	39	18	5	14	6	82	0	0	18
Media	0	36	13.7	6	7.2	13.7	76.7	0	0	23.2

Condiciones: temperatura mínima 22°C, máxima 25°C y promedio 21°C; se recibió luz por un tiempo aproximado de 15 a 20 minutos, los riegos se realizaron una vez por semana. Altura promedio de las plántulas 10.1 cm, tiempo trascurrido 31 días. Fuente: García (1998).

Cuadro 11. Porcentaje y días a la germinación de semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el ensayo establecido en San Pablo Huitzo, Oaxaca.

Número de semillas	Semillas germinadas a los días						Semillas germinadas (%)	Semillas vanas (%)	Plántulas anormales (%)	Semillas no germinadas (%)
	6	11	16	21	26	31				
100	0	0	4	2	4	1	11	0	0	89
100	0	0	4	3	4	0	11	0	0	89
100	0	1	2	1	1	2	7	0	0	93
100	0	3	3	0	3	0	9	0	0	91
Media	0	1	3.25	1.5	3	0.75	9.5	0	0	90.5

Condiciones: temperatura mínima 17°C, máxima 32°C y promedio 24°C. Altura promedio de las plántulas 3.0 cm; se recibió luz aproximadamente durante 12 horas y los riegos fueron diariamente, hubo surgimiento de hongos los cuales fueron controlados con riegos de captan; tiempo transcurrido 31 días. Fuente: García (1998).

En el ensayo establecido en la estufa de secado, las condiciones de luz fueron mínimas de aproximadamente 10 minutos, que fue el tiempo durante el cual se realizaron las lecturas; la humedad, debido a la poca exposición de las semillas a la luz se conservó hasta por un período de 5 a 6 días sin ser necesario la aplicación de riegos, lo que favoreció la germinación aún con la poca luz recibida.

El porcentaje de germinación más bajo se registró en la comunidad de San Pablo Huitzo, Oaxaca, debido a la variación en temperatura la cual se dio hasta de 15°C, los requerimientos de humedad fueron mayores debido al continuo resecamiento provocado por la luz natural, además de que se dio el surgimiento de hongos.

En este mismo estudio, García (1998) registró las semillas germinadas durante diferentes días; en la cámara de incubación de tejidos se dio el mayor promedio de germinación a los 16 días con treinta semillas germinadas; mientras que en la estufa de secado se registró a los 11 días con treinta y seis semillas germinadas, posteriormente comenzó a disminuir siendo el mínimo a los 21 días con seis semillas geminadas, mientras que en la cámara de incubación de tejidos fue de 15.5 semillas germinadas; finalizado el experimento a los 31 días siguió siendo mayor la germinación en la cámara

que en la estufa. En la prueba puesta bajo condiciones naturales en San Pablo Huitzo, Oaxaca, el mayor promedio de germinación se dió a los 16 días (Cuadro 9 al 11).

En relación a la época de maduración de los conos, en observaciones efectuadas en el arbolado del *Pinetum* del I.N.I.F, ubicado en el Distrito Federal, se observó que las especies en las que primero maduran los conos es *P. chiapensis* y *Pinus ayacahuite* en todas sus variedades, lo cual ocurre de mediados de octubre a fines de septiembre (Patiño, 1973).

En el citado lugar se registró que la época de apertura de los conos en *P. chiapensis* es de agosto a septiembre y la dispersión de la semilla es en septiembre (Patiño, 1973).

Zamora y Castellanos (1999), sugieren realizar la colecta, cuando los conos presentan una coloración amarillenta o café, tales características generalmente coinciden entre los meses de agosto y septiembre, periodo en el que se sugiere realizar la colecta.

Por otra parte Zamora y Castellanos (1999) mencionan que en Chiapas, la producción de conos de esta especie durante años semilleros es abundante, obteniéndose más de 150 conos por árbol (Cuadro 12). Los años semilleros se presentan cada 3 a 5 años, aunque esta especie anualmente presenta producción aceptable de semilla, aunque en menor cantidad comparada con los años semilleros.

En cuanto a extracción, limpieza y almacenamiento de semillas después que se efectúa la recolección, los conos son transportados a la planta de extracción, cuidándose debidamente la separación, etiquetado y su procedencia (Patiño, 1973).

Una vez que los conos se trasladan al lugar de procesamiento, los costales de fibra natural que contienen dichos conos, deben ser ubicados en lugares sombreados y bien ventilados (con la intención de evitar la presencia de hongos patógenos), durante de un tiempo estimado de una a dos semanas, con la finalidad de reducir la humedad y permitir la maduración fisiológica completa de la semilla (Zamora y Castellanos, 1999).

Cuadro 12. Producción de conos y semillas por árbol de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en cuatro áreas naturales, en Chiapas.

Localidad	Conos árbol ⁻¹	Peso de semilla Limpia (g)	Conos kg ⁻¹	No. De árboles evaluados
La Triidad Mpio. De San Juan del Bosque (1)	832	-	38	20
La Libertad Mpio. Canalhó (1)	820	-	-	31
La Triidad Mpio. De San Juan del Bosque (2)	236	39	38	20
Pueblo Nuevo Solistahuacán (2)	356	103	29	30
La Libertad Mpio. Canalhó (2)	414	18	-	30
Santa Cruz de los Pinos (2)	122	11	-	4

(1) Producción de árboles a granel (sin selección); (2) Producción de árboles selectos por fenotipo.

Fuente: Zamora y Castellanos (1999).

Posteriormente los conos son expuestos a los rayos del sol el tiempo necesario para su apertura, generalmente de una a dos semanas, con el fin de seguir disminuyendo la humedad y permitir que las escamas de los conos abran, esto facilita la extracción de semillas, lo cual es posible ya que el invierno en México es bastante seco, sin embargo, en la actualidad se están determinando en forma experimental las secuelas más adecuadas para abrir los conos en estufa, para disminuir el tiempo que esta operación requiere y que varía de acuerdo a la especie; en este caso *P. chiapensis* tiene una duración de una a dos semanas. En el caso de secado de estufa deberá ser a 30°C durante un día, el número de semillas por kg varía entre 59,000 a 80,000 (Patiño, 1973; Zamora y Castellanos, 1999).

Ya abiertas las escamas de los conos, se procede a la extracción de la semilla, lo cual se hace en golpeadoras de conos especialmente diseñadas, ya que la variabilidad en longitud de los conos de las especies de este género en México van desde 41 cm hasta 2.5 cm (Patiño, 1973).

El desalado de la semilla y finalmente a su limpieza, se efectúa en limpiadoras a base de tamices vibratorios. La separación de las semillas vana o vacías, se efectúa por corrientes de aire, lo cual permite obtener lotes de semillas con una pureza de 94 a 95% (Patiño, 1973).

Para la conservación de las semillas, ésta es tratada con fungicidas y almacenada en latas de lámina, su contenido de humedad debe reducirse de un nivel de 8 a 19% y estas deben ser almacenadas en cámaras frigoríficas a temperaturas cercanas 0°C. Bajo estas condiciones conservan su viabilidad hasta dos años, sin embargo se ha observado que la semilla refrigerada a temperaturas menores de 5°C decrece su viabilidad en ese período de tiempo a un 5%. De esta forma ha sido posible conservar semillas de muchas especies hasta por 10 años, sin que su viabilidad se vea afectada de manera significativa (Patiño, 1973; Zamora y Castellanos, 1999).

El porcentaje de germinación observado en condiciones de laboratorio, con semilla procedente de rodales naturales colectada el mismo año, es entre 40 y 80%, en campo se han registrado datos de germinación entre 8 y 18% (Zamora y Castellanos, 1999).

En cuanto a producción de semillas de *P. chiapensis* que se encuentran en el *Pinetum* de Coyoacán, provenientes de Puebla, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, y Guerrero se obtuvieron los siguientes datos:

- a) 18,437 conos por m³
- b) 5,043 Semillas por m³ de cono
- c) 59.25 kilogramos promedio de semilla

Así mismo se realizó un análisis de semillas, obteniendo los promedios totales sobre el particular, además del número de semillas viables por kg (38,567), valor calculado en función del número de semillas promedio por kg (59,334) y el porcentaje de germinación obtenido (65%) (Patiño, 1973).

Martínez (1997), realizó una evaluación en cuanto a producción total de conos en árboles de *P. chiapensis*. La producción total de conos en cada árbol se obtuvo a partir del número de conos presentes en una porción de la copa, el valor que encontró lo multiplico por la parte proporcional. Se bajaron conos de un total de 20 individuos. En los árboles de gran altura (>25 m) no fue posible estimar su fecundidad, debido a la dificultad de escalarlos. Las colectas se llevaron a cabo del 9 al 27 de septiembre, durante la época de maduración de las semillas y antes de que se observara la dispersión de estas.

El número de conos varió ampliamente, de 4 a 700. Solo los árboles mayores de 26 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho) fueron reproductivos; la mayor producción de conos se presentó en individuos de 45 a 65 cm de DAP y la menor en los árboles con DAP mayores de 88 cm.

Así mismo para estimar la producción de semillas, Martínez (1997) examinó de 11-25 conos maduros por árbol, con el propósito de obtener el número total de semillas producidas por cono, considerando semilla llena si esta era firme y su tamaño era aproximadamente de 0.5 cm de longitud, sin ala.

Para obtener el número potencial de semilla que puede producir un cono, se contaron todas las escamas mayores de 2.0 cm de longitud, excluyendo de 2 a 4 escamas del extremo apical y de 12 a 16 del extremo basal, en donde no se detectó producción de semilla. El valor encontrado se multiplicó por dos, que es el número máximo de semilla por escama. El número de semillas llenas y potenciales se utilizó para calcular la proporción de semillas llenas por cono.

Aquí únicamente se encontraron diferencias significativas entre Tentic, con cada una de las otras tres localidades respecto al número y proporción de semilla llena por cono. En general, se encontraron diferencias significativas en la proporción y número de semillas llenas por cono entre las localidades. En el Cuadro 13 se muestra la media y la proporción de semilla llena por cono para 4 localidades estudiadas en el estado de Chiapas.

La mayor proporción de semillas llenas por cono y los más altos porcentajes de germinación se encontraron en el fragmento I de San Miguel y fragmento II de San Cayetano, que fueron los fragmentos con mayor densidad de árboles reproductivos de *P. chiapensis* (>26 cm de DAP). Sin embargo, no se encontró una correlación entre la densidad de árboles de esta especie con la proporción de semillas llenas por cono, ni tampoco entre la densidad y el porcentaje de germinación.

Cuadro 13. Número promedio y proporción de semilla llena por cono de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en cuatro sitios del estado de Chiapas.

Localidad	Promedio de semillas por cono	Proporción de semilla llena por cono	Conos evaluados	Número de árboles
Tentic	46.9	0.44	187	9
San Miguel	69.2	0.58	58	3
San Cayetano	72.9	0.59	109	5
Magdalena Aldama	64.8	0.59	53	3

Fuente: Martínez (1997).

La diferencia entre localidades respecto a la producción de semillas y su capacidad germinativa puede sugerir que las diversas poblaciones en los fragmentos están relativamente aisladas unas de otras y existe cierto nivel de diferenciación genético, causado por el aislamiento y el tamaño pequeño de las poblaciones (Martínez, 1997).

3.1.2 Propagación asexual

Cuando la producción de la semilla no está garantizada, la propagación vegetativa ofrece una gran ventaja. El manejo de los setos para producir las estacas para el enraizamiento es factible, aunque en *P. chiapensis* está a nivel de investigación (Wright *et al.*, 1996).

En un estudio en el año 1990 Smurfit Cartón de Colombia indicó que la especie era difícil de propagar; sin embargo indicaron que con la evolución en la mejora de las instalaciones y una mejor tecnología, los investigadores colombianos no tendrían dificultad en la propagación de las plántulas jóvenes de *P. chiapensis*; en Brasil, Klabin fabricadora de papel y celulosa han producido coberturas de *P. chiapensis* y los informes indican que los esquejes forman raíces satisfactorias (Dvorak *et al.*, 2000).

3.2 Producción de planta

3.2.1 Siembra

La siembra para *P. chiapensis*, se sugiere realizarla durante los meses comprendidos entre mayo, junio y julio, época en que las condiciones de temperatura y humedad son más favorables. Al hacerlo en este periodo se permite alcanzar

porcentajes de germinación entre 30 y 60 % cuando se utiliza semilla colectada en la última temporada y se reduce el tiempo necesario para la formación de las primeras hojas cotiledonares de 15 a 20 días (Zamora y Castellanos, 1999).

Las semillas deben ser sembradas a una profundidad de 1 cm en un medio estéril, a la luz y que se proporcione una buena aireación y humedad. Las plántulas de *P. chiapensis* son susceptibles a la contracción de enfermedades. Por lo tanto, el sustrato debe ser estéril o puede ser necesario el riego con un fungicida (Wright, *et al.*, 1996).

En la etapa de vivero, *P. chiapensis* se ha observado con una apariencia amarilla del follaje así como un pobre y fibroso sistema radicular, síntomas del crecimiento lento (Wright, *et al.*, 1996). Algunos responsables de viveros han tenido dificultad para levantar las plantas de semillero de *P. chiapensis* debido a que no han podido darse cuenta de que la especie se desarrolla de manera diferente a los pinos duros tropicales de rápido crecimiento como *P. caribaea* var. *hondurensis* (Senecl) Barr. & Golf. y *P. tecunumanii* (Schw) Eguiluz & Perry. *P. chiapensis* crece a una altura de aproximadamente 10 cm y se detiene el crecimiento sobre el suelo para permitir el desarrollo de la masa crítica de las raíces laterales. Después de que el sistema radicular se establece, se reanuda el desarrollo en crecimiento (Dvorak *et al.*, 2000).

En contraste, la mayoría de los pinos duros tropicales crecen continuamente en el vivero. Responsables de viveros, sin entender las fases de crecimiento de *P. chiapensis*, han aplicado fuertes dosis de fertilizante a las plantas durante su etapa de reposo, las cuales pueden agravar y/o matar las plantas de semillero, y también han aplicado un exceso de riego e inundando sus raíces (Dvorak *et al.*, 2000).

El manejo de vivero en *P. chiapensis* es esencialmente el mismo que se utiliza para otros pinos tropicales, con la excepción de la duración. La mayoría de los pinos necesitan sólo de cinco a seis meses en el vivero (Lambeth, *et al.*, 1991). El tiempo de permanencia que requieren las plántulas de *P. chiapensis* es de 10 a 12 meses, es decir el doble de tiempo que otras especies de pino (Wright *et al.*, 1996).

En Colombia, los viveros para la producción de planta de la misma especie, se han ubicado a 1500 m de altitud con una temperatura relativamente uniforme durante

todo el año, con un promedio de 20 °C y donde los hongos de vivero son manejables y no más graves que los de otros pinos. Los fungicidas se aplican con regularidad. La inoculación de micorrizas se realiza por aspersión en la parte superior de las bolsas de vivero. Es probable que un régimen de manejo diferente en el vivero, tal vez con una poda más frecuente de raíces podría mejorarse la calidad de plántulas de *P. chiapensis* (Lambeth *et al.*, 1991).

La arquitectura de la raíz en *P. chiapensis* puede explicar la falta de respuesta a tratamientos de fertilización en el vivero y, se sugiere que el incremento de la altura en el vivero no es un buen indicador del desarrollo de las raíces bajo tierra. La arquitectura de la raíz de esta especie, también puede explicar el por qué es a menudo la alta mortalidad el primer año, después de la siembra sobre el terreno en muchos lugares (Dvorak *et al.*, 2000).

En un estudio sobre el efecto de la poda de las raíces sobre el crecimiento de las plántulas de ocho familias de medios hermanos de *P. chiapensis* de Teotlaxco, Oaxaca, las raíces se podaron cuando los tallos tuvieron 24 cm de altura, dicho tratamiento aceleró en un mes el establecimiento de la yema terminal. El crecimiento del tallo también fue más rápido que en las plántulas no podadas. Además, las plántulas podadas tuvieron 70% más micorriza por mm² de superficie de raíz que las plántulas no podadas (Dvorak, 1992).

3.2.1 Tipo de envase

García (1998) empleó bolsas de polietileno negro, las cuales fueron perforadas con un sacabocados, haciendo un agujero en la parte media y en las dos esquinas inferiores para ayudar a la filtración del agua, evitando el estacionamiento de la humedad al momento de los riegos.

La siembra directa en envases de polietileno es el método más recomendable, dado que evita la etapa de transplante de almácigo a envase. En Chiapas se utilizan envases de polietileno para propagar a *P. chiapensis*, recomendando utilizar envases de más de un litro de volumen de tierra, con dimensiones de 20 x 20 cm o 20 x 25 cm para plantas que serán llevadas al campo con edades entre los 8 y 12 meses, con alturas entre los 30 y 40 cm (Zamora y Castellanos, 1999).

En Colombia, las semillas de *P. chiapensis* se han sembrado en bolsas plásticas negras, utilizando como sustrato 125 cm³ de suelo orgánico, mezclado con 25% de carbonilla (subproducto del carbón quemado) (Lambeth *et al.*, 1991).

Así mismo *P. chiapensis* se ha sembrado en bandejas Jiffy-pellets y en bolsas de plástico de diferentes dimensiones. En Guatemala y el sur de México, para incrementar las plantas de semillero es común ver grandes bolsas de plástico negro con rico suelo. Smurfit Cartón de Colombia utiliza bandejas de 40-tubos, cada tubo con una capacidad de 125 cm³. También utilizan una pastilla de turba Jiffy (turba prensada utilizada para la siembra y para hacer esquejes, las cuales están elaboradas a base de sustratos) con una capacidad de 34 cm³ (Dvorak *et al.*, 2000).

3.2.2 Tipo de sustrato

En Colombia el tipo de sustrato que se ha utilizado para *P. chiapensis* está compuesto por partes iguales de aserrín, ceniza carbonizada y subsuelo mineral mezclado con materia orgánica. El pH de las camas medias es de 5.5 a 6.0. Las semillas se germinan primero y luego se pincha en los contenedores. SAFCOL (Sudáfrica) utiliza con éxito el abono de corteza de pino (*P. patula* Loock). En Klabin, Brasil las semillas se siembran en tubos con 56 cm³ de capacidad, llenos de un medio de sustrato compuesto por 25% vermiculita y 75% compuesto por corteza de pino (Dvorak *et al.*, 2000).

3.2.3 Fertilización

Es necesaria la información nutricional para *P. chiapensis* (Dvorak *et al.* 1996), ya que se desconoce la necesidad de nutrientes de las plantas en el vivero, y aunque este problema es característico en todas las nuevas especies, es difícil de solucionar cuando se cuenta con una baja disponibilidad, tanto de semillas como de árboles (Wright *et al.*, 1996). En Colombia los únicos fertilizantes usados son el bórax (68%) y NPK (15-38-10) (Lambeth *et al.*, 1991).

García (1998) realizó un ensayo sobre el efecto de la fertilización en el crecimiento inicial de plántulas de *P. chiapensis*, para lo cual estableció 19 tratamientos con fertilizante (A) y sin fertilizante (B), en base a proporciones de diversos sustratos;

evaluó altura y diámetro en las plántulas. El ensayo con fertilizante se realizó aplicando 185 g de fertilizante triple 17 en un metro cúbico de suelo.

Como sustrato en el almácigo, empleó una mezcla de suelo con 50% de tierra de monte, 25% de yocuela y 25% de arena de río; una vez hecho el sustrato se obtuvo un volumen de 0.229 m³ de suelo, de este total se agregó un 30% de agrolita para favorecer el drenaje del agua y así evitar problemas de *Danping-off*. El material para los almácigos consistió en cajas de madera de 0.80 m de largo x 0.40 m de alto, descubiertas de la parte superior e inferior.

Se conformaron 19 tratamientos en base a proporción de los sustratos en la mezcla; los sustratos fueron, tierra de monte, arena de río y yocuela, previamente cribados para evitar los agregados, piedras y basura que pudieran afectar el desarrollo de las plántulas en el vivero (Cuadro 14). Los envases con el cepellón se colocaron en platabandas de un metro de ancho por 10 m de largo, las bolsas se separaron a una distancia de 20 cm para evitar que las plántulas tuviesen competencia por luz y espacio. Para disminuir el resecamiento de las plántulas, se colocó una protección de malla de media sombra en las platabandas a una altura de 1.10 m.

A cada uno de los sustratos se les determinó el pH, porcentaje de materia orgánica y textura, esto con la finalidad de conocer el mejor desarrollo de las plántulas bajo condiciones de vivero.

El mayor porcentaje de materia orgánica se encontró en el tratamiento número 8 con 25.99% y consistió en un 100% de tierra de monte, el suelo con menor porcentaje de materia orgánica fue el tratamiento 1 con 1.34%, hecho con el 100% de arena de río. Los suelos cuya textura fue definida como migajón arenoso son suelos básicos, con un rango de materia orgánica de 13.66% a 25.99%; los suelos con textura de arena resultaron ser suelos básicos con valores de pH mayores a 7.0, a excepción del tratamiento 2, el cual presentó un pH de 5.87 y es clasificado como un suelo ácido, los suelos con este tipo de textura poseen un porcentaje de materia orgánica de 1.34% al 11.31%; por último los suelos de arena migajonosa van de un 7.50% al 22.59% de materia orgánica y son suelos clasificados como ácidos (Cuadro 14).

La primera evaluación se realizó transcurridos los primeros 15 días después del trasplante, posteriormente cada 15 días durante 8 meses. Los parámetros registrados fueron altura y diámetro, con y sin fertilizante.

Los resultados en altura en el ensayo con fertilización, el tratamiento más favorable para esta fue el 16A, las plántulas mostraron 8.8 cm; este tratamiento estuvo constituido por 25% de arena de río, 75% de tierra de monte y 0% de yocuela, textura migajón-arenosa, pH de 5.5 y 19.82% de materia orgánica. El tratamiento menos favorable fue el 1A, las plántulas presentaron una altura de 5.2 cm; este tratamiento consistió en 100% de arena, 0% de tierra de monte así como de yocuela, textura arenosa, pH de 7.6 y 1.34 de materia orgánica (Cuadro 15).

En el ensayo sin fertilización, el tratamiento más favorable fue el 8B, las plántulas alcanzaron una altura de 8.1 cm, este tratamiento consistió en 0% de arena y yocuela y 100% de tierra de monte, pH de 5.1 y 25.9% de materia orgánica. El tratamiento menos favorable fue el 5B, las plántulas mostrando 5.3 cm de altura; este tratamiento estuvo constituido de 0% de arena y tierra de monte y 100% de yocuela, textura migajón arenosa, pH de 6.2 y 14.4% de materia orgánica (Cuadro 15).

García (1998) en su análisis de varianza, entre los tratamientos encontrando diferencias altamente significativas en los ensayos con y sin fertilizante sobre el incremento en altura, en las plántulas de *P. chiapensis* por lo que al menos un tratamiento fue diferente.

García (1998) realizando la agrupación de medias utilizando la prueba de Duncan con un nivel de confiabilidad de 5%, para la altura en las pruebas con y sin fertilizante, en los tratamientos 16A, 8B y 8A, determinó que son estadísticamente iguales, es decir no tienen diferencias significativas, de igual forma en los tratamientos 8B, 8A, 18A, 10A y 16B no detectó diferencia significativa, pero comparándolos con el tratamiento 16A demostró que si existe diferencia significativa y con esto complementó su análisis de varianza, de que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

Por otra parte, los resultados en diámetro en el ensayo con fertilización, el tratamiento más favorable para esta variable, al igual que en altura, fue el 16A, las

plántulas alcanzaron 0.1646 cm de diámetro; este tratamiento estuvo constituido por 25% de arena de río, 75% de tierra de monte y 0% de yocuela, textura migajón-arenosa, pH de 5.5 y 19.82% de materia orgánica. Los tratamientos menos favorables fueron el 1A y el 15A, las plántulas presentaron un diámetro de 0.08 cm; estos tratamientos consistieron en 100% de arena, 0% de tierra de monte y yocuela, textura arenosa, pH de 7.6 y 1.34% de materia orgánica para el tratamiento 1A; mientras que para el 15A las proporciones fueron de 75% de arena, 0% de tierra de monte y 25% de yocuela, textura arenosa, pH de 8.5 y 5.1% de materia orgánica (Cuadro 15).

En el ensayo sin fertilización, el tratamiento más favorable para el diámetro al igual que en altura fue el 8B, las plántulas alcanzaron un diámetro de 0.14 cm, este tratamiento consistió en 0% de arena y yocuela, y 100% de tierra de monte, pH de 5.1 y 25.9% de materia orgánica. El tratamiento menos favorable fue el 15B, las plántulas mostraron 0.0903 cm de diámetro; este tratamiento estuvo constituido de 0% de arena y tierra de monte y 100% de yocuela, textura migajón-arenosa, pH de 6.2 y 14.4% de materia orgánica (Cuadro 15).

De igual forma García (1998) realizó el análisis de varianza para el diámetro, entre los tratamientos en los ensayos con y sin fertilizante, el observó que entre los tratamientos existe diferencia altamente significativa en los ensayos con y sin fertilizante sobre el desarrollo en el diámetro, en las plántulas de *P. chiapensis* y que por menos un tratamiento fue diferente.

García (1998) con la agrupación de medias, para el diámetro en los ensayos con y sin fertilizante, en los tratamientos 16A, 8A, 8B, 14B y 1B no encontró diferencia significativa por lo que los tratamientos fueron iguales estadísticamente, el tratamiento 16B no tuvo diferencia significativa con los tratamientos 8A, 8B, 14A y 1A, pero si halló diferencia significativa con respecto al tratamiento 16A, con lo que complemento el análisis de varianza, en donde al menos uno de los tratamientos fue diferente a los demás.

En lo que respecta únicamente al sustrato, el tratamiento que no favoreció el desarrollo de las plántulas en altura fue el 5B, con el 100% de yocuela; mientras que

para el diámetro fue el 6B, el cual consistió en el 33% de arena y el 66% de yocuela, con un pH de 8.37, 11.31% de materia orgánica y una textura de arena. Los sustratos con pH alcalino arriba de 8 no son propicios para el desarrollo de las plántulas de *P. chiapensis* bajo condiciones de vivero, sin embargo, los sustratos con pH moderadamente ácido favorecen el desarrollo de la especie (García, 1998).

3.2.4 Control sanitario

García (1998) desinfectó el sustrato empleado utilizando vapor, esto se hizo introduciendo en un costal de ixtle la mezcla, la cual fue colocada sobre una parrilla dentro de un tambo de 200 litros, el tambo fue colocado en fuego hasta alcanzar una temperatura de 120°C. Para evitar la salida del vapor el tambo fue tapado con una loseta de cemento, la duración de esta operación fue de 90 minutos para posteriormente dejar enfriar el tambo con el sustrato por 24 horas. Para la desinfección del sustrato, utilizó riego con Captán^{MR} en proporción 1:25 como solución fungicida.

Entre las principales causas de la muerte de las plántulas de *P. chiapensis* está la enfermedad conocida como ahogamiento, secadera, mal de semillero damping off, que ocurre con más intensidad en la época lluviosa. Esta enfermedad es causada por un complejo de hongos de los géneros *Phytium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Phytophthora* entre otros. Para prevenir este mal se agrega formol diluido al 3% al sustrato, aplicando 18 litros de esta mezcla por cada m³ de tierra, se cubre posteriormente con un plástico por 48 horas; transcurrido este tiempo es conveniente destapar y remover el suelo para ser utilizado 15 días después (Zamora y Castellanos, 1999).

Cuando se detecta la presencia de insectos como gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), hormiga arriera (*Atta* sp.) o gusano soldado (*Pseudaletia*) se sugiere aplicar Volatón 5% G en dosis de 4 gramos por m² en los semilleros; en el caso de las plantas envasadas la proporción debe ser similar (Zamora y Castellanos, 1999).

Otra plaga que puede aparecer cuando la humedad es excesiva es la babosa (*Vaginalus* sp.), para el control se sugiere aplicar cal en proporción de 1 a 2 gramos por planta (Zamora y Castellanos, 1999).

Cuadro 14. Tratamientos en el ensayo de fertilización en plántulas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en base al tipo de sustrato, textura, pH y materia orgánica.

Tratamiento	Proporciones	Arena (%)	Tierra de monte (%)	Yocuela (%)	Textura	pH	Materia orgánica (%)
1	1:3	100	0	0	Arena	7.59	01.34
2	1:3	66	33	0	Arena	5.87	09.64
3	1:3	66	0	33	Arena	8.30	06.32
4	1:3	33	33	33	Arena migajonosa	6.29	14.45
5	1:3	0	0	100	Migajón arenoso	8.07	16.48
6	1:3	33	0	66	Arena	8.37	11.31
7	1:3	0	33	66	Migajón arenoso	6.71	19.45
8	1:3	0	100	0	----	5.16	25.99
9	1:3	33	66	0	Migajón arenoso	6.46	17.59
10	1:3	0	66	33	Arena migajonosa	6.39	22.59
11	1:2	50	50	0	Migajón arenoso	6.01	13.66
12	1:2	50	0	50	Arena	8.04	08.91
13	1:2	0	50	50	Migajón arenoso	6.36	21.23
14	1:4	75	25	0	Arena migajonosa	6.27	07.50
15	1:4	75	0	25	Arena	8.59	05.12
16	1:4	25	75	0	Migajón arenoso	5.51	19.82
17	1:4	25	0	75	Arena migajonosa	8.28	12.69
18	1:4	0	75	25	Migajón arenoso	5.75	23.61
19	1:4	0	25	75	Migajón arenoso	6.79	18.85

Fuente: García (1998).

Cuadro 15. Altura y diámetro de plántulas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, tratadas con y sin fertilización química durante 8 meses de estancia en vivero.

Tratamiento	Con fertilización química		Tratamiento	Sin fertilización química	
	Altura media (cm)	Diámetro medio (cm)		Altura media (cm)	Diámetro medio (cm)
1A	5.2808	0.0896	1B	5.8787	0.1068
2A	6.9941	0.1215	2B	5.7774	0.1036
3A	6.1795	0.0975	3B	5.7648	0.0956
4A	6.6945	0.1087	4B	6.4141	0.1122
5A	5.6000	0.0936	5B	5.3858	0.0882
6A	5.3826	0.0913	6B	5.5500	0.0880
7A	7.2064	0.1078	7B	6.7080	0.1067
8A	8.0554	0.1525	8B	8.1551	0.1420
9A	6.8000	0.1104	9B	6.8255	0.1105
10A	7.6148	0.1259	10B	7.3718	0.1137
11A	6.7529	0.1154	11B	7.2345	0.1157
12A	5.4570	0.0975	12B	5.7421	0.0910
13A	6.4404	0.1063	13B	6.9514	0.1174
14A	6.4250	0.1200	14B	6.0102	0.1136
15A	5.6913	0.0874	15B	5.4513	0.0903
16A	8.8087	0.1646	16B	7.3986	0.1274
17A	5.3850	0.0925	17B	5.5281	0.0936
18A	7.8828	0.1280	18B	7.0679	0.1112
19A	7.0257	0.1134	19B	5.8644	0.0962

Fuente: García (1998).

Para la protección contra animales es recomendable proteger las plántulas a través de la utilización de mallas; estos animales llegan a afectar tanto a las semillas sembradas como a las plántulas, entre otros son pájaros y roedores principalmente. Las plántulas mal desarrolladas o dañadas deben ser eliminadas (Zamora y Castellanos, 1999).

García (1998) en su experimento sobre producción de planta de *P. chiapensis*, colocó en el almacigo una protección de malla media sombra a una altura de 90 cm, para evitar la depredación por pájaros y/o roedores.

3.2.5 Labores culturales

Es importante la aplicación de riegos para *P. chiapensis* lo cual nos permite mantener el suelo húmedo, la cantidad y frecuencia de estos riegos es variable dependiendo de las condiciones ambientales y de las características del suelo, en general se sugiere la aplicación de un riego diario durante el primer mes y después cada tercer día cuando no llueva (Zamora y Castellanos, 1999).

Se sugiere realizarlos con regadera o manguera de aspersión fina, los riegos deben realizarse en la mañana o en la tarde, en proporciones de aproximadamente 18 litros de agua por m² (Zamora y Castellanos, 1999).

Para *P. chiapensis* es necesario la remoción de macetas y poda de raíces. Esta actividad es importante de realizarla en plantas con envase para evitar que enraícen en el vivero. Las macetas deberán removerse cada tres meses aproximadamente, cortando con tijeras de podar las raíces que salen del envase y regando inmediatamente esto para evitar que se dañen o se dificulte su extracción antes de ser trasladadas al campo (Zamora y Castellanos, 1999).

En la medida de las posibilidades, es recomendable colocar plástico en la superficie del suelo sobre el cual se colocan las macetas, esto con la finalidad de que las raíces no entren en contacto directo con el suelo y poder evitar de esta manera la remoción y poda de las raíces (Zamora y Castellanos, 1999).

Los deshierbes en el vivero de *P. chiapensis* es muy importante de realizarla ya que la presencia de malezas provoca alta competencia por luz, agua y nutrientes con la

especie de interés, además que puede ser un elemento trasmisor de plagas. Esta actividad se sugiere efectuarla en forma periódica, de tal forma que la maleza no alcance alturas mayores que el pino (Zamora y Castellanos, 1999).

3.2.6 Tiempo requerido para la producción de la especie

García (1998) realizó el trasplante de plántulas 15 días después de la germinación y transcurridos 31 desde la siembra de la semilla, las plántulas tenían una altura de 3.5 cm; la colocación de las plántulas se realizó en hoyos 8 mm de diámetro y 5 cm de profundidad sobre el cepellón del envase, una vez colocada la plántula se apretó la tierra evitando dejar espacios de aire, que pudiesen fomentar la propagación de hongos.

Cuando la planta de *P. chiapensis* alcance una altura aproximada de 30 a 40 cm se procederá a la plantación y esto deberá hacerse una vez establecida la temporada de lluvias. Esta puede ser desde el mes de mayo hasta agosto para asegurar que toda la humedad sea aprovechada (Zamora y Castellanos, 1999).

Plántulas menores de lo indicado no tienen bien desarrollado su sistema radicular, por lo que la plantación tiene mayores riesgos de sufrir tensión fisiológica y morir, mas aun si coincide con algún periodo de sequia (Zamora y Castellanos, 1999).

P. chiapensis requiere 10 a 12 meses en condiciones de vivero para alcanzar un tamaño adecuado para plantaciones, que es casi el doble de la cantidad de tiempo requerido para otras especies de pino (Wright *et al.*, 1996). La organización sudafricana, SAFCOL, mantuvo a *P. chiapensis* en el vivero durante 18 meses para desarrollar plantas resistentes. Otros viveros han permitido un mejor desarrollo del sistema radical causando que las plántulas se desarrollen más rápidamente en el campo después de haber sido establecidas (Dvorak *et al.*, 1996).

En Colombia, la mayoría de los pinos permanecen en el vivero de cinco a seis meses, mientras que *P. chiapensis* requiere de ocho meses para alcanzar el tamaño de trasplante; ya que esta especie en vivero, se caracteriza por presentar una apariencia amarilla del follaje con un pobre y fibroso sistema radicular, síntomas de crecimiento lento (Lambeth *et al.*, 1991).

4 MANEJO DE LAS PLANTACIONES

4.1 Preparación del terreno y sistemas de plantación

Las áreas a plantar deben reunir de preferencia condiciones ambientales (temperatura, precipitación, suelo) similares al área de distribución natural de *P. chiapensis*, bajo el supuesto de que es una especie adaptada a las condiciones locales y que se tienen mayores probabilidades de desarrollo adecuada (Zamora y Castellanos, 1999).

Los métodos de preparación del terreno utilizados son los manuales o mecanizado, o la combinación de ellos, el más usado para las condiciones (ambientales y económicas) de los estados del sur de México es el método manual. Una vez que el terreno se limpia, se procede a la apertura de las cepas para recibir la planta (Zamora y Castellanos, 1999).

En cuanto a los sistemas de plantación, una sería utilizar aquel que se adapte de acuerdo a las condiciones de clima y suelo prevalecientes en el lugar de plantación. El sistema más utilizado para suelos de buena calidad es el sistema de cepa común, el cual consiste en abrir hoyos o cepas en el terreno de 40 x 40 x 40 cm, utilizando para el efecto un pico o barreta, pala recta o cavahoyos (Zamora y Castellanos, 1999).

También se pueden realizar mediante métodos mecánicos en terrenos accesibles, empleando una barrena modelo G-59 con borne de nueve pulgadas de diámetro para toma de fuerza de tractor agrícola. Se recomienda que al hora de plantar la plántula de *P. chiapensis*, invertir la posición del suelo extraído, es decir que la tierra superficial removida al momento de abrir la cepa, se deposite en el fondo de la cepa, y la tierra que originalmente estaba en el fondo se coloque ahora en la parte superficial, esto con la finalidad de aportar mayores nutrimentos a las raíces. Dentro de la cepa se coloca la planta despues de quitarle el envase o bolsa de plástico para liberar y distribuir bien la raiz, procurando que el cuello de la raiz quede a nivel del suelo (Zamora y Castellanos, 1999).

4.2 Densidad de la plantación

La distribución de la plantación se sugiere se efectue siguiendo un arreglo en tresbolillo, es decir formando triángulos, cuyos lados sean la distancia entre árboles. El espaciamiento entre plantas puede determinarse después de considerar algunos factores como: fertilidad del suelo, pendiente del terreno, hábito de crecimiento radical y aéreo de la especie y el objetivo básico de la plantación (Zamora y Castellanos, 1999).

Para producción de madera se sugiere en densidades entre 1,000 y 2,500 árboles por hectárea; es decir un espaciamiento de 2 a 3 m (Zamora y Castellanos, 1999). En Colombia *P. chiapensis* comúnmente se siembra a 3.0 x 3.0 m de separación. A un año de edad los árboles tienen alrededor de 0.9 m de altura (Dvorak *et al.*, 2000).

4.3 Transporte de la planta

El traslado de las plantas de *P. chiapensis* del vivero al terreno debe hacerse, en la medida de lo posible, el mismo día o un día antes de iniciar la plantación para evitar que la planta se marchite. Durante el traslado se debe evitar que las plantas se maltraten y que se salga la tierra de las bolsas de plástico (Zamora y Castellanos, 1999).

4.4 Protección

Para la protección contra plagas de *P. chiapensis*, en la plantación se requiere vigilar y detectar los posibles agentes patógenos o síntomas de ataque, e identificarlos para tomar medidas de control silvicultural, biológico, químico o mecánico según amerite el caso. Las plagas más comunes que se han detectado son los descortezadores *Dendroctonus spp.* barrenadores como *Rhyacionia sp.* y defoliadores como son *Hylesia frígida* y *Noediprion sp* (Zamora y Castellanos, 1999).

P. chiapensis necesita protección contra el fuego. Para prevenirlo se deben cercar las plantaciones o bien realizar rondas o brechas corta fuego en toda el área de la plantación en los meses de marzo y abril, eliminando los materiales de fácil combustión, en una faja de cuando menos 4 o 5 m de ancho (Zamora y Castellanos, 1999).

4.5 Mantenimiento

Para *P. chiapensis* es necesario realizar labores de deshierbes los cuales debe realizarse durante los primeros 3 años, pueden efectuarse en forma manual utilizando herramientas tales como machete, azadón o en forma química a través de la aplicación de herbicidas glifosato al 2%. Esta actividad debe hacerse en cajetes de 1 m de diámetro alrededor de la planta (Zamora y Castellanos, 1999).

El tipo de aclareos aplicados a *P. chiapensis*, son cortas que se sugiere realizar en plantaciones jóvenes con la finalidad de estimular el crecimiento de los árboles remanentes y para incrementar la cosecha total de materia útil de la plantación; pueden ser cortas de individuos mal conformados o cortas de saneamiento que consisten en eliminar árboles plagados, enfermos, muertos o dañados por otras condiciones ambientales. Se recomienda realizarlos después de los 6 años, cuando la cobertura de la copa de los árboles entren en competencia y las ramas de diferentes árboles se enlacen (Zamora y Castellanos, 1999).

P. chiapensis requiere podas, lo cual es una operación importante en plantaciones cuyo producto final es la materia aserrada. Los árboles se podan aproximadamente a 20% de la altura total del fuste hasta los seis años y gradualmente este porcentaje se incrementa según se requiera (Zamora y Castellanos, 1999).

Debido a que esta actividad puede implicar un costo significativo, no necesariamente se deben podar todos los árboles. Por ello es importante seleccionar los árboles que se consideren llegarán al final del turno como candidatos a ser podados (Zamora y Castellanos, 1999).

4.6 Plantaciones con fines especiales

4.6.1 Árboles de navidad

Lara (1994), realizó un ensayo para determinar especies adecuadas para árboles de navidad y analizó adaptabilidad, desarrollo, forma de copa, persistencia, apariencia y color de follaje en *P. chiapensis*. Los resultados se obtuvieron a los tres años y un mes de establecida la plantación, se observó que las especies *P. chiapensis* y *P. ayacahuite* var. *veitchii* Shaw mostraron las mejores características para ser recomendados como árboles de navidad. En el caso de *P. chiapensis* presentó una copa normal,

entendiéndose como copa normal cuando la base del triángulo que da la proyección de la copa en relación de la altura está entre el 40 y 70%, siendo este tipo de copa la más deseada para el mercado de árboles de navidad.

El área donde se estableció la plantación presentaba las siguientes características: clima semicálido sub-húmedo del tipo (A) x (W2) (W), con temperatura media anual de 17.6 °C, registrándose las más alta temperatura en el mes de junio y la del mes más frío en enero. La precipitación del mes más lluvioso es de 443.2 mm, en agosto.

La plantación se estableció a un espaciamiento de 2 x 2 m; posteriormente durante tres años se evaluó cada seis meses, la altura total y sobrevivencia y el incremento medio anual en altura; también, al finalizar el experimento, se calificó el color del follaje y se midió el ancho y la altura de la copa para obtener el tipo de copa. Los resultados obtenidos a los tres años y un mes de establecida la plantación, así como los que se lograron al evaluar la persistencia y apariencia del follaje después de 30 días de haberse cortado los árboles, se presenta en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Sobrevivencia, altura, incremento medio anual, y características evaluadas en árboles de navidad para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el estado de Michoacán, México.

Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Incremento en altura (m/año)	Tipo de copa	Persistencia del follaje	Apariencia del follaje	Color del follaje
65	2.45	0.60	Normal	Persistente	Verde	Verde claro

Fuente: Lara (1994).

P. chiapensis, presentó follaje color verde claro, de apariencia verde aún después de 30 días de haberse cortado y copa abundante de tipo normal, lo cual hace de esta especie una de las más prometedoras para ser utilizadas como árboles de navidad. En lo referente al incremento medio anual observado para *P. chiapensis*, a los tres años podría alcanzar la altura comercial para el mercado de los árboles de navidad (Lara, 1994).

4.6.2 Sistemas agroforestales

En Oaxaca, los rodales de *P. chiapensis*, son aclareados y usados como sombra para los cultivos de café, plátano, naranja, aguacate y otros (García, 1998). Mientras que en un estudio de atributos poblacionales y reproductivos en áreas fragmentadas en el estado de Chiapas, se encontró que en uno de los fragmentos estudiados, la especie es utilizada por los campesinos como árbol de sombra, asociado con cultivos de maíz, frijol y calabaza (Martínez, 1997).

La especie es usada como árbol de sombra en los huertos cerca de las casas, en las plantaciones de café y en los pastizales inducidos. En los ranchos tropicales en Veracruz, cerca de Zapotitlán, y en San Cayetano, Chiapas *P. chiapensis* es utilizado como cerca viva. Ocasionalmente, las personas protegen árboles jóvenes rodeándolos con cortes de ramas espinosas en los pastizales inducidos originalmente ocupados por bosques (Cuchumatanes, Guatemala); en Xochitlán, Puebla, y Santa Cruz Barillas, Guatemala simplemente dejan sin cortar unos árboles en los pastos inducidos como árboles de sombra (Del Castillo y Acosta, 2002).

4.6.3 Restauración

El árbol se reproduce abundantemente en las zonas de clima fresco y húmedo, por lo que es muy apropiado para la reforestación de las vertientes muy taladas, pudiendo indicarse como norma general que esta especie prospera bien en las regiones donde existe liquidámbar (Miranda, 1952).

Por otra parte, desde hace algún tiempo algunos países se han interesado en los pinos de México y Centroamérica, de manera especial en las especies subtropicales para utilizarlas en programas de reforestación, en donde ha sido sugerido el uso de *P. chiapensis* (Sánchez, 2008).

5.2 Calidad de la madera en rodales naturales

P. chiapensis produce una madera que es blanca y de baja densidad uniforme. En un estudio que incluyó a 135 árboles de tres procedencias (Chiapas, Oaxaca y Veracruz), Yáñez y Caballero (1982) encontraron que la densidad de la madera en árboles viejos de 30 a 35 años tuvo un rango de 330 a 360 kg m³, una diferencia de alrededor de 10%. Más la variación en la densidad se encontró entre y dentro de las procedencias. Debido a su densidad relativamente uniforme de la médula a la corteza, la madera de *P. chiapensis* no se encoge o deforma sensiblemente durante el secado al horno. Leñadores locales prefieren la especie debido a su estabilidad durante el proceso de toma de tallas de madera y muebles, y porque los árboles son más fáciles de cortar con un hacha como lo son los pinos duros (Dvorak *et al.*, 2000).

5.3 Regeneración

En los estados de Chiapas y Oaxaca, se ha observado que existe muy poca regeneración natural, debido a que los terrenos poblados con esta especie de pino, son destruidos para luego ser utilizados para plantaciones de café, plátano, naranja, maíz y pastizales, con lo cual se impide el desarrollo del arbolado joven al realizar las labores culturales que requieren los frutales, cultivos y los potreros (Lambeth *et al.*, 1991).

P. chiapensis se regenera naturalmente, en los matorrales, al igual que *P. patula* y por su densidad de población, impide el establecimiento de la vegetación invasora. La especie parece ser parcialmente tolerante a la sombra en las etapas juveniles de desarrollo y puede crecer en áreas alteradas en los bosques de madera dura. Sin embargo, la intensidad de la luz se vuelve crítica para la supervivencia y el crecimiento de las plántulas de pino después del periodo de establecimiento (Dvorak *et al.*, 2000).

El problema principal en las áreas de distribución natural de *P. chiapensis*, es el cambio de uso de suelo. En Chiapas se observó que la regeneración no existe, debido a que los terrenos donde habita esta especie son utilizados para plantaciones de café, plátano, naranja, maíz y pastizales, lo cual impide el desarrollo del arbolado joven. Otra

causa de la escasa regeneración es la competencia, ya que estos pinares se desarrollan en franca colindancia con el bosque caducifolio de *Liquidambar styraciflua* L., el cual presenta una gran variedad de plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas, que le ganan al pino en la competencia por la luz y el espacio, pues son más agresivas y menos exigentes en sus requerimientos ecológicos (Zamora y Velasco, 1977; Zamora y Castellanos, 1999).

Martínez (1997), realizó un estudio de atributos poblacionales y reproductivos de *P. chiapensis*, en cuatro localidades en la meseta central y las montañas del norte de Chiapas: Tentic, Magdalena Aldama, San Cayetano y San Miguel, en los municipios de Chamula, Chenalhó y El Bosque (Cuadro 7). En cada fragmento se contaron y midieron todas las plántulas presentes en el 4% de la superficie total de cada fragmento.

Al evaluar la regeneración natural de los ocho fragmentos, se encontró que, esta fue escasa, solo en el fragmento III de Tentic y fragmento II de San Cayetano se encontraron plántulas (Cuadro 17).

En el fragmento III de Tentic, las plántulas recién germinadas se localizaron en lugares donde la luz penetraba el sotobosque formando pequeñas manchas de luz sobre la superficie del suelo y, en el fragmento dos de San Cayetano en una parte del fragmento donde se sembró maíz, frijol y calabaza. Así mismo, se observaron plántulas en claros formados por la caída de árboles, en áreas con vegetación predominantemente herbácea y en terrenos escarpados al lado de los caminos. La escasa regeneración de *P. chiapensis* en los fragmentos indica que la emergencia y establecimiento de nuevos individuos bajo el sotobosque es un evento poco frecuente, aun cuando en la mayoría de ellos se encuentre un considerable número de árboles potencialmente reproductivos (mayores de 26 cm de DAP).

Así mismo Martínez (1997), encontró en parcelas experimentales colocadas a la luz y a la sombra, donde evaluó emergencia de plántulas de *P. chiapensis*, se observó, bajo el dosel de pinos que sólo dos plántulas lograron emerger para morir antes de una semana. En cambio, pudo seguirse la sobrevivencia de 169 plántulas por varias semanas en la parcela experimental que estuvo expuesta a la luz. La escasa regeneración en lugares con mayor cobertura vegetal sugiere que *P. chiapensis* es una

especie intolerante a la sombra. Lo cual sugiere que la apertura del dosel es un elemento clave en la demografía de *P. chiapensis* (Martínez, 1997).

Cuadro 17. Plántulas recién germinadas en fragmentos forestales con *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en cuatro localidades del estado de Chiapas.

Localidades en el estado de Chiapas	Fragmento	Plántulas m ²
Tentic	I	-
	II	-
	III	0.13
San Miguel	I	-
San Cayetano	I	-
	II	1.9
Magdalena Aldama	I	-
	II	-

Fuente: Martínez (1997).

Se ha encontrado que la capacidad de *P. chiapensis* para adaptarse a otros ambientes es limitada, incluso en lugares que presentan condiciones ecológicas similares a las de su hábitat natural (Dvorak, 1990). La baja plasticidad que exhibe *P. chiapensis* puede explicar que ninguna plántula haya sobrevivido en la parcela experimental expuesta al sol, no obstante que las condiciones del lugar donde se realizaron las pruebas eran aparentemente apropiadas para su crecimiento (Martínez, 1997).

Del Castillo y Pérez (2008) mencionan que la agricultura migratoria ha cambiado drásticamente el bosque de niebla en áreas de El Rincón, Oaxaca, pero la primera especie forestal que aparece después de que las tierras de cultivo se abandonan es *P. chiapensis*. Es una especie de sucesión secundaria, la cual aparece por primera vez unos 10-15 años después del abandono de las áreas de cultivo.

Un estudio realizado en *P. chiapensis*, que es la especie dominante en las primeras etapas de la sucesión en el área de estudio, muestra la evidencia que la mayor tasa de mortalidad se produce entre los árboles de crecimiento más lento (Del Castillo, 1996). Por lo tanto los pinos aparecen para facilitar el establecimiento de plantas tolerantes a la sombra, pero al mismo tiempo inhiben su propio establecimiento

y el de las plantas de baja altura, ya que *P. chiapensis* es intolerante a la sombra cuando es una planta joven (Del Castillo, 1996).

5.4 Estructura y composición de rodales

Los bosques de *Pinus chiapensis* son bastante densos, formados por individuos de diferentes edades, constituyendo rodales incoetáneos aunque predominan los árboles sobremaduros. Generalmente la especie forma bosquetes puros, aislados y de pequeña extensión, en sitios característicos que pueden estar unidos por rodales mezclados, en los que esta especie ocupa el estrato dominante junto con otras especies de *Pinus*. En los extremos locales de su área de distribución llega a ser dominada por otras especies de latifoliadas; siendo su calidad de sitio generalmente de regular a buena (Rzedowski y Vela, 1966; Zamora y Velasco, 1977; Yáñez y Caballero, 1982).

Del Castillo (1996) realizó un estudio sobre aspectos autoecológicos en *P. chiapensis*; en particular sobre aspectos relacionados con el desarrollo de las poblaciones de esta especie. Aquí se determinó la densidad de los árboles por medio del método de parcela. Encontró que *P. chiapensis* se encuentra en densidades variables de acuerdo con el tamaño y la edad de las plantas. La densidad de plántulas osciló entre 0.40 y 22.50 individuos m^{-2} . En árboles pre-productivos, con diámetros cercanos a 5 cm de DAP, la densidad se redujo a 1.3 individuos m^{-2} . En individuos reproductivos en rodales con 40 cm de DAP promedio tienen una densidad de 270 árboles ha^{-1} , mientras que bosques con árboles viejos de cerca de 90 cm de DAP tienen densidades de 30 árboles por hectárea.

En individuos juveniles, encontró que los árboles de *P. chiapensis* requieren 6.3 años en promedio para alcanzar la altura de 1.30 m. En contraste la estructura de edades de los árboles de *P. chiapensis* de los bosques de la sierra madre de Oaxaca sugiere que el establecimiento de esta especie ocurrió en forma discreta, hace alrededor de 35-40 años aproximadamente y que las poblaciones son más o menos coetáneas (Del Castillo, 1996).

Con respecto a las alturas y diámetros, encontró que la distribución de frecuencias sigue un patrón normal donde la clase dominante son árboles entre 24 y 29

m. Para lo cual las probabilidades de establecimiento de nuevos individuos se reduce considerablemente cuando los árboles incrementan su cobertura, bloqueando la luz solar directa que incide a la altura del suelo (Del Castillo, 1996).

En los individuos de 5 cm o más de DAP, el autoaclareo mas intenso tiende a suceder principalmente en árboles de alrededor de 20 cm diámetro y se concentra en aquellos de bajas tasas de crecimiento (Del Castillo, 1996).

En un estudio sobre atributos poblacionales y reproductivos de *P. chiapensis*, en áreas fragmentadas de cuatro localidades de Chiapas, describe la estructura y composición de los bosques de la especie. Para realizar la descripción de la estructura de los bosques de *P. chiapensis*, en cada fragmento se registraron todos los árboles de *P. chiapensis* mayores de 0.5 m de altura y su diámetro a la altura del pecho (1.3 m), se estimó visualmente la cobertura del estrato arbóreo con la escala porcentual de Braun-Blanquet modificada por Mattelucci y Colma 1982 (Martínez, 1997).

En dicho estudio se encontró una distribución unimodal de los árboles en clases de tamaño (Cuadro 18). La clase diamétrica de 21 a 60 cm fue la más abundante en la mayoría de los fragmentos; solo el fragmento I de San Juan Cayetano y el fragmento II de Magdalena Aldama, fueron dominados por arboles jóvenes (5-20 cm de DAP). Los árboles mayores de 50 cm de altura y menores de 5 cm de DAP fueron poco frecuentes, especialmente en los fragmentos donde predominaron individuos mayores de 20 cm de DAP. El tamaño máximo encontrado fue de 111 cm de DAP y aproximadamente 45 m de altura. La mayor densidad de *P. chiapensis* (614 árboles ha⁻¹) se presentó en los tamaños de 5 a 20 cm de DAP (fragmento I de San Cayetano).

La ausencia de plántulas entre 10 y 50 cm de altura en el interior de los 8 fragmentos estudiados, y la escasa presencia de árboles de 50 cm de altura a 5 cm de DAP en los fragmentos con predominancia de árboles adultos (>20 cm de DAP), se debe principalmente a que las condiciones ecológicas bajo el soto bosque no son las adecuadas para el establecimiento de nuevos individuos, e indica que no habrá un autoreemplazo de los árboles adultos cuando mueran por cualquier causa. La cobertura del estrato arbóreo de los fragmentos estudiados, en general, fue continua, es decir, que las copas de los árboles se tocaban.

Cuadro 18. Densidad de árboles en fragmentos forestales con *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en cuatro localidades del estado de Chiapas.

Localidades en el estado de Chiapas	Fragmento	Área (ha)	Árboles ha ⁻¹				
			>50cm Altura	5-20 cm DAP	21-60 cm DAP	>60 cm DAP	Cobertura dosel
Tentic	I	0.49	16.4	-	41.1	2.0	>75
	II	1.76	-	-	15.9	1.1	>75
	III	0.53	1.9	3.7	60.1	-	>75
San Miguel	I	2.50	-	-	420.0	5.0	>75
San Cayetano	I	0.06	52.6	543.9	17.5	-	>75
	II	0.14	-	29.3	44.0	102.6	25-75
Magdalena Aldama	I	0.21	-	-	24.0	-	>75
	II	0.06	78.4	141.1	-	-	25-59

DPA= Diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde la base del árbol). Fuente: Martínez (1997).

5.5 Crecimiento y rendimiento

En México, *P. chiapensis* alcanza diámetros normales de 60 a 65 cm y alturas de 25 a 30 m a la edad de 30 años, lo que representan incrementos medios de 2 a 2.17 cm de diámetro y de 0.83 a 1.0 m en altura, por lo que se considera un árbol de rápido crecimiento (Domínguez, 1986).

Esta especie ha sido probada en otros países con procedencias mexicanas para estimar su productividad, los resultados obtenidos provienen de algunos países de África, Asia y América, donde ha alcanzado alturas de 8 a 18.3 m y de 8.3 a 29.5 cm de diámetro con edades de 3.5 a 12.5 años (Domínguez, 1986).

El desarrollo inicial de *P. chiapensis* es generalmente más lento que el de otras especies de pinos tales como, *P. patula*, *P. tecunumanii*, *P. kesiya* y *P. oocarpa*, y se traduce en mayores costos de control de maleza en plantaciones comerciales. En Colombia, *P. chiapensis* creció lentamente los primeros años; entre los tres y cinco años presento una inesperada reactivación del crecimiento. A los cinco años de edad *P. chiapensis* tuvo más altura que *P. tecunumanii*, de una de las procedencias más productivas de la especie, pero tuvo menor diámetro y volumen (Lambeth *et al.*, 1991).

Los árboles de *P. chiapensis* inicialmente presentan un color amarillo. Luego empieza, una fase de crecimiento rápido y, alrededor de los cinco años aventaja a otras especies de pino en altura. Algunos árboles pueden alcanzar 15 m a los cinco años. El crecimiento en diámetro es inferior al de la altura pero *P. chiapensis* es, sin duda, una especie promisorio y una de las mejores productoras en volumen (Lambeth *et al.*, 1991).

El crecimiento lento no se observó en otros ensayos de *P. chiapensis* en climas subtropicales como Sudáfrica (Dvorak *et al.*, 1996).

Esta especie tiene un crecimiento lento los tres primeros años y parece ser muy susceptible a las condiciones del sitio y a la competencia de malezas (Endo, 1992). Debido a que su crecimiento no es tan rápido como el de otras especies de pino, el control de maleza en plantaciones comerciales se traduce en mayores costos. El problema más grave en plantaciones es la bifurcación en el primer metro de altura, pero

puede ser eliminada con una poda correctiva en los primeros años, después del establecimiento de la plantación (Wright *et al.*, 1996).

La sobrevivencia en el campo ocasionalmente puede ser menor que la de otras especies, tales como *Pinus patula* Loock y *P. tecunumanii* (Schw) Eguiluz & Perry (Cuadro 19). Quizás esto se deba a sistemas radiculares pobres y a una mayor sensibilidad a condiciones de sequía (Lambeth *et al.*, 1991). Pero se tiene la impresión de que *P. chiapensis* es sensible a la competencia del pasto y de plantas latifoliadas en los primeros años. Aunque esta creencia no ha sido confirmada con estudios formales, es congruente con la observación del sistema radicular deficiente, lo cual puede hacer del *P. chiapensis* un pobre competidor que requiere mayor control de la competencia en los primeros años. Una vez establecido y cuando empieza el rápido crecimiento, su densa copa proporciona buena sombra y domina la competencia (Lambeth *et al.*, 1991).

P. chiapensis tiene un periodo característico de crecimiento inicial lento, cuya duración depende, en gran medida, de la precipitación pluvial, especialmente en los primeros meses después de plantado y la primera limpia. En el arboreto de Samaria, Colombia, el tiempo de demora fue corto para que alcanzara la fase de crecimiento rápido. Allí sorpresivamente creció, en promedio, 8.4 m después de solo tres años. En esta finca la precipitación anual (2,700 mm) es mayor que la de otros estudios. La fase de crecimiento lento dura hasta tres años, el color del follaje es amarillento y presenta gran variación en el tamaño. Esto último se debe probablemente a la sensibilidad de la variación del micrositio en humedad del suelo y/o la competencia. Después de establecida la especie, el crecimiento es muy rápido, el follaje adquiere un color azul más claro, característico de los pinos blancos y la plantación se torna más uniforme (Lambeth *et al.*, 1991).

P. chiapensis tiene una tendencia a producir un tallo principal con uno o más tallos pequeños que sobresalen de la base, la poda se ha utilizado para eliminar estos pequeños tallos. Algunos atribuyen la bifurcación basal a las prácticas de manejo de viveros (Wright *et al.*, 1996), pero el problema se produce en varios países, lo que sugiere que también puede tener un componente genético. Por ejemplo, la fuente de San Juan Cotzal, Guatemala parece ser mucho más propensa al problema que otras fuentes cuando se planta en Colombia (Wright *et al.*, 1980).

Cuadro 19. Supervivencia de especies de pino en el arbolito Finca La Arcadia en la Zona Andina Colombia, en ensayos de procedencia-progenie de CAMCORE (Fecha de plantaci3n 1981, elevaci3n 1750 m., precipitaci3n 1950 mm, estudio 01-02-01A).

Especie	Supervivencia 5 a1os (%)
<i>Pinus oocarpa</i>	91
<i>Pinus chiapensis</i> (San Juan Cotzal, Guatemala (7))	63
Supervivencia de especies de pino en el arbolito Finca San Jos3 en la Zona Andina Colombia, en ensayos de procedencia-progenie de CAMCORE (Fecha de plantaci3n 1984, elevaci3n 1750 m., precipitaci3n 1950 mm, estudio 12-02-01D).	
<i>Pinus tecunumanii</i>	98
<i>Pinus chiapensis</i>	
La Trinidad, Chiapas, M3xico (13)	86
Pueblo Nuevo, Chiapas, M3xico (13)	91
La Libertad, Chiapas, M3xico (22)	81
Zimbabwe (4)	76
Supervivencia de especies de pino en el arbolito Finca Los Guaduales en la Zona Andina Colombia, en ensayos de procedencia-progenie de CAMCORE (Fecha de plantaci3n 1986, elevaci3n 1750 m., precipitaci3n 1950 mm, estudio 12-02-01C).	
<i>Pinus chiapensis</i>	
Pueblo Nuevo, Chiapas (1)	96
La Libertad, Chiapas (1)	89
Larrainzar, Chiapas (8)	92
Guevea de Humboldt, Oaxaca (3)	84
Pohl3, Chiapas (5)	89
Barillas, Guatemala (34)	87
<i>Pinus patula</i>	93
<i>Pinus oocarpa</i>	83

El n3mero de familias esta entere par3ntesis, el dise1o del campo es de bloques completos al azar con nueve bloques, parcelas en hileras de seis arboles para las familias dentro de los bloques y familias anidadas dentro de las procedencias. Fuente: Lambeth *et al.*, (1991).

La muerte regresiva es común en las especies en algunas localidades. La yema principal crece rápidamente, carece de ramas laterales y se parece a una cola de zorra antes de volverse marrones y ser reemplazado por otro dirigente, una vez que muere el líder terminal se atribuye a veces al clima seco, pero también puede significar un desequilibrio de nutrientes en el árbol (Dvorak *et al.*, 2000).

P. chiapensis en condiciones naturales alcanza de 20 a 35 m de altura y de 60 a 90 cm de diámetro, aunque algunos individuos pueden alcanzar hasta 50 m de altura y más de 1 m de DAP (Zamora y Velasco, 1977; Perry, 1991).

Los árboles juveniles y adultos de *P. chiapensis* al igual que otras especies tropicales, bajo condiciones naturales se caracteriza por un acelerado e interrumpido ritmo de crecimiento (Andresen, 1996). En sitios de buena calidad de estación y bajo condiciones favorables esta especie tiene crecimientos notables (Zamora y Velasco, 1977).

En Colombia realizando una comparación entre especies, *P. chiapensis* supera a otras en altura antes de aventajarlas en diámetro a 1.3 m (DAP). La mayoría de los ensayos son aún demasiado jóvenes para poder determinar si *P. chiapensis* aventajara en volumen a las especies más promisorias, cuando estas crecen donde están mejor adaptadas (Cuadros 20 al 24) (Lambeth *et al.*, 1991).

Cuadro 20. Crecimiento de especies de pino en el arboreto Finca San José en la Zona Andina, Colombia (Fecha de plantación 1971, parcelas 4x4 árboles, 3° latitud Norte, 1750 msnm, precipitación 1950 mm).

Especie	Altura 6.3 años (m)	DAP 6.3 años (cm)	Gravedad específica 6.3 años (gramos/cc)
<i>Pinus chiapensis</i>	11.5	18.5	0.35
<i>Pinus patula</i>	9.8	15.8	0.32
<i>Pinus douglasiana</i>	7.2	12.4	0.33
<i>Pinus oocarpa</i>	5.5	11.8	0.44
<i>Pinus maximinoi</i>	5.7	9.5	0.33
<i>Pinus pseudostrobus</i>	4.6	11.7	0.35
<i>Pinus michoacana</i>	4.4	9.0	0.31

DPA= Diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde la base del árbol). Fuente: Lambeth *et al.*, (1991).

Cuadro 21. Crecimiento de especies de pino y ciprés en el arboreto Finca Samaria en la Zona Andina, Colombia (Fecha de plantación 1986, parcelas 6x6 árboles, 3° latitud Norte, 2000 msnm, precipitación 2700 mm).

Especie	Altura 3 años (m)	DAP 3 años (cm)
<i>Pinus chiapensis</i>	8.4	10.1
<i>Pinus maximinoi</i>	7.1	10.5
<i>Pinus patula</i>	7.0	10.6
<i>Pinus kesiya</i> (Zimbabwe)	8.6	11.2
<i>Pinus kesiya</i> (Colombia)	5.9	11.5
<i>Cupressus lusitanica</i>	9.5	8.9
<i>Pinus oocarpa</i>	6.4	9.8
<i>Pinus tecunumanii</i> (2.5 años)	6.8	8.5

DPA= Diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde la base del árbol). Fuente: Lambeth *et al.*, (1991).

En el ensayo en que están presentes *P. chiapensis* y *P. tecunumanii* a la edad de cinco años, este último es menor en altura que las mejores procedencias de *P. chiapensis*, pero considerablemente de mayor diámetro. En la Arcadia, Colombia *P. chiapensis* alcanzó, más o menos, la misma altura que *P. oocarpa* a los tres años y lo supero a los cinco, pero este último presenta mayor diámetro (DAP). Sin embargo, el resultado de la Arcadia es engañosa, ya que hubo un alto porcentaje de bifurcaciones en *P. chiapensis*, caso en el cual solo se midió el fuste mayor. Una observación reciente indica que *P. chiapensis* tiene, en este ensayo, considerablemente más volumen por hectárea que *P. oocarpa* (Lambeth *et al.*, 1991).

Cuadro 22. Crecimiento de especies de pino y ciprés en el arboreto Finca Peñas Negras en la Zona Andina, Colombia (Fecha de plantación 1986, parcelas 6x6 árboles, 3° latitud Norte, 2550 msnm, precipitación 2100 mm).

Especie	Altura 3 años (m)	DAP 3 años (cm)
<i>Pinus chiapensis</i>	4.3	4.4
<i>Pinus maximinoi</i>	4.7	7.1
<i>Pinus patula</i>	4.7	7.3
<i>Pinus kesiya</i> (Zimbabwe)	2.6	3.5
<i>Pinus kesiya</i> (Colombia)	3.8	7.0
<i>Cupressus lusitanica</i>	4.6	6.5
<i>Pinus oocarpa</i>	3.3	5.5
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	2.4	2.3

DPA= Diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde la base del árbol). Fuente: Lambeth *et al.*, (1991).

Cuadro 23. Crecimiento de especies de pino y ciprés en el arboreto Finca San José en la Zona Andina, Colombia (Fecha de plantación 1981, parcelas 6x6 árboles, 3° latitud Norte, 1750 msnm, precipitación 1950 mm).

Especie	Altura 5 años (m)	Altura 8 años (m)	DAP 5 años (cm)	DAP 8 años (cm)	Gravedad específica 6.3 años (gr/cc)
<i>Pinus chiapensis</i>	13	18.7	17	25.5	0.36
<i>Pinus patula</i>	10	15.4	17	20.8	0.33
<i>Pinus kesiya</i>	10	12.9	15	22.1	0.34
<i>Cupressus lusitanica</i>	9	12.7	14	20.9	0.45
<i>Pinus caribaea</i>	7	9.5	15	21.2	0.39

DPA= Diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde la base del árbol). Fuente: Lambeth *et al.*, (1991).

Cuadro 24. Crecimiento de especies de pino en el arboreto Finca La Arcadia en la Zona Andina, Colombia en ensayos de procedencia-progenie de CAMCORE (Fecha de plantación 1981, elevación 1750 msnm, precipitación 1950 mm, estudio 01-02-01A).

Especie	Altura 3 años (m)	Altura 5 años (m)	DAP 3 años (cm)	DAP 5 años (cm)
<i>Pinus oocarpa</i>	3.8	9.1	5.2	14.5
<i>Pinus chiapensis</i>	3.9	10.5	3.1	12.6
<i>San Juan Cotzal, Guatemala (7)</i>				

DPA= Diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde la base del árbol). Fuente: Lambeth *et al.*, (1991).

En zonas altas la especie es aún muy joven para predecir su comportamiento, pero su desarrollo a los tres años, en la Finca Peñas Negras a 2500 m de altura, es sorprendentemente bueno. Las especies de mayores altitudes como *P. patula* y *P. maximinoi* son las mejores, pero si el patrón de crecimiento de *P. chiapensis* se mantiene a esta altura, podría eventualmente superarlas. La precipitación moderadamente alta en Peñas Negras (2100 mm) podría explicar la buena apariencia de *P. chiapensis* a tan corta edad (Lambeth *et al.*, 1991).

P. chiapensis, en Colombia ha sido probada en un rango estrecho de altitudes. Una serie de estudios de interacción especie-sitio han sido y están siendo plantados para definir mejor los límites de adaptación de las especies prometedoras como lo es esta especie (Lambeth *et al.*, 1991).

En Colombia con el propósito de estudiar la adaptación y desarrollo de especies exóticas y nativas se han establecido varios arboretos en varias fincas. En 1971 se

establecieron los arboretos de chupillauta y de pinos mexicanos en San José en la altiplanicie de Popayan, Colombia. Teniendo como una de las metas del establecimiento de los arboretos, encontrar nuevas especies que aumenten el número de especies comerciales y *P. chiapensis* parece ser una de estas (Ladrach y Mazuera, 1978).

Aquí *P. chiapensis* fue la especie que sorprendió, con una tasa de crecimiento casi igual a la de *P. patula* ($23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Además en esta plantación *P. chiapensis* tuvo una densidad de madera bastante aceptable y mayor que la de *P. patula*.

En el Cuadro 25 se presenta la información obtenida sobre los parámetros por especie del arboretum de pinos mexicanos, Finca San José y en las figuras 8 y 9 muestran la altura y el Incremento Medio Anual (IMA) de las especies ensayadas en el mismo arboretum a los 6.3 años (Ladrach y Mazuera, 1978).

5.6 Índices de sitio

Sánchez y Del Castillo (2001), realizaron un estudio en el estado de Oaxaca, en la zona de El Rincón. *P. chiapensis* es la especie dominante, el propósito fue conocer la calidad de estación en rodales naturales, mediante métodos indirectos utilizando regresión lineal.

Mediante un muestreo selectivo obtuvieron datos de altura y edad de 210 árboles dominantes y codominantes, a cada uno de ellos se les determinó la altura por métodos trigonométricos y la edad con base en los anillos de crecimiento de una muestra de madera obtenida a 1.30 m del suelo, esto en 44 sitios temporales de muestreo. Se obtuvo la ecuación de índice de sitio por regresión lineal, probando modelos en donde las variables tomaran las modalidades lineal, logarítmica, cuadrática e inversa y se ordenaron logarítmicamente por categoría de edad. Se derivaron tres calidades de estación a una edad base de 50 años, con diferentes valores de índice de sitio (Cuadro 26).

Cuadro 25. Mediciones del arboretum de pinos mexicanos, Finca San José, Colombia, a los 6.3 años (Estudio 1-22).

Especie	Procedencias en México	Volumen total sc (m ³ /ha)	IMA vol. total (m ³ /ha)	Peso verde total sc (ton/ha)	Peso seco total sc (ton/ha)	Altura total promedio (m)	DAP prom. (cm)	Gravedad específica (g/cc)	Sobrevivencia (%)
<i>Pinus patula</i>	Zacualtipan	144	22.8	127	46	9.8	15.8	.319	100
<i>P. chiapensis</i>	Zimojovel, Bochil	128	20.3	120	45	11.5	18.5	.349	96
<i>P. douglasiana</i>	Varaloso, Dos Aguas	48	7.6	44	16	7.2	12.4	.330	85
<i>P. oocarpa</i>	Uruapan, Apatzingan	39	6.2	38	17	5.5	11.8	.439	79
<i>P. maximinoi</i>	Cuidad Hidalgo	29	4.6	25	9	5.7	9.5	.325	83
<i>P. pseudostrobus</i>	Oaxaca, Chiapas	24	3.8	23	8	4.6	11.7	.346	81
<i>P. michoacana</i>	Bea, Cupatitzio	17	2.7	15	5	4.4	9.0	.308	33

SC= Suma de Cuadrados; IMA= Incremento medio anual y DAP= Diámetro a la altura del pecho. Fuente: Ladrach y Mazuera (1978).

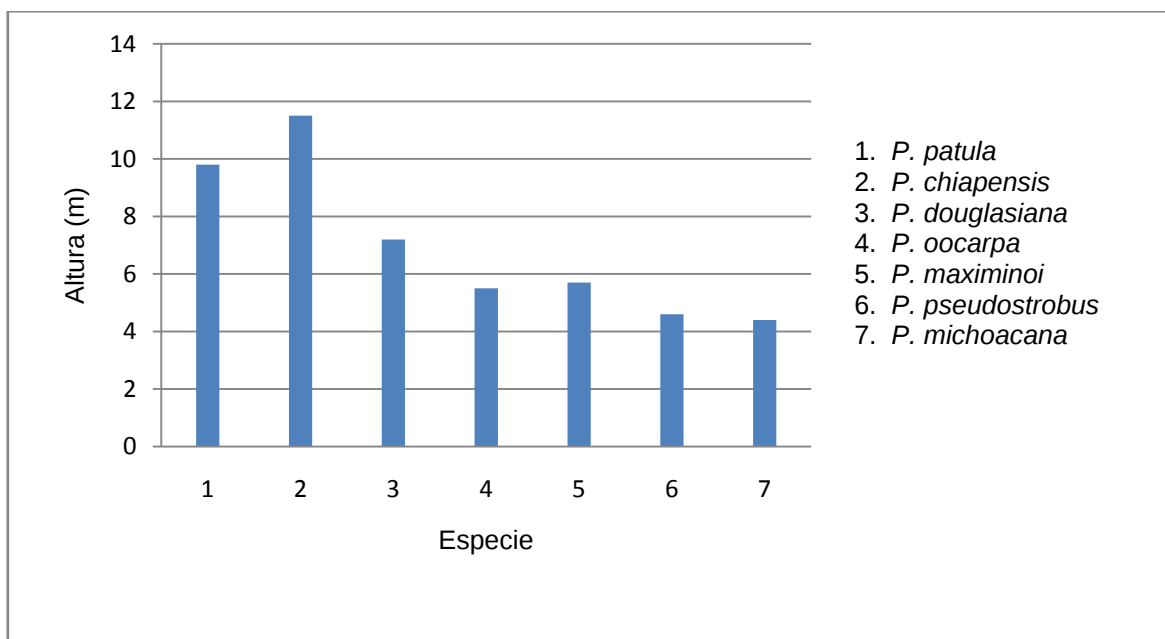


Figura 8. Altura de los pinos mexicanos en el arboretum de la Finca San José, Colombia, a los 6.3 años de edad. (Ladrach y Mazuera, 1978).

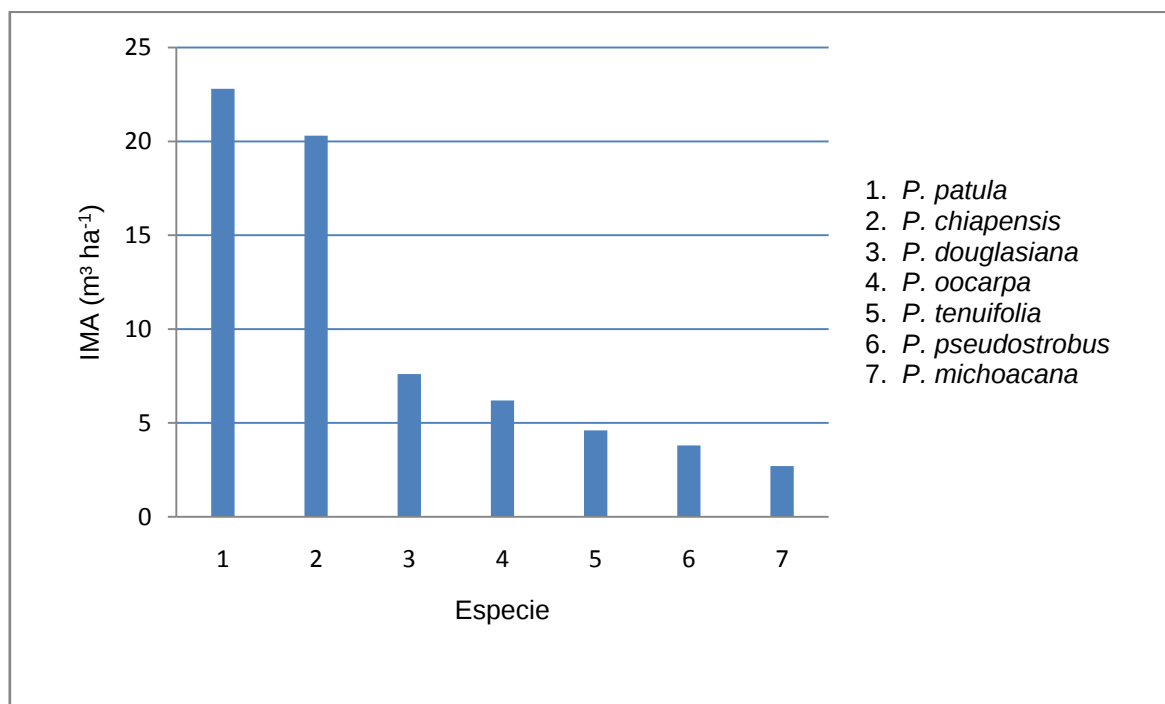


Figura 9. Incremento Medio Anual de los pinos mexicanos en el arboretum de la Finca San José, Colombia, a los 6.3 años de edad. (Ladrach y Mazuera, 1978).

Posteriormente para cada calidad de estación se resolvieron las ecuaciones en períodos de edad de 10 años, obteniendo los índices de sitio (Cuadro 27). Al final elaboraron una tabla de índice de sitio por calidad de estación para rodales de *P. chiapensis* de El Rincón y un gráfico de índice de sitio en el que se relaciona la edad con la altura (Sánchez y Del Castillo, 2001).

Como se puede observar en la Figura 10 se encontró que en las tres curvas de índice de sitio, el crecimiento máximo en altura se alcanza cerca de los 30 años y a partir de esta edad el ritmo de crecimiento disminuye considerablemente. Por otra parte las ecuaciones de índice de sitio para *P. chiapensis* en la región de El Rincón, Sierra Norte, Oaxaca, muestran que la altura de las árboles se incrementa de una manera asintótica al aumentar la edad de los árboles y que a los 50 años ésta alcanza un valor promedio de 35.5, 29.7 y 24.2 m para calidades de estación rica (I), media (II) y pobre (III) respectivamente (Sánchez y Del Castillo, 2001).

Por otra parte en los municipios de Atzalan, Veracruz, Tlatlauquitepec y Yaonáhuac, Puebla, México, Rodríguez y Arteaga (2005), realizaron una estimación de índice de sitio para *P. chiapensis*, en el bosque natural. Generándose una base de datos con 31 árboles dominantes y codominantes, utilizando la metodología de análisis troncal, para obtener un total de 358 pares de datos de edad-altura.

Cuadro 26. Calidades de estación para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en el Rincón, Oaxaca.

Calidad de estación	Denominación	Ecuación utilizada	Altura de la masa a los 50 años (m)
I	Rica	$1/H=0.026+4.735 \cdot 1/(50)^2$	35.5
II	Mediana	$1/H=0.032+5.139 \cdot 1/(50)^2$	29.7
III	Pobre	$1/H=0.038+6.374 \cdot 1/(50)^2$	24.2

Fuente: Sánchez y Del Castillo (2001).

Rodríguez y Arteaga (2005), utilizaron modelos exponenciales como poli-anamórfico con cambio continuo y poli-anamórfico con cambio discreto; los cuales fueron ajustados con procedimientos no lineales utilizando el sistema de análisis

estadístico SAS y comparando en sus versiones polimórficas utilizando el método de la diferencia algebraica. Para lo cual seleccionaron seis modelos que de acuerdo a la literatura han mostrado ser eficientes para la determinación de índices de sitio en diversas especies de coníferas.

Cuadro 27. Índices de sitio estimados por calidad de estación para árboles dominantes y codominantes de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen de El Rincón, Oaxaca.

Edad (Años)	Índices de sitio (m)		
	I	II	III
10	13.58	12.05	9.75
20	26.24	22.49	18.26
30	31.71	26.79	21.78
40	34.20	28.71	23.35
50	<u>35.50</u>	<u>29.70</u>	<u>24.16</u>
60	36.25	30.26	24.63
70	36.70	30.61	24.91
80	37.01	30.84	25.10
90	37.23	31.01	25.24
100	37.38	31.12	25.33
110	37.50	31.21	25.40

Fuente: Sánchez y Del Castillo, (2001).

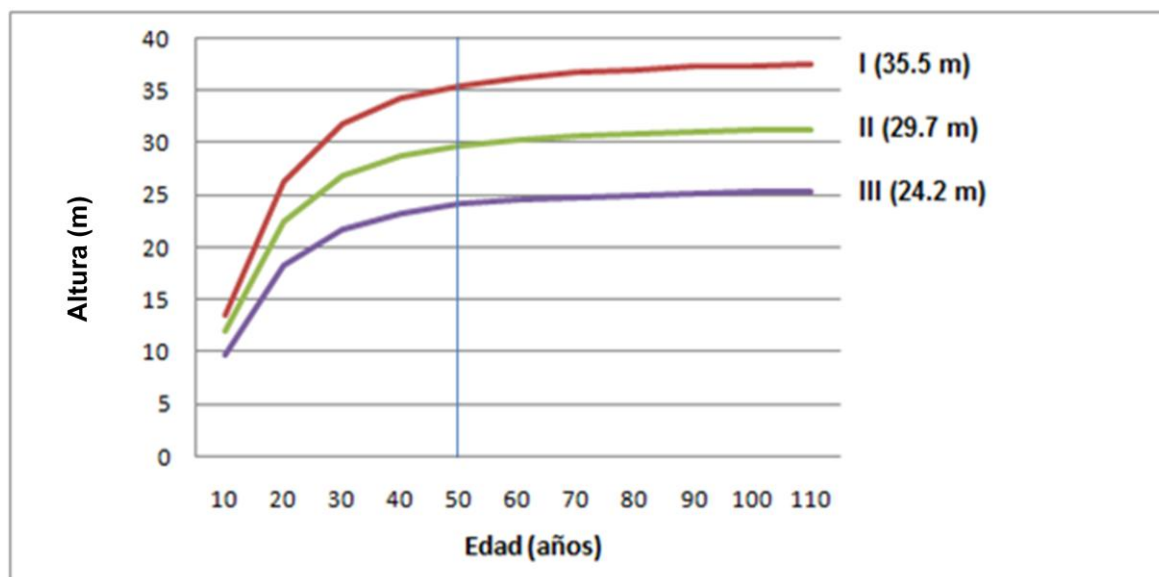


Figura 10. Curvas de índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen de El Rincón, Oaxaca.

De acuerdo al estudio realizado, los modelos que mostraron un ajuste aceptable fueron el de Chapman-Richards, Payandeh y Wang, Schumacher, obteniendo un pseudo coeficiente de determinación de 0.98, 0.98 y 0.96 respectivamente. Construyeron curvas polimórficas con dos de los modelos seleccionados y fijaron tres

índices de sitio: 20, 25 y 30 m a una edad base de 25 años (Rodríguez y Arteaga, 2005).

En la base de datos constituida por 31 análisis troncales encontraron que el menor número de observaciones era a partir de la edad de 55 años. La edad máxima registrada en los árboles fue de 115 años; sin embargo, el intervalo de edad de 55 a 115 años no tuvo representatividad muestral suficiente y para evitar puntos de influencia eliminaron estas observaciones (Rodríguez y Arteaga, 2005).

El valor del estadístico pseudo- r^2 es un criterio que se usa para la selección de entre los modelos probados. Los modelos seleccionados de Payandeh y Wang, Schumacher y Weibull presentaron ajustes aceptables, no obstante, es necesario graficar las curvas que generan sobreponiéndolas en el diagrama de dispersión general y observar que las curvas no se salgan del rango de variación del conjunto de datos (Rodríguez y Arteaga, 2005).

En el caso del modelo de Chapman-Richards (1959) las curvas siguieron la misma tendencia para este conjunto de datos y prácticamente se superponen en cada índice de sitio (Rodríguez y Arteaga, 2005).

En este estudio se determinó que los modelos polimórficos de Chapman-Richards (1959) y Payandeh y Wang (1994), fueron seleccionados para construir la familia de curvas con las que se puede calificar el índice de sitio para la especie *P. chiapensis*, en virtud de que presentaron un valor de pseudo coeficiente de determinación (r^2) de 0.98 (Rodríguez y Arteaga, 2005).

De los seis modelos polimórficos probados, sólo el modelo Schumacher y la Función Weibull, presentaron ajustes, los cuales obtuvieron pseudo coeficiente de determinación (r^2) superiores a 0.95. Sin embargo, el modelo de Weibull no representó adecuadamente la tendencia del conjunto de datos observados. Por último la amplitud de dispersión de los datos de altura dada por la muestra fue muy estrecha, por lo que sólo se fijaron tres índices de sitio: 20, 25 y 30 m a la edad base de 25 años (Rodríguez y Arteaga, 2005).

5.7 Tablas de volumen

Romero (2005) realizó una evaluación dasométrica en áreas donde se distribuye de manera natural *P. chiapensis* en los municipios de Atzalan, Veracruz, Tlatlauquitepec y Yaonáhuac, Puebla, para la elaboración de las tablas de volumen. Eligieron cuatro modelos matemáticos (lineales y no lineales) para generar la ecuación de volumen con la cual se construyó la tabla de volúmenes con y sin corteza, con la ayuda de la hoja de cálculo Excel (Cuadro 28).

Los criterios empleados en la selección de modelos, fueron los siguientes, tratándose de que se cumplan al menos dos o más de ellos: R^2 o pseudo R^2 alta (cercano a 1); Cuadrado medio del error bajo; Coeficiente de regresión estadísticamente significativo (diferentes de cero) y Consideraciones particulares (interpretación biológica) y práctica.

Cuadro 28. Modelos matemáticos ensayados para la obtención de la ecuación de volumen para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.

Modelos lineales		
De la variable combinada	$v=\beta_0+\beta_1d^2h$	
Fórmula austriaca	$v=\beta_0+\beta_1d^2+ \beta_2h+ \beta_3d^2h$	
Modelos no lineales		
Schumacher	$v=\beta_0d^{\beta_1}h^{\beta_2}$	$\text{Log}v= \log \beta_0+ \beta_1 \log d+ \beta_2 \log h$
De la variable combinada (forma logarítmica)	$v=\beta_0(d^2h)^{\beta_1}$	$\text{Log}v= \log \beta_0+ \beta_1 \log (d^2 h)$

Derivado del análisis troncal se generaron 218 árboles, de los cuales 3 fueron excluidos por no alcanzar una altura superior a 1.30 m y por consiguiente carecían de diámetro normal, variable de suma importancia para la predicción del volumen. Como ya se mencionó anteriormente se probaron cuatro modelos matemáticos con la ayuda del paquete estadístico SAS. La metodología utilizada fue por regresión lineal y no lineal múltiple.

Los modelos probados resultaron ser altamente significativos, sin embargo, cabe mencionar que los modelos no lineales obtuvieron los mejores e iguales resultados. Considerando los criterios de selección mencionados anteriormente, se eligió el modelo de Schumacher por presentar un pseudos R^2 alto cercano a uno (0.9944705), cuadrado medio del error bajo, altamente significativo, además de que contempla una interpretación biológica a diferencia de los otros modelos.

Este modelo fue el que se utilizó para la construcción de las tablas de volúmenes sin corteza y con corteza, tomando en cuenta que ajusta bien los datos. Finalmente la ecuación resultante para estimar volumen total con corteza y sin corteza es la siguiente:

$$v=0.000042d^{1.9805}h^{0.9608}$$

Construcción de las Tablas de Volúmenes

La elaboración de las tablas de volúmenes con y sin corteza, está basada en información generada de la técnica de análisis troncal, la cual permite obtener una gran gama de información en cuanto a crecimiento y productividad de las masas forestales. El diámetro normal para este caso, fue estimado por interpolación lineal, en la hoja de cálculo de Excel utilizando para esto datos de diámetro a la altura del tocón (0.36 m) y el diámetro a la altura de 2.97 m. El modelo utilizado se basa en la relación existente entre diámetro normal y altura total en la predicción del volumen.

Para esta especie, se han generado tablas de volúmenes en los estados de Oaxaca y Chiapas, utilizando el Modelo de Schumacher en su versión linealizada. Dichos modelos difieren en cuanto a la predicción del volumen para una misma clase diamétrica y de altura; debido a que las condiciones en las cuales se desarrolla la especie son diferentes, además que el hábito de crecimiento difiere, en el caso de Chiapas y Oaxaca la especie conforma masas grandes a diferencia de cómo se desarrolla en Puebla y Veracruz, que es en manchones aislados.

Las tablas de volúmenes generadas son de doble entrada, utilizando datos de diámetro normal expresado en cm y altura total expresada en m, los datos de salida son volumen fustal total sin corteza y volumen fustal total con corteza en m^3 . En apéndices 1 y 2 se presentan las tablas de volúmenes sin corteza y con corteza respectivamente,

con todas las posibles estimaciones de volumen. Por lo tanto, aquí se encuentran las estimaciones más confiables. Es importante señalar que las dos tablas se generaron con la misma ecuación, la única variante es que a cada categoría diamétrica se le aumentó el grosor de corteza en el caso de la tabla de volumen con corteza (Romero, 2005).

5.8 Estado de conservación

El caso de *P. chiapensis* es interesante, ya que algunas de sus poblaciones están en vías de extinción y otras en claro proceso de expansión (Del Castillo *et al.*, 2004).

Actualmente en nuestro país *P. chiapensis* se considera en peligro de extinción, porque a pesar de su rápido crecimiento, su hábitat se ha visto perturbado, disminuyendo gradualmente su área de distribución a causa de los cambios de uso del suelo para dar lugar a plantaciones de café y cultivos de subsistencia, particularmente en comunidades indígenas que habitan estas áreas. La creciente demanda de madera, que ha provocado una irracional explotación en la mayoría de los bosques del país, ha traído como consecuencia la reducción del potencial productivo de dicho recurso (González *et al.*, 2009).

Basándose en observaciones de campo, se pone en peligro el estado de conservación general de *P. chiapensis* en su área de distribución natural. Las poblaciones de la especie en la Sierra Madre del Sur en Oaxaca y Guerrero, y la Sierra Madre Oriental en Puebla y Veracruz son vulnerables al peligro de extinción. Las poblaciones de Chiapas y Guatemala tienen menos de 15 ha de tamaño y están en peligro crítico (Dvorak *et al.*, 2000).

Los gobiernos locales y estatales han impuesto restricciones en el aprovechamiento de *P. chiapensis* en varios lugares del sur de México. Además, se han iniciado programas de plantaciones pequeñas de la especie en varias ciudades y pueblos, aunque a veces se ve obstaculizada por la dificultad de obtener semillas de buenas fuentes (Dvorak *et al.*, 2000).

En el estado de Oaxaca, la superficie que ocupan actualmente los rodales de *P. chiapensis* se han reducido drásticamente, los principales agentes causales de tal

situación han sido el cambio de uso de suelo, y el aprovechamiento forestal sin conocimientos básico ni orden. Actualmente, el aprovechamiento de tales rodales se realiza sin el conocimiento de la autoecología de la especie, sin conocer sus hábitos de crecimiento y de regeneración; sobre todo sin la aplicación de tratamientos silvícolas que aseguren su preservación como recurso renovable para los habitantes del área de donde se distribuye en forma natural en el estado (Domínguez, 1986).

En particular, la ampliación de la frontera agrícola y el aprovechamiento forestal han reducido y aislado las poblaciones de *P. chiapensis* en el estado de Chiapas, e incluso la extinción local de muchas de sus poblaciones; teniendo como consecuencia la fragmentación de los ecosistemas, es decir, la transformación del hábitat original en unidades de vegetación pequeñas y aisladas, esto puede tener efectos sobre la dinámica ecológica y evolutiva de las comunidades vegetales (Martínez, 1997).

6.2 Variación genética

Rzedowski y Vela (1966) realizaron evaluaciones para características morfológicas de *P. chiapensis* de la Sierra Madre del Sur, con la observación de que no contaron con las suficientes muestras como para considerarlas representativas de las poblaciones naturales que habitan las localidades donde se recolectó el material. Del estudio realizado destacan los siguientes hechos: los ejemplares de Soledad de la Palma, Guerrero, tienen hojas más cortas en 2 0 3 cm que las otras procedencias; por otra parte, los estróbilos son muy grandes, presentando mayor similitud morfológica con *P. monticola* D. Don, sugiriendo una antigua conexión de floras a lo largo del extremo occidental del continente; sin embargo, también apuntan que el gran tamaño de los conos podrían atribuirse a una influencia genética de *P. ayacahuite* Ehr., que se desarrolla en la zona. Los datos obtenidos se presentan en el Cuadro 29.

Yáñez (1981) realizó un estudio de variación de algunas características de *P. chiapensis*; evaluó 16 características en las localidades de Tlapacoyan, Veracruz; Bochil, Chiapas; y Lachao, Oaxaca. Las características morfológicas analizadas en acículas, conos y semillas, fueron: número de acículas por fascículo, longitud de acículas, longitud del cono, ancho del cono, coeficiente de forma del cono, longitud de la semilla, ancho de la semilla y coeficiente de forma de la semilla. En dicho estudio se muestra un total de 45 árboles; de las 16 características, solo 15 se analizaron estadísticamente (Cuadro 30).

Yáñez (1981) encontró que las variables que no mostraron diferencias significativas entre procedencias fueron: número de acículas por fascículo, longitud de traqueida, densidad relativa de la madera, peso de la semilla, coeficiente mórfo de la semilla y ancho de la semilla.

Yáñez (1981) reporta en su estudio, longitud media de acículas (106.51 mm); en una porción de 5 mm de longitud de borde de las acículas, el número medio de dientecillo (12.92 mm); y que el número medio de estomas en la parte ventral (4.33). La transición de madera de primavera a la de verano fue gradual.

Cuadro 29. Características morfológicas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, de la Sierra Madre del Sur.

Localidad	Hojas longitud (mm)	Vainas longitud (mm)	Canales resiníferos (número)	Estomas en cara dorsal	Pedúnculo longitud (cm)	Conos tamaño (cm)	Conos abiertos (ancho)	Escamas (número)	Escamas tamaño (cm)	Semillas tamaño (mm)	Alas tamaño (mm)
Soledad de la Palma, Guerrero	6 a 8	12 a 13	2	Falta	1.5 a 4.5	9 a 26 x 2 a 14 8 a 16	10	10 a 70	5 x 2.6	9 x 4	33 x 8
Yerbabuena, Guerrero	5 a 11	8 a 18	2	Falta	3.5	x 2 a 3 9 a 14	7	40 a 55	3 x 1.8	7 x 4	22 x 5
Yerbabuena, Guerrero	8 a 12	8 a 12	3 ó 2	Falta	1.5 a 2.0	x 2 a 3 8 a 15	6	58 a 67	3 x 1.5	7 x 4	24 x 6
El Gallo, Guerrero	5 a 11	8 a 15	3 ó 2	Falta	4.0	x 2 a 3 8 a 11	7.5	35 a 55	3.5 x 1.8	-	22 x 5
El Paraíso, Guerrero	8 a 12	-	2	Falta	-	x 2 a 2.5 7 a 15	5.5	35 a 50	3 x 1.3	-	20 x 3
Lachao, Oaxaca	6 a 12	9 a 12	3 ó 2	Falta	1.5 a 2.0	x 2 a 3	6.5	45 a 95	3.5 x 2.0	-	-
Lachao, Oaxaca	8 a 11	8 a 11	3 ó 2	Falta	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Rzedowsky y Vela (1966).

Las traqueidas tienen una longitud media de 2.898 mm, (mínimo 1.000 mm, máximo 5.600 mm). La transición de madera de primavera en la de verano fue gradual (Yáñez, 1981).

Cuadro 30. Medias estimadas y media general para 16 características de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en tres localidades de su distribución natural.

Características	Tlapacoyan Veracruz	Bochil Chiapas	Lachao Oaxaca	General
Número de agujas por fascículo	5.00	5.00	5.00	5.00
Longitud de la aguja (cm)	12.10	9.50	9.20	10.20
Largo del cono (cm)	8.64	12.08	8.86	9.68
Ancho del cono (cm)	2.15	2.33	1.88	1.12
Forma del cono	0.25	0.19	0.21	0.22
Peso del cono (g)	15.40	27.62	15.81	19.62
Largo de la semilla (mm)	6.20	6.49	7.15	6.61
Ancho de semilla (mm)	3.54	3.69	3.85	3.69
Forma de semilla	0.57	0.57	0.54	0.56
Número total de semillas extraídas de 10 conos	64	479	123	222
Número de semillas llenas extraídas de 10 conos	38	303	52	131
Porcentaje de semillas llenas extraídas de 10 conos	64	65	37	55
Peso de 100 semillas (g)	1.56	1.48	1.63	1.55
Densidad relativa de la madera (g/cm ³)	0.33	0.35	0.36	0.35
Longitud de traqueida (mm)	2.96	2.61	2.87	2.81
Incremento radial anual (mm)	6.80	4.10	3.80	4.90

Fuente: Yáñez (1981).

En Tlapacoyan, Veracruz, identificó tres variables distintivas: acículas, más largas, forma del cono y mayor incremento radial anual. En Bochil, Chiapas, fueron cuatro las variables distintivas: conos más largos, y más pesados, mayor número total de semillas por cono y llenas por cono. En tanto que solo tres variables caracterizaron a Lachao, Oaxaca: conos más angostos, semillas más largas y menor porcentaje de semillas llenas por cono (Yáñez, 1981).

Las semillas más cortas se presentan en mejores calidades de estación, como la de Bochil, Chiapas y Tlapacoyan, Veracruz, mientras que las semillas más largas se presentan en calidad de estación más pobre como la de Lachao, Oaxaca. El peso de cien semillas, la longitud de traqueidas y la densidad relativa de la madera, resultaron

estadísticamente constantes entre dichas localidades. En la localidad de Bochil, Chiapas, los conos fueron significativamente más largos: hubo un mayor número de semillas total y llenas por cono que en los otros sitios (Yáñez, 1981).

Así mismo, observó que a nivel de las localidades estudiadas, la respuesta del estróbilo a las condiciones extremas de altitud, latitud y ambiente, fue reducir su longitud y, mostró evidencias de que el ancho del cono está asociado con factores ambientales, a diferencia del peso del cono que no mostró estar relacionado con dichos factores (Yáñez, 1981).

Este autor detectó discontinuidades entre localidades en varias de las características analizadas, que posiblemente obedecieron a la separación geográfica de las regiones muestreadas, también, se apreciaron diferencias significativas entre sitios dentro de localidades.

Otro estudio realizado en esta especie fue realizado por Hernández y Eguiluz (1991) quienes analizaron los patrones de variación morfológica de acículas, conos y semillas de seis procedencias del estado de Chiapas y una de Oaxaca (Cuadro 31), para lo cual se analizaron 25 variables morfológicas, los resultados de presentan a continuación.

La mayoría de las variables de acículas, conos y semillas resultaron ser significantes al nivel de probabilidad de 1% para 21 variables, tanto en procedencias como en árboles dentro de procedencias; así hubo diferencias morfológicas en acículas, conos y semillas, entre procedencias y en árboles entre procedencias, no habiendo diferencias entre procedencias en el número de acículas por fascículo y longitud de la vaina. Para 24 de las 25 variables analizadas, el componente de varianza fue mayor en árboles dentro de procedencias que entre procedencias, por lo tanto, la mayor parte de la variación se atribuye a los árboles dentro de procedencia.

De acuerdo a los resultados se agruparon las localidades encontrando en el grupo A las procedencias de El Bosque, Chenalhó y Guevea de Humboldt, que fueron semejantes morfológicamente y es probable que pudieran tener frecuencias genéticas similares (Hernández y Eguiluz, 1991).

Cuadro 31. Procedencias de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, de Oaxaca y Chiapas, empleadas para el estudio de variación morfológica de acículas, conos y semillas.

Procedencia	Asnm (m)	Latitud norte	Longitud oeste	Temperatura media anual (°C)	Precipitación anual (mm)	Especies asociadas	Número de árboles
La Trinidad, municipio El Bosque, Chiapas.	1162 a 1530	17°02′	92°45′	21.4	1412	<i>Pinus maximinoi</i> , <i>Quercus sp.</i> Especies de selva mediana Cultivos de plátano y café	20
Pueblo Nuevo, municipio de Solitahuacán, Chiapas.	1740 a 1780	17°06′	92°52′	22.0	1492	<i>Pinus oocarpa</i> , <i>P. maximinoi</i> , <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Quercus sp.</i>	20
Colonia Libertad, municipio de Solistahuacán, Chiapas.	1800 a 2025	16°53′	92°32′	18.4	1975	<i>Pinus oocarpa</i> <i>Pinus oocarpa var. ochoteranae</i> <i>Pinus maximinoi</i> <i>Pinus michoacana</i> , <i>Quercus sp.</i>	21
Santa Cruz de los Pinos, municipio de Ocozocuahtla, Chiapas.	850 a 1015	16°49′	93°27′	23.6	897	<i>Pinus maximinoi</i> <i>Cedrela sp.</i> Especies de selva mediana	15
Pohlo, municipio de Pantelhó, Chiapas	1340 a 1380	16°56′	92°32′	20.0	1670	<i>Quercus sp.</i> , <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Pinus maximinoi</i>	14
Larrainzar, municipio de Larrainzar, Chiapas.	1725 a 1860	16°52′	92°41′	17.5	1500	<i>Pinus oocarpa var. ochoteranae</i> <i>Liquidambar styraciflua</i>	16
Guevea de Humboldt, Oaxaca	820 a 1010	16°48′	95°22′	22.6	1400	<i>Liquidambar styraciflua</i>	10

Fuente: Hernández y Eguiluz (1991).

El grupo B, formado por las procedencias de Solistahuacán y Pantelhó fueron semejantes morfológicamente, teniendo posibles frecuencias genéticas similares. Aunque se encuentran relativamente cercanas geográficamente con la procedencia El Bosque del grupo A, no fueron semejantes morfológicamente, por lo tanto se evidencian discontinuidades morfológicas marcadas por el aislamiento no geográfico de estos.

En el grupo C, formado por la procedencia Larrainzar, fue morfológicamente diferente a otros grupos, teniendo un posible sistema genético diferente. Aunque se encuentra cercano a una procedencia del grupo A (Chenalhó) no son semejantes, evidenciándose discontinuidades morfológicas, debiéndose a diferencias ambientales dado que esta procedencia tuvo la menor temperatura media anual a todas las procedencias estudiadas (17°C).

Grupo D formado por la procedencia de Ocozocuatla, la cual fue muy diferente morfológicamente a las procedencias de otros grupos, teniendo la mayor distancia promedio, esto se debió a que está aislada geográficamente y tiene otras condiciones ambientales, la menor precipitación media anual (895 mm) y la mayor temperatura media anual (23.6°C) de todas las procedencias estudiadas.

En este análisis se encontró inconsistencia de las variables morfológicas estudiadas, que nos indican que el patrón de variación es discontinuo, tal vez ecotípico, debiéndose hacer estudios posteriores de progenie y procedencias para probar si hay o no discontinuidades génicas, utilizando para esto los grupos formados en este estudio.

Vuela y Acosta (2000), realizaron un estudio de *P. chiapensis* en el estado de Oaxaca en las regiones Sierra norte, Mixteca, Istmo y Sierra sur, en datos ecológicos y caracteres anatómicos; aquí se encontró que el ejemplar de el área los Chimalapas que corresponde a la región Istmo, no sigue el patrón de relación inversa entre la longitud de las acículas y la altitud observado en los demás especímenes (Cuadro 32), ya que los ejemplares analizados pertenecientes a estas zonas, medias y altas (1,300 a 2,300 m.s.n.m.) se observó una disminución en la longitud de las acículas y un incremento tanto en el número de estomas por milímetro lineal, como en el grosor de la pared tangencial externa de las células epidérmicas, a medida que aumenta la altitud (Cuadro 32 y 33).

Cuadro 32. Longitud promedio (cm) de las hojas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.

No. De Ejemplar	Altitud (m.s.n.m)	Posición relativa de las hojas		
		Basal	Media	Apical
2334 (Región Sierra norte)	2250	7.32	-	9.26
2372 (Región Mixteca)	1870	8.41	-	9.20
2374 (Región Mixteca)	1850	9.18	9.73	10.82
2305 Región Sierra sur)	1720	9.67	11.10	11.96
2363 (Región mixteca)	1350	11.10	11.70	13.53
2353 (Región del istmo)	315	8.22	9.85	12.13

Fuente: Viela y Acosta (2000).

Cuadro 33. Número de estomas y grosor de la pared tangencial externa de las células epidérmicas de *Pinus. chiapensis* (Martínez) Andresen.

No. De Ejemplar	Altitud (m.s.n.m)	Hileras de estomas			No. De estomas por mm			Grosor de la pared tangencial de células epidérmicas (µm)		
2374	2250	3-5	3	0	16	21	14	6.40	7.50	5.00
2372	1870	3	3	0	15.8	17	13	5.90	7.25	5.00
2363	1350	2-3	3	0	13.8	15	12	5.50	6.25	5.00
2376	1320	3	3-4	0	14.3	16	13	5.70	7.00	3.75
2353	315	3-4	3-4	0	13.3	14	12	5.35	7.50	3.25

Fuente: Viela y Acosta (2000).

Las variaciones que se han observado en ciertas características tales como longitud de acícula, grosor de la pared tangencial externa de las células epidérmicas y número de estomas por milímetro lineal, están asociadas a las diferentes condiciones ambientales a las que los individuos están sujetos (Viela y Acosta, 2000).

En la anatomía de las hojas de *P. chiapensis* se pudo observar adaptaciones para evitar la pérdida de agua, comúnmente presentes en plantas xerofíticas, como por ejemplo, estomas hundidos y ausentes en la cara externa de las acículas, epidermis con paredes sumamente engrosadas y refuerzos esclerenquimáticos subepidérmicos (Viela y Acosta, 2000).

6.3 Mejoramiento genético

6.3.1 Hibridación

Por la década de 1990 en el sur de Estados Unidos se realizaron cruces entre *Pinus strobus* L. y *P. chiapensis* pero no se obtuvieron semillas fértiles. De lo cual surgieron dos teorías una es que los tubos de polen se pudieron haber congelado durante los inviernos templados y la otra es que, aunque *P. chiapensis* y *P. strobus* son morfológicamente similares pueden ser genéticamente distintos después de millones de años de separación, el éxito de los cruces híbridos son difíciles (Lambeth et al., 1991).

Actualmente no se han intentado cruces entre *P. chiapensis* y *P. strobus*. Pero los dos taxones son muy parecidos morfológicamente y fácilmente se podrían hibridar. En un análisis químico con pasta celulósica de *P. chiapensis* y *P. strobus* se encontró que revelan diferencias significativas. Una progenie de esos cruces podría ser resistente a algunas plagas de insectos y enfermedades (Perry, 1991).

CAMCORE encontró que el cruce híbrido entre las especies de pinos templados y tropicales, suelen ser más exitosos que cuando se realizan en el trópico, este cruce se volverá a intentar de nuevo en el futuro, posiblemente en Brasil o Colombia. La ventaja de hacer una cruce entre *P. strobus* y *P. chiapensis* es la producción de híbridos que sean de crecimiento más rápido (Lambeth et al., 1991).

Ninguna otra especie muestra similitudes, incluso superficial con *P. chiapensis*. La única especie vinculada con la que *P. chiapensis* podría intercambiar genes es *P. ayacahuite* Ehrenb, como ambas especies son parapátricas, es decir, ocupan las zonas adyacentes y comparten una zona angosta de la superposición de las montañas (un cinturón de altitud estrecho cerca de 2000 m de altitud). Sin embargo, estas dos especies son morfológicamente distintas. La existencia de algunos individuos con características intermedias entre ambas especies podrían apoyar la posibilidad de hibridación (Perry, 1991).

6.3.2 Rodales semilleros

Zamora y Castellanos (1999) para el estado de Chiapas y con el fin de producir semillas, recomiendan realizar la recolección en rodales semilleros con características

fenotípicas sobresalientes, para lo cual se establecieron rodales semilleros de *P. chiapensis* en diferentes localidades, las cuales se señalan en el Cuadro 34.

Cuadro 34. Relación de rodales semilleros de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen y número de árboles seleccionados en el estado de Chiapas.

Localidad	Municipio	No. De árboles
Santa Cruz	Ocozocuautla	26
La Trinidad	San Juan del Bosque	40
Pueblo Nuevo	Pueblo Nuevo	58
Chenalhó	Chenalhó	60
Ocozocuautla	Ocozocuautla	32
Polhó	Yajalón	26
Pantelhó	Pantelhó	30
Larrainzar	Larrainzar	30

Fuente: Zamora y Castellanos (1999).

Por otra parte en la década de 1980, CAMCORE se hizo responsable por la recolección de algunas procedencias de México y Guatemala. Con este material se plantaron ensayos de procedencias-progenie y bancos de conservación, en los años de 1983, 1984 y 1986. Los ensayos sembrados en los años 1971, 1976 y 1983 por Smurfit Cartón Colombia, fueron convertidos años mas tarde en rodales semilleros. Desde entonces, los rodales han producido pequeñas cantidades de semilla (no más de 20 g por árbol) pero no la suficiente para que la empresa se considere autosuficiente en la producción de esta especie (Wright *et al.*, 1996).

6.3.3 Huertos semilleros

En Colombia, con las yemas obtenidas de los mejores arboles seleccionados en el estudio 12-02-01D (Finca San José, Colombia) de CAMCORE, se estableció un huerto semillero obteniéndose un 80% de prendimiento. Este huerto ya tiene dos años de edad sin que se hayan presentado problemas de incompatibilidad. Así mismo, en 1996 se planteó establecer otro huerto semillero clonal con las mejores selecciones del estudio 12-02-07C (Finca Los guaduales, Colombia) (Wright *et al.*, 1996).

6.4 Ensayos de procedencia

Se han distribuido cuarenta y dos ensayos genéticos y bancos de conservación genética a miembros de CAMCORE en Brasil, Colombia, Guatemala, México,

Venezuela y Sudáfrica. Se han establecido veinticinco ensayos; doce continúan activos. Trece ensayos se han terminado por baja sobrevivencia en el campo (Dvorak y Donahue, 1993).

Teniendo en cuenta el rendimiento de *P. chiapensis* en Colombia hasta ahora, es muy importante encontrar las mejores procedencias para las plantaciones comerciales, con el fin de desarrollar una raza adaptada a las condiciones locales y asegurar una base genética amplia para el desarrollo futuro de la especie. En este sentido, las colecciones de semilla de CAMCORE han sido invaluable. Aun mas, ya que las semillas son recolectadas y plantadas por familias, la base inicial para empezar el programa de mejoramiento, está dada en el sitio cuando se establecen los estudios. Sin embargo, la tarea más inmediata es identificar las mejores procedencias, de manera que se pueda adquirir semilla y quizás puedan hacerse más colecciones de familias en el medio natural, para ampliar la base genética (Lambeth *et al.*, 1991).

Por otra parte, únicamente un estudio de procedencias tiene edad suficiente (cinco años) para una selección preliminar de procedencias. En el ensayo de CAMCORE 12-02-01D (Cuadro 35), La Trinidad fue la mejor procedencia, pero Pueblo Nuevo y La Libertad son también aceptables en crecimiento y seguramente producirán arboles apropiados para un huerto semillero, aunque un alto grado de bifurcaciones (40 %) en esta última procedencia limitan su utilidad. Las tres son del estado de Chiapas, México. Pueblo Nuevo y La Libertad también mostraron buen rendimiento en el estudio 12-02-07C a la edad de tres años (Cuadro 35) (Lambeth *et al.*, 1991).

Los análisis de varianza en el estudio de procedencias mencionado muestran diferencias estadísticamente significativas entre procedencias y entre familias dentro de procedencias al nivel de probabilidad del 99 %, lo que indica que la selección de procedencias será efectiva y que la selección de individuos de las mejores familias dará por resultado ganancias genéticas por encima de poblaciones no seleccionadas (Lambeth *et al.*, 1991).

Cuadro 35. Crecimiento de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en los arboretos La Arcadia, San José y los Guaduales, en la Zona Andina Colombia; en ensayos de procedencia-progenie de CAMCORE.

Fecha de plantación 1981, elevación 1750 msnm, precipitación 1950 mm, estudio 01-02-01A. Finca la Arcadia.

	Altura (m) 3 años	Altura (m) 3 años	DAP (cm) 3 años	DAP (cm) 3 años	Sobrevivencia % 1 año	Bifurcación % 5 años
<i>P. oocarpa</i>	3.8	9.1	5.2	14.5	91	18
<i>P. chiapensis</i>	3.9	10.5	3.1	12.6	63	37

San Juan Cotzal (7)

Fecha de plantación 1984, elevación 1750 msnm, precipitación 1950 mm, estudio 12-02-01D. Finca San José.

	Altura (m) 1 año	Altura (m) 5 años	DAP (cm) 5 años	DAP (cm) 1 año	Sobrevivencia % 1 año	Bifurcación % 5 años
Tiempo						
<i>P. tecunumanii</i>	1.6	9.9	18.9		98	4
<i>P. chiapensis</i>						
La Trinidad (13)	1.0	11.2	14.0		86	23
Pueblo Nuevo (13)	1.0	10.6	13.8		91	29
La Libertad (22)	0.8	10.7	12.8		81	40
Zimbabwe (4)	0.6	8.2	9.1		76	23

Fecha de plantación 1986, elevación 1750 msnm, precipitación 1950 mm, estudio 12-02-07C). Finca los guaduales.

	Altura (m) 3 años	DAP (cm) 3 años	Sobrevivencia % 3 año	Bifurcación % 3 años
Tiempo				
<i>P. chiapensis</i>				
Pueblo Nuevo (1)	4.7	4.6	96	15
La Libertad (1)	4.5	4.5	89	11
Larrainzar (8)	4.2	4.0	92	6
Guevea (3)	4.1	4.0	84	9
Pohlo (5)	3.9	3.6	89	7
Barillas (34)	3.6	3.1	87	8
<i>P. patula</i>	4.4	6.2	93	2
<i>P. oocarpa</i>	3.6	5.6	83	11

El número de familias está entre paréntesis. Las otras especies son lotes de control. El diseño en campo es de bloques completos al azar con nueve bloques, parcelas en hileras de seis arboles para las familias dentro de los bloques y familias anidadas dentro de las procedencias. Fuente: Lambeth *et al.*, (1991).

Todas las procedencias examinadas hasta ahora provienen de altitudes entre 800 y 2000 m de México y Guatemala. Semilla de baja elevación (500-600 m) será pronto ensayada en conjunto con semillas de alta elevación. En general, las procedencias de elevaciones más bajas de América central y México, se comportan mejor en Colombia y se espera que los ensayos indiquen mejores procedencias que las que actualmente se ensayan (Lambeth *et al.*, 1991).

6.4.1 Colecciones de procedencia

Estudios de 16 procedencias y 380 árboles madre de *P. chiapensis* fueron muestreados en el sur de México y Guatemala en el año 1980. Los miembros de CAMCORE han plantado las semillas en Brasil, Colombia, Sudáfrica y Venezuela. Los resultados de cinco y ocho años están disponibles en nueve pruebas (Dvorak *et al.*, 2000).

Dvorak *et al.* (1996) presentaron un resumen de los resultados de cinco años de seis pruebas establecidas en Brasil, Colombia y Sudáfrica. Recientemente, los análisis han completado nueve pruebas, ocho de los cuales había mediciones de ocho años. Tres de los ensayos se establecieron en las tierras altas de Colombia, tres fueron plantados en las tierras altas del este de Sudáfrica y se instalaron tres ensayos en Brasil, pero en general diferentes lugares (Dvorak *et al.*, 2000).

6.4.2 Variación de procedencia

Dvorak *et al.* (2000) reportan que la sobrevivencia global de la plantación a los ocho años de edad en *P. chiapensis* fue del 74% en Colombia, el 67% en Sudáfrica y 35, 52 y 93% en Brasil oriental, central y meridional, la supervivencia fue mejor en los lugares donde la lluvia fue distribuida muy uniforme (Colombia y el sur de Brasil). La pobre sobrevivencia en el este de Brasil (Fazenda Primavera) se debió a la plantación de árboles durante un período de sequía. Noventa por ciento de la mortalidad en los ensayos ocurrieron tres años después de la siembra.

Por lo tanto, si las acciones de la siembra son buenas, es decir que el momento de la siembra coincide con la temporada de lluvias, debería ser posible mantener los niveles de población por encima del 85%. Una vez establecido, *P. chiapensis* parece

ser relativamente resistente. Se encontró menos de un 1% adicional de la mortalidad en los ensayos de las edades de cinco a ocho años (Dvorak *et al.*, 2000).

La elección de la procedencia parece ser muy importante para obtener una buena sobrevivencia, especialmente en sitios marginales. En el centro de Brasil (Grao Mogol) la fuente de San Juan Cotzal de Guatemala, tuvieron una sobrevivencia del 30% más pobre que el resto de las procedencias que se están probando. Los suelos en el Grao Mogol son oxisoles profundos, bien drenados que se secan rápidamente cuando las precipitaciones son poco frecuente. La sobrevivencia de San Juan Cotzal también fue pobre en Colombia (63 %). Las procedencias son muy degradadas en Guatemala y sólo contiene unos pocos árboles. La pobre sobrevivencia puede ser debido a una combinación de la capacidad de adaptación y los altos niveles de endogamia (Dvorak *et al.*, 1996).

Es interesante observar que el control de *P. chiapensis* en la recolección de árboles jóvenes en Zimbabwe, incluido en varias de las pruebas CAMCORE, también mostraron un crecimiento pobre al igual que la sobrevivencia (Dvorak *et al.*, 1996). Barillas, de origen guatemalteco también la sobrevivencia fue pobre en el este de Brasil y Colombia. Sólo el 29% de los árboles de Barillas sobrevivió a la sequía en el momento de la plantación, la sobrevivencia de los árboles en las demás poblaciones de *P. chiapensis* fue de 45% (Dvorak *et al.*, 2000).

La mortalidad de *P. chiapensis* en Grao Mogol y Fazenda Primavera en Brasil central y oriental fue causado por dos diferentes eventos. En Grao Mogol, la temporada de sequía y humedad del suelo bajo las plantas murieron, en Fazenda Primavera, una sequía inusual en un buen suelo en el momento de la plantación causó alta mortalidad (Dvorak *et al.*, 2000).

6.4.3 Productividad

En cuanto a la productividad media en las pruebas de CAMCORE a los ocho años de edad fue de $3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en el centro de Brasil, $21 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en el sur de Brasil, $20 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en las montañas de Colombia, y $11,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en las tierras altas del este de Sudáfrica (Cuadro 36). Al elegir la mejor procedencia, en las pruebas de CAMCORE en cada uno de estos sitios, la productividad sería: $5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ en el

centro de Brasil, $23 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en el sur de Brasil, $31 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en las tierras altas de Colombia y $14 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en las tierras altas del este de Sudáfrica (Dvorak *et al.*, 2000). Para estos autores las tierras altas de Colombia y el sur de Brasil ofrece la mejor combinación de suelo y precipitación para el desarrollo de *P. chiapensis*.

Cuadro 36. Supervivencia y productividad de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, a los ocho años de edad en nueve pruebas en Colombia, este de Sudáfrica, y tres regiones de Brasil.

Región	Numero de testigos	Supervivencia (%)	Altura	Diámetro	Productividad ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$)
Colombia	3	74	16.0	19.0	19.7
Este de Sudáfrica	3	67	13.7	16.1	11.5
Este de Brasil	1	35	-	-	-
Centro de Brasil	1	52	10.5	10.9	3.1
Sur de Brasil	1	93	15.2	18.0	21.0

Fuente: Dvorak *et al.* (2000).

6.4.4 Rendimiento en volumen

Para el rendimiento individual de procedencias en los países, se ha encontrado de 16.27 y el 8% de diferencia, entre las mejores y peores procedencias de Brasil, Colombia y Sudáfrica. Dos procedencias parecen prometedoras, La Trinidad y Teotlaxco. Se menciona que no hay un patrón geográfico asociado con las mejores fuentes, ni nada especialmente digno de mención acerca de las poblaciones con mejores resultados en su área de distribución natural. La población de La Trinidad es una fuente altamente degradada situada en colinas, en el sur de Chiapas. La procedencia Teotlaxco se produce en una de las regiones más húmedas de la distribución de las especies naturales (Dvorak *et al.*, 2000).

Las diferencias de procedencia se encontraron para la supervivencia y las características dasométricas (diámetro y altura) de *P. chiapensis* las cuales fueron un tanto sorprendentes, ya que la especie se encuentra en nichos ecológicos similares en toda su área de distribución natural de Mesoamérica, como se mencionó anteriormente, las diferencias de procedencia puede ser tanto un reflejo de los distintos niveles de consanguinidad en montaje de estándares individuales, como resultado de diversos

grados de adaptabilidad de las procedencias con el medio ambiente (Dvorak *et al.*, 1996).

6.4.5 Rasgos de calidad

Cabe destacar que las diferencias de procedencia en la rectitud del fuste se hicieron más evidentes en lugares donde el crecimiento fue el mejor. Los árboles de Guevea de Humboldt, Guerrero, fueron más rectos que los de San Juan Cotzal y Barillas, Guatemala y Larrainzar, Chiapas, cuando se plantan en Colombia. El porcentaje de bifurcación para los árboles de *P. chiapensis* fue variable de 3 a 38%, registrando los valores más bajos en el sur de África y los valores más altos en Colombia. Dvorak *et al.*, (1996) determinaron una variación significativa de procedencia en la bifurcación en Colombia, pero no en el sur de África. El porcentaje de colas de zorra no siguió la misma tendencia que la bifurcación, sino que fueron las más altas (11%) en Colombia y la más baja (3%) en el sur de África. Las tendencias de cola de zorra no eran evidentes en procedencia (Dvorak *et al.*, 2000).

6.4.6 Procedencia por sitio de Interacción

Las pruebas de CAMCORE son pocas para obtener una buena información sobre la procedencia y su interacción con el sitio y para los rasgos de crecimiento en *P. chiapensis*. Los resultados de la evaluación de los tres ensayos en dos países, sugieren que no hay procedencia por sitio de interacción importantes para la producción de volumen; sin embargo, Dvorak *et al.*, (1996) encontraron importante procedencia por sitio de interacción para la bifurcación basal y colas de zorra (Dvorak *et al.*, 2000).

6.4.7 Parámetros genéticos para el crecimiento y rasgos de calidad

Se determinó la correlación de Spearman para el volumen de la familia entre dos pruebas en las tierras altas del este de Sudáfrica, situada a 20 km de separación; así como otra prueba en las montañas de Colombia, a los ocho años de edad. La correlación de rangos entre Colombia y las dos pruebas en Sudáfrica, fue altamente significativa ($r = 0,52$). Para la correlación de rangos entre las dos pruebas de Sudáfrica también fue altamente significativa ($r = 0,41$). La conclusión general es que las familias de *P. chiapensis* son relativamente estables a través del sitio para el volumen (Dvorak *et al.*, 2000).

Dvorak *et al.* (1996) examinaron las tendencias en la heredabilidad de la altura en dos pruebas de *P. chiapensis* en Colombia y Sudáfrica, establecido por Smurfit Cartón de Colombia y SAFCOL (South African Forestry Company). La tendencia general de árboles individuales para la heredabilidad disminuye con la edad a través de ocho años.

En el examen de una base de datos más grande de CAMCORE, que incluía ocho de las nueve pruebas descritas anteriormente (el este de Brasil se ha omitido) mostraron resultados más desiguales. La heredabilidad de la altura se incrementó a través de ocho años de edad en cuatro pruebas, mientras que la heredabilidad disminuyó después de cinco años de edad en las otras cuatro pruebas. Los valores medios de heredabilidad en todos los ocho sitios de altura a las edades de 1, 3, 5 y 8 años fueron 0.12, 0.16, 0.18 y 0.20 respectivamente. Los valores medios de heredabilidad para el volumen a las edades de 1, 3, 5 y 8, fueron 0.13, 0.21 y 0.21 respectivamente, y de la rectitud en las edades de 5 y 8 fueron de 0.15 y 0.14 respectivamente (Dvorak *et al.*, 2000).

En condiciones estables cada árbol está compitiendo por igual luz solar, nutrientes y humedad. Sin embargo, cuando haya un espacio libre por la mortalidad (por ejemplo, de las heladas, sequías, etc.), cambia los patrones de desarrollo, los árboles compiten agresivamente por el espacio adicional. El patrón de desarrollo descrito es el mismo que el que se produce en bosques naturales cuando *P. chiapensis* trata de competir con las especies de hoja ancha en Mesoamérica. Hasta ahora CAMCORE recomienda hacer selecciones en *P. chiapensis* aproximadamente a la mitad de la rotación, no antes de los ocho años de edad (Dvorak *et al.*, 2000).

6.4.8 Crecimiento

En un análisis de resultados de procedencias y progenie del pino blanco tropical, *P. chiapensis* a los cinco y ocho años de edad, establecidas en seis localidades de Brasil, Colombia y Sudáfrica, se valoró la altura, volumen y bifurcación en por ciento (Dvorak *et al.*, 1996).

Encontraron que la tasa de crecimiento promedio para *P. chiapensis* a los ocho años de edad en Colombia fue de $25 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ frente a $12 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en Sudáfrica;

también encontraron diferencias significativas en altura y volumen a las cinco y ocho años en las procedencias de Brasil y Colombia. A los cinco años de edad, Yerbabuena y Santiago Tutla, fuentes de Oaxaca, se obtuvieron buenos resultados en Brasil y la procedencia de La Trinidad de Chiapas fue mejor en Colombia. El lote de control de Zimbabwe fue el más pobre. No Se encontraron diferencias significativas en la altura y el volumen en los dos estudios de Sudáfrica hasta los ocho años. En ese momento La Trinidad, procedencia de Chiapas fue superior en altura y volumen (Dvorak *et al.*, 1996).

El porcentaje de bifurcación para los árboles de *P. chiapensis* varió de 3% a 38%, registrándose los valores más bajos en el sur de África y el más alto en Colombia (Cuadro 37). La tendencia a los árboles que se bifurcan varió significativamente al nivel de procedencias en Colombia, pero no en Sudáfrica. El porcentaje de cola de zorra no siguió la misma tendencia que la bifurcación, sino que fueron los más altos en Colombia (11%) y la menor en el sur de África (2%) (Dvorak *et al.*, 1996).

Cuadro. 37 Promedio de bifurcación en % de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, evaluado a los 5 y 8 años de edad en Colombia y Sudáfrica.

Procedencia / edad (años)		12-02-01D Colombia	12-02-07C Colombia	12-10-01A Sudáfrica	12-10-01B1 Sudáfrica
Barillas	5		14		
	8		29		
Guevea de Humboldt	5		15		
	8		35		
La Libertad	5	51	15	4	1
	8	52	30	13	3
La trinidad	5	27		2	0
	8	27		12	3
Larrainzar	5		9		
	8		22		
Pohlo	5		12		
	8		28		
Pueblo Nuevo	5	34	15	2	1
	8	37	28	11	4
Zimbabwe	5	30			
	8	36			

Fuente: Dvorak *et al.* (1996).

El promedio de sobrevivencia de *P. chiapensis* en los ensayos de CAMCORE fue de 84% después de un año en el campo y se redujo a 66% después de cinco años, pero luego se mantuvo relativamente constante a partir de entonces. La mejor sobrevivencia de *P. chiapensis* fue en las tierras altas de Colombia (pruebas 12-02-07C) en suelos Andisoles profundos con precipitaciones uniformes distribuidas a lo largo del año. La sobrevivencia más pobre fue en Minas Gerais, Brasil (prueba de 12-16-14C) en un suelo arenoso profundo con una estación seca de aproximadamente cuatro a seis meses (Dvorak *et al.*, 1996).

6.5 Conservación genética

6.5.1 *In situ*

En el estado de Chiapas se han hecho varios estudios para implementar la conservación de la especie. Al respecto se han establecido rodales semilleros con características fenotípicas sobresalientes; existen 302 árboles superiores, en 8 localidades, las cuales se mostraron anteriormente en el Cuadro 24 (Zamora y Castellanos, 1999).

6.5.2 *Ex situ*

En algunos aspectos, *P. chiapensis* es una especie difícil de conservar *ex situ*. Debido a los requerimientos específicos del sitio, muchas organizaciones en los trópicos y subtrópicos no cuentan con el tipo adecuado de las tierras para establecer plantaciones de conservación sobre el terreno (Dvorak *et al.*, 2000).

La conservación de *P. chiapensis* en plantaciones *ex situ* está siendo desarrollada por los miembros de CAMCORE en varios países. Los esfuerzos previos de conservación *ex situ* de la especie han sido realizados a través de Oxford Forestry Institute, Inglaterra y por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de México (Wright *et al.*, 1996). Desafortunadamente, algunas de las colecciones de germoplasma se han deteriorado y las semillas ya no son viables (Wright *et al.*, 1996).

Sin embargo CAMCORE, con sede en la Universidad Estatal de Carolina del Norte, está dedicada a preservar y ensayar, *ex situ*, especies amenazadas de coníferas y latifoliadas de Centroamérica y México, muy activamente han tratado de conservar la especie (Dvorak y Donahue, 1993).

En Smurfit Cartón de Colombia, de los mejores árboles en los primeros ensayos de campo han sido seleccionados e injertados en un banco de conservación de genes. SAFCOL en Sudáfrica realiza la recolección de semillas de CAMCORE y la distribución de estos a otros miembros de Sudáfrica para establecer bancos de conservación de segunda generación. Klabin en Brasil tiene plantaciones de CAMCORE de *P. chiapensis* que han sido bien mantenidas (Dvorak et al., 2000).

En última instancia, a largo plazo la conservación ex situ de las especies va a depender en la búsqueda de mercados para la madera. Sin tales intereses, el futuro de la especie es muy incierto (Dvorak et al., 2000).

Antes de la participación de CAMCORE, nunca se habían organizado actividades de recolección de semilla de gran escala de *P. chiapensis* junto con otras nueve coníferas. En 1984 la “Office of the Science Advisor, Agency for International Development” (AID), otorgó a CAMCORE un apoyo para realizar recolecciones de semillas de *P. chiapensis*, *P. ayacahuite* y *P. maximinoi* (Dvorak y Donahue, 1993).

Actualmente en el vivero Rubel Kuiché en el municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala, se producen plántulas de varias familias de *P. chiapensis*, entregados por CAMCORE el año 2006 para el establecimiento de un estudio de segunda generación el área de Cobán. Las semillas fueron colectadas en ensayos de CAMCORE en Colombia, de árboles que habían sido producidos con semillas colectadas en los bosques naturales de Guatemala (CAMCORE, 2009).

Por otra parte en 1985 en un campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo se estableció un *Pinetum* que lleva el nombre de Maximino Martínez en el cual se encuentra *P. chiapensis*, este cuenta con 60 especies y variedades de pinos mexicanos. El *Pinetum* incluye 49 especies, 8 variedades, 1 subespecie y 2 formas de *Pinus* mexicanos nativos y algunos endémicos en áreas restringidas; éste tiene como objetivo conservar especies y procedencias amenazadas y en peligro de extinción así como asegurar la supervivencia de todos los taxa (Eguiluz, 1989).

Actualmente se estableció otro *Pinetum* localizado dentro del campo para la cultura; las artes y el deporte en la zona de Xalapa, específicamente en la Universidad

Veracruzana, en el estado de Veracruz, México el cual lleva el nombre de “Hans Nienstaedt & Jeffrey K. Donahue” (Alba *et al.*, 2007).

En esta colección se encuentran depositadas las principales especies de este género, entre ellas *P. chiapensis*; además representan un banco de conservación y un observatorio de calendarios fenológicos y procesos de cruas que permitan ensayar la construcción de la heterocigosidad–homocigosidad que induzca el nuevo lenguaje que apunta a una cultura silvícola basada en el conocimiento (Alba *et al.*, 2007).

Los planes de crecimiento del establecimiento de este *Pinetum* que se tienen en el corto y mediano plazo, para lograr su consolidación, permitirán desarrollar actividades y funciones en los siguientes aspectos: a) Concentrar el mayor número de especies de pinos en el *Pinetum* del Campus para la Cultura las Artes y el Deporte Zona Xalapa, para que sirva de apoyo a la docencia e investigación, así como a la difusión de la cultura forestal ciudadana. b) Monitorear la aclimatación y/o adaptación de las especies a las condiciones ambientales que se presentan en el campus. c) Realizar estudios morfológicos, anatómicos y fenológicos de todas las especies existentes en él. d) Conservar especies y procedencias de pinos que se encuentren en alguna categoría de riesgo como: amenazadas, raras, sujetas a protección especial y/o en peligro de extinción (Alba *et al.*, 2007).

6.6 Relaciones filogenéticas

P. chiapensis es miembro de la sección Quinquefoliae. Esta especie fue descrita originalmente como una variedad de *P. strobus* por Martínez (1948). Ambos comparten taxa de forma similar de la corona (corona piramidal en espiral ramas horizontales), gran altura en los árboles adultos, corteza surcada (se interrumpe a lo largo en placas rectangulares en los troncos), el tamaño del cono y la morfología general del cono. La altura, forma, acículas, y la morfología de los conos son también similares a las del pino blanco del oeste (*P. monticola* Dougl.) (Andresen, 1964; Wright *et al.*, 1996).

Las relaciones taxonómicas más estrechas de *P. chiapensis* son con *Pinus strobus* y *Pinus monticola*, con los cuales se considera está emparentado, ya que evolucionaron de un ancestro común (Rzedowski y Vela, 1966; Andresen, 1966).

Mirov (1967) menciona que los conos de *P. chiapensis* son más anchos y cerrados que los de *P. strobus* típico, e intermedios en filotaxia, entre esas especies y los amplios conos de *P. monticola*. *P. strobus* y *P. monticola* son especies emparentadas con otras especies de árboles del Este y Oeste de Estados Unidos y Canadá, son especies paralelas evolucionadas de un ancestro común, después de la separación y aislamiento de las praderas y pastizales interiores de los bosques del Este y Oeste.

En un análisis multivariado sobre la base de datos morfológicos mostro que *P. chiapensis* es lo suficientemente distinta, con lo cual merece el reconocimiento como una especie (Andresen, 1966). Por otra parte la corteza de *P. monticola* se rompe en placas y los conos femeninos son más anchos y por lo general más grandes que los de *P. chiapensis*, que a su vez, son generalmente más grandes que los de *P. strobus* (Mirov, 1967).

P. strobus y *P. chiapensis* también muestran otras diferencias morfológicas: las agujas de *P. chiapensis* tienen un mayor número de estrías por unidad de longitud a lo largo de la aguja, y por lo general tres canales de resina en comparación con dos en *P. strobus* (Andresen, 1966; Martínez, 1948). Las brácteas basales son reflejadas en *P. strobus* pero no en *P. chiapensis*, y la frontera de la apófisis es redondeada y muy delgada sólo para *P. chiapensis* (Andresen, 1966). La trementina de estas dos especies también es diferente (Perry, 1991).

Las temperaturas de congelación durante el invierno son comunes en los hábitats de las dos primeras especies, en contraste con las temperaturas libre de heladas de los bosques húmedos, donde habita *P. chiapensis* (Del Castillo et al., 2004). Esta diferencia de temperatura tal vez ayude a explicar el continuo crecimiento de las plántulas de *P. chiapensis* en comparación con la formación de yemas latentes de las plántulas de *P. strobus*, observado por Andresen (1966). Por otra parte, disyunciones de al menos 1900 y 2100 km excluyen la posibilidad de intercambio genético natural entre *P. monticola* y *P. strobus* con *P. chiapensis* (Castro-Félix et al., 2008).

Ninguna otra especie muestra similitudes superficiales con *P. chiapensis*. La única especie con la que *P. chiapensis* podría intercambiar genes es *P. ayacahuite*, ya

que ambas especies son parapátricas, es decir, ocupan las zonas adyacentes y comparten una estrecha zona de solapamiento en la montaña (una estrecha franja de altitud, cerca de 2000 m de altitud). Sin embargo, estas dos especies son morfológicamente distintas. Las brácteas de los conos de *P. ayacahuite* son más grandes y la apófisis es reflejado. En *P. chiapensis*, las brácteas femeninas son más cortas y la apófisis no es reflejada. El tamaño del cono es generalmente más grande que el de *P. chiapensis*; *P. ayacahuite* normalmente crece a mayor altitud donde las temperaturas de congelación son comunes durante el invierno. La existencia de algunos individuos con características intermedias entre ambas especies podrían apoyar la posibilidad de hibridación (Perry, 1991).

Sin embargo, recientes estudios moleculares revelaron que de las tres especies mencionadas anteriormente que podrían estar relacionadas, *P. ayacahuite* mostró la menor afinidad con *P. chiapensis* con una copia reducida, la cual desconectó los genes nucleares (Syring *et al.*, 2007). Un estudio reciente, realizado con el fin de conocer las relaciones genéticas entre cuatro especies de pinos blancos mexicanos (*Pinus ayacahuite*, *P. strobiformis*, *P. lambertiana* y *P. chiapensis*) sobre la base de marcadores RAPDs (Random Amplified Polymorphic). Se encontró que las especies de pino analizadas más cercanas fueron *P. ayacahuite* y *P. strobiformis*, seguido por *P. lambertiana*. Y que la mayoría de las especies son genéticamente distantes de *P. chiapensis*. Las relaciones genéticas entre las especies, *Pinus chiapensis*, *P. lambertiana* y *P. ayacahuite* muestran claramente a estas especies como distintas (Castro-Félix *et al.*, 2008).

Sin embargo, la relación filogenética de esta especie sigue sin resolverse. Resultados conflictivos entre los diferentes marcadores moleculares, posiblemente resultado de la clasificación incompleta de linaje, no podía revelar que las especies *P. monticola* o *P. strobus*, son las más relacionadas con *P. chiapensis* (Syring *et al.*, 2007).

7 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CONSULTADA

En esta monografía de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, se encontró un total de 62 bibliografías. La monografía se dividió en cinco apartados que se mencionan a continuación:

En el primer apartado referente a la descripción de la especie, se encontraron 28 autores correspondientes a un 45.16 % del total de los autores citados; el segundo apartado relativo a producción de planta en vivero cuenta con 12 autores, que representan al 19.35 % del total de los autores citados; para el tema manejo de plantaciones los autores que describen a este capítulo fueron 7, representando un 11.29% del total de los autores citados; en lo que respecta a manejo silvícola se hallaron 23 autores, correspondientes al 37.09 % del total de los autores citados; por último se tiene el tema de genética con 21 autores, constituyendo un 33.89% del total de los autores citados en esta monografía (Cuadro 38).

Con relación al primer tema descripción de la especie que representa un 45.16% del total de autores es donde se encuentra mayor información, debido principalmente que *P. chiapensis* es una especie que se encuentra en categoría de protección especial; aunado a esto, ha habido nuevos reportes de la especie así como recolecciones con fines de conservación *ex situ* e *in situ* realizadas por la Cooperativa de Recursos Forestales de América Central y México (CAMCORE), sin embargo la falta de información ecológica principalmente de suelos y geología es necesaria debido a que no se tiene bien definido los elementos nutricionales que contienen los suelos en toda su área de distribución y en los tipos de roca en los que se encuentra la especie. De igual forma el conocer la reacción que tiene la especie en cuanto a la aplicación del fuego, para identificar cuanto le afecta o si es benéfico, para conocer si depende del fuego o no e implementar modelos conceptuales para conservar o aumentar las poblaciones de esta especie.

El contar con la localización de los lugares es importante, pero aun falta decir cuál es la superficie de los rodales existentes para lograr su conservación; por otra parte faltando complementar estudios en tecnología de la madera, siendo requerida la descripción de las poblaciones principalmente de Guerrero, Puebla y Veracruz.

Con respecto al segundo tema de producción de planta en vivero, cuenta con un porcentaje reducido (19.35%), pero es importante mencionar aquí que la parte menos estudiada y en la que sería necesario realizar estudios es la utilización de mezclas de diferentes sustratos, ya que este punto es poco estudiado; incluido a esto es la necesidad de conocer o realizar estudios enfocados a requerimientos nutricionales de la especie, ya que se desconoce mucho de este tema el cual sigue siendo un problema importante, no solo para esta especie si no para los pinos en general; por otro lado se tiene la necesidad de conocer el tipo de contenedor apropiado en el cual la especie tenga un desarrollo adecuado. Asociado a esto CAMCORE menciona también realizar estudios enfocados a conocer el sistema de riego y la necesidad de agua que requiere la especie para establecer periodos de riegos adecuados y darle un mejor manejo.

La propagación asexual es poco estudiada en esta especie ya que solo la Cooperativa CAMCORE ha realizado estos estudios en otras especies. Así mismo se requiere abarcar más los temas en cuanto a las etapas adecuadas de fertilización de las plántulas para aumentar follaje, endurecimiento de tallo y desarrollo del sistema radicular antes que salga del vivero y llevarlo al lugar de plantación.

Referente al tema de manejo de plantaciones, la información encontrada es muy escasa, la cual comprende un porcentaje muy reducido (11.29%); en México se tiene el conocimiento en otras especies, pero en cuanto a *P. chiapensis* no hay suficiente información. Aquí lo importante sería realizar estudios en cuanto a densidad de plantación, diferentes intensidades de podas en diferentes etapas de desarrollo de la especies y conocer cuál es la mejor para aplicarla y obtener mejores resultados.

Cuadro 38. Autores de los temas revisados en la monografía y sus totales.

Temas revisados	Autores	Total
2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	Narave y Taylor (1997); Martínez (1948); Del castillo y Acosta (2002); Andresen (1964); Andresen (1966); Zamora y Velasco (1977); Perry (1991); Miranda (1952); Martínez (1979); Zamora y Castellanos (1999); Ramírez, (2004); Domínguez (1986); Dvorak, <i>et al.</i> (2000); Rzedowski (1983); Rzedowski y Vela (1966); Lambeth, <i>et al.</i> (1991); Del Castillo <i>et al.</i> (2004); Martínez (2000); Del Castillo <i>et al.</i> (2009); Donahue <i>et al.</i> (1991); Lozada y Vásquez (2008); Yáñez (1981); De Béthencourt Massieu (1960); Fleischer <i>et al.</i> (1984); Eguiluz (1988); Madrigal (1967); Del Castillo (1996); Pineda y Cibrián (1984).	28
3. PRODUCCIÓN DE PLANTA EN VIVERO	Zamora y Velasco (1977); Perry (1991); Martínez (1997); Zamora y Castellanos (1999); Dvorak, <i>et al.</i> (2000); Lambeth, <i>et al.</i> (1991); Carrillo, <i>et al.</i> (1980); Patiño (1973); Wright <i>et al.</i> (1996); Dvorak (1992); Dvorak <i>et al.</i> (1996); García (1998).	12
4. MANEJO DE PLANTACIONES	Miranda (1952); Martínez (1997); Zamora y Castellanos (1999); Dvorak, <i>et al.</i> (2000); Lara (1994); Del Castillo y Acosta (2002); Sánchez-González (2008).	7
5. MANEJO SILVÍCOLA	Andresen (1966); Zamora y Velasco (1977); Perry (1991); Martínez (1997); Zamora y Castellanos (1999); Domínguez (1986); Dvorak <i>et al.</i> (2000); Rzedowski y Vela (1966); Lambeth, <i>et al.</i> (1991); Yáñez y Caballero (1982); Dvorak (1990); Dvorak <i>et al.</i> (1996); Del Castillo (1996); Endo (1992); Wright <i>et al.</i> (1996); Wright <i>et al.</i> (1980); Sánchez y Del Castillo (2001); Del Castillo (2004) Romero (2005); Rodríguez y Arteaga (2005); Ladrach y Mazuera (1978); Del Castillo y Pérez (2008); González <i>et al.</i> (2009).	23
6. GENÉTICA	Rzedowsky y Vela (1966); Yáñez (1981); Hernández y Eguiluz (1991); Viela y Acosta (2001); Lambeth, <i>et al.</i> (1991); Perry (1991); Zamora y Castellanos (1999); Wright <i>et al.</i> (1996); Dvorak <i>et al.</i> (2000); Dvorak <i>et al.</i> (1996); Eguiluz, (1989); Alba <i>et al.</i> (2007); Andresen (1964); Martínez (1948); Andresen (1966); Mirov (1967); Castro-Félix <i>et al.</i> (2008); Syring <i>et al.</i> (2007); Del Castillo <i>et al.</i> (2004); Dvorak y Donahue (1993); CAMCORE (2009).	21

Es indispensable recabar más estudios en cuanto al transporte de la plántulas de la especie de interés, ya que se desconoce la mejor forma de trasladar estas al lugar de plantación; en cuanto el conocimiento a protección, no se tiene la información necesaria para saber qué tipo de roedores o lagomorfos han atacado o atacan a esta especie y tomar la mejores medidas de protección; por otra parte se requiere realizar estudios en cuanto a cuáles son las épocas más adecuadas para realizar podas o aclareos, las cuales apoyen al cumplimiento de los objetivos como lo es la obtención de madera aserrada u otros.

Se tiene poca información en cuanto a usos especiales como lo es el uso para restauración, árboles de navidad, sistemas agroforestales y el uso artesanal que posiblemente se le puede dar.

La información aquí reportada proviene de los ensayos provenientes principalmente de la cooperativa CAMCORE en Colombia y otros países, la cual sólo la tiene en observación con fin de encontrar su potencial productivo, comparándola con otras especies de pino así como encontrar su principal uso. Sólo hay un estudio en Chiapas, México que proporciona información valiosa sobre cómo establecer plantaciones de *P. chiapensis* para producir madera. Aquí se requiere de estudios que apoyen en el ámbito de cuando realizar replantaciones en caso de muerte de las plántulas y en que tiempos realizar esta tarea.

Para el tema de manejo silvícola el cual presenta un 37.09% del total, en este punto se conoce su comportamiento en cuanto a crecimiento y rendimiento como una especie exótica, pero no se tiene suficiente información de cómo esta especie se comporta en un bosque natural, para lo cual hace necesario realizar estudios en este tema; otro punto importante en el cual se hace hincapié en este documento es el realizar estudios de índices de sitio para conocer cuáles son las calidades de estación en las que se ubica esta especie y saber si requiere en verdad suelos muy productivos, por otra lado no se ha estudiado suficientemente este tema en toda sus áreas de distribución como lo es en Guerrero y Puebla.

Algo sumamente importante es la realización de tablas de volumen para esta especie, ya que no tiene para toda el área donde se distribuye en forma natural.

El último tema referente a genética con un 33.89%, es uno de los temas más estudiados ya que no se tenía la claridad suficiente en cuanto a esta especie, debido a que ha sido motivo de muchas confusiones con *P. strobus* L. Sin embargo se necesitan labores de conservación *in situ* de la especie, como lo es el establecimiento de rodales semilleros en las poblaciones que menos se han estudiado, las cuales podrían tener resultados importantes. En cuanto a huertos semilleros solo se ha estudiado como especie exótica, la cual ha dado buenos resultados, lo que motiva a que en México y Guatemala donde la especie es nativa, a establecer este tipo de programas para la conservación de la especie.

Se sugiere realizar más estudios, sobre temas no estudiados o de los cuales existe poca información como lo son; características tecnológicas de la madera, áreas semilleras, huertos semilleros, propiedades físicas y mecánicas de la madera, ya que estos trabajos son importantes y básicos para conservar la especie.

8 LITERATURA CITADA

- Alba L. J., L. C. Mendizábal H. y O. Sánchez S. 2007. Establecimiento del *Pinetum* "Hans Nienstaedt & Jeffrey K. Donahue" en Veracruz México. *Foresta Veracruzana* 9(1): 59-62.
- Andresen, J.W., 1964. The taxonomic status of *Pinus chiapensis*. *Phytologia* 10: 417-421.
- Andresen, J.W., 1966. A multivariate analysis of the *Pinus chiapensis-monticola-strobus* phylad. *Rhodora* 68: 1-24.
- Brown, Ch. 2000. Perspectivas mundiales del suministro futuro de madera procedente de plantaciones forestales. FAO, Dirección de Políticas y Planificación Forestal, Roma. 30 p.
- CAMCORE, 2009. Boletín de Noticias CAMCORE para México y Centroamérica. Vol.3. No. 3. 6 p.
- Carrillo Sánchez, J; Patiño Valera, F.; Talavera Armas I. 1980. El contenido de humedad en semillas de 7 especies de *Pinus* y una de *Abies* bajo almacenamiento y su relación con el porcentaje de germinación. *Ciencia Forestal*. México. 24 (5) 39-48.
- Castro-Félix, P., J. A. Pérez de la R., G. Vargas A., S. Velásquez M., A. Santerre, F. López-Dellamary T. y A. R. Villalobos-Arámbula. 2008. Genetic relationships among Mexican white pines (*Pinus*, Pinaceae) based on RAPD markers. *Biochemical Systematics and Ecology*. Vol. 36. No. 7. pp. 523-550.
- Comisión española de bibliografía y terminología. 1959. Sistema Oxford de Clasificación decimal para la bibliografía forestal; versión española. Traducción autorizada por el comité mixto FAO/IUFRO. Madrid, España. 133 p.
- De Béthencourt Massieu, A. 1960. Arboladuras de Santa María Chimalapa, Tehuantepec en las construcciones navales indianas 1730-1750. *Revista de Indias* 20: 65-101.
- Del Castillo, R. F. 1996. Aspectos autoecológicos de *Pinus chiapensis*. In *Memorias del 2do. Coloquio Regional de Investigación, Ciencias exactas y Naturales*. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México. pp. 63-68.

- Del Castillo, R. F. and S. Acosta. 2002. Ethnobotanical notes on *Pinus strobus* var. *chiapensis*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 73: 319–327.
- Del Castillo, R.F., J.A. Pérez De La Rosa, G. Vargas A. y R. Rivera G. 2004. Coníferas. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 141-158.
- Del Castillo R.F. y M.A. Pérez R. 2008. Changes in seed rain during secondary succession in a tropical montane cloud forest region in Oaxaca, México. Journal of tropical ecology. 24: 433-444.
- Del Castillo, R. F., S. Trujillo y C. Sáenz-Romero. 2009. *Pinus chiapensis*, a keystone species: Genetics, ecology, and conservation. Forest Ecology and Management 257 (2009): 2201–2208.
- Donahue J. K., Dvorak, W. S. y Gutiérrez E.A. 1991. The distribution, ecology and gene conservation of *Pinus ayacahuite* and *Pinus chiapensis* in México and Central America. Bulletin on Tropical Forestry. CAMCORE No. 8 pp 3-18.
- Domínguez, F. 1986. *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen: nuevo registro para Oaxaca, México. Ciencia Forestal en México 21 (80): 131-137.
- Dvorak, W.S., 1990. Genetic variation in root morphology of *Pinus ayacahuite* and *Pinus chiapensis*. In Proceedings of the XIX UIFRO World Congress. Montreal, Canadá. pp. 19-22.
- Dvorak, W.S., 1992. The stimulation of lateral root production and mycorrhizae development by root pruning in *Pinus chiapensis*. Agrociencia. Serie recursos naturales renovables 2(1): 95-103.
- Dvorak W. S, y Donahue J.K. 1993. Reseña de Investigaciones de la cooperativa CAMCORE 1980-1992. Departamento Forestal, Colegio de Recursos Forestales. Universidad Estatal de Carolina del Norte. Versio en español. 94 p.
- Dvorak, W. S., J. K. Donahue, and J. A. Vasquez. 1996. Provenance and progeny results for the tropical white pine, *Pinus chiapensis*, at five and eight years of age. New Forests 12:125–140.
- Dvorak, W.S., E.A. Gutiérrez, LF Osorio, L. van der Merwe, P. Kikuti y JK Donahue. 2000. *Pinus chiapensis*. In: Conservation & Testing of Tropical & Subtropical Forest Tree Species by the CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, NC. USA. pp: 34-51.

- Eguiluz P. T. 1989. Pinetum "Maximino Martínez", conmemorativo del IX congreso forestal mundial México 85'. Clasificación y distribución de las gimnospermas vivientes. Boletín técnico No. 3. Chapingo México. 29 p.
- Eguiluz P. T. 1988. Distribución natural de los pinos en México. Centro de Genética Forestal. Nota técnica No. 1. Chapingo, México. 6 p.
- Endo, M. 1992. CAMCORE once años de contribuciones a la reforestación de Smurfit Cartón de Colombia. Informe de investigación No. 139 Smurfit Cartón de Colombia 12 p.
- Fleischer, H.C., E.H. Bulgrin, J. P Danielson, D. F. Fahey, R. C. Koeppen, J. H. McGovern And J. I. Zerbe. 1984. Forest products utilization. *In*: K.F. Wenger (ed.) Forestry handbook, 2nd. Edition. Wiley, New York, pp. 565-635.
- García H., R. 1998. Determinaciones físicas, biológicas y propagación en vivero de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, una especie sujeta a protección especial. Tesis Ing. Agrónomo en sistemas de producción forestal. Instituto tecnológico agropecuario de Oaxaca No. 23. Oaxaca, Oax. 124 p.
- González H, M; J.R. Enríquez del V.; J.C. Leyva L. y A. De la Fuente E. 2009. El efecto de sustratos y fertilización en el crecimiento de plantas de *Pinus chiapensis* en vivero. IX congreso mexicano de recursos forestales. Memoria de resúmenes. Oaxaca, Oax. México. p. 265.
- Hernández, J. y T. Eguiluz. 1991. Variación morfológica de acículas, conos y semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen de Oaxaca y Chiapas. Revista chapingo 75: 25-33.
- Ladrach, W y Mauzera, H. 1978. Crecimiento de las especies del arboretum de Chupillauta a los 7 años y de los pinos mexicanos en San José a los 6.3 años. Smurfit Cartón de Colombia. Informe de investigación No. 34. Cali, Colombia. 5 p.
- Lambeth, C.C., W.S. Dvorak, y M. Endo. 1991. Plantaciones de pino blanco en la Zona Andina Colombia. Smurfit Cartón de Colombia. Cali. Informe de investigación No. 130. 7 p.
- Lara R., M. E. 1994. Ensayo de ocho especies forestales para árboles de navidad en el Campo Experimental Forestal Barranca del Cupatitzio. Ciencia Forestal (México) 19 (75): 77-88.
- Lozada M, M. y J. C. Vásquez U. 2008. Evaluación de la germinación de un ensayo de reintroducción de 4 familias de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Procedentes de Sudáfrica, Chiapas, Oaxaca y Veracruz. Trabajo de experiencia

- recepional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Veracruzana, Facultad de ciencias agrícolas campus Xalapa. 39 p.
- Madrigal S, X. 1967. Algunos aspectos ecológicos de los bosques de coníferas mexicanos. México y sus Bosques. Época IV. No. 16:11-20.
- Martínez C., M. 2000. Edad de transición de la madera juvenil a la madera madura de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. De Tanetze de Zaragoza, Oaxaca. Tesis profesional de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. 65 p.
- Martínez C., N.1997. Atributos poblacionales y reproductivos de *Pinus chiapensis* en Chiapas, México. Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica 69(2): 119-134.
- Martínez, M. 1948. Los pinos Mexicanos. Botas, México, D.F. 361p.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de cultura económica. México. 1247 p.
- Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. Segunda parte. Departamento de prensa y turismo Tuxtla Gutiérrez Chiapas. México. 426 p.
- Mirov, N.T., 1967. The Genus Pinus. Ronald Press, New York. Pp. 195-197.
- Narave F, H.V. y K. Taylor. 1997. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. Fascículo 98. 50 p.
- Patiño Valera, F. 1973. Floración, fructificación y recolección de aspectos sobre de semillas de pinos mexicanos. Bosques y fauna (México) 10 (4): 20-30.
- Perry, J.P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Pineda T., Ma. Del Consuelo y Cibrián T., D. 1984. Principales insectos de conos y semillas de *Pinus* spp. de México. Memoria de los simposios nacionales de parasitología forestal II y III. México, D.F. 425-427 p.
- Ramírez V, A. P. 2004. Distribución, descripción botánica y producción de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en el estado de Veracruz. Tesis profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Veracruzana, Facultad de ciencias agrícolas campus Xalapa. 48 p.
- Rodríguez A, M. y B. Arteaga. 2005. Índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en los estados de Veracruz y Puebla, México. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente 11(1): 39-44.

- Rogers, D. L. 1996. Status of temperate forest tree genetic resources in North America. University of California Genetic Resources Conservation Program, Davis, CA. 13-27 p.
- Romero H., A.E. 2005. Tabla de volúmenes para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en su área de distribución natural en los estados de Puebla y Veracruz. Tesis Ing. En restauración forestal. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 83 p.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Editorial Limusa, México, D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. y L. Vela, 1966. *Pinus strobus* var. *chiapensis* en la Sierra Madre del Sur de México. Ciencia 24, 211–216.
- Sánchez G., A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Madera y bosques. 14(1): 107-120.
- Sánchez V, N.M. y R.F. Del Castillo. 2001. Calidad de estación para *Pinus chiapensis* (Mart.) Andresen en El Rincón, Oaxaca, México. Foresta Veracruzana 3(2):9-12.
- SEMARNAT. 2001. NOM-ECOL-059. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 06 de Marzo de 2002. México, D.F. 153 pp.
- Sistema de Información para la Reforestación (SIRE), 2003. *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 10 p. conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/bosquedes/fichas%20tecnicas/Pinus%chiapensis.ifolius.pdf.
- Syring, J., Del Castillo, R.F., Cronn, R., Liston, A., 2007. Multiple nuclear loci reveal the distinctiveness of the threatened Neotropical *Pinus chiapensis*. Systematic Botany 32: 703–727.
- Téllez, M.C. 1999. Estado del conocimiento de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo, México. 370 p.
- Vielä, E. y S. Acosta. 2000. *Pinus chiapensis*: un enfoque ecológico a su anatomía foliar. Polibotánica 11: 111-120.
- Wright, J.A.; Marin-V, A.M.; Dvorak, W.S. 1996. Conservación y uso del recurso genético de *P. chiapensis* en Colombia. Smurfit Cartón de Colombia. Informe de investigación No. 174. Cali, Colombia. 10 p.

- Wright, J.W, J.H. Hart and W.A. Lemien. 1980. Response of eastern white pine provenance test to pruning. *Forest Science*. 24(4): 606-608.
- Yáñez M, O. 1981. Estudio de la variación de algunas características de *Pinus strobus* var. *chiapensis* Martínez de tres localidades de su distribución natural. Tesis de ingeniero agrónomo especialista en bosques. Universidad Autónoma Chapingo 173 p.
- Yáñez M, O. y M. Caballero D. 1982. Estudio de la variación de algunas características de *Pinus strobus* var. *chiapensis* Martínez, de tres localidades de su distribución natural. Densidad relativa y longitud de traqueidas de la madera. *Ciencia Forestal*. México 7(37):3-8.
- Zamora C. y V. Velasco F. 1977. *Pinus strobus* var. *chiapensis*, una especie en peligro de extinción en el estado de Chiapas. *Ciencia Forestal*. 2(8): 3-23.
- Zamora C, S. y J. F. Castellanos B. 1999. Tecnología para la conservación de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico Forestal. No 4. 24 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Tabla de volumen fustal total sin corteza para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.

DN (cm)	A L T U R A (m)								
	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	0,0048	0,0057	0,0066	0,0075	0,0075	0,0093	0,0102	0,0111	0,0120
6	0,0069	0,0082	0,0095	0,0108	0,0108	0,0133	0,0146	0,0159	0,0172
7	0,0093	0,0111	0,0129	0,0146	0,0146	0,0181	0,0198	0,0216	0,0233
8	0,0121	0,0144	0,0167	0,0190	0,0190	0,0236	0,0258	0,0281	0,0303
9	0,0153	0,0182	0,0211	0,0240	0,0240	0,0298	0,0326	0,0355	0,0383
10	0,0189	0,0225	0,0260	0,0296	0,0296	0,0367	0,0402	0,0437	0,0472
11	0,0228	0,0271	0,0315	0,0358	0,0358	0,0443	0,0486	0,0528	0,0570
12	0,0270	0,0322	0,0374	0,0425	0,0425	0,0526	0,0577	0,0627	0,0677
13	0,0317	0,0378	0,0438	0,0498	0,0498	0,0617	0,0676	0,0735	0,0794
14	0,0367	0,0437	0,0507	0,0577	0,0577	0,0714	0,0783	0,0851	0,0919
15	0,0421	0,0501	0,0581	0,0661	0,0661	0,0819	0,0898	0,0976	0,1054
16	0,0478	0,0570	0,0661	0,0751	0,0751	0,0931	0,1020	0,1109	0,1198
17	0,0539	0,0642	0,0745	0,0847	0,0847	0,1049	0,1150	0,1250	0,1350
18	0,0604	0,0719	0,0834	0,0948	0,0948	0,1175	0,1288	0,1400	0,1512
19	0,0672	0,0801	0,0929	0,1056	0,1056	0,1308	0,1433	0,1558	0,1683
20	0,0744	0,0886	0,1028	0,1168	0,1168	0,1448	0,1587	0,1725	0,1863
21	0,0819	0,0976	0,1132	0,1287	0,1287	0,1595	0,1748	0,1900	0,2052
22	0,0898	0,1070	0,1241	0,1411	0,1411	0,1749	0,1916	0,2084	0,2250
23	0,0981	0,1169	0,1356	0,1541	0,1541	0,1910	0,2093	0,2275	0,2457
24	0,1067	0,1272	0,1475	0,1677	0,1677	0,2078	0,2277	0,2475	0,2673
25	0,1157	0,1379	0,1599	0,1818	0,1818	0,2253	0,2469	0,2684	0,2898
26	0,1251	0,1490	0,1728	0,1965	0,1965	0,2434	0,2668	0,2901	0,3132
27	0,1348	0,1606	0,1862	0,2117	0,2117	0,2623	0,2875	0,3126	0,3376
28	0,1448	0,1726	0,2001	0,2275	0,2275	0,2819	0,3090	0,3359	0,3628
29	0,1553	0,1850	0,2145	0,2439	0,2439	0,3022	0,3312	0,3601	0,3889
30	0,1661	0,1978	0,2294	0,2608	0,2608	0,3232	0,3542	0,3851	0,4159
31	0,1772	0,2111	0,2448	0,2783	0,2783	0,3449	0,3780	0,4109	0,4438
32	0,1887	0,2248	0,2607	0,2964	0,2964	0,3673	0,4025	0,4376	0,4726
33	0,2006	0,2390	0,2771	0,3150	0,3150	0,3904	0,4278	0,4651	0,5023
34	0,2128	0,2535	0,2940	0,3342	0,3342	0,4141	0,4539	0,4934	0,5329
35	0,2253	0,2685	0,3113	0,3540	0,3540	0,4386	0,4807	0,5226	0,5644
36	0,2383	0,2839	0,3292	0,3743	0,3743	0,4638	0,5082	0,5526	0,5967
37	0,2516	0,2997	0,3476	0,3951	0,3951	0,4896	0,5366	0,5834	0,6300
38	0,2652	0,3160	0,3664	0,4166	0,4166	0,5162	0,5657	0,6150	0,6642
39	0,2792	0,3327	0,3858	0,4386	0,4386	0,5434	0,5956	0,6475	0,6992
40	0,2936	0,3498	0,4056	0,4611	0,4611	0,5714	0,6262	0,6808	0,7352
41	0,3083	0,3673	0,4259	0,4842	0,4842	0,6000	0,6576	0,7149	0,7720
42	0,3233	0,3852	0,4468	0,5079	0,5079	0,6294	0,6897	0,7498	0,8098
43	0,3388	0,4036	0,4681	0,5321	0,5321	0,6594	0,7226	0,7856	0,8484
44	0,3546	0,4224	0,4899	0,5569	0,5569	0,6901	0,7563	0,8222	0,8879

Apéndice 1. Continuación

DN (cm)	A L T U R A (m)								
	5	6	7	8	9	10	11	12	13
45	0,3707	0,4417	0,5122	0,5823	0,5823	0,7215	0,7907	0,8596	0,9284
46	0,3872	0,4613	0,5349	0,6082	0,6082	0,7536	0,8259	0,8979	0,9697
47	0,4040	0,4814	0,5582	0,6346	0,6346	0,7864	0,8618	0,9370	1,0118
48	0,4212	0,5019	0,5820	0,6617	0,6617	0,8199	0,8985	0,9768	1,0549
49	0,4388	0,5228	0,6063	0,6892	0,6892	0,8540	0,9360	1,0176	1,0989
50	0,4567	0,5441	0,6310	0,7174	0,7174	0,8889	0,9742	1,0591	1,1438
51	0,4750	0,5659	0,6562	0,7461	0,7461	0,9245	1,0131	1,1015	1,1895
52	0,4936	0,5881	0,6820	0,7753	0,7753	0,9607	1,0528	1,1446	1,2361
53	0,5126	0,6107	0,7082	0,8051	0,8051	0,9976	1,0933	1,1887	1,2837
54	0,5319	0,6337	0,7349	0,8355	0,8355	1,0353	1,1346	1,2335	1,3321
55	0,5516	0,6572	0,7621	0,8664	0,8664	1,0736	1,1765	1,2791	1,3814
56	0,5716	0,6811	0,7898	0,8979	0,8979	1,1126	1,2193	1,3256	1,4316
57	0,5920	0,7054	0,8180	0,9299	0,9299	1,1523	1,2628	1,3729	1,4826
58	0,6128	0,7301	0,8466	0,9625	0,9625	1,1927	1,3070	1,4210	1,5346
59	0,6339	0,7552	0,8758	0,9957	0,9957	1,2337	1,3520	1,4699	1,5874
60	0,6553	0,7808	0,9054	1,0294	1,0294	1,2755	1,3978	1,5197	1,6412
61	0,6771	0,8068	0,9355	1,0636	1,0636	1,3179	1,4443	1,5703	1,6958
62	0,6993	0,8332	0,9662	1,0984	1,0984	1,3611	1,4916	1,6217	1,7513
63	0,7218	0,8600	0,9973	1,1338	1,1338	1,4049	1,5396	1,6739	1,8077
64	0,7447	0,8872	1,0289	1,1697	1,1697	1,4494	1,5884	1,7269	1,8649
65	0,7679	0,9149	1,0609	1,2062	1,2062	1,4946	1,6379	1,7807	1,9231
66	0,7915	0,9430	1,0935	1,2432	1,2432	1,5405	1,6882	1,8354	1,9821
67	0,8154	0,9715	1,1266	1,2808	1,2808	1,5870	1,7392	1,8909	2,0421
68	0,8397	1,0004	1,1601	1,3189	1,3189	1,6343	1,7910	1,9472	2,1029
69	0,8643	1,0298	1,1942	1,3576	1,3576	1,6822	1,8436	2,0043	2,1645
70	0,8893	1,0595	1,2287	1,3969	1,3969	1,7309	1,8969	2,0623	2,2271
71	0,9146	1,0897	1,2637	1,4367	1,4367	1,7802	1,9509	2,1210	2,2906
72	0,9403	1,1203	1,2992	1,4770	1,4770	1,8302	2,0057	2,1806	2,3549
73	0,9663	1,1514	1,3352	1,5179	1,5179	1,8809	2,0612	2,2410	2,4201
74	0,9927	1,1828	1,3716	1,5594	1,5594	1,9322	2,1175	2,3022	2,4862
75	1,0195	1,2147	1,4086	1,6014	1,6014	1,9843	2,1746	2,3642	2,5532
76	1,0466	1,2469	1,4460	1,6440	1,6440	2,0370	2,2324	2,4270	2,6211
77	1,0740	1,2797	1,4839	1,6871	1,6871	2,0905	2,2909	2,4907	2,6898
78	1,1018	1,3128	1,5223	1,7307	1,7307	2,1446	2,3502	2,5552	2,7594
79	1,1300	1,3463	1,5612	1,7750	1,7750	2,1994	2,4103	2,6205	2,8299
80	1,1585	1,3803	1,6006	1,8197	1,8197	2,2549	2,4711	2,6866	2,9013
81	1,1873	1,4147	1,6405	1,8651	1,8651	2,3110	2,5326	2,7535	2,9736
82	1,2165	1,4495	1,6808	1,9109	1,9109	2,3679	2,5949	2,8212	3,0467
83	1,2461	1,4847	1,7217	1,9574	1,9574	2,4254	2,6580	2,8898	3,1208
84	1,2760	1,5203	1,7630	2,0043	2,0043	2,4836	2,7218	2,9591	3,1957
85	1,3063	1,5564	1,8048	2,0519	2,0519	2,5425	2,7863	3,0293	3,2714

Apéndice 2. Tabla de volumen fustal total con corteza para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.

DN (cm)	A L T U R A (cm)								
	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	0,0054	0,0064	0,0074	0,0084	0,0095	0,0105	0,0115	0,0125	0,0135
6	0,0077	0,0092	0,0107	0,0121	0,0136	0,0150	0,0164	0,0179	0,0193
7	0,0105	0,0125	0,0145	0,0164	0,0184	0,0204	0,0223	0,0243	0,0262
8	0,0136	0,0162	0,0188	0,0214	0,0240	0,0265	0,0291	0,0316	0,0341
9	0,0172	0,0205	0,0238	0,0270	0,0303	0,0335	0,0367	0,0399	0,0431
10	0,0212	0,0253	0,0293	0,0333	0,0373	0,0413	0,0452	0,0492	0,0531
11	0,0256	0,0305	0,0354	0,0402	0,0451	0,0499	0,0546	0,0594	0,0641
12	0,0304	0,0363	0,0420	0,0478	0,0535	0,0592	0,0649	0,0706	0,0762
13	0,0357	0,0425	0,0493	0,0560	0,0627	0,0694	0,0761	0,0827	0,0893
14	0,0413	0,0492	0,0571	0,0649	0,0726	0,0804	0,0881	0,0958	0,1034
15	0,0473	0,0564	0,0654	0,0744	0,0833	0,0921	0,1010	0,1098	0,1186
16	0,0538	0,0641	0,0743	0,0845	0,0946	0,1047	0,1147	0,1247	0,1347
17	0,0607	0,0723	0,0838	0,0953	0,1067	0,1181	0,1294	0,1407	0,1519
18	0,0679	0,0809	0,0939	0,1067	0,1195	0,1322	0,1449	0,1575	0,1701
19	0,0756	0,0901	0,1045	0,1188	0,1330	0,1472	0,1613	0,1753	0,1893
20	0,0837	0,0997	0,1156	0,1315	0,1472	0,1629	0,1785	0,1941	0,2096
21	0,0922	0,1098	0,1274	0,1448	0,1621	0,1794	0,1966	0,2138	0,2309
22	0,1011	0,1204	0,1397	0,1588	0,1778	0,1967	0,2156	0,2344	0,2531
23	0,1104	0,1315	0,1525	0,1734	0,1942	0,2148	0,2354	0,2560	0,2764
24	0,1201	0,1431	0,1659	0,1886	0,2112	0,2337	0,2561	0,2785	0,3007
25	0,1302	0,1551	0,1799	0,2045	0,2290	0,2534	0,2777	0,3019	0,3261
26	0,1407	0,1677	0,1944	0,2210	0,2475	0,2739	0,3001	0,3263	0,3524
27	0,1516	0,1807	0,2095	0,2382	0,2667	0,2951	0,3234	0,3516	0,3797
28	0,1630	0,1942	0,2251	0,2560	0,2866	0,3172	0,3476	0,3779	0,4081
29	0,1747	0,2081	0,2414	0,2744	0,3073	0,3400	0,3726	0,4051	0,4375
30	0,1868	0,2226	0,2581	0,2934	0,3286	0,3636	0,3985	0,4332	0,4679
31	0,1993	0,2375	0,2754	0,3131	0,3507	0,3880	0,4252	0,4623	0,4993
32	0,2123	0,2529	0,2933	0,3335	0,3734	0,4132	0,4528	0,4923	0,5317
33	0,2256	0,2688	0,3117	0,3544	0,3969	0,4392	0,4813	0,5232	0,5651
34	0,2394	0,2852	0,3307	0,3760	0,4210	0,4659	0,5106	0,5551	0,5995
35	0,2535	0,3020	0,3503	0,3982	0,4459	0,4934	0,5408	0,5879	0,6349
36	0,2681	0,3194	0,3704	0,4211	0,4715	0,5217	0,5718	0,6216	0,6713
37	0,2830	0,3372	0,3910	0,4445	0,4978	0,5508	0,6037	0,6563	0,7088
38	0,2984	0,3555	0,4122	0,4687	0,5248	0,5807	0,6364	0,6919	0,7472
39	0,3141	0,3742	0,4340	0,4934	0,5525	0,6114	0,6700	0,7284	0,7867
40	0,3303	0,3935	0,4563	0,5188	0,5809	0,6428	0,7045	0,7659	0,8271
41	0,3468	0,4132	0,4792	0,5448	0,6100	0,6750	0,7398	0,8043	0,8686
42	0,3638	0,4334	0,5026	0,5714	0,6399	0,7080	0,7759	0,8436	0,9110
43	0,3811	0,4541	0,5266	0,5987	0,6704	0,7418	0,8129	0,8838	0,9545
44	0,3989	0,4752	0,5511	0,6265	0,7016	0,7764	0,8508	0,9250	0,9989

Apéndice 2. Continuación.

DN (cm)	A L T U R A (cm)								
	5	6	7	8	9	10	11	12	13
45	0,4170	0,4969	0,5762	0,6551	0,7335	0,8117	0,8895	0,9671	1,0444
46	0,4356	0,5190	0,6018	0,6842	0,7662	0,8478	0,9291	1,0101	1,0909
47	0,4545	0,5416	0,6280	0,7140	0,7995	0,8847	0,9695	1,0541	1,1383
48	0,4739	0,5646	0,6547	0,7444	0,8336	0,9224	1,0108	1,0990	1,1868
49	0,4936	0,5881	0,6820	0,7754	0,8683	0,9608	1,0529	1,1448	1,2363
50	0,5138	0,6122	0,7099	0,8071	0,9038	1,0000	1,0959	1,1915	1,2867
51	0,5343	0,6366	0,7383	0,8393	0,9399	1,0400	1,1398	1,2391	1,3382
52	0,5553	0,6616	0,7672	0,8722	0,9768	1,0808	1,1845	1,2877	1,3907
53	0,5766	0,6870	0,7967	0,9058	1,0143	1,1224	1,2300	1,3372	1,4441
54	0,5984	0,7129	0,8268	0,9399	1,0526	1,1647	1,2764	1,3877	1,4986
55	0,6205	0,7393	0,8574	0,9747	1,0915	1,2078	1,3236	1,4390	1,5541
56	0,6431	0,7662	0,8885	1,0101	1,1312	1,2517	1,3717	1,4913	1,6105
57	0,6660	0,7935	0,9202	1,0462	1,1715	1,2963	1,4206	1,5445	1,6680
58	0,6894	0,8213	0,9525	1,0828	1,2126	1,3418	1,4704	1,5986	1,7264
59	0,7131	0,8496	0,9852	1,1201	1,2543	1,3880	1,5211	1,6537	1,7859
60	0,7372	0,8784	1,0186	1,1580	1,2968	1,4349	1,5725	1,7097	1,8463
61	0,7618	0,9076	1,0525	1,1966	1,3399	1,4827	1,6249	1,7666	1,9078
62	0,7867	0,9373	1,0869	1,2357	1,3838	1,5312	1,6781	1,8244	1,9702
63	0,8120	0,9675	1,1219	1,2755	1,4283	1,5805	1,7321	1,8831	2,0336
64	0,8377	0,9981	1,1575	1,3159	1,4736	1,6306	1,7870	1,9428	2,0981
65	0,8639	1,0293	1,1936	1,3570	1,5195	1,6814	1,8427	2,0033	2,1635
66	0,8904	1,0609	1,2302	1,3986	1,5662	1,7330	1,8992	2,0648	2,2299
67	0,9173	1,0929	1,2674	1,4409	1,6135	1,7854	1,9567	2,1273	2,2973
68	0,9446	1,1255	1,3051	1,4838	1,6616	1,8386	2,0149	2,1906	2,3657
69	0,9723	1,1585	1,3434	1,5273	1,7103	1,8925	2,0740	2,2549	2,4351
70	1,0004	1,1920	1,3823	1,5715	1,7598	1,9472	2,1340	2,3201	2,5055
71	1,0289	1,2259	1,4216	1,6163	1,8099	2,0027	2,1948	2,3862	2,5769
72	1,0578	1,2604	1,4616	1,6616	1,8607	2,0590	2,2564	2,4532	2,6493
73	1,0871	1,2953	1,5021	1,7077	1,9123	2,1160	2,3189	2,5211	2,7226
74	1,1168	1,3307	1,5431	1,7543	1,9645	2,1738	2,3822	2,5900	2,7970
75	1,1469	1,3665	1,5846	1,8016	2,0174	2,2323	2,4464	2,6597	2,8724
76	1,1774	1,4028	1,6268	1,8495	2,0711	2,2917	2,5115	2,7304	2,9487
77	1,2083	1,4396	1,6694	1,8980	2,1254	2,3518	2,5773	2,8020	3,0260
78	1,2396	1,4769	1,7126	1,9471	2,1804	2,4127	2,6440	2,8746	3,1044
79	1,2712	1,5146	1,7564	1,9968	2,2361	2,4743	2,7116	2,9480	3,1837
80	1,3033	1,5528	1,8007	2,0472	2,2925	2,5367	2,7800	3,0224	3,2640
81	1,3358	1,5915	1,8456	2,0982	2,3496	2,5999	2,8492	3,0977	3,3453
82	1,3686	1,6306	1,8910	2,1498	2,4074	2,6639	2,9193	3,1739	3,4276
83	1,4019	1,6703	1,9369	2,2020	2,4659	2,7286	2,9903	3,2510	3,5109
84	1,4355	1,7104	1,9834	2,2549	2,5251	2,7941	3,0620	3,3290	3,5951
85	1,4696	1,7509	2,0304	2,3084	2,5850	2,8603	3,1346	3,4080	3,6804