

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DE SOBREVIVENCIA, ESTADO FITOSANITARIO Y
CRECIMIENTO DE PLANTACIONES DE PINOS EN MIAHUATLÁN,
OAXACA**

POR:

CELESTINO SANDOVAL GARCÍA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO FORESTAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE SOBREVIVENCIA, ESTADO FITOSANITARIO Y
CRECIMIENTO DE PLANTACIONES DE PINOS EN MIAHUATLÁN,
OAXACA**

POR:

CELESTINO SANDOVAL GARCÍA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:

ASESOR PRINCIPAL

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE AGRONOMÍA**

M. C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

M. C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE SOBREVIVENCIA, ESTADO FITOSANITARIO Y
CRECIMIENTO DE PLANTACIONES DE PINOS EN MIAHUATLÁN,
OAXACA**

POR:

CELESTINO SANDOVAL GARCÍA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:

ASESOR PRINCIPAL

M. C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

ASESOR

ASESOR

ING. JUAN MORALES HERNÁNDEZ

DR. MIGUEL A. CAPÓ ARTEAGA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2006

El presente trabajo de tesis se llevó a cabo con el apoyo del proyecto de investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 02-030207-2412, titulado: Evaluación del crecimiento de plantaciones forestales en Miahuatlán y San Pedro Pochutla, Oaxaca. Y el apoyo otorgado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECyT) de Coahuila a través de la beca tesis.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Isaías Sandoval Mendoza y Feliciano García Pérez

Por el apoyo que me han brindado siempre y porque en aquellos momentos difíciles siempre hubo una palabra de aliento para seguir adelante, por la unidad que han mantenido como familia en todo tiempo y por la confianza que han depositado en mí.

A MIS HERMANOS:

Felipe, Rufino, Severiana, Carmela y María

A todos ellos por que a pesar de la distancia, siempre ha existido ese amor, apoyo y sobre todo muchos momentos felices que pasamos juntos, por ese lazo que ha existido siempre, y que como hermanos hemos podido salir adelante a pesar de los obstáculos que hemos tenido.

A MIS ABUELAS:

Sebastiana y Agustina

Por el cariño y apoyo que han tenido conmigo, por los consejos que siempre me han dado y sobre todo por esa preocupación siempre por cada uno de sus nietos
Gracias.

A MIS TIOS:

Alfonso y Tomasa, Demetrio y Juana, Severiano y familia, Nicolás y familia,
Prisciliana y familia.

Por esa relación que siempre hemos mantenido, y sobre todo por el apoyo moral que siempre me han brindado, por enseñarme a luchar por alcanzar cada meta propuesta.

A MIS PRIMOS:

Rafael, Lucia, Elizabeth, Fabián, Teresa, Sebastiana, Leonardo, Felicita, María, Tereso, Claudia, Eucario, Irene, Herminia, Marina, Vicente, Bernardina, Dominga, Arturo, José Alfonso, Alberta, José, y todos los demás primos y primas que tengo.

**A LOS JÓVENES DE LA IGLESIA BAUTISTA BETESDA Y LA IGLESIA CRISTIANA
“DIVINO SALVADOR”**

Por esos momentos de convivencia que tuvimos, y por el compañerismo que ha existido, y por creer en un mismo Creador del Universo.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente doy gracias a **Dios Creador del Universo** por darme la vida, y sobre todo por tomar y dirigir mi vida, por las bendiciones que ha dado para poder terminar una de mis metas.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrir sus puertas a miles de jóvenes y dar la oportunidad de poder estudiar una carrera profesional y por ser mi Alma Terra Mater.

Al **Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (Coecyt)** por otorgarme la beca tesis, y por ese gran apoyo que otorga para poder realizar trabajo de este tipo.

Al M.C. **Celestino Flores López** por dirigir y asesorar este trabajo en todo tiempo, por su paciencia y amistad, así como por sus consejos a la superación día con día.

Al Dr. **Miguel A. Capó Arteaga** por sus comentarios y sugerencia, en el presente trabajo.

Al Ing. **Juan Morales Hernández** por las facilidades brindadas para que fuera posible efectuar este trabajo.

Al Sr. **Luis Cortes García e Hipólito Cortes García**, propietarios del predio Río San José y a su familia por todo el apoyo que me brindaron durante mi estancia en campo.

Al Sr. **Leonilo Jacinto Sánchez** por tener esa capacidad tan grande que es ver con la vista interior y por su amor a los recurso forestales, y a su hijo el T. F. **David Jacinto** por su apoyo en los trabajos de campo, y a toda su familia por su Hospitalidad.

Al Sr. **José Luis López Pérez** representante del conjunto predial “Lastina y Río Yubto”.

A **Constantino Cortes López, Jaime Cortes Martínez, Hipólito Cortes Martínez** por todo el apoyo que me brindaron en la medición y toma de datos del trabajo de campo y en especial a mi **Hermano Rufino Sandoval García**.

A todos los **Ingenieros del Departamento Forestal**, por todo el conocimiento y experiencia que dieron durante la carrera y sobre todo por sus consejos a superarnos día con día.

A la M. C. **María Elizabeth Galindo Cepeda** y a la **Laboratorista Guillermina Reyna Sustaita** por su apoyo en la identificación de los agentes que causan la escoba de bruja.

A los **Profesores del Centro de Educación y Capacitación Forestal No 2.** y en especial al **M. C. Francisco Maldonado Robles y Eduardo López Cortes** por sus consejos y apoyo para dar un paso más hacia la superación, así como a Doña Carmelita y a Raúl por su amistad.

Al Ing. **Horacio García Rodríguez** por sus comentarios, y a la Señorita **Cristina Chancoya** por sus atenciones y apoyo.

A la Biol. **Luz María Domínguez Altamirano**, por su apoyo moral y sus consejos que siempre me ha brindado, y por su amistad.

A cada uno de mis **maestros de la Primaria y Secundaria** que me brindaron su apoyo, por corregirme y enseñarme el español.

A **Sulvia América Martínez Orozco** por su amistad, cariño y apoyo.

A la maestra **Cecilia López** por sus consejos y su amistad.

A mis **compañeros de la carrera de Ingeniero Forestal** pertenecientes a la generación C. Por el compañerismo y amistad que compartí con ellos durante la licenciatura, y en especial a Paulino Hernández, Javier Mendoza Sandoval, Javier Juárez de la fuente, Paloma López Colunga.

A la **Asociación de Estudiantes Oaxaqueños de la UAAAN A. C.** por el apoyo que me brindaron durante mi gestión en la Asociación para la realización de los evento

culturales y de llevar una pequeña muestra de la grandeza del Estado de Oaxaca a otros estados como Coahuila.

A los estudiantes que pertenecen al Grupo Chahahualznin que en tepehua significa “gente que habla una lengua”, por todas esas experiencias que compartimos juntos por rescatar y conservar la cultura y las lenguas indígenas de México.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en mi formación profesional, que me brindaron una palabra de aliento para seguir adelante en aquellos momentos difíciles de mi vida gracias.

Y **al pueblo de México**, por que gracias a sus impuestos se pueden mantener las Universidades publicas como la NARRO.

Kutavisa nundakani (Gracias a todos)

Salmo 100

1. Ndaka o ja ka iyo o nika'nu ñuu ñayivi a,
Jin ndachiñu'ú sii ini o Su'si ma,
2. Te jin kunukuechi sii ini o
nuu Su'si o Iya Tatnuni ma.
Ne'e koo sii ini ni nuu iyo ya a.
3. Te jin kona'a o ja Su'si ma
ni sa'a ndi-in ndi-in o a,
te kuenda maa ya ka kuu o,
te ñuu maa ya ka kuu o,
te ndikachi korral ya ma ka kuu o.
Chukan kuu ja jin ndakunitnuni ni
Ja maa ya kuu Su'si o Iya Tatnuni ma.
4. Te jin kivi koo o ye'e veñu'ú nuu iyo ya ma,
Te jin kata o nuu ya, te jin ndachiñu'ú o ya,
Te jin ndaka'an jin ndakachi o
Ndaka ja vii ja va'a sa'a ya ma.
Te sukan jin ndakuan-ta'vi o nuu ya
Ndaka ja va'a taa ya ma.
5. Vaa Su'si o Iya Tatnuni ma
Chi iya va'a ini kuu ya,
Te ni-kani ni-jika kunda'vi ini ña'a ya,
Te nuu ndaka sa'ya tata nayii ma
Iyo tnu'ú ndaa tnu'ú ndija ya ma.

Salmos en el Mixteco de Magdalena Peñasco, Tlaxiaco, Oaxaca.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	6
2 MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1 Descripción del área de estudio	7
2.2 Antecedentes de las plantaciones	12
2.3 Evaluación de plantaciones	12
2.4 Análisis estadístico	17
3 RESULTADOS Y DISCUSIONES	20
3.1 Supervivencia en plantaciones	20
3.2 Evaluación del estado fitosanitario de las plantaciones	23
3.2 Incremento en volumen de las plantaciones	25
4 CONCLUSIONES	27
5 RECOMENDACIONES	28
6 LITERATURA CITADA	29
7 APÉNDICE.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características geográficas y fisiográficas de los predios donde se establecieron las plantaciones y la superficie de estas.....	7
Cuadro 2. Modelos empleados para la elaboración de tabla de volúmenes para cinco especies del género <i>Pinus</i> en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.	15
Cuadro 3. Especie, año de establecimiento de la plantación, superficie, porcentaje de sobrevivencia y error de estimación de los predios Río San José, Santa Ana y Ojo de Agua, Lastina y Río Yubto.....	20
Cuadro 4. Resultados de sobrevivencia de diferentes estudios de plantaciones	21
Cuadro 5. Especie, predio, tipo de enfermedad, año de establecimiento de la plantación, superficie y porcentaje de sanidad y error de estimación.....	24
Cuadro 6. Incremento medio anual en volumen (m ³) por hectárea por especie, predio, año de establecimiento, así como la superficie del rodal, volumen total por hectárea y porciento de incremento	25

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Plano de la pequeña propiedad “Río San José”, Municipio de San Sebastián Río Hondo, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca	7
Figura 2. Plano del Conjunto Predial “Santa Ana y Ojo de Agua”, Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca	8
Figura 3. Plano del Conjunto Predial “Lastina y Río Yubto”, Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca	9

RESUMEN

Se evaluaron plantaciones de pinos en los predios “Río San José”, Municipio de San Sebastián Río Hondo; y “Santa Ana y Ojo de Agua”, “Lastina y Río Yubto”, del Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca. El objetivo fue conocer la sobrevivencia, el estado fitosanitario y el incremento medio anual en volumen de las plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl, *P. oaxacaca* Mirov, *P. patula* var. *longepedunculata* Look, *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

Se realizó un muestreo sistemático con una intensidad de 2.83% donde se utilizaron sitios de 100 m², a una equidistancia entre sitios de 40.5 metros. Para la sobrevivencia y el estado fitosanitario se realizó el conteo directo de todos los árboles vivos y/o con presencia de enfermedad. Y para el cálculo de incremento medio anual se obtuvieron tablas de volúmenes por especie que se utilizaron para el desarrollo de la secuela de cálculo versión modificada del método de Loetsch.

La sobrevivencia en las plantaciones del predio “Santa Ana y Ojo de Agua”, establecidas en el año de 1995 y 1996, con *P. pseudostrobus* y *P. ayacahuite*, y el predio de “Lastina y Río Yubto” establecidas en el año de 1993 con *P. oaxacana* y *P. patula* var. *longepedunculata* resultaron aceptables superiores al 80%, para el resto de la plantaciones sus valores de sobrevivencia son producto principalmente del pastoreo que inicialmente se tuvo. Prácticamente las plantaciones están sanas y la principal enfermedad con mayor presencia fue la “escoba de bruja” en *P. pseudostrobus*. La presencia de crecimiento continuo “cola de zorra” en *P. ayacahuite* es producto de problemas de adaptación al sitio.

El predio que presentó el mayor incremento medio anual (IMA) en volumen por hectárea fue “Río San José”, con las especies *Pinus oaxacana*, *P. pseudostrobus* con 19.64 m³ en 12 años; seguido por el Predio de “Santa Ana y Ojo de Agua” con las especies de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus patula* var. *longepedunculata*, con 14.098 m³ en 11 años; y la que tuvo el menor incremento fue “Lastina y Río Yubto” con 1.405 m³ en 9 años para las especies *P. oaxacana* y *P. maximinoi*.

1 INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de productos forestales y la relativa baja productividad de las masas forestales naturales en nuestro país, plantean la necesidad del establecimiento de plantaciones forestales (Caballero y Zerecero, 1978; Vargas *et al.* 1994; Villarreal, 1994). En México se han realizado una serie de plantaciones forestales, en donde ensayos de estos tipos se han efectuado en zonas de clima templado y frío, así como en regiones tropicales y aún en semiáridas, donde se han utilizado diversas especies de coníferas y de latifoliadas; pero desgraciadamente la gran mayoría de esos esfuerzos permanecen ignorados y desconocidos. La experiencia acumulada se ha quedado sólo en unas pocas personas responsables de la ejecución (Caballero y Zerecero, 1978)

Para el periodo de 1994 a 1998, el déficit de la balanza comercial forestal, incluyendo celulosa y papel, tuvo un saldo negativo de 1,219 millones de dólares, y para 1998 el producto interno bruto del sector forestal solo representó el 1.2% del nacional, esto nos indica que se tiene importaciones de celulosa y papel, por otra parte el consumo nacional muestra una tendencia creciente para el lapso de 1990 a 1997, una tasa media anual de 17.4%; todo esto indica que las plantaciones forestales comerciales se convierten en una de las alternativas más viables para satisfacer la demanda de materias primas forestales y disminuir la presión hacia el bosque nativo (SEMARNAP, 2000a).

En el área de establecimiento y manejo de plantaciones comerciales en México carece de información y estrategias metodológicas que permitan definir las mejores alternativas, considerando una integración de aspectos técnicos, sociales, culturales y económicas; la solución de este problema debe considerar el establecimiento de una red de comunicación de grupos interdisciplinarios de trabajo, compuestos por investigadores, técnicos operativos e inversionistas entre otros (Torres, 1994), sin embargo el establecimiento de plantaciones forestales se han limitado principalmente a la protección de áreas degradadas, para la generación de

empleos, la utilización de tierras abiertas a otros cultivos, la creación de infraestructura caminera, la protección de los suelos, control de escorrentías, la formación de cortinas rompevientos y la protección de otros recursos como la fauna (Patiño, 1994).

En México existen practicas de reforestación desde la época precolombina, al plantarse ahuehuetes en Chapultepec, siendo nuestro país rico en recursos forestales, es hasta ahora cuando se admite la necesidad de establecer plantaciones, tanto de protección como de tipo comercial, ya que será la principal alternativa para satisfacer la creciente demanda de productos forestales en el futuro a mediano plazo; trabajos que para su establecimiento requieren de una cuidadosa planeación, por el capital y el tiempo que requieren (Villarreal, 1992).

En el país existen 16 millones de hectáreas susceptibles a reforestación; es posible que la mayoría de ellos solo puedan hacerse con fines de protección y recuperación, pero cuyo propósito secundario podría ser la producción, de las cuales se calcula que existe, 10.7 millones de hectáreas que tienen las características de clima, suelo y disponibilidad necesaria para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Las regiones de mayor potencial para esta actividad son: Norte, Pacifico-centro y Golfo-sureste de México (SEMARNAP, 2000a).

Oaxaca es una entidad con una actividad forestal importante, ya que ese sector contribuye con cerca del 10% del Producto Interno Bruto de la entidad, además de generar un alto porcentaje de empleo en las comunidades rurales, estimado en 40,000; y de poseer una gran riqueza y diversidad de recursos forestales, por otra parte el 90% de los bosques de la entidad están en manos de las Comunidades indígenas, en donde la forma tradicional de organización es la vigencia de la Asamblea General de Comuneros como la Instancia de mayor jerarquía que ha favorecido la participación colectiva en el uso de estos recursos naturales (SEMARNAP, 2000b).

Por otra parte en el estado de Oaxaca se encuentra representado el 50% de las especies de plantas del país, lo que lo hace el estado con mayor biodiversidad; las regiones de los Chimalapas, Sierra Juárez, Yautepec, Cañada y la Costa se caracterizan por tener ecosistemas complejos y de alta biodiversidad como selvas húmedas, bosque mesófilo y selvas secas. Por otro lado, existen lugares donde la pérdida de la vegetación forestal ha sido más severa como la Mixteca que se considera la región mas erosionada del país, así como la zona norte del Istmo y los valles centrales, en donde han sido desmontados grandes extensiones de bosque mesófilo de montaña y selva húmedas para sustituirse por potreros, milpas y huertas de café (SEMARNAP, 2000b).

De acuerdo con el Inventario Forestal de Oaxaca de 1994, se estima que la entidad cuenta con 5.1 millones de hectáreas con cubierta forestal, de los cuales 2.7 corresponden a bosques templados de coníferas y encinos, y 2.4 millones a selvas tropicales, así como 2 millones de hectáreas perturbadas. En 1997, la delegación de la SEMARNAP inicio sus trabajos de restauración de suelos con recursos del Programa de Empleo Temporal (PET) de la SEDESOL, algunos pequeños proyectos piloto en algunos sitios de la Mixteca (SEMARNAP, 2000b).

La primera plantación a nivel comercial que se estableció en el estado de Oaxaca, fue la de Tuxtepec, realizada por el gobierno a través de un fideicomiso, entre 1974 y 1983 con alrededor de 10,000 ha de *Pinus caribea* var. *hondurensis* Barr. et Golf, y *Pinus oocarpa* Schiede para abastecer principalmente a la fabrica de papel Tuxtepec en el mediano y largo plazo, en donde ya han sido aprovechadas algunos rodales y otro por aprovecharse (SEMARNAP, 2000a), y en el periodo de 1997 y 2000 la SEMARNAP apoyó en Oaxaca a seis proyectos de plantaciones en las regiones del Papaloapan, Bajo Mixe y Costa como una vía para la recuperación de tierras al uso forestal, con un poco mas de 11,000 hectáreas (SEMARNAP, 2000b).

Las etapas principales para la evaluación de plantaciones forestales en base a un muestreo estadístico se basa en varios puntos; establecer el objetivo u objetivos

de la investigación, definición de la población bajo estudio, datos a ser colectados, nivel de precisión y confiabilidad, método de medición, marco de muestreo, selección de la muestra, prueba de la hoja de registro y muestreo preliminar, organización del trabajo en la plantación, edición y análisis de la información, e información obtenida para futuros trabajos según (Carreño, 1978). Por otra parte el sistema de medición nos permite diagnosticar el grado en que se esta resolviendo esa necesidad y que las evaluaciones deben de realizarse en base a sus objetivos planteados (Caballero y Zerecero, 1978).

La repoblación de grandes zonas deforestadas presenta muchas dificultades, las cuales aumentan aún mas si las repoblaciones son de una sola especie, por ello tiene que ser precedida por una serie de minuciosos estudios, tanto de las condiciones ecológicas de la zona destinada a repoblar, como de la exigencia de la especie arbórea que se utilizará, ya que las plantaciones estarán sometidas a varios factores limitantes en su desarrollo, de naturaleza abiótica o biótica; como el suelo y el clima, hongos patógenos e insectos fitófagos (Alatorre, 1978).

La supervivencia o sobrevivencia es una de las variables que se deben de evaluar en una plantación forestal, ya que es un indicador relevante de producción y productividad en una plantación dada (Ramírez, 1978). Sin embargo el éxito de cualquier programa de reforestación con fines comerciales precisara de la definición de las especies que se deben de manejar, en base a las características ecológicas del lugar donde se establecerá la plantación y el tipo de producto que se habrá de obtener (Villarreal, 1992).

En la evaluación de plantaciones forestales se ha estimado el incremento medio anual en metros cúbicos (m^3), tal es el caso de la evaluación de tres plantaciones establecidas en la Comunidad de San Pedro el Alto, Oaxaca, con especies de *Pinus patula* Schl. et Cham. (Procedente de Puebla), *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* Mtz, *P. montezumae* Lamb, *P. oocarpa* Shiede y *Cupressus Lindleyi* K., sobresaliendo *P. oocarpa* Shiede y con menor incremento *P. pseudostrobus* Lindl.

También se evaluó la enfermedad como *Cronartium quercuum* (Berk.) Miyabe ex Shirai y la presencia del crecimiento de “cola de zorra” (Flores, 1997).

Los antecedentes de aprovechamiento forestal maderable en la microregión, datan desde los años 40's del siglo pasado, realizada principalmente por extranjeros (españoles) y es en los años 60's cuando inicia el aprovechamiento de bosques en forma masiva para abastecer la industria del aserrío, que fue instalada en la microregión de manera temporal conforme se fue avanzando en el aprovechamiento del bosque, en esta medida se llevó a cabo el movimiento de la industria, de tal manera que se acortaran las distancias de abasto y por otra parte en estos tiempos al no contar con maquinaria se utilizó una gran cantidad de mano de obra para la apertura y rehabilitación de caminos en forma manual. Los dueños por la misma necesidad de alimentos básicos, fueron haciendo desmontes para cambio de uso del suelo con la finalidad de llevar acabo el cultivo del maíz, papa y trigo, principalmente de sustento (Juan Morales Hernández, comunicación personal).

Lo anterior nos conduce a que los bosques en referencia su mayor parte son de segundo crecimiento con algunos pequeños resalvos de bosque original por ubicarse en terrenos accidentados difíciles para la extracción de madera. Es hasta principios de los años 90's cuando por iniciativa de los dueños se elaboran los Estudios de Manejo Integral Forestal a nivel Municipal, para dar pie al aprovechamiento actual de los bosques de los pequeños propietarios, es por ello que actualmente la mayoría de estos están ejerciendo su segundo ciclo de corta, mediante Programas de Manejo Forestal, documento técnico donde se establece la planeación de las actividades de producción, protección y conservación, con una participación activa de los dueños de bosque en las tareas de restauración, mediante la reforestación; que ha hecho que tanto los dueños como la población en general logre tomar la actividad forestal como una actividad primaria en la microregión (Juan Morales Hernández, comunicación personal).

Sin embargo la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) en el 2002 llegó a calificar a esta microregión como "área crítica" al no poder controlar la tala clandestina y el tráfico de madera; que genera la sobre regulación ambiental, por la tramitología y burocracia y los conatos de corrupción de las instituciones involucradas y su personal, sin embargo no todo es como lo califica la PROFEPA, prueba de ello, es con los trabajos de silvicultura y manejo sustentable de los bosques, este grupo de pequeños propietarios forestales, han llegado a obtener en el 2003, la Mención Honorífica del Premio al Mérito Ecológico 2003 y ese mismo año en grupo la Mención Honorífica del Premio Nacional al Mérito Forestal 2003 (Juan Morales Hernández, comunicación personal).

En las Sierra Sur del estado de Oaxaca, aproximadamente el 5% de la superficie boscosa es de pequeña propiedad, por lo tanto están más marginados de apoyos gubernamentales y de asistencia técnica (Juan Morales Hernández, comunicación personal). En donde se han realizado una serie plantaciones forestales con fines de restauración, por los pequeños propietarios, sin conocer las condiciones en que se encuentran, motivo por el cual se realizó el presente trabajo de evaluación teniendo el siguiente objetivo:

1. 1 Objetivo

- Evaluar la sobrevivencia, el estado fitosanitario y el incremento medio anual (IMA) en volumen por hectárea en tres plantaciones de pinos en Miahuatlán, Oaxaca.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2. 1 Descripción del área de estudio

Las plantaciones se encuentran ubicadas en la Sierra Sur del Estado de Oaxaca, dentro del Distrito de Miahuatlán, en tres pequeñas propiedades, que son caracterizadas en el Cuadro 1. Los planos de cada una de las pequeñas propiedades, así como la superficie de cada una de las plantaciones se presentan en las Figuras 1, 2 y 3.

Cuadro 1. Características geográficas y fisiográficas de los predios donde se establecieron las plantaciones y la superficie de éstas.

Propiedad	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud msnm	Exposición	Pendiente (%)	Superficie de plantaciones en (ha)
Río San José	San Sebastián Río Hondo	16° 09'58.3" y 16° 10'22.7"	96° 23'08.6" y 96° 24'12.1"	2789	Sw 50°	31	17.906
Lastina y Río Yubto	San Miguel Suchixtepec	16° 03'01.6" y 16° 03'46.7"	96° 25'15.3" y 96° 26'38.4"	2160	Sw 56°	74	9
Santa Ana y Ojo de Agua	San Miguel Suchixtepec	16° 03'04.8" y 16° 04'17.8"	96° 28'03.4" y 96° 28'54.8"	2335	Sw 16°	75	4.051

En el área de estudio se presentan tres tipos geomorfológicos siendo el más representativo, el denominado Sierra Sur; cuya conformación consta de rocas metamórficas, tipo gneis, de la era Paleozoica y rocas sedimentarias calizas, del cretácico inferior, de la era mesozoica (INEGI, 1989).

Los tipos de suelos que se localizan en la región son: acrisol-húmico, fluvisol-eútrico de textura fina, litosol y cambisol-eútrico de textura media y litosol, rendzina, luvisol-crómico de textura fina (INEGI, 1985).

El área donde se ubican las pequeñas propiedades pertenecen a la región hidrográfica RH-21, Costa de Oaxaca-Puerto Ángel, dentro de la cuenca Río Copalita, y otros, y de la Subcuenca Río Copalita, Microcuenca Río San José (INEGI, 1993).

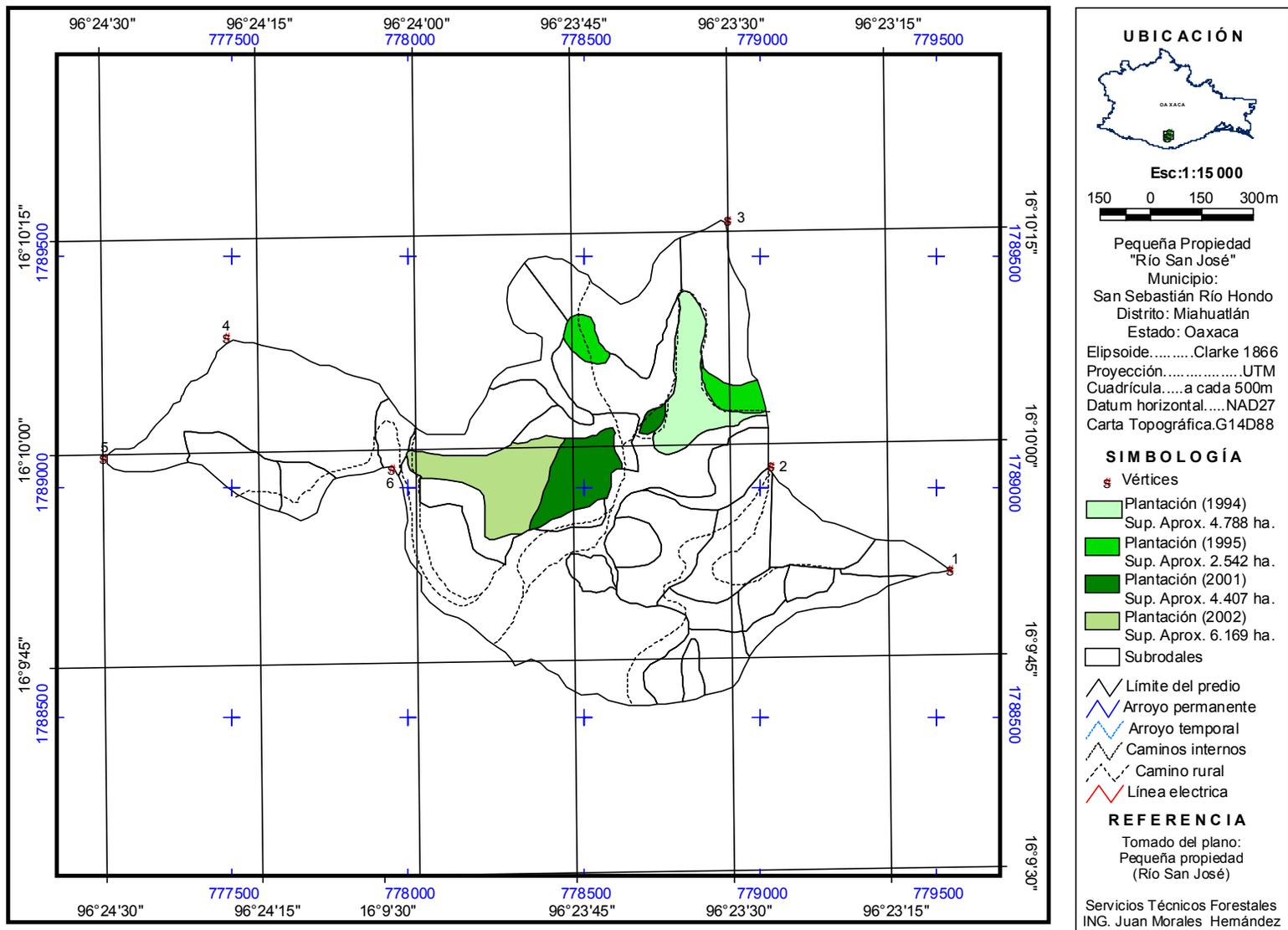


Figura 1. Plano de la pequeña propiedad "Río San José", Municipio de San Sebastián Río Hondo, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca. Plano modificado por Modesto Curiel Ávila de Morales (2000).

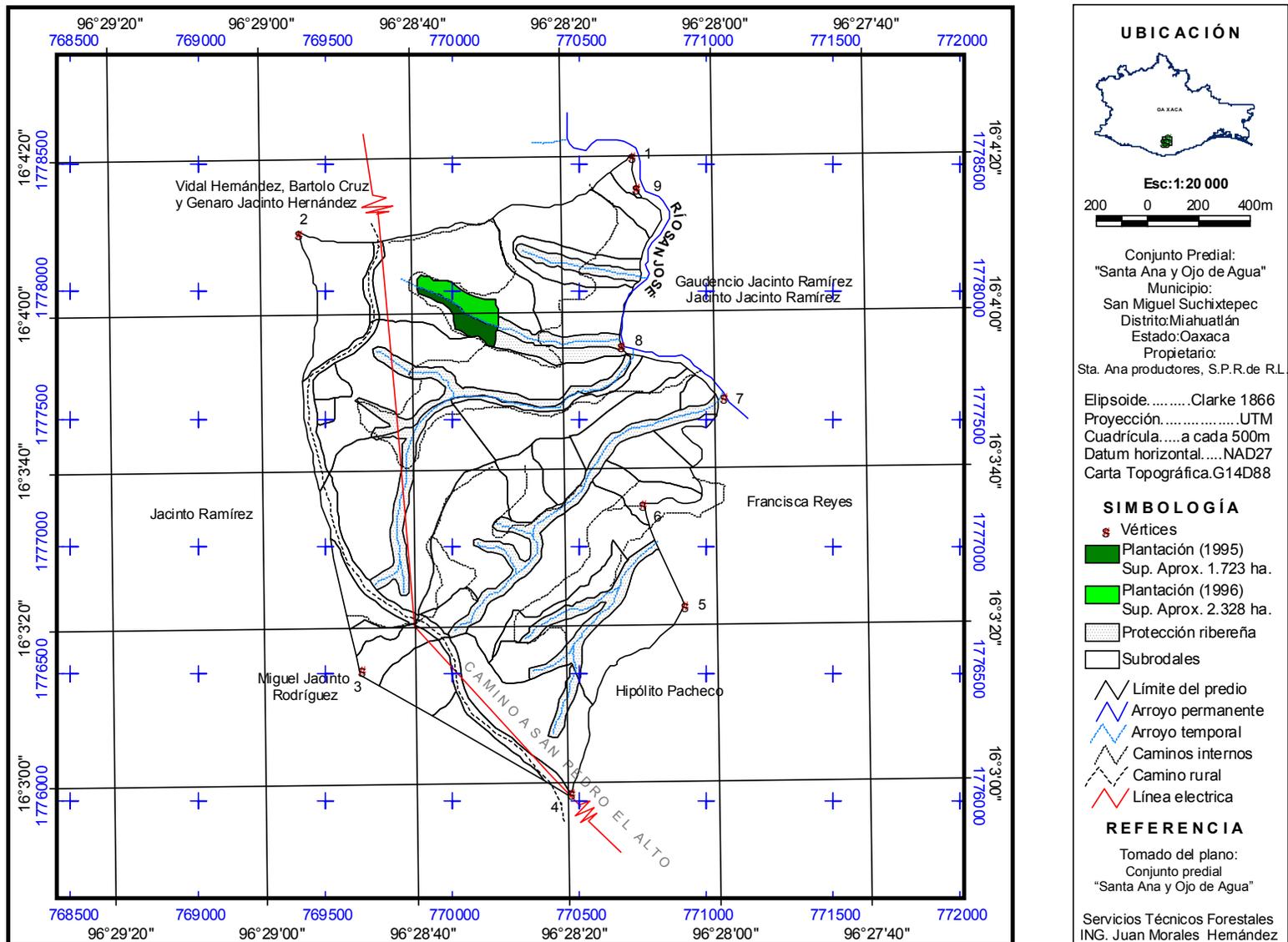


Figura 2. Plano del Conjunto Predial "Santa Ana y Ojo de Agua", Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca. Plano modificado por Modesto Curiel Ávila de Morales (2001b).

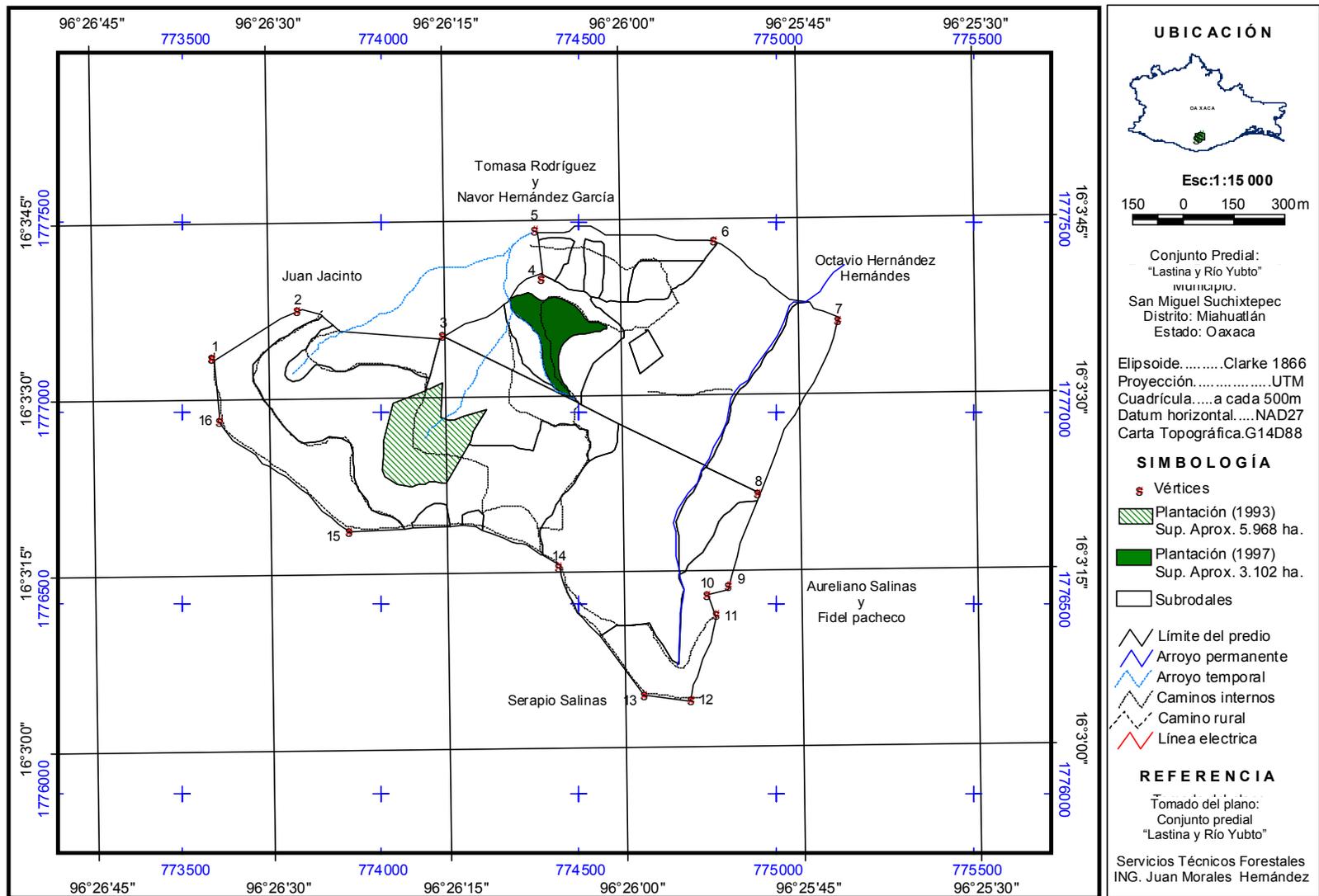


Figura 3. Plano del Conjunto Predial "Lastina y Río de Yubto", Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca. Plano modificado por Modesto Curiel Ávila de Morales (2001a).

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1988), el tipo de clima para las pequeñas propiedades es: Cb (w2) (w) igw”, que corresponde al clima templados y sub-húmedos; con lluvias en verano, y una precipitación anual de 1294.3 mm y un porcentaje de lluvias invernal menor de 5% con verano fresco y largo; la temperatura media del mes más caluroso (abril) de 22° C y los meses mas fríos oscila entre -6 y 18°C; la máxima precipitación se presenta en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, alcanzando un promedio mensual de 107.85 mm, en los últimos 10 años el promedio de precipitación es de 1,800 mm, por otra parte estas áreas, son afectado por algunos fenómenos meteorológicos que hacen que la distribución de las lluvias sean irregulares, principalmente en los meses de septiembre-octubre y diciembre-enero, cuando se presentan los efectos de ciclones, “nortes” y nevadas.

Los tipos de vegetación que existen en la región son: bosques de clima templado, bosque de coníferas y la mezcla de coníferas y latifoliadas, con predominancia de las diferentes especies de los géneros *Pinus*, *Quercus*, *Arbutus* y *Alnus*; generalmente mezclados en diferentes composiciones y estructuras; donde destacan por su importancia las siguientes especies. *P. pseudostrobus* Lindl, *P. teocote* Schl. et Cham, *P. patula* Schl. et Cham. , *P. douglasiana* Mart., *P. ayacahuite* Ehren, *Quercus liebmannii* Oert. Ex Trel, *Q. macrophylla* Née, *Q. rugosa* Née, *Arbutus glandulosa* Martens et Galeotti, *Alnus arguta* (Schltdl) Spach. Además se presenta vegetación conformada por arbustos y vegetación herbáceo que integran el sotobosque, en donde se destacan las siguientes: *Arctostaphylos pungens* Kunth, *Baccharis conferta* HBK, *Lupinus* sp. L. y gramíneas (Morales, 2000).

Las especies de fauna silvestre se consideran de paso, las más comunes observadas son: venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann), Tejón (*Nasua narica* L.), Armadillo (*Dasypus novemcintus* L.), Conejo (*Sylvilagus floridanus* J. A. Allen), Tlacuache (*Didelphys marsupialis* L.), Ardilla gris (*Sciurus sociales* Warner), Codorniz común (*Colinus virginianus* L.) Correcaminos (*Geococcyx velox* Warner) Carpinteros (*Dendrocopos* sp), víbora de cascabel (*Crotalus triseratus* Wagler) (Morales, 2000).

2. 2 Antecedentes de las plantaciones

Las especies establecidas en las plantaciones fueron y *P. pseudostrobus* Lindl, *P. oaxacana* Mirov, *P. ayacahuite* Ehren, *P. patula* var. *longepedunculata* Look y *P. maximinoi* H. E. Moore, la descripción de cada una de ellas se presentan en el Apéndice 1.

Las semillas se colectaron de árboles fenótipicamente deseables en los bosques naturales y fueron sembradas en almácigos utilizando como sustrato tierra de monte y tierra de río en una proporción de tres a uno, la siembra fue al voleo aplicando un riego por la tarde durante 20 días hasta que germinara toda la semilla. Y el transplante se realizó 10 días después de la germinación. Se utilizaron bolsas de polietileno de 10 x 20 cm, de calibre 400, utilizando como sustrato tierra de monte y arena de río en una proporción de tres a uno, donde se realizó el transplante. Se aplicaron riegos cada tercer día durante un periodo de 7 a 8 meses que duró la planta en vivero hasta alcanzar la de 30 a 35 cm de altura antes de salir a campo.

Los sitios seleccionados para el establecimiento de las plantaciones fue en áreas abandonadas o que fueron dedicadas al pastoreo y/o a la agricultura. Primero se realizaron labores de limpieza del terreno antes del establecimiento de la plantación. La plantación se realizó en la temporada de lluvias, utilizando el sistema de cepa común con dimensiones de 20 x 20 x 30 cm, con una densidad de 1600 árboles por hectárea y un espaciamiento de 2.50 x 2.50 m entre árboles e hileras, utilizando el sistema de trazado de tres bolillo, por las condiciones de los terrenos.

2. 3 Evaluación de plantaciones

Primero se realizó un reconocimiento general de las pequeñas propiedades, para conocer las condiciones de las plantaciones y se identificaron las especies de pinos.

El diseño de muestreo utilizado fue el sistemático, con una intensidad de muestreo de 2. 83% y una equidistancia entre sitios de 40.5 metros. El tamaño de los sitios fue de 100 m², de forma circular.

Las variables evaluadas fueron, la sobrevivencia tomando el valor de los árboles vivos por sitio, la proporción de árboles con presencia de plagas o enfermedades por sitio, y el incremento medio anual en volumen por hectárea de los rodales.

Para calcular el incremento corriente anual en volumen por hectárea se utilizó la secuela de calculo del incremento en volumen (versión modificada del método de Loetsch) (Villa-salas, 1963). Para esta secuela se realizaron los siguientes pasos:

1. Se elaboraron tablas de volúmenes para cada especie, para el rango de categorías diamétricas existentes, Para esto se calculó el volumen de un árbol por cada categoría diamétrica presentes en cada uno de los sitios; cada árbol se midió el diámetro a la base, a 30 cm, y a cada metro hasta el ápice y altura total, la cubicación se realizó utilizando los tipos dendrométricos que presenta un árbol (Cailliez, 1980; Romahn *et al.*, 1994), utilizando el neiloide truncado, el paraboloides apolónico truncado y el cono.

Para el cálculo de volumen del tocón correspondiente a la altura 0 a 0.30 m se empleó la fórmula del neiloide truncado siendo el que más se asemeja al tocón (Romahn *et al.*, 1994):

$$V = \frac{H}{4} (S_0 + S_1 + \sqrt[3]{S_0 S_1} (\sqrt[3]{S_0} + \sqrt[3]{S_1}))$$

donde:

V = Volumen en cm³

S₀ = área menor en cm²

S₁ = área mayor en cm²

H = longitud de la troza en cm.

A partir de los 30 cm de longitud en adelante exceptuando la última sección (cono), el cálculo del volumen se realizó con la fórmula del paraboloides apolónico:

$$V = \frac{\pi}{4} \left(\frac{S_0 + S_1}{2} \right) L$$

donde:

V = Volumen en cm^3

S_0 = área menor en cm^2

S_1 = área mayor en cm^2

H = longitud de la troza en cm

$\pi = 3.1416$

Y para el cálculo de la última sección se utilizará la fórmula del cono:

$$V = \frac{S_0 h}{3}$$

donde:

V = volumen en cm^3

S_0 = área de la base del cono en cm^2

H = altura total del cono en cm.

Para generar la tabla de volumen se utilizaron nueve modelos que se han empleado en la elaboración de tablas de volúmenes (Cuadro 2). Los modelos seleccionados que se utilizaron en la elaboración de la tabla de volúmenes fueron los que presentaron el menor valor del índice de Furnival, como se puede ver en los Apéndices 2, 3, 4, 5 y 6. Así como los que presentaron el mayor R^2 que se presentan

en los Apéndices 7, 9, 11, 13 y 15. A partir de los modelos seleccionados se elaboraron las tablas de volúmenes que se presentan en los Apéndices 8, 10, 12, 14 y 16.

Cuadro 2. Modelos empleados para la elaboración de tabla de volúmenes para cinco especies del género *Pinus* en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

No	Modelo	Ecuación
1	De la Variable combinada	$V=a+bD^2 A$
2	Australiana	$V=a+bD^2+cA+dD^2A$
3	Meyer modificada	$V=a+bD+cDA+dD^2+eD^2A$
4	Comprensible	$V=a+bD+cDA+ dD^2+eA+fD^2A$
5	De Naslund	$V=abD^2+cD^2A+dA^2+eDA^2$
6	De Schumacher	$\log V = \log a + b \log D + c \log A$
7	De Korsun	$\log V = \log a + b \log (D + 1) + c \log A$
8	De la variable combinada	$\log V = \log a + b \log(D^2 A)$
9	Modelo de Thornber	$\log V = \log a + b \log (A / D) + \log (D^2 A)$

Donde: V = Volumen (m³), D = Diámetro normal (m), A = Altura total (m), a-f = Parámetros a estimar. Fuente: Romahn *et al.* (1994), Pompa *et al.* (1998) y Jiménez (1990).

2. Se realizó la secuela de cálculo, colocando y calculando valores para cada una de las 11 columnas que se mencionan a continuación.

Columna 1. Se registraron las clases diamétricas, empezando con la clase diamétrica inferior o la mas pequeña que se considera en ese rodal y se terminó con la clase diamétrica superior o la mas grande considerada, las clases diamétricas van de 5 en 5 cm.

Columna 2. Se anotaron los volúmenes por árbol, correspondientes a cada clase diamétrica; estos valores se estimaron a partir del ajuste entre el diámetro basal y la altura de los árboles muestreados y el calculo correspondiente de los volúmenes; esto valores se muestran en los Apéndices 17a y b, 18a y b, 19a y b, 20a y b, y 21a y b. Los valores se expresaron en metros cúbicos, con aproximación a decímetros cúbicos.

Columna 3. Se anotaron aquí las diferencias de volumen entre las clases diamétricas sucesivas.

Columna 4. Se calculó para cada clase diamétrica el volumen de 1cm. de diámetro. Este valor se obtiene por medio de la formula siguiente:

$$x_n = \frac{d_1 + d_2}{10}$$

donde:

x_n = volumen de 1 cm. de diámetro en la clase diamétrica n.

d_1 = diferencia de volumen de la clase diamétrica anterior a la considerada y esta.

d_2 = diferencia de volumen de la clase diamétrica considerada y la siguiente.

Columna 5. No se consideraron para esta columna valores, al no tener los incrementos corrientes anuales sin corteza.

Columna 6. Se calculó dividiendo la columna 1 entre el número de años de la plantación.

Columna 7. Se calculó el incremento en volumen por árbol para cada clase diamétrica, multiplicando el incremento anual en diámetro (columna 6) por el volumen de 1cm de diámetro de la clase diamétrica considerada (columna 4).

Columna 8. Se determinó el porcentaje de incremento en volumen por árbol para cada clase diamétrica, multiplicando por 100, el cociente que resulta al dividir el incremento en volumen (columna 7) entre el volumen por árbol de la misma clase diamétrica (columna 2).

Columna 9. Se registró para cada clase diamétrica el número de árboles que hay en una que se encontró en la evaluación.

Columna 10. Para cada clase diamétrica se obtuvo el volumen por hectárea multiplicando el número de árboles por hectárea (columna 9) por el volumen de un árbol de esa clase diamétrica (columna 2)

Columna 11. Para cada clase diamétrica se obtuvo el incremento medio anual en volumen por hectárea, multiplicando el número de árboles por hectárea (columna 9) por el incremento medio anual en volumen por árbol (columna 7).

Después de tener todos estos valores, se obtuvo el volumen total por hectárea y el incremento medio anual en volumen total por hectárea, sumando los resultados parciales de cada clase diamétrica. También se calculó el porcentaje del incremento con respecto al volumen inicial presente al momento de la evaluación.

2. 4 Análisis estadístico

Para el cálculo de la proporción de sobrevivencia y estado fitosanitario, se utilizaron las siguientes ecuaciones (CONAFOR-SEMARNAT, 2003).

Estimador de la proporción de sobrevivencia y/o presencia de plagas o enfermedades (p):

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Varianza estimada de p :

$$v(p) = \left(\frac{N-n}{Nnm^2} \right) \left[\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - pm_i)^2}{n-1} \right]$$

Número promedio de árboles plantados por sitio en la muestra (\bar{m})

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$$

Para calcular la varianza estimada de p se debe calcular:

$$\sum_{i=1}^n (a_i - p m_i)^2 = \sum_{i=1}^n a_i^2 - 2p \sum_{i=1}^n a_i m_i + p^2 \sum_{i=1}^n m_i^2$$

Límite para el error de estimación (LIM):

$$LIM = 2\sqrt{v(p)} = 2\sqrt{\left(\frac{N-n}{N\bar{m}^2}\right) \left[\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - p m_i)^2}{n-1}\right]}$$

En donde:

- P : Proporción estimada de árboles vivos y sanos y/o con presencia de plagas o enfermedades.
- Q : Proporción estimada de árboles muertos y/o dañados, (1-p)
- a_i : Número de árboles vivos y/o sanos en los sitios i .
- N : Número total de parcelas, que al ser de forma circular, será igual a 10,000.
- N : Número total de parcelas que se evalúan, tamaño de la muestra. se recomienda una intensidad de muestreo, pero la que se recomienda de 0.5 %.
- m_i : Número de árboles plantados en la parcela i .
- \bar{m} : Número promedio de árboles plantados por parcela en la muestra.
- $V(p)$ Varianza estimada de p .
- :
- LIM Límite de error para la estimación de p , según el caso, con una confiabilidad del 95%.
- :

El tamaño de muestra se calculó como:

$$n = \frac{NS_c^2}{ND + S_c^2}$$

$$S_c^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n'} (a_i - p m_i)^2}{n'-1} \quad \text{Y} \quad D = \frac{B^2 m}{4}$$

S_c^2 Es una expresión relacionada con la varianza.

B : Es el error que el investigador está dispuesto a aceptar (precisión), en esta evaluación es de 0.05.

N : Es el tamaño de muestra que aproximadamente satisfará la precisión deseada (0.05). Resulta al despegar n de la siguiente expresión:

$$2\sqrt{v(p)} = B$$

La derivación de este tamaño de muestra supone normalidad y una confiabilidad del 95%.

n' : Es el tamaño de la muestra preliminar.

D : Es un cálculo intermedio que depende del error aceptable, del número promedio de árboles en cada parcela y de la confiabilidad establecida.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Sobrevivencia en plantaciones

La sobrevivencia encontrada en las diferentes plantaciones (Cuadro 3) fue variable de 69.14% a 85.34% con errores de estimación desde 9.2 a 17.2%; estos valores de acuerdo a CONAFOR 2003, no son satisfactorios; debido a que no cumplen con el error de estimación requerido del 5%. Sin embargo se obtuvo porcentajes de sobrevivencia aceptables mayores a 80%, fue de 85.34% para *Pinus ayacahuite* y *P. pseudostrobus* al año 1996 de establecimiento, *Pinus oaxacana* y *P. patula* establecida en el año 1993 con 82.53%, así como *Pinus pseudostrobus* con 81.25% establecida en el año 1995b. Las imágenes de las plantaciones se presentan en los Apéndices 23, 24 y 25.

Cuadro 3. Especie, año de establecimiento de la plantación, superficie, porcentaje de sobrevivencia y error de estimación de los predios Río San José, Santa Ana y Ojo de Agua, Lastina y Río Yubto.

Especie	Predio	Año de establecimiento (edad al año de evaluación) ¹	Superficie ha	Sobrevivencia (Porcentaje)	Error de estimación (Porcentaje)
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov. y <i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	"Río San José"	1994 (12)	4.788	77.40%	14.20%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	"Río San José"	1995a (11)	2.542	71.79%	12.79%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	"Río San José"	2001 (5)	4.407	69.14%	9.216%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	"Río San José"	2002 (4)	6.169	77.24%	10.56%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	"Santa Ana y Ojo de Agua"	1995b(11)	1.723	81.25%	17.22%
Pinus ayacahuite Ehren. y P. pseudostrobus Lindl.	"Santa Ana y Ojo de Agua"	1996 (10)	2.328	85.34%	16.09%
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov. y <i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i> Look.	"Lastina y Río Yubto"	1993 (13)	5.968	82.53%	11.88%
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov. y <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.	"Lastina y Río Yubto"	1997 (9)	3.102	79.27%	9.43%

¹ El año de evaluación fue el 2005, considerando un año más que la planta estuvo en vivero. Las plantaciones de 1995_a, 1995_b se indicaron con letras para diferenciarlas en la discusión.

Aunque algunas plantaciones no alcanzaron el porcentaje de sobrevivencia de 80% como un valor aceptable por CONAFOR 2003; los resultados son buenos en comparación a varios estudios en diferentes partes de México, como se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados de sobrevivencia de diferentes estudios de plantaciones.

Especie	Lugar	Porcentaje de sobrevivencia	Autor y año
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	Buenavista Saltillo, Coahuila.	11%	Trujillo, 1995
<i>Pinus brutia</i> Ten.	El Durazno, Iturbide, N.L	14%	Domínguez <i>et al.</i> , 2001
<i>Pinus pinea</i> L.	Buenavista Saltillo, Coahuila.	15%	Trujillo, 1995
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	El Durazno, Iturbide, N. L.	32%	Domínguez <i>et al.</i> , 2001
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Región 1, Zinapecuaro, Michoacán	33%	UCODEFO No 2 2003
<i>Pinus michoacana</i> Mart.	Región 1, Zinapecuaro, Michoacán	38%	UCODEFO No 2 2003
<i>Pinus nelsonii</i> Schaw.	Bosque-Escuela U.A.N.L	39%	De los Ríos <i>et al.</i> , 2003
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede, <i>Pinus montezumae</i> Lamb. y <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	San Pedro el Alto Zimatlán, Oaxaca.	45%	Flores, 1997
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	El Durazno, Iturbide, N.L	49%	Domínguez <i>et al.</i> , 2001
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede, <i>Pinus montezumae</i> Lamb. y <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	San Pedro el Alto Zimatlán, Oaxaca.	54%	Flores, 1997
<i>Pinus greggii</i> Engelm.	El Durazno, Iturbide, N.L	55%	Domínguez <i>et al.</i> , 2001
<i>Pinus montezumae</i> var. <i>Lindleyii</i>	Ejido Zurumutaro, Patzcuaro, Michoacán.	57.13%	Vásquez y Cruz, 2005
<i>Pinus pinceana</i> Gord.	Bosque-Escuela U.A.N.L	58%	De los Ríos <i>et al.</i> , 2003

Cuadro 4. Resultados de sobrevivencia de diferentes estudios de plantaciones. Continuación.

<i>Pinus</i> Zucc.	<i>cembroides</i>	Bosque-Escuela U.A.N.L	59%	De los Ríos <i>et al.</i> , 2003
<i>Pinus lawsoni</i>		Región 5, Tuxpan-Tzantla	60%	UCODEFO No 20, 2003
<i>Pinus</i> Lindl.	<i>pseudostrobus</i>	Región 5, Tuxpan-Tzantla	60%	UCODEFO No 2, 2003
<i>Pinus</i> Zucc.	<i>cembroides</i>	Buenavista Saltillo, Coahuila.	64%	Trujillo, 1995
<i>Pinus</i> Zucc.	<i>cembroides</i>	El Durazno, Iturbide, N.L.	64%	Domínguez <i>et al.</i> , 2001
<i>Pinus</i> Ehren.	<i>ayacahuite</i>	Cañón de las Carbonera, Arteaga Coahuila.	64%	Capó y Newton, 1991
<i>Pinus</i> Zucc.	<i>cembroides</i>	CAESA, Arteaga, Coahuila.	89%	Morales, 2002
<i>Pinus</i> Engelm.	<i>arizonica</i> <i>Pinus</i> <i>ayacahuite</i> var. <i>brachiptera</i> Shaw <i>P.</i> <i>greggii</i> Engelm., <i>P.</i> <i>hartwegii</i> Lind. y <i>Pinus</i> <i>pseudostrobus</i> Lindl.	Sierra la Marta, Arteaga, Coahuila.	93%	Sámamo, 1995
<i>Pinus greggii</i>	Engelm.	Tlacotepec Plumas, Oaxaca.	97%	Ruíz, 2003

En nuestro caso el menor porcentaje de sobrevivencia es de *Pinus pseudostrobus* con 69.14% que se estableció en el año de 2001. Muchas de los problemas de sobrevivencia en la mayoría de las plantaciones fue principalmente por el pastoreo de animales, al establecimiento de la plantación. También para la plantación de 1995a “Río San José” comentaron los pequeños propietarios que en algunas áreas plantadas se dificultó la sobrevivencia ya que no había una buena infiltración del agua que se acumulaba en las cepas cuando llovía, y para esto se tuvo que poner una capa de arena en las cepas para que hubiese una mejor infiltración.

Para evitar la mortalidad en plantaciones forestales algunos autores sugieren realizar las siguientes acciones (Capó 2001; UCODEFO No. 2, 2003): capacitar el

personal que produce, maneja y realiza la plantación; cercar las áreas plantadas para evitar el pastoreo; plantar en el periodo de lluvia de la región o zona a plantarse; seleccionar el mejor método de producción de la planta, así como de la plantación; colocar anuncios de la plantación, donde se prohíba el uso del fuego, así como el pastoreo; realizar brechas cortafuego para evitar los incendios; establecer barreras físicas o persuasivas para protección contra la fauna silvestre; y realizar labores culturales para el control de la vegetación competidora.

3. 2 Evaluación del estado fitosanitario de las plantaciones

El estado fitosanitario de las diferentes plantaciones fue variables desde 74.75% sin daño hasta plantaciones sanas. Tenemos plantaciones como la de *Pinus oaxacana* y *Pinus patula* var. *longepedunculata* al año 1993 de su establecimiento con 97.08% sin daño, *Pinus pseudostrobus* que se estableció en el año 2002 con 97.89%, 98.83% de *Pinus pseudostrobus* que se estableció en el año 1995a y *Pinus pseudostrobus* que se estableció en el año 1995b en condición sana; estos valores satisfacen el porcentaje de sanidad que establece CONAFOR 2003, al cumplir con el error de estimación requerido del 5%, como se presenta en el Cuadro 5. Sin embargo las plantaciones que se establecieron en el año de 1996, 1997 y 2001 tuvieron valores inferiores al 95% de árboles sanos.

En este caso la plantación de 1996, del Predio “Santa Ana y Ojo de Agua”, con *P. ayacahuite* y *P. pseudostrobus* obtuvo el 74.75% de árboles sanos, seguido la plantación que se estableció en el año 2001 con *Pinus pseudostrobus* en el Predio “Río San José” con 87.17% de árboles sanos, *P. oaxacana* y *P. maximinoi*, que se establecieron en el año de 1997 con 88.89% de árboles sanos. La principal enfermedad que presentaron estas plantaciones fue la “escoba de bruja”, que son ramas anormales, intensamente ramificada, causados por hongos fitopatógenos que son *Alternaria* sp, *Rosellinia* sp, y *Memnoniella* sp¹, presentes principalmente en *Pinus pseudostrobus*. Se puede observar en las fotografías del Apéndice 22.

¹ Identificados en el Laboratorio de Parasitología de la UAAAN, por la M.C. María Elizabeth Galindo Cepeda y T. A. Guillermina Reina Suataita.

Cuadro 5. Especie, predio, tipo de enfermedad, año de establecimiento de la plantación, superficie, porcentaje de sanidad y error de estimación.

Especie	Predio	Enfermedad	Año de establecimiento (edad al año de evaluación) ¹	Superficie ha	Porcentaje sin daño	Error de estimación (porcentaje)
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov. y <i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	"Río San José"	"Escoba de bruja", "muerdago"	1994 (12)	4.788	93.81%	7.32%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	"Río San José"	"Escoba de bruja", "muerdago" y "roya"	1995a (11)	2.542	98.83%	2.19%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	"Río San José"	"Escoba de bruja", "muerdago", "Roya" y "barrenador de tallo".	2001 (5)	4.407	87.18%	8.05%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	"Río San José"	"Escoba de bruja"	2002 (4)	6.169	97.89%	2.85%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	"Santa Ana y Ojo de Agua"	"Sin daño"	1995b(11)	1.723	100%	6.87%
<i>Pinus ayacahuite Ehren. y P. pseudostrobus</i> Lindl.	"Santa Ana y Ojo de Agua"	"Escoba de bruja"	1996 (10)	2.328	74.75%	19.81%
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov. y <i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i> Look.	"Lastina y Río Yubto"	"Escoba de bruja"	1993 (13)	5.968	97.08%	4.29%
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov. y <i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.	"Lastina y Río Yubto"	"Escoba de bruja"	1997 (9)	3.102	88.89%	5.2%

¹ El año de evaluación fue el 2005, considerando un año más que la planta estuvo en vivero.

De manera similar se ha encontrado en una evaluación de plantaciones en la comunidad de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca, la presencia de *Cronartium quercuum* (Berk.) Miyabe ex Sharai en *Pinus patula* y "escoba de bruja" para *Pinus oocarpa* (Flores, 1997).

3.3 Incrementos en volumen de las plantaciones

El incremento medio anual en volumen es variable en cada plantación de acuerdo al año de establecimiento y por la especie plantada, esto significa que para la plantación con mayor edad, el IMA en volumen por hectárea es mayor que las de menor edad. Sin embargo las plantaciones con menor edad (2001 y 2002) el porcentaje de IMA en volumen por hectárea es más alto.

Cuadro 6. Incremento medio anual (IMA) en volumen (m³) por hectárea por especie, predio, año de establecimiento, así como la superficie del rodal, volumen total por hectárea y por ciento de incremento.

Especie	Predio	Año de establecimiento (edad al año de evaluación)	Superficie ha	Volumen total (m ³ /ha)	IMA en volumen (m ³ /ha)	(%) IMA en volumen
<i>P. oaxacana</i> Mirov. y <i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	“Río San José”	1994 (12)	4.788	44.091	19.646	44.56
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	“Río San José”	1995a (11)	2.542	19.4660	4.7653	24.48
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl. y <i>P. patula</i> var. <i>longepedunculata</i> Look.	“Río San José”	2001 (5)	4.407	3.522	2.3402	66.44
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	“Río San José”	2002 (4)	6.169	1.9008	1.3977	73.53
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl. y <i>P. patula</i> var. <i>longepedunculata</i> Look.	“Santa Ana y Ojo de Agua”	1995b(11)	1.723	39.508	14.098	35.68
<i>P. ayacahuite</i> Ehren. y <i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	“Santa Ana y Ojo de Agua”	1996 (10)	2.328	17.316	5.113	29.53
<i>P. oaxacana</i> Mirov. y <i>P. patula</i> var. <i>longepedunculata</i> Look.	“Lastina y Río Yubto”	1993 (13)	5.968	45.795	10.381	22.67
<i>P. oaxacana</i> Mirov. y <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore.	“Lastina y Río Yubto”	1997 (9)	3.102	4.1155	1.405	34.14

El predio que presentó el mayor incremento medio en volumen por hectárea fue “Río San José”, con las especies *P. oaxacana* y *P. pseudostrobus* con 19.646 m³/ha respectivamente, seguida por el Predio de “Santa Ana y Ojo de Agua” con las

especies de *P. pseudostrobus* y *P. patula* var. *longepedunculata*, con 14.098 m³/ha respectivamente.

Se realizó la caracterización de una plantación de *Pinus arizonica*, donde el incremento medio anual (IMA) por hectárea, de la plantación hasta la edad de 16 años fue de 5.24 m³. (metros cúbicos con corteza) y el volumen total promedio por hectárea fue de 83.9 m³, siendo mayores a los incrementos encontrados en esta evaluación (Armendáriz y Chacón, 1999).

En una evaluación se encontró para el incremento medio anual en volumen valores que van desde 22.6 m³ por hectárea hasta 49.3 m³ por hectárea, a edades de 6, y 8 años de establecida, con *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* Mtz, *Pinus pseudostrobus* Lindl, *P. patula* Schl. Et Cham, *P. montezumae* Lamb, *P. oocarpa* Schiede y *Cupressus lindleyi* K. Siendo mayores a los resultados que se obtuvieron en esta evaluación para el predio de “Río San José” que se plantó en el 2001 con *Pinus pseudostrobus* de 4 años de edad y un IMA en volumen de 1.38 m³/ ha (Flores, 1997).

Sin embargo el incremento medio anual ha sido afectado particularmente a *P. ayacahuite* por el desarrollo continuo del brote terminal de “cola de zorra”; se puede apreciar en el Apéndice 26. Esta no es la única especie que lo presentan también en *Pinus kesiya*, *P. michoacana*, *P. radiata* y *P. maximinoi* (Chacón et al., 1975; Urrego y Lambeth, 1988).

4 CONCLUSIONES

1. La sobrevivencia en las plantaciones del predio “Santa Ana y Ojo de Agua”, establecidas en el año de 1995 y 1996, con *P. pseudostrobus* y *P. ayacahuite*, y el predio de “Lastina y Río Yubto” establecidas en el año de 1993 con *P. oaxacana* y *P. patula* var. *longepedunculata* resultaron aceptables, para el resto de la plantaciones sus valores de sobrevivencia son producto principalmente al pastoreo que inicialmente se tuvo.
2. Prácticamente las plantaciones están sanas y la enfermedad con mayor presencia fue principalmente la “escoba de bruja” en *P. pseudostrobus*, y en menor proporción el muerdago, la roya y el barrenador de tallo.
3. La presencia de crecimiento continuo “cola de zorra” en *P. ayacahuite* es producto de problemas de adaptación al sitio.
4. La variación en el incremento medio anual en volumen por hectárea es producto de la calidad de sitio, la especie y el tiempo; y por otra parte son valores cronológicos de la producción del sitio.

5 RECOMENDACIONES

1. Continuar realizando evaluaciones dasométricas en los sitios permanentes para conocer el comportamiento de las plantaciones en el tiempo y en un futuro como apoyo para conocer la productividad del sitio.
2. En el predio de “Santa Ana y Ojo de Agua”, “Lastina y Río Yubto”, llevar acabo el control de la vegetación competidora que es principalmente pasto y arbustos.
3. Llevar el control del origen de la fuente semillera para futuras plantaciones y seleccionar especies que presenten fortaleza contra las enfermedades encontradas y que tengan mayor productividad.
4. Capacitar al personal involucrado en el proceso de producción de la planta, desde la colecta, hasta el manejo de las plantaciones.
5. Realizar poda en las plantaciones del “Predio Santa Ana y Ojo de Agua” y “Lastina y Río Yubto” para control de crecimiento y enfermedades.
6. Evaluar más sitios de muestreos para las plantaciones de los tres predios para disminuir el error de estimación en el muestreo.
7. Validar las tablas de volúmenes elaboradas.

6 LITERATURA CITADA

- Alatorre R., R. 1978. Evaluación de plantaciones. *In*: Memoria de resúmenes de la I Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. SARH. Publ. Esp. No. 13 México. pp. 335-337.
- Armendáriz O., R. y J. M. Chacón. 1999. Caracterización de una plantación de *Pinus arizonica* Engelm, en el Municipio de Bocoyna, Chihuahua. INIFAP-SAGAR. Folleto Técnico No. 9. México. 26 p.
- Caballero D., M. y G. Zerecero L. 1978. Necesidad de Investigación sobre plantaciones forestales, con especial interés es su evaluación. *In*: Memoria de resúmenes de la I Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. SARH. Publ. Esp. No. 13 México. pp. 73-78.
- Carreño M., J. M. 1978. Etapas principales para la evaluación de plantaciones forestales en base a un muestreo estadístico. *In*: Memoria de resúmenes de la I Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. SARH. Publ. Esp. No. 13 México. pp. 331-334.
- Cailliez, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Estudio FAO. Montes 22/1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 92 p.
- Capó A., M. A. y M. Newton. 1991. Respuesta de cinco especies de *Pinus* a diversos niveles de competencia, en exposición contrastantes de Óregon y Coahuila. *Ciencia Forestal* 14 (70): 133-164.
- Capó A., M. A. 2001. Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah, México. 207p.
- CONAFOR-SEMARNAT. 2003. Manual para la verificación de la propuesta técnica forestal y ambiental de los beneficiarios del PRODEPLAN (aspectos técnicos) Gerencia de Desarrollo Plantaciones Forestales Comerciales. México. 26 p.
- De los Ríos, E., J. Návar., P. A. Domínguez y R. De Hoogh. 2003. Evaluación de plantaciones del género *Pinus* en el Nordeste de México. *In*: VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. SOMEREF. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. pp. 345-346.

- Domínguez C., P. A., J. de J. Návar C. y J. A. Loera O. 2001. Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. *Madera y bosques* 7(1): 27-35.
- Flores C., J. R. 1997. Evaluación de plantaciones forestales, establecidas en la comunidad de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Tesis de Maestría. ITAO No. 23. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oax. México. 107 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. 217 p.
- Chacón., E., W. Ladrach., M. Gutiérrez., F. Arboleda y J. Vega. 1975. Crecimiento de las especies en el arboretum de Chipillauta después de cuatro años. Smurfit cartón de Colombia. Reporte No 6. Pp. 1-5.
- INEGI. 1989. Carta geológica. E14-12. Zaachila. Esc. 1: 250 000. Oaxaca, México.
- INEGI. 1985. Carta edafológica . E14-12. Zaachila. Esc. 1: 250 000. Oaxaca, México.
- INEGI. 1993. Anuario estadístico de Oaxaca. INEGI. Oaxaca. 485 p.
- Jiménez P., J. 1990. Aplicación de un modelo matemático para elaborar tablas y tarifas de volumen. Un ejemplo con *Pinus pseudostrobus*. Reporte Científico No. 16. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N. L. México. 48 p.
- Morales H., J. 2000. Programa de manejo forestal para aprovechamiento forestal maderable en bosque templado-frío, para el predio particular "Río San José Municipio de San Sebastián Río Hondo, Distrito de Miahuatlán, Estado de Oaxaca. 34p. + Anexo.
- Morales H., J. 2001a. Programa de manejo forestal para aprovechamiento forestal maderable en bosque templado-frío, para el conjunto predial "Lastina y Río Yubto"; Perteneciente al Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Estado de Oaxaca. 54p. + Anexo.
- Morales H., J. 2001b. Programa de manejo forestal para aprovechamiento forestal maderable en bosque templado-frío, para el conjunto predial "Santa Ana y Ojo de Agua", Perteneciente al Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca. 46p. + Anexo.

- Morales L., P. 2002. Supervivencia, crecimiento, arquitectura de copa y características estomáticas en tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 73 p.
- Patiño V., F. 1994. Algunas experiencias de investigación y desarrollo de tecnologías para plantaciones forestales. *In*: IV Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Resúmenes de ponencia. INIFAP-SARH. México, D. F. p. 7.
- Pompa G., M., A. Velásquez M., A., H. Ramírez M., C. Rodríguez F. y E. Serrano G. 1998. Sistema de cubicación para el género *Pinus* en la UCODEFO No. 7 "Norogachi-Guachochi", Chihuahua. *Ciencia Forestal* 83 (23): 53- 66.
- Perry J. P., Jr. 1991. The pines of México and Central America. Timber Press. Portland, Oregón. 231 p.
- Ramírez M., H. 1978. Evaluación de la supervivencia. *In*: Memoria de resúmenes del I Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Dirección General De Investigación y Capacitación Forestal SARH. Publ. Esp. No 13. México. pp. 224-231.
- Romahn de la V., C. F., H. Ramírez M. y J. L. Treviño G. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. México. 354 p.
- Ruiz A., V. 2003. Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov en dos localidades de la región Mixteca Alta, Oax. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coah. 93 p.
- Sámano D., J. L. 1995. Supervivencia y crecimiento de cinco especies de *Pinus* en el invierno y bajo diferentes tratamientos a la vegetación en la Sierra de Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coah. 84p.
- SEMARNAP. 2000a. Producción forestal e incentivos para el bosque natural y plantaciones comerciales. Resultados 1995-2000. Compilado y editado por: Martínez T., J. A. SEMARNAP. Tlalpan, D. F. México. 125 p.
- SEMARNAP. 2000b. Conservación y manejo comunitario de los recurso forestales en Oaxaca. Secretaria del Medio Ambiente Recurso Naturales y Pesca. Delegación Oaxaca. México. 212 p.

- Torres R., J. M. 1994. Establecimiento y manejo de plantaciones. *In*: IV Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Resúmenes de ponencia. INIFAP-SARH. México. p. 7.
- Trujillo S., R. 1995. Evaluación de crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc., *P. halepensis* Mill. y *P. eldarica* Medw. a 93 meses de establecida la plantación en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 47p.
- UCODEFO No 2. 2003. Resultados de la evaluación de las plantaciones forestales en la región de Hidalgo-Zinapécuaro. Comisión Forestal del Estado de Michoacán. Boletín Técnico No 6. Vol. 1. 20p.
- Urrego., J. B. y C. C. Lambeth. 1988. Diferencias en cola de zorra entre familias y procedencias de *Pinus maximinoi* H. E. Moore en las montañas de Colombia. Smurfit cartón de Colombia. Reporte No 121. s/p.
- Vargas H., J., J. Jasso M. y B. Bermejo V. 1994. El mejoramiento genético forestal como base para el establecimiento de plantaciones comerciales. *In*: IV Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Resúmenes de ponencia. INIFAP-SARH. México. p. 5.
- Vázquez V., D. y J. Cruz de L. 2005. Repercusiones silvícolas de la evaluación de una plantación de *Pinus montezumae* var. *lindleyii*. *In*: VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. SOMEREF. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de ciencias agrícolas y forestales. Pp. 349-350.
- Villa-Salas. A. B. 1963. Cálculo de incremento en los bosques de coníferas. INIF. Vol. Téc. No. 11. México, D. F. 36 p.
- Villarreal C., R. 1992. La importancia de un banco de germoplasma en las plantaciones forestales comerciales. *In*: Memoria del simposio sobre reforestación comercial. Chihuahua, Chih. Compilado y editado por: Villa S., A. B. Publ. Esp. No. 65. INIFAP. México. pp. 81-83.
- Villarreal C. R. 1994. Obtención y manejo de germoplasma forestal para la producción de planta. *In*: IV Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Resúmenes de ponencia. INIFAP-SARH. México. p. 6.

7 APÉNDICE

Apéndice 1. Descripción de las especies de pinos establecidas en las plantaciones de los predios “Río San José”, Municipio de San Sebastián Río Hondo, “Santa Ana y Ojo de Agua”, y “Lastina y Río Yubto”, Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca. (Perry, 1991).

Especie	Descripción	Hojas	Conos	semillas
<i>Pinus pseudostrabus</i> Lindl.	Árbol que puede llegar a alcanzar de 30 a 40 m de altura y ocasionalmente 45. en el estado de Michoacán se ha encontrado de hasta un metro de diámetro. Cuando la mayoría presenta diámetros de 40 a 80 cm.	Las hojas se encuentran en fascículos de 5, flexibles y ligeramente colgantes de 20 a 25 cm de longitud.	Los conos son ovoides o ligeramente ovoides, de 8 a 10 cm de largo, a veces más, de color café claro, amarillentos o morenos, levemente extendidas, encorvadas y poco asimétricos, normalmente por pares, no caedizos y sobre pedúnculos de 10 a 15 mm.	Las semillas son triangulares, oscuras de unos 6 mm, con alas de 23 mm de largo por 6 a 9 de ancho. Se estiman 46,000 semillas por kg.
<i>Pinus oaxacana</i> Mirov	Árbol que puede llegar a alcanzar de 25 a 40 metros de altura con un diámetro arriba de 1 metro de diámetro. El tronco es bastante recto y limpio, las ramas son principalmente horizontales.	Las hojas se encuentran en fascículos de 5, y ocasionalmente de 6, delgadas de 20 a 30 cm de longitud. Los márgenes serrados, presentan estomas dorsales y ventrales,	Los conos son ovoides ó ligeramente ovoides, de 10 a 14 cm de longitud, asimétricos. Los conos se abren cuando son maduros y siguen a menudo unidos a las brácteas.	Las semillas son de 7 a 10 mm, y a veces 6 mm.
<i>Pinus ayacahuite</i> Ehren.	Es un pino que puede alcanzar alturas de 35 a 40 m, con un diámetro arriba de 2 m.	Las hojas son delgadas, flexible, en grupos de 5. y de 10-18 centímetro de longitud. Márgenes serrados con los dientes muy pequeños, extensamente espaciados; estomas presentes solamente en la superficie ventral.	Conos casi cilíndricos pero que afilan hacia el ápice; curvado levemente, 10-40 centímetro de largo, color marrón amarillento cuando es maduro y muy resinoso. Maduran en la caída y son pronto de hojas caducas, el pedúnculo cerca del cono 1-3 centímetro largo.	Las semillas son de color marrón, con puntos oscuros, de 5 a 8 mm con un ala bien desarrollada de 30-40 milímetros de largo, unido fuertemente a la semilla.

Apéndice 1. Descripción de las especies de pinos establecidas en las plantaciones de los predios “Río San José”, Municipio de San Sebastián Río Hondo, “Santa Ana y Ojo de Agua”, y “Lastina y Río Yubto”, Municipio de San Miguel Suchixtepec, Distrito de Miahuatlán, Oaxaca. (Perry, 1991). Continuación..

<p><i>Pinus patula</i> var. <i>longepedunculata</i> Loock</p>	<p>Es un pino recto, alto con un tronco claro 20-35 m altos y hasta 1 de diámetro. Los árboles maduros tienen una corona abierta, irregular redondeada con los ramas extensamente espaciados. en árboles maduros el tronco es de color marrón grisáceo y surcado profundamente, con corteza escamosa rojiza.</p>	<p>Las hojas en fascículos de 3-4, de vez en cuando 5, y de 15-25 centímetro de largo, color verde muy delgado y flexible. Con márgenes serrados, presenta estomas en la superficie dorsal y ventral, con 2 y a veces 3 canales de resina.</p>	<p>Los conos son ligeramente ovoides a cónicos, de 5 a 8 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho, de color marrón. Son curvados, oblicuos y brillantes, que se abren cuando se maduran y los conos abiertos sigue unido a la rama por una cierta hora después de que hayan caído las semillas.</p>	<p>Las semillas son de color marrón, muy oscuros, de 5 mm de largo y 5mm de ancho. Es pesado en la base donde se ensambla la semilla.</p>
<p><i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore</p>	<p>Árbol de 15 a 30 metros de altura, con corteza liza durante mucho tiempo; ramas numerosas y erguidas, formando una copa redondeada, ramillas frágiles, con largos entrenudos, moreno rojizo ó amarillentas y lustrosas, con las huellas de las brácteas espaciadas y poco marcadas.</p>	<p>En grupos de 5, de 20 a 28 cm. De largo, muy delgadas, flexibles y colgantes, de color verde claro con tinte amarillento, brillantes, triangulares y aserradas.</p>	<p>Conos oblongos y largamente ovoides, aplanados o atenuados en la base, asimétricos y oblicuos de unos 7.5 cm. De largo, de color moreno rojizo claro; caedizos, en grupos de 4 o 5, sobre pedúnculos oblicuos y encorvados de unos 15 mm., que algunas veces quedan con el cono al caer.</p>	<p>Las semillas son de color negruzca, casi triangular, de 6 a 7 mm, con ala amarillenta, de 18 a 20 mm de largo por 6 a 7mm de ancho.</p>

Apéndice 2. Cálculo del índice de Furnival. Comparación de ecuaciones con variables dependientes transformados con otras ecuaciones de variables dependientes no transformadas para *Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

PASO	SIMBOLO	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	EC 7	EC 8	EC 9
1	S	0.04005	0.03945	0.04134	0.03861	0.03918	0.17583	0.17679	0.18646	0.17583
2	$\sum \text{Log}_{10}[F'(Y)]^{-1}$	0	0	0	0	0	-28.8790	-28.8790	-28.8790	-28.8790
3	(2)/N=24	0	0	0	0	0	-1.203292	-1.203292	-1.203292	-1.203292
4	(3)(Antilog)	1	1	1	1	1	0.062619270	0.062619270	0.062619270	0.062619270
5	(s)*(4)	0.04005	0.03945	0.04134	0.03861	0.03918	0.011010298	0.011070413	0.011675938	0.011016290

Apéndice 3. Cálculo del índice de Furnival. Comparación de ecuaciones con variables dependientes transformados con otras ecuaciones de variables dependientes no transformadas para *Pinus pseudostrobus* Lindl. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

PASO	SÍMBOLO	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	EC 7	EC 8	EC 9
1	S	0.01949	0.01971	0.01977	0.01985	0.01981	0.14867	0.14873	0.14813	0.14867
2	$\sum \text{Log}_{10}[F'(Y)]^{-1}$	0	0	0	0	0	-128.209	-128.209	-128.209	-128.209
3	(2)/N=89	0	0	0	0	0	-1.440550562	-1.440550562	-1.440550562	-1.440550562
4	(3)(Antilog)	1	1	1	1	1	0.036261806	0.036261806	0.036261806	0.036261806
5	(s)*(4)	0.01949	0.01971	0.01977	0.01971	0.01981	0.005391043	0.005393218	0.005371461	0.005391043

Apéndice 4. Cálculo del índice de Furnival. Comparación de ecuaciones con variables dependientes transformados con otras ecuaciones de variables dependientes no transformadas para *Pinus ayacahuite* Ehren en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

PASO	SÍMBOLO	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	EC 7	EC 8	EC 9
1	S	0.00299	0.00248	0.00253	0.00259	0.00257	0.06657	0.06638	0.06812	0.06657
2	$\sum \text{Log}_{10}[F'(Y)]^{-1}$	0	0	0	0	0	-11.0798	-11.0798	-11.0798	-11.0798
3	(2)/N=8	0	0	0	0	0	-1.384975	-1.384975	-1.384975	-1.384975
4	(3)(Antilog)	1	1	1	1	1	0.041212124	0.041212124	0.041212124	0.041212124
5	(s)*(4)	0.00299	0.00248	0.00253	0.00259	0.00257	0.00274349109	0.002735661	0.002807370	0.002743491

Donde:

EC = Ecuación (es), S = Desviación estándar, $\sum \text{Log}_{10}[F'(Y)]^{-1}$ = Sumatoria del logaritmo base 10 de la derivada del volumen (m^3), Log_{10} = Logaritmo en base 10, (3)(antilog) = Antilogaritmo en base 10 del valor en el paso número tres, (2)/N = Paso número dos entre el número de observaciones utilizadas, (s)(4) = La desviación estándar por el paso número cuatro, = índice de Furnival seleccionado.

Apéndice 5. Cálculo del índice de Furnival. Comparación de ecuaciones con variables dependientes transformados con otras ecuaciones de variables dependientes no transformadas para *Pinus maximinoi* H. E. Moore. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

PASO	SÍMBOLO	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	EC 7	EC 8	EC 9
1	S	0.00110	0.00110	0.00102	0.00105	0.00099518	0.03166	0.03106	0.03118	0.03166
2	$\sum \text{Log}_{10}[F'(Y)]^{-1}$	0	0	0	0	0	-24.4514	-24.4514	-24.4514	-24.4514
3	(2)/N=15	0	0	0	0	0	-1.6300933	-1.6300933	-1.6300933	-1.6300933
4	(3)(Antilog)	1	1	1	1	1	0.02343725	0.02343725	0.02343725	0.02343725
5	(s)*(4)	0.00110	0.00110	0.00102	0.00105	0.00099518	0.000742023	0.00072796	0.000730773	0.000742023

Apéndice 6. Cálculo del índice de Furnival. Comparación de ecuaciones con variables dependientes transformados con otras ecuaciones de variables dependientes no transformadas para *Pinus oaxacana* Mirov. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

PASO	SÍMBOLO	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	EC 7	EC 8	EC 9
1	S	0.01063	0.00923	0.00902	0.00869	0.00825	0.07736	0.07655	0.07985	0.07736
2	$\sum \text{Log}_{10}[F'(Y)]^{-1}$	0	0	0	0	0	-49.0238	-49.0238	-49.0238	-49.0238
3	(2)/N=43	0	0	0	0	0	-1.1400884	-1.1400884	-1.1400884	-1.1400884
4	(3)(Antilog)	1	1	1	1	1	0.07242885	0.07242885	0.07242885	0.07242885
5	(s)*(4)	0.01063	0.00923	0.00902	0.00869	0.00825	0.005603096	0.00554442	0.005783444	0.005603096

Donde:

EC = Ecuación (es), S = Desviación estándar, $\sum \text{Log}_{10}[F'(Y)]^{-1}$ = Sumatoria del logaritmo base 10 de la derivada del volumen (m^3), Log_{10} = Logaritmo en base 10, (3)(antilog) = Antilogaritmo en base 10 del valor en el paso número tres, (2)/N = Paso número dos entre el número de observaciones utilizadas, (s)(4) = La desviación estándar por el paso número cuatro, = índice de Furnival seleccionado.

Apéndice 7. Modelos comparados y estadísticos empleados para la elaboración de tabla de volúmenes para *Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

No	Modelo	Ecuación	Parámetros de regresión						l	R ² _{aj}	R ²	CME	CV	K
			a	b	c	d	e	f						
1	De la Variable combinada	$V=a+bD^2 A$	0.00770	0.000025					0.04005	0.8003	0.8089	0.0016	55.7263	1
2	Australiana	$V=a+bD^2+cA+dD^2A$	-0.01851	-0.000098	0.00847	0.000022			0.03945	0.8062	0.8315	0.00156	54.8892	3
3	Meyer Modificada	$V=a+bD+cDA+dD^2+eD^2A$	0.01690	-0.00331	0.000720	-0.000004	0.0000057		0.04134	0.7872	0.8242	0.00171	57.5182	4
4	Comprensible	$V=a+bD+cDA+dD^2+eA+fD^2A$	-0.12240	0.00210	-0.00455	0.00020	0.05906	0.00010	0.03861	0.8144	0.8548	0.0015	53.7174	5
5	De Naslund	$V=abD^2+cD^2A+dA^2+eDA^2$	0.01155	-0.000474	0.00011	0.00216	-0.00018		0.03918	0.8088	0.8421	0.00154	54.51574	4
6	De Schumacher	$\log V = \log a + b \log D + c \log A$	-4.31091	1.26818	1.69170				0.0110	0.9308	0.9368	0.03092	-11.23179	2
7	De Korsun	$\log V = \log a + b \log (D + 1) + c \log A$	-4.46530	1.36237	1.69427				0.0114	0.9300	0.9361	0.03126	-11.29303	2
8	De la variable combinada	$\log V = \log a + b \log (D^2 A)$	-4.73153	1.04448					0.0117	0.9221	0.9255	0.03477	-11.91062	1
9	Modelo de Thornber	$\log V = \log a + b \log (A / D) + \log (D^2 A)$	-4.31091	0.70508	0.98663				0.0110	0.9308	0.9368	0.03092	-11.2318	2

Donde:

V = Volumen (m³), D = Diámetro basal (cm), A = Altura total (m), log = Logaritmo en base a 10, a, b, c, d, e y f = Parámetros a estimar, l = Índice de Furnival, R² = Coeficiente de determinación, R²_{aj} = Coeficiente de determinación ajustado, CME= Cuadrado medio del error, CV = Coeficiente de variación, K = Número de variable, = Modelo seleccionado.

Apéndice 8. Tabla de volumen total de *Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

DB (cm)	Altura (m)													
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	0.001532	0.003041	0.004948	0.007217	0.009825	0.012752	0.01598	0.01951	0.02331	0.02739	0.03174	0.03634	0.04119	0.04629
7	0.001862	0.003698	0.006016	0.008776	0.011946	0.015505	0.01943	0.02372	0.02835	0.03331	0.03859	0.04419	0.05009	0.05629
8	0.002206	0.004380	0.007126	0.010395	0.014150	0.018366	0.02302	0.02810	0.03358	0.03945	0.04571	0.05234	0.05933	0.06668
9	0.002561	0.005086	0.008275	0.012069	0.016430	0.021325	0.02673	0.03262	0.03899	0.04581	0.05308	0.06077	0.06889	0.07742
10	0.002928	0.005813	0.009457	0.013795	0.018779	0.024374	0.03055	0.03729	0.04456	0.05236	0.06066	0.06946	0.07874	0.08848
11	0.003304	0.006560	0.010673	0.015567	0.021192	0.027505	0.03448	0.04208	0.05029	0.05909	0.06846	0.07838	0.08885	0.09985
12	0.003689	0.007325	0.011918	0.017383	0.023664	0.030714	0.03850	0.04699	0.05615	0.06598	0.07644	0.08753	0.09922	0.11150
13	0.004083	0.008108	0.013191	0.019241	0.026192	0.033996	0.04261	0.05201	0.06215	0.07303	0.08461	0.09688	0.10982	0.12341
14	0.004486	0.008907	0.014491	0.021137	0.028773	0.037346	0.04681	0.05713	0.06828	0.08023	0.09295	0.10643	0.12064	0.13558
15	0.004896	0.009721	0.015816	0.023069	0.031404	0.040760	0.05109	0.06236	0.07452	0.08756	0.10145	0.11616	0.13167	0.14797
16	0.005314	0.010551	0.017165	0.025037	0.034082	0.044237	0.05545	0.06767	0.08088	0.09503	0.11010	0.12606	0.14290	0.16059
17	0.005738	0.011394	0.018536	0.027038	0.036806	0.047772	0.05988	0.07308	0.08734	0.10262	0.11890	0.13614	0.15432	0.17343
18	0.006170	0.012250	0.019930	0.029070	0.039573	0.051363	0.06438	0.07858	0.09391	0.11034	0.12784	0.14637	0.16592	0.18646
19	0.006607	0.013120	0.021344	0.031133	0.042382	0.055009	0.06895	0.08415	0.10057	0.11817	0.13691	0.15676	0.17770	0.19970
20	0.007052	0.014002	0.022779	0.033226	0.045230	0.058706	0.07358	0.08981	0.10733	0.12611	0.14611	0.16730	0.18964	0.21312
21	0.007502	0.014895	0.024233	0.035347	0.048117	0.062453	0.07828	0.09554	0.11418	0.13416	0.15544	0.17798	0.20175	0.22672
22	0.007957	0.015800	0.025706	0.037495	0.051041	0.066248	0.08304	0.10135	0.12112	0.14231	0.16488	0.18879	0.21401	0.24050
23	0.008419	0.016717	0.027196	0.039669	0.054001	0.070090	0.08785	0.10723	0.12815	0.15057	0.17444	0.19974	0.22642	0.25445
24	0.008886	0.017644	0.028705	0.041869	0.056996	0.073977	0.09273	0.11317	0.13525	0.15892	0.18412	0.21082	0.23897	0.26856
25	0.009358	0.018581	0.030230	0.044094	0.060024	0.077908	0.09765	0.11919	0.14244	0.16736	0.19390	0.22202	0.25167	0.28283
26	0.009835	0.019529	0.031771	0.046342	0.063085	0.081881	0.10263	0.12526	0.14970	0.17590	0.20379	0.23334	0.26451	0.29725
27	0.010317	0.020486	0.033329	0.048614	0.066178	0.085895	0.10766	0.13140	0.15704	0.18452	0.21378	0.24478	0.27747	0.31182

$$LVT = -4.31091 + 1.26818 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{DN}) + 1.6917 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{HT})$$

Donde:

LVT= Logaritmo en base a 10 de volumen total, LOG10 = Logaritmo en base a 10, DN= Diámetro basal, HT= Altura total, = Volumen de árboles presentes.

Apéndice 9. Modelos comparados y estadísticos empleados para la elaboración de tabla de volúmenes para *Pinus pseudostrobus* Lindl. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

No	Modelo	Ecuación	Parámetros de regresión						I	R ² _{adj}	R ²	CME	CV	K
			a	b	c	d	e	f						
1	De la Variable combinada	$V=a+bD^2 A$	0.00419	0.0000205					0.01949	0.6304	0.6346	0.00038	70.65482	1
2	Australiana	$V=a+bD^2+cA+dD^2A$	0.00497	0.000007	0.00326	0.00002			0.01971	0.6218	0.6347	0.00039	71.46983	3
3	Meyer Modificada	$V=a+bD+cDA+dD^2+eD^2A$	-0.01773	0.00542	-0.00036	-0.00025	0.00004		0.01977	0.6194	0.6367	0.00039	71.69371	4
4	Comprensible	$V=a+bD+cDA+dD^2+eA+fD^2A$	-0.0386	0.00765	-0.00114	-0.0003	0.00660	0.000063	0.01985	0.6164	0.6382	0.0004	71.97921	5
5	De Naslund	$V=abD^2+cD^2A+dA^2+eDA^2$	0.00504	0.00003	0.0000123	-0.00024	0.000022		0.01981	0.6178	0.6352	0.0004	71.8466	4
6	De Schumacher	$\log V = \log a + b \log D + c \log A$	-4.3998	1.93952	0.79389				0.0001954	0.8969	0.8992	0.02210	-8.24701	2
7	De Korsun	$\log V = \log a + b \log (D + 1) + c \log A$	-4.6656	2.11637	0.78963				0.0001954	0.8968	0.8991	0.02212	-8.25015	2
8	De la variable combinada	$\log V = \log a + b \log(D^2 A)$	-4.3498	0.90846					0.0001447	0.8976	0.8988	0.02194	-8.21678	1
9	Modelo de Thornber	$\log V = \log a + b \log (A / D) + \log (D^2 A)$	-4.3998	-0.1172	0.91113				0.0001954	0.8969	0.8992	0.02210	-8.24701	2

Donde:

V = Volumen (m³), D = Diámetro basal (cm), A = Altura total (m), log = Logaritmo en base a 10, a, b, c, d, e y f = Parámetros a estimar, I = Índice de Furnival, R² = Coeficiente de determinación, R²_{aj} = Coeficiente de determinación ajustado, CME= Cuadrado medio del error, CV = Coeficiente de variación, K = Número de variable, = Modelo seleccionado.

Apéndice 10. Tabla de volumen total de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

DN (cm)	Altura (m)									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6	0.002175	0.003144	0.004083	0.005000	0.005901	0.00679	0.00766	0.00853	0.00939	
7	0.002878	0.004160	0.005402	0.006616	0.007808	0.00898	0.01014	0.01129	0.01242	
8	0.003668	0.005302	0.006886	0.008433	0.009952	0.01145	0.01292	0.01438	0.01583	
9	0.004544	0.006567	0.008529	0.010445	0.012327	0.01418	0.01601	0.01782	0.01961	
10	0.005502	0.007953	0.010328	0.012649	0.014928	0.01717	0.01939	0.02158	0.02374	
11	0.006543	0.009456	0.012281	0.015041	0.017750	0.02042	0.02305	0.02565	0.02823	
12	0.007663	0.011076	0.014384	0.017617	0.020790	0.02392	0.02700	0.03005	0.03307	
13	0.008863	0.012810	0.016636	0.020374	0.024044	0.02766	0.03123	0.03475	0.03824	
14	0.010140	0.014656	0.019034	0.023311	0.027510	0.03165	0.03573	0.03976	0.04376	
15	0.011494	0.016613	0.021576	0.026424	0.031184	0.03587	0.04050	0.04507	0.04960	
16	0.012924	0.018680	0.024260	0.029712	0.035064	0.04033	0.04554	0.05068	0.05577	
17	0.014429	0.020856	0.027085	0.033171	0.039147	0.04503	0.05084	0.05658	0.06226	
18	0.016009	0.023138	0.030049	0.036802	0.043431	0.04996	0.05640	0.06277	0.06908	
19	0.017661	0.025526	0.033151	0.040600	0.047914	0.05512	0.06222	0.06925	0.07621	
20	0.019386	0.028020	0.036389	0.044566	0.052594	0.06050	0.06830	0.07602	0.08365	
21	0.021183	0.030617	0.039762	0.048697	0.057469	0.06611	0.07463	0.08306	0.09141	
22	0.023051	0.033317	0.043269	0.052992	0.062538	0.07194	0.08122	0.09039	0.09947	
23	0.024990	0.036120	0.046908	0.057450	0.067798	0.07799	0.08805	0.09799	0.10784	

$$LVT = -4.3498 + 0.90846 * \text{LOG}_{10}(\text{DB}^2 * \text{HT})$$

Donde:

LVT= Logaritmo en base a 10 de volumen total, LOG10 = Logaritmo en base a 10, DN= Diámetro basal, HT= Altura total, = Volumen de árboles presentes.

Apéndice 11. Modelos comparados y estadísticos empleados para la elaboración de tabla de volúmenes para *Pinus ayacahuite* Ehren. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

No	Modelo	Ecuación	Parámetros de regresión						I	R ² _{aj}	R ²	CME	CV	K
			a	b	c	d	e	f						
1	De la Variable combinada	$V=a+bD^2 A$	-0.00191	0.000026					0.00299	0.9444	0.9523	0.00000894	14.1069	1
2	Australiana	$V=a+bD^2+cA+dD^2A$	0.03705	-0.00028	-0.00676	0.0000732			0.00248	0.9617	0.9781	0.00000616	11.71072	3
3	Meyer Modificada	$V=a+bD+cDA+dD^2+eD^2A$	-0.04107	0.17444	-0.00172	-0.00120	0.00017		0.00253	0.9601	0.9829	0.00000641	11.94951	4
4	Comprensible	$V=a+bD+cDA+dD^2+eA+fD^2A$	-1.04258	0.18785	-0.03160	-0.00843	0.17891	0.00141	0.00259	0.9581	0.9880	0.00000673	12.24119	5
5	De Naslund	$V=abD^2+cD^2A+dA^2+eDA^2$	0.02042	-0.000046	-0.000820	-0.00159	0.00016		0.00257	0.9587	0.9823	0.00000663	12.14801	4
6	De Schumacher	$\log V = \log a + b \log D + c \log A$	-4.90174	2.64341	0.50368				0.00274349	0.9427	0.9591	0.00443	-3.80988	2
7	De Korsun	$\log V = \log a + b \log (D + 1) + c \log A$	-5.27514	2.89962	0.49781				0.00273566	0.9430	0.9593	0.00441	-3.79944	2
8	De la variable combinada	$\log V = \log a + b \log(D^2 A)$	-4.73781	1.03759					0.00280737	0.9400	0.9486	0.00464	-3.89886	1
9	Modelo de Thornber	$\log V = \log a + b \log (A / D) + \log (D^2 A)$	-4.90174	-0.54535	1.04903				0.00274349	0.9427	0.9591	0.00443	-3.80988	2

Donde:

V = Volumen (m³), D = Diámetro basal (cm), A = Altura total (m), log = Logaritmo en base a 10, a, b, c, d, e y f = Parámetros a estimar, I = Índice de Furnival, R² = Coeficiente de determinación, R²_{aj} = Coeficiente de determinación ajustado, CME = Cuadrado medio del error, CV = Coeficiente de variación, K = Número de variable, = Modelo seleccionado.

Apéndice 12. Tabla de volumen total de *Pinus ayacahuite* Echren. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

DB(cm)	Altura (m)					
	4	5	6	7	8	9
8	0.010481	0.008406	0.006331	0.004255	0.002180	0.000105
9	0.010606	0.009775	0.008945	0.008114	0.007283	0.006452
10	0.010746	0.011306	0.011866	0.012426	0.012986	0.013546
11	0.010901	0.012998	0.015095	0.017192	0.019289	0.021387
12	0.011070	0.014851	0.018631	0.022412	0.026193	0.029974
13	0.011254	0.016865	0.022475	0.028086	0.033697	0.039308
14	0.011453	0.019040	0.026627	0.034214	0.041801	0.049389
15	0.011666	0.021376	0.031086	0.040796	0.050506	0.060216

$$VT = 0.03705 - 0.00028544 * (DB^2) - 0.00676 * HT + 0.0000732 * (DB^2 * HT)$$

Donde:

LVT= Logaritmo en base a 10 de volumen total, LOG10 = Logaritmo en base a 10,
 DN= Diámetro basal, HT= Altura total, = Volumen de árboles presentes.

Apéndice 13. Modelos comparados y estadísticos empleados para la elaboración de tabla de volúmenes para *Pinus maximinoi* H.E. Moore. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

No	Modelo	Ecuación	Parámetros de regresión						I	R ² _{aj}	R ²	CME	CV	K
			a	b	c	d	e	f						
1	De la Variable combinada	$V=a+bD^2 A$	0.00041236	0.0000228					0.00110	0.9757	0.9775	0.0000012	9.16299	1
2	Australiana	$V=a+bD^2+cA+dD^2A$	0.00151	-0.000408	0.00008296	0.0000280			0.00110	0.9759	0.9810	0.0000012	9.14054	3
3	Meyer Modificada	$V= a+bD+cDA+dD^2+eD^2A$	-0.01163	0.00442	-0.0003529	-0.000329	0.0000597		0.00102	0.9791	0.9851	0.00000104	8.50093	4
4	Comprensible	$V=a+bD+cDA+ dD^2+eA+fD^2A$	0.00518	0.00231	0.00076260	-0.000285	-0.00708	0.00001	0.00105	0.9781	0.9859	0.00000109	8.71116	5
5	De Naslund	$V=abD^2+cD^2A+dA^2+eDA^2$	0.00137	0.0001487	-0.0004250	-0.000721	0.000139		0.0009951	0.9801	0.9858	9.903802	8.29564	4
6	De Schumacher	$\log V = \log a + b \log D + c \log A$	-4.36189	1.69199	1.07069				0.0007420	0.9864	0.9883	0.00100	-1.58934	2
7	De Korsun	$\log V = \log a + b \log (D + 1) + c \log A$	-4.64492	1.90274	1.05896				0.0007279	0.9869	0.9887	0.00096465	-1.55894	2
8	De la variable combinada	$\log V = \log a + b \log(D^2 A)$	-4.39592	0.91572					0.0007307	0.9868	0.9877	0.00097	-1.56516	1
9	Modelo de Thornber	$\log V = \log a + b \log (A / D) + \log (D^2 A)$	-4.36189	0.14980	0.92089				0.0007420	0.9864	0.9883	0.00100	-1.58934	2

Donde:

V = Volumen (m³), D = Diámetro basal (cm), A = Altura total (m), log = Logaritmo en base a 10, a, b, c, d, e y f = Parámetros a estimar, I = Índice de Furnival, R² = Coeficiente de determinación, R²_{aj} = Coeficiente de determinación ajustado, CME= Cuadrado medio del error, CV = Coeficiente de variación, K = Número de variable, = Modelo seleccionado.

Apéndice 14. Tabla de volumen total de *Pinus maximinoi* H. E. Moore. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

DB(cm)	Altura (m)					
	2	3	4	5	6	7
5	0.001427178	0.002193	0.002973	0.003766	0.004568	0.005378
6	0.001913641	0.002940	0.003987	0.005050	0.006125	0.007211
7	0.002467199	0.003790	0.005140	0.006510	0.007897	0.009297
8	0.003086982	0.004743	0.006432	0.008146	0.009881	0.011633
9	0.003772235	0.005795	0.007859	0.009954	0.012074	0.014215
10	0.004522288	0.006948	0.009422	0.011933	0.014475	0.017041
11	0.005336543	0.008198	0.011118	0.014082	0.017081	0.020110
12	0.006214459	0.009547	0.012947	0.016399	0.019891	0.023418
13	0.007155539	0.010993	0.014908	0.018882	0.022903	0.026964
14	0.008159332	0.012535	0.016999	0.021531	0.026116	0.030747

$$LVT = -4.64492 + 1.90274 * \text{LOG}_{10}(DN+1) + 1.05896 * \text{LOG}_{10}(HT)$$

Donde:

LVT= Logaritmo en base a 10 de volumen total, LOG10 = Logaritmo en base a 10, DN= Diámetro basal, HT= Altura total, = Volumen de árboles presentes.

Apéndice 15. Modelos comparados y estadísticos empleados para la elaboración de tabla de volúmenes para *Pinus oaxacana* Mirov en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

No	Modelo	Ecuación	Parámetros de regresión						l	R ² _{adj}	R ²	CME	CV	K
			a	b	c	d	e	f						
1	De la Variable combinada	$V=a+bD^2 A$	0.0007187	0.0000245					0.01063	0.9470	0.9482	0.00011300	20.62771	1
2	Australiana	$V=a+bD^2+cA+dD^2A$	-0.00317	-0.000083	0.00179	0.0000289			0.00923	0.9600	0.9629	0.00008523	17.91425	3
3	Meyer Modificada	$V=a+bD+cDA+dD^2+eD^2A$	-0.01383	0.002662	0.0000875	-0.000202	0.0000304		0.00902	0.9619	0.9655	0.00008129	17.49585	4
4	Comprensible	$V=a+bD+cDA+dD^2+eA+fD^2A$	0.0271	-0.0224	0.001076	-0.000066	-0.00850	0.0000034	0.00869	0.9646	0.9688	0.00007550	16.86119	5
5	De Naslund	$V=abD^2+cD^2A+dA^2+eDA^2$	0.0007157	0.0001309	-0.000016	-0.000585	0.0000840		0.00825	0.9681	0.9711	0.00006805	16.00729	4
6	De Schumacher	$\log V = \log a + b \log D + c \log A$	-4.45007	1.7318	1.17042				0.0056030	0.9742	0.9755	0.00599	-5.14974	2
7	De Korsun	$\log V = \log a + b \log (D + 1) + c \log A$	-4.67166	1.86788	1.17759				0.0055444	0.9748	0.9760	0.00586	-5.09558	2
8	De la variable combinada	$\log V = \log a + b \log(D^2 A)$	-4.52786	0.97451					0.0057834	0.9726	0.9732	0.00638	-5.31534	1
9	Modelo de Thorber	$\log V = \log a + b \log (A / D) + \log (D^2 A)$	-4.45007	0.20302	0.96740				0.0056030	0.9742	0.9755	0.00599	-5.14974	2

Donde:

V = Volumen (m³), D = Diámetro basal (cm), A = Altura total (m), log = Logaritmo en base a 10, a, b, c, d, e y f = Parámetros a estimar, l = Índice de Furnival, R² = Coeficiente de determinación, R²_{aj} = Coeficiente de determinación ajustado, CME= Cuadrado medio del error, CV = Coeficiente de variación, K = Número de variable, = Modelo seleccionado.

Apéndice 16. Tabla de volumen total de *Pinus oaxacana* Mirov. en la Sierra Sur, Miahuatlán, Oaxaca.

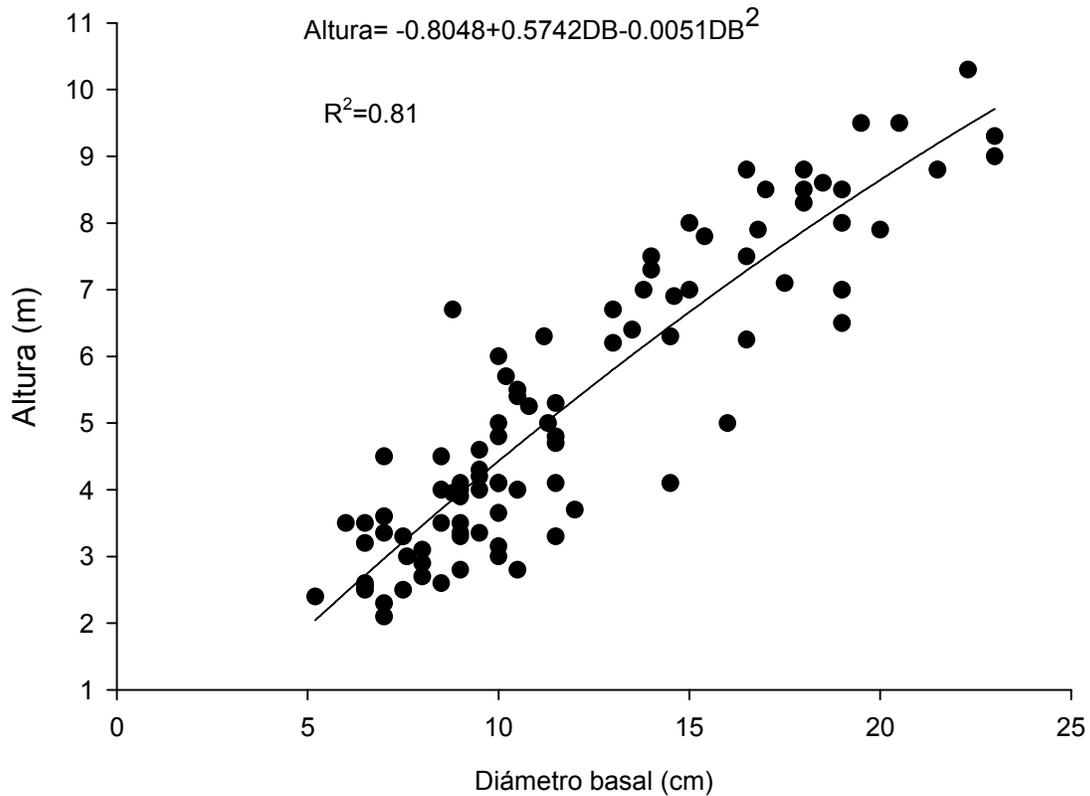
DB (cm)	Altura (m)											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	0.001825	0.002943	0.004129	0.005370	0.006656	0.007981	0.009340	0.01073	0.01215	0.01359	0.01506	0.01654
7	0.002343	0.003776	0.005299	0.006891	0.008542	0.010242	0.011986	0.01377	0.01559	0.01744	0.01932	0.02123
8	0.002919	0.004705	0.006603	0.008587	0.010644	0.012762	0.014936	0.01716	0.01942	0.02173	0.02408	0.02646
9	0.003554	0.005729	0.008039	0.010455	0.012959	0.015538	0.018184	0.02089	0.02365	0.02646	0.02931	0.03221
10	0.004246	0.006845	0.009605	0.012492	0.015484	0.018566	0.021727	0.02496	0.02826	0.03161	0.03502	0.03849
11	0.004996	0.008053	0.011301	0.014697	0.018216	0.021842	0.025562	0.02936	0.03324	0.03719	0.04121	0.04528
12	0.005802	0.009352	0.013123	0.017067	0.021154	0.025365	0.029684	0.03410	0.03860	0.04319	0.04785	0.05258
13	0.006663	0.010740	0.015071	0.019601	0.024295	0.029131	0.034091	0.03916	0.04434	0.04960	0.05495	0.06039
14	0.007579	0.012218	0.017144	0.022297	0.027636	0.033137	0.038780	0.04455	0.05043	0.05642	0.06251	0.06869
15	0.008550	0.013783	0.019341	0.025153	0.031177	0.037383	0.043748	0.05026	0.05690	0.06365	0.07052	0.07749
16	0.009575	0.015436	0.021660	0.028169	0.034915	0.041865	0.048994	0.05628	0.06372	0.07129	0.07898	0.08678
17	0.010654	0.017175	0.024100	0.031343	0.038849	0.046582	0.054514	0.06262	0.07090	0.07932	0.08788	0.09656
18	0.011787	0.019000	0.026661	0.034674	0.042978	0.051532	0.060307	0.06928	0.07843	0.08775	0.09721	0.10682
19	0.012972	0.020910	0.029342	0.038160	0.047299	0.056714	0.066371	0.07625	0.08632	0.09657	0.10699	0.11756
20	0.014209	0.022906	0.032142	0.041801	0.051812	0.062125	0.072704	0.08352	0.09455	0.10578	0.11720	0.12878
21	0.015499	0.024985	0.035059	0.045596	0.056516	0.067765	0.079304	0.09110	0.10314	0.11539	0.12784	0.14047
22	0.016841	0.027148	0.038095	0.049543	0.061408	0.073631	0.086170	0.09899	0.11207	0.12538	0.13890	0.15263
23	0.018235	0.029394	0.041247	0.053643	0.066489	0.079724	0.093299	0.10718	0.12134	0.13575	0.15040	0.16526
24	0.019680	0.031723	0.044515	0.057893	0.071758	0.086041	0.10069	0.11567	0.13095	0.14651	0.16231	0.17836
25	0.021175	0.034135	0.047898	0.062293	0.077212	0.092580	0.10835	0.12446	0.14091	0.15764	0.17465	0.19192

$$LVT = -4.67166 + 1.86788 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{DN} + 1) + 1.17759 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{HT})$$

Donde:

LVT= Logaritmo en base a 10 de volumen total, LOG10 = Logaritmo en base a 10, DN= Diámetro basal, HT= Altura total, = Volumen de árboles presentes.

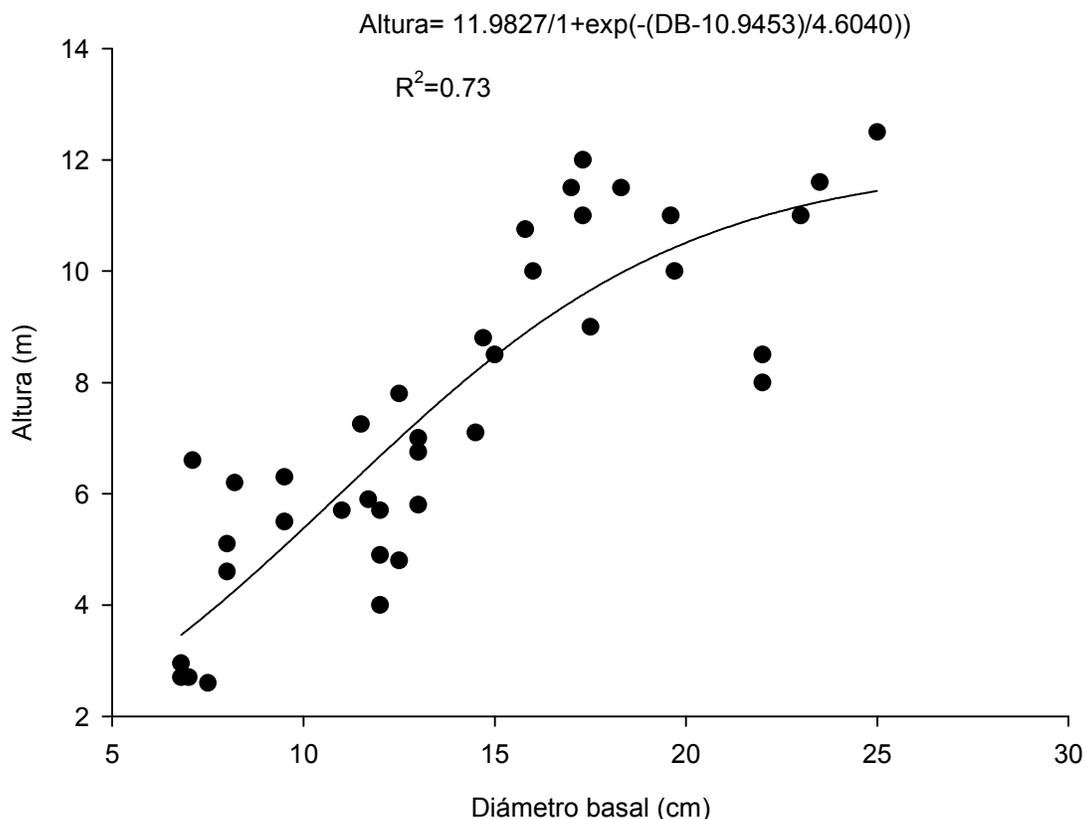
Apéndice 17a. Relación entre diámetro basal (DB) y altura (HT) de árboles muestreados de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en plantaciones forestales de pinos, del predio “Río San José” y “Santa Ana y Ojo de Agua”, Miahuatlán, Oaxaca. Relación obtenida para la predicción de las alturas faltantes por categoría diamétrica y el posterior cálculo de volúmenes utilizando la tabla de volúmenes.



Apéndice 17b. Valores de altura (HT) estimados con el modelo polinomio cuadrático del Apéndice 17a. y volúmenes individuales estimados a partir de la ecuación de volumen: $LVT = 4.3498 + 0.90846 \cdot \text{LOG}_{10}(DB^2 \cdot HT)$ en plantaciones forestales de *Pinus pseudostrobus* Lindl del predio “Río San José” y “Santa Ana y Ojo de Agua” Miahuatlán, Oaxaca.

Diámetro basal (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
5	3.6383	0.0026898
10	6.3968	0.0158236
15	9.0803	0.0454422
20	11.6888	0.0964037
25	14.2223	0.1728113

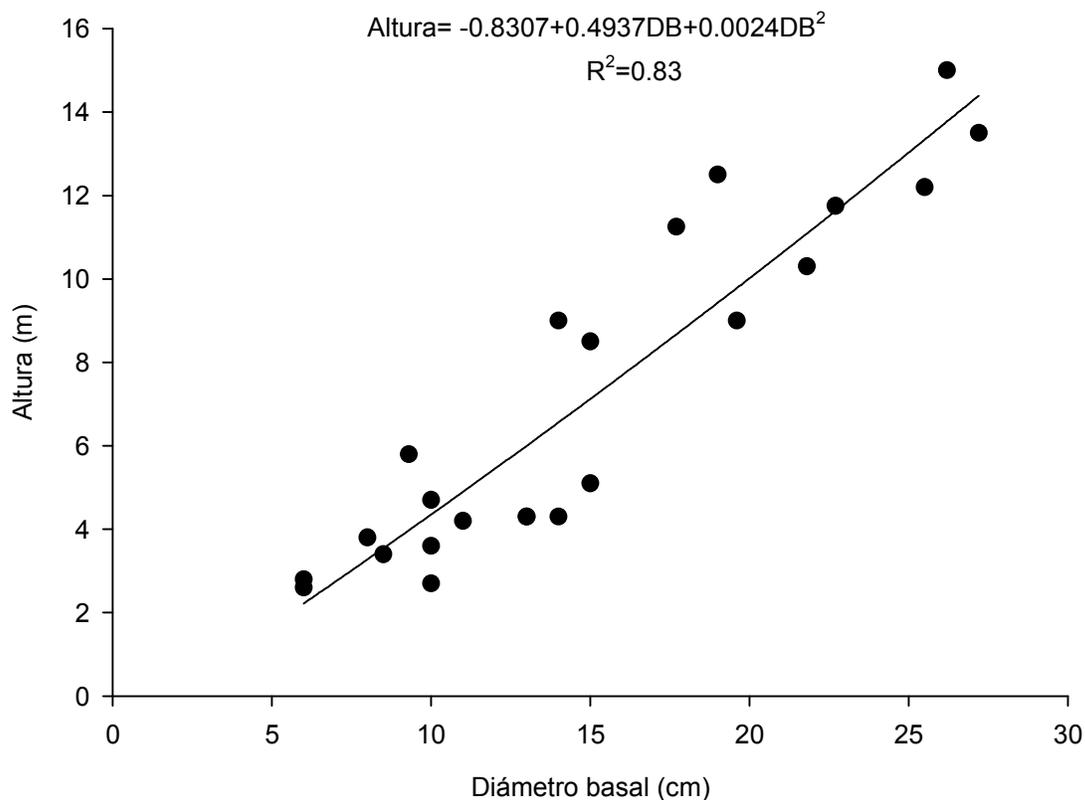
Apéndice 18a. Relación entre diámetro basal (DB) y altura (HT) de árboles muestreados de *Pinus oaxacana* Mirov. En plantaciones forestales de pinos, del predio “Río San José” y “Lastina y Río Yubto”, Miahuatlán, Oaxaca. Relación obtenida para la predicción de las alturas faltantes por categoría diamétrica y el posterior cálculo de volúmenes utilizando la tabla de volúmenes.



Apéndice 18b. Valores de altura (HT) estimados con el modelo sigmoide del Apéndice 18a. y volúmenes individuales estimados a partir de la ecuación de volumen $LVT = -4.67166 + 1.86788 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{DB} + 1) + 1.17759 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{HT})$ en plantaciones forestales de *Pinus oaxacana* Mirov. Del predio “Río San José” y “Lastina y Río Yubto” Miahuatlán, Oaxaca.

Diámetro basal (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
5	2.5838	0.001850
10	5.3784	0.013613
15	8.4713	0.046799
20	10.5119	0.100278
25	11.4423	0.165133

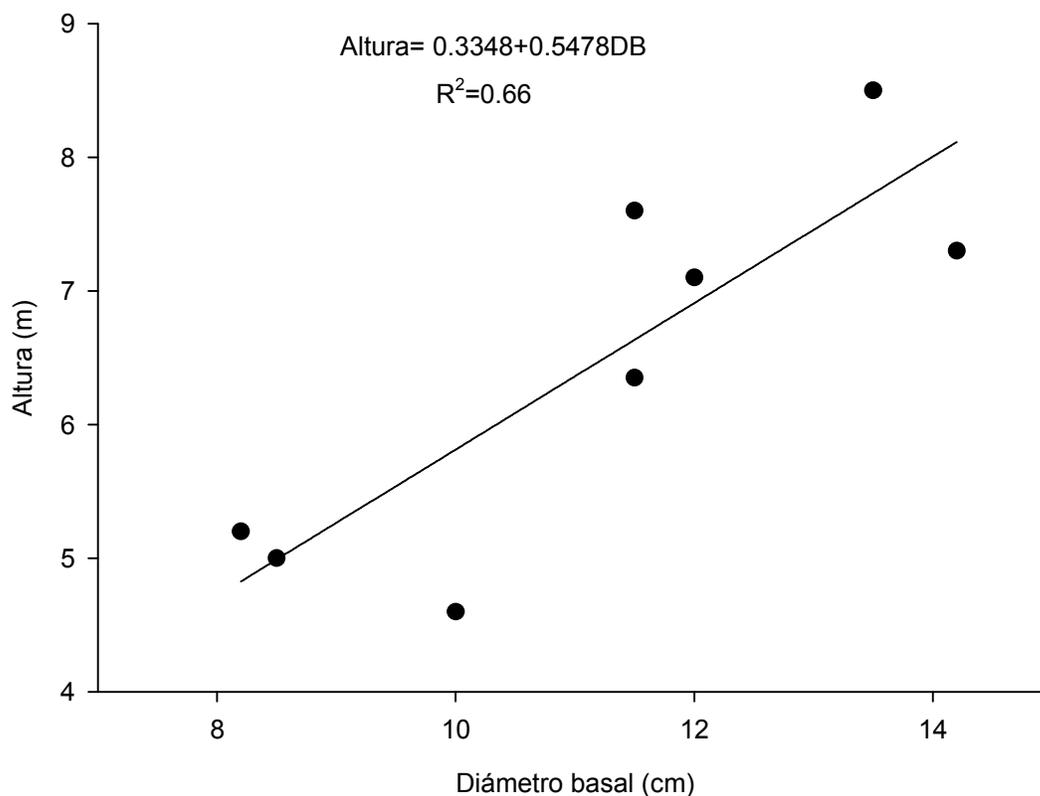
Apéndice 19a. Relación entre diámetro basal (DB) y altura (HT) de árboles muestreados de *Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock. en plantaciones forestales de Pinos, del predio “Río San José”, “Santa Ana y Ojo de Agua” y “Lastina y Río Yubto”, Miahuatlán, Oaxaca. Relación obtenida para la predicción de las alturas faltantes por categoría diamétrica y el posterior cálculo de volúmenes utilizando la tabla de volúmenes.



Apéndice 19b. Valores de altura (HT) estimados con el modelo polinomio cuadrático del Apéndice 19a. y volúmenes individuales estimados a partir de la ecuación de volumen $LVT = -4.31091 + 1.26818 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{DB}) + 1.6917 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{HT})$ en plantaciones forestales de *Pinus patula* var. *longepedunculata* Loock del predio “Río San José” y “Lastina y Río Yubto”, Miahuatlán, Oaxaca.

Diámetro basal (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
5	1.6978	0.0009213
10	4.3463	0.0108837
15	7.1148	0.0418976
20	10.0033	0.1097922
25	13.0118	0.2223587
30	16.1403	0.4034314
35	19.3888	0.6689538

Apéndice 20a. Relación entre diámetro basal (CD) y Altura (HT) de árboles muestreados de *Pinus ayacahuite* Echren. en plantaciones forestales de Pinos, del predio "Santa Ana y Ojo de Agua", Miahuatlán, Oaxaca. Relación obtenida para la predicción de las alturas faltantes por categoría diamétrica y el posterior cálculo de volúmenes utilizando la tabla de volúmenes.

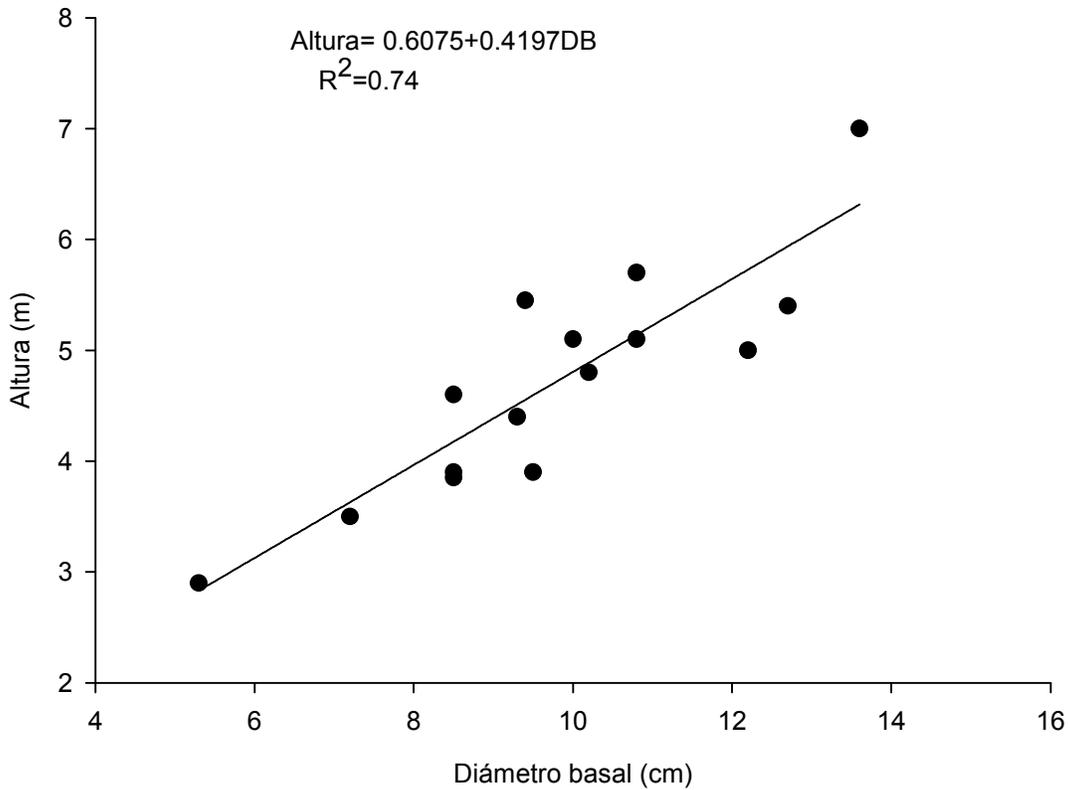


Apéndice 20b. Valores de altura (HT) estimados con el modelo polinomio lineal del Apéndice 20a. y volúmenes individuales estimados a partir de la ecuación de volumen $VT= 0.03705-0.00028544*(DB*2)-0.00676*HT+0.0000732*(DB*2*HT)$ en plantaciones forestales de *Pinus ayacahuite* Echren. del predio "Santa Ana y Ojo de Agua", Miahuatlán, Oaxaca.

Diámetro basal (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
5	3.0738	0.005880*
10	5.8128	0.011761
15	8.5518	0.055864
20	11.2908	0.177143

*este resultado fue calculado por interpolación por que la ecuación calculada para el volumen sobre estima este valor.

Apéndice 21a. Relación entre diámetro basal (DB) y altura (HT) de árboles muestreados de *Pinus maximinoi* H. E. Moore en plantaciones forestales de Pinos, del predio “Lastina y Río Yubto”, Miahuatlán, Oaxaca. Relación obtenida para la predicción de las alturas faltantes por categoría diamétrica y el posterior cálculo de volúmenes utilizando la tabla de volúmenes.



Apéndice 21b. Valores de altura (HT) estimados con el modelo polinomio lineal del Apéndice 21a. y volúmenes individuales estimados a partir de la ecuación de volumen $LVT = -4.64492 + 1.90274 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{DN} + 1) + 1.05896 \cdot \text{LOG}_{10}(\text{HT})$ en plantaciones forestales de *Pinus maximinoi* H. E. Moore. del predio “Lastina y Río Yubto” Miahuatlán, Oaxaca.

Diámetro basal (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
5	2.703	0.001963
10	4.7985	0.0114246
15	6.894	0.0342070
20	8.9895	0.0760129

Apéndice 22. Principal enfermedad que se encontró en las plantaciones forestales de los predios “Río San José”, Municipio de San Sebastián Río Hondo, “Santa Ana y Ojo Agua” y “Lastina y Río Yubto”, Municipio de San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca. A y B). “escoba de bruja” encontrada principalmente en *P. pseudostrobus* (Fotografías digitales tomadas por M. C. Celestino Flores López el día 19 de marzo (A) y 20 de marzo (B) de 2005).



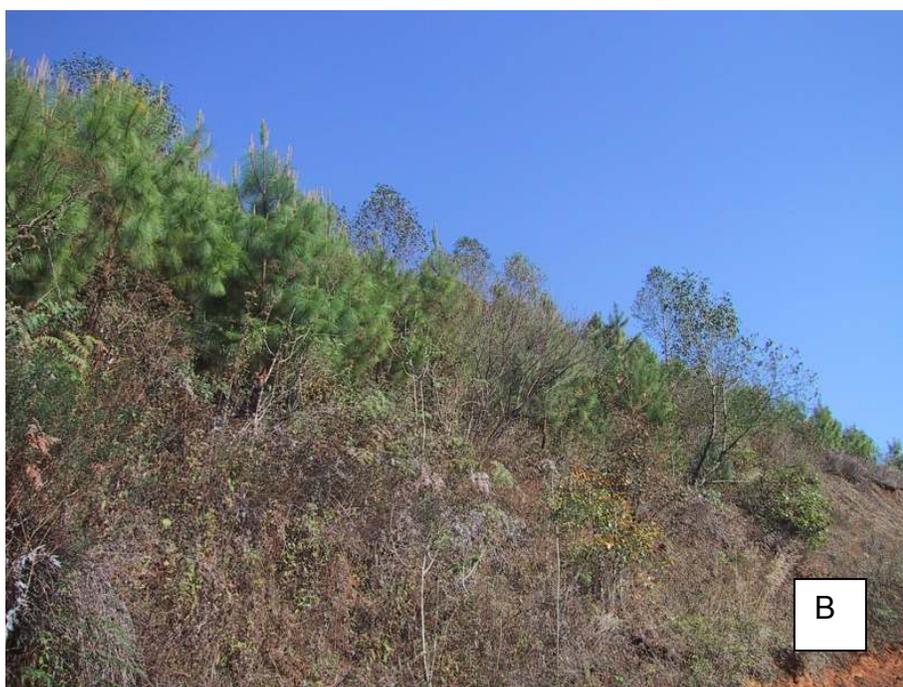
Apéndice 23. Imágenes de las plantaciones del predio “Río San José”, Municipio de San Sebastián Río Hondo, Miahuatlán, Oaxaca. A). Plantación establecida en el año 2001, con *Pinus pseudostrobus*, B). Plantación establecida en el año 2002, con *P. pseudostrobus* y *P. patula* (Fotografías digitales tomadas por M. C. Celestino Flores López el día 19 de Marzo de 2005).



Apéndice 24. Imágenes de las plantaciones del predio “Santa Ana y Ojo Agua”, Municipio de San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca. A). Plantación establecida en el año 1996, con *Pinus pseudostrobus*, y *P. ayacahuite*. B). Plantación establecida en el año 1995, con *P. pseudostrobus* y *P. patula* (Fotografías digitales tomadas por M. C. Celestino Flores López el día 20 de Marzo de 2005).



Apéndice 25. Imágenes de las plantaciones del predio “Lastina y Río Yubto”, Municipio de San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca. A). Plantación establecida en el año 1993, con *Pinus oaxacana*, y *P. patula* var. *longepedunculata*. B). Plantación establecida en el año 1997, con *P. oaxacana* y *P. maximinoi* (Fotografías digitales tomadas por M. C. Celestino Flores López el día 20 de marzo de 2005).



Apéndice 26. Imágenes de las plantaciones del predio “Santa Ana y Ojo Agua”, Municipio de San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca. A y B). Plantación establecida en el año 1996, con *Pinus pseudostrobus*, presentando “cola de zorra” en *P. ayacahuite* por problemas de adaptación. (Fotografías digitales tomada por M. C. Celestino Flores López el día 19 de marzo (A) y 20 de marzo (B) de 2005).

