



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS IV

**EVALUACIÓN DASOMÉTRICA DE UNA
PLANTACIÓN DE *Cedrela odorata* L. EN
MAPASTEPEC, CHIAPAS**

T E S I S

Presentada como requisito parcial
Para obtener el **TÍTULO** de:

INGENIERO FORESTAL

Presenta:

EMILIO PALOMEQUE FIGUEROA

Director de Tesis:

M.C. JORGE REYES REYES



Huehuetán, Chiapas.

Noviembre de 2011.



FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, C-IV
SECRETARÍA ACADÉMICA



El presente trabajo titulado “EVALUACIÓN DASOMÉTRICA DE UNA PLANTACIÓN DE *Cedrela odorata* L. EN MAPASTEPEC, CHIAPAS”. Fue realizado por el C. EMILIO PALOMEQUE FIGUEROA, dirigido por el M. C. JORGE REYES REYES y revisado ampliamente por los suscritos, por lo que se autoriza su impresión.

M. C. JORGE REYES REYES
Presidente

M. C. DORIAN DE JESÚS PIMIENTA DE LA TORRE
Secretario

DR. FRANCISCO JAVIER MARROQUÍN ÁGREDA
Vocal

M. C. CARLOS GUMARO GARCÍA CASTILLO
Primer Suplente

DR. ALEJANDRO LEY DE COSS
Segundo Suplente

Huehuetán, Chiapas, México. Noviembre de 2011.

El presente trabajo de investigación se realizó con apoyo parcial del Programa Pro-Árbol de la Comisión Nacional Forestal, en el concepto de apoyo D4.3 Transferencia y Adopción de Tecnología con folio de solicitud 2008090117, a través del proyecto de investigación “Evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas”, en coordinación con el Despacho de Consultoría Forestal y Ambiental, S.C. (DECOFORES).

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS EN EL ANEXO	x
ÍNDICE DE FIGURAS EN EL ANEXO	xi
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
2.1. Objetivos.....	3
2.2. Hipótesis.....	3
3. REVISION DE LITERATURA	4
3.1. Generalidades de la Silvicultura.....	4
3.1.1. Plantación forestal comercial.....	5
3.1.2. Clasificación de las plantaciones forestales.....	6
3.1.3. Clasificación de las plantaciones forestales por su objetivo	7
3.1.3.1. Plantaciones comerciales.....	7
3.1.3.2. Plantaciones protectoras.....	7
3.1.3.3. Plantaciones escénicas.....	8
3.1.3.4. Plantaciones recreativas.....	8
3.1.3.5. Plantaciones de interés faunístico.....	8
3.1.4. Importancia de las plantaciones forestales comerciales...	8
3.1.4.1. Demanda de productos forestales.....	9
3.1.4.2. Mercado de la madera de Cedro rojo.....	9
3.2. Generalidades sobre modelos de crecimiento.....	10
3.2.1. Tipos de modelos de crecimiento.....	11
3.2.2. Importancia de los modelos de crecimiento.....	13
3.3. Generalidades de <i>Cedrela odorata</i> L.....	14
3.3.1. Taxonomía.....	14
3.3.2. Sinónimos y nombre comunes.....	15
3.3.2.1. Sinónimos.....	15
3.3.2.2. Nombre Comunes.....	15

3.3.3. Descripción Botánica.....	15
3.3.4. Necesidades del Cultivo.....	16
3.3.5. Distribución Geográfica.....	17
3.4. Manejo Forestal.....	17
3.4.1. Podas.....	18
3.4.2. Aclareos.....	18
4. MATERIALES Y METODOS	20
4.1. Localización Geográfica.....	20
4.2. Clima.....	20
4.3. Suelo.....	20
4.4. Topografía.....	21
4.5. Hidrología.....	21
4.6. Vegetación.....	21
4.7. Metodología Experimental.....	21
4.7.1. Selección de la muestra.....	21
4.7.2. Distribución de las parcelas de muestreo.....	22
4.7.3. Forma y tamaño de las parcelas.....	22
4.7.4. Precisión, confiabilidad e intensidad de muestreo.....	22
4.7.5. Metodología.....	24
4.8. Variables Evaluadas.....	24
4.8.1. Diámetro Normal.....	24
4.8.2. Altura Total.....	24
4.8.3. Volumen total por sitio.....	24
4.8.4. Área Basal.....	25
4.8.5. Rendimiento Volumétrico.....	25
4.8.6. Incremento medio anual.....	26
4.8.7. Incremento corriente anual.....	26
4.8.8. Modelos de crecimiento.....	26
4.8.9. Evaluación de la sobrevivencia.....	27
4.8.10. Evaluación de estado sanitario de la plantación.....	29
4.8.11. Evaluación del vigor de la plantación.....	29
4.9. Registro de Datos	31
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
5.1. Diámetro Normal.....	33
5.2. Altura Total.....	34
5.3. Volumen Total por Sitio.....	35
5.4. Área Basal.....	36
5.5. Rendimiento Volumétrico.....	37

5.6. Incremento Medio Anual.....	38
5.7. Incremento Corriente Anual.....	38
5.8. Modelos de Crecimiento.....	39
5.9. Evaluación de la Supervivencia.....	44
5.10. Evaluación del Estado Sanitario de la Plantación.....	44
5.11. Evaluación del Vigor de la Plantación.....	44
6. CONCLUSIONES	45
7. BIBLIOGRAFÍA	46
8. ANEXOS	54

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por prestarme la vida y por las oportunidades brindadas.

Al M. C. Jorge Reyes Reyes por su apoyo académico incondicional, por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo, por ser una gran persona y buen amigo.

Al Jefe y Amigo, M.C. Carlos Gumaro Garcia Castillo.

A mis amigos y compañeros de trabajo, por la ayuda proporcionada a mi persona, para realizar los trabajos de campo.

Al C. Salvador Méndez Coutiño propietario del Predio Particular el Edén, por las facilidades brindadas para realización de este trabajo.

A la Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, mi Alma Mater, por darme los conocimientos para formarme con Ingeniero Forestal.

A mis grandes amigos, jefes y compañeros, Ing. Carlos Amado Santiago León, Ing. Arael Sepulveda Ordoñez e Ing. Jose Francisco Calvillo Ramirez, por sus amistad y grandes consejos.

La forestería el presente y futuro de México.

Emilio Palomeque Figueroa

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sra. Teresa Figueroa Roblero y Ramiro Palomeque Marroquín (Q.P.D.).

A MIS HERMANOS:

Rocío Guadalupe, Alexis y José Bernardo Palomeque Figueroa, por su apoyo incondicional y que son las personas que más quiero en la vida.

A MI HIJO:

Roberto Palomeque Estrada.

A MIS ASESORES

Al M.C. Jorge Reyes Reyes, M.C. Dorian De Jesús Pimienta De La Torre, Dr. Francisco Javier Marroquín Agreda, M.C. Carlos Gumaro García Castillo, Dr. Alejandro Ley De Coss.

A MIS AMIGOS:

En especial a mis grandes amigos Luis Miguel López Madrid, Giovanni Jiménez Marroquín, Marco Antonio Marroquín Aragón, Edguin Azael Gutiérrez Vázquez, Jhovany Alain Gomez Patistán, Rodolfo Fernández Marroquín, Leónides Rodríguez Villalobos.

La forestería el presente y futuro de México.

Emilio Palomeque Figueroa

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tamaño de parcela circular según la densidad de plantación, para muestreos sistemáticos empleados en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	22
2	Intensidad de muestro, número de parcelas por hectárea y distanciamiento entre fajas y transectos, en el muestro sistemático con parcelas circulares.	23
3	Modelos de crecimiento utilizados en la en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	27
4	Clave de plagas y/o enfermedades en la en la en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	32
5	Comparativo de los Modelos que se ajustaron para el Crecimiento en Altura total en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	39
6	Comparativo de los Modelos que se ajustaron para el Crecimiento el Diámetro Normal en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	40
7	Comparativo de los Modelos que se ajustaron para el Crecimiento en Área Basal en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	41

8	Comparativo de los modelos que se ajustaron para el crecimiento en Volumen en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	42
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Crecimiento en diámetro normal en las diferentes edades en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	34
2	Crecimiento en altura en las diferentes edades en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	35
3	Volumen por sitio promedio (m^3) en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	35
4	Número de árboles por sitio correspondientes a la quinta y última medición en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	36
5	Área Basal por hectárea (m^2) en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	37
6	Rendimiento volumétrico por hectárea (m^3) en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	38
7	Curva de Crecimiento en altura, ajustada por el modelo logarítmico en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	39

8	Curva de crecimiento en Diámetro Normal, ajustada por el Modelo Logarítmico en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	40
9	Curva de crecimiento en Área Basal, ajustada por el modelo de Fresse en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	41
10	Curva de crecimiento en Volumen, ajustada por el modelo de Fresse en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	43

ÍNDICE DE CUADROS EN EL ANEXO

Cuadro		Página
1 A	Coordenadas UTM y Geográficas (Datum WGS 84) del área plantada y del predio en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	54
2A	Resultados de las variables en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	54
3A	Resultados del volumen de los sitios muestreados y número de árboles correspondientes a la última y quinta medición en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	55
4A	Resultados del área basal promedio, por hectárea y área basal total en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	55
5A	Resultados de la Supervivencia en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	56
6A	Resultados de la Sanidad en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	56
7A	Resultados del vigor en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	56
8A	Resultados de incrementos medios anuales e incrementos corrientes anuales de diámetro normal, altura total, área basal y volumen.	57

ÍNDICE DE FIGURAS EN EL ANEXO

Figura		Página
1 A	Figuras del estado en que se encontraba la plantación forestal comercial en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas	59
2A	Plano georreferenciado indicando superficie total y colindancias del Predio particular El Eden, municipio de Mapastepec, Chiapas, en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	60
3A	Plano georreferenciado indicando superficie a plantar y especie a plantar en el Predio particular El Edén, municipio de Mapastepec, Chiapas, en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	61
4A	Plano georreferenciado de ubicación regional del Predio particular El Edén, municipio de Mapastepec, Chiapas, en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	62
5A	Plano georreferenciado indicando Región Hidrológica, Cuenca, Sub-Cuenca y UMAFOR a la que pertenece el Predio particular El Edén, municipio de Mapastepec, Chiapas, en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.	63

Palomeque-Figueroa, E. 2011. Evaluación dasométrica de una plantación de *Cedrela odorata* L. en Mapastepec, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México. 63 p.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en el Municipio de Mapastepec, Chiapas, en una plantación forestal comercial de *Cedrela odorata* L. la cual fue evaluada durante un periodo de 3.06 años, con los objetivos de conocer los parámetros dasométricos los cuales corresponden a; el rendimiento volumétrico, diámetro normal, altura total, área basal, volumen, incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA), al mismo tiempo conocer el estado de la supervivencia, sanidad y vigorosidad de la plantación, mediante los modelos de crecimiento ajustar el mejor a las variables; diámetro normal, altura total, área basal y volumen, tomando como criterios de selección del mejor modelo, el coeficiente de determinación (R^2), Cuadrado Medio del Error (CME) y el Valor de F. El rendimiento volumétrico por hectárea fue de 82.39 m³RTA, el crecimiento el diámetro normal se determino en 12.74 cm, para la altura total un valor de 8.95 m, el área basal se encontró un valor de 17.41 m².ha⁻¹, y para el volumen 82.39 m³.ha⁻¹. El IMA diámetro se determinó en 2.228 cm e ICA diámetro se encontró un valor de 1.603 cm. La supervivencia de la última evaluación fue de 95.43%, para la sanidad 99.47% y para la vigorosidad 93.62%. El modelo de crecimiento que mejor ajuste presentó para la especie en las variables diámetro y altura fue el Logarítmico con un 0.81% y 0.88% respectivamente, para el área basal y volumen el de mejor ajuste fue el modelo de Fresse con un 0.90% y 0.92% respectivamente.

Palabras claves: Plantación forestal, parámetros dasométricos, rendimiento volumétrico, área basal, volumen, incremento medio anual, incremento corriente anual, modelos de crecimiento, supervivencia, sanidad y vigorosidad.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques son uno de los recursos naturales más valiosos con que cuenta el país; los cuales proporcionan múltiples beneficios y servicios, los cuales brindan a la sociedad: cómo los diversos productos y materias primas forestales, protección de suelos y cuencas, regulación del ciclo hidrológico, captura del carbono y servicios ambientales, entre muchos otros.

Por diversas causas y agentes, estos ecosistemas naturales han sufrido un deterioro que se hace cada día más evidente, reflejado en la disminución de la superficie forestal y en el cambio de uso de los suelos forestales. El valor maderable de las áreas forestales ha sido mermado fuertemente por el saqueo agresivo de la tala clandestina, los incendios forestales y el cambio de uso de suelo para las actividades agrícolas, así como actividades de autoconsumo sin control (Espino, 2009).

Una alternativa que ha surgido para frenar tal situación e incrementar tanto la superficie como la producción forestal, es el establecimiento de plantaciones forestales. De esta manera se puede frenar el deterioro de los suelos y ecosistemas forestales y satisfacer una parte de los requerimientos que los bosques proporcionan.

El consumo mundial de madera se reparte entre las necesidades energéticas, leñas y carbón vegetal (más del 50%), la madera de aserrío, postes y construcción (20%), y la dedicada a la industria de la celulosa y el papel (17%) (Patiño, 2005). Por lo cual surge la necesidad de establecer plantaciones forestales, con el objetivo de satisfacer la demanda de productos forestales.

Los bosques y selvas de México no solo son uno de los más biodiversos del planeta. México está considerado como un país con vocación forestal importante, ya que el 72 % (141.7 millones de hectáreas) de la superficie total, se encuentran

dedicadas a los distintos usos forestales (Rueda *et al*, 2007). La potencialidad forestal de México, solamente ha sido aprovechada en un 23% y la productividad arbolada es cinco veces inferior a la de los países pioneros en el sector, esto debido fundamentalmente a prácticas inadecuadas en el manejo, cultivo y aprovechamiento del bosque, así como la falta de infraestructura, fundamentalmente en vías de comunicación (González *et al*, 1995).

Según la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010) la superficie con plantaciones forestales comerciales en el Estado de Chiapas es de 19,207.823 hectáreas y cuentan con sus respectivos avisos, constancias de registro y autorizaciones de aprovechamientos en plantaciones forestales comerciales vigentes.

Las plantaciones forestales establecidas con el propósito exclusivo de producir energía se están volviendo más corrientes en algunos países, y es probable que en las plantaciones de usos finales múltiples se lleguen a producir trozas para combustibles leñosos así como para otros fines, según cuál sea la demanda del mercado (FAO, 2008). Los bosques plantados cumplen funciones productivas para el suministro de madera, fibra y productos forestales no maderables (FAO, 2006).

Es por esto que surge la necesidad de establecer plantaciones forestales comerciales, así mismo determinar los parámetros dasométricos para conocer la productividad de las plantaciones forestales comerciales. Por lo anterior, el presente estudio tiene la finalidad de evaluar la productividad de una plantación de *Cedrela odorata* L. en Mapastepec, Chiapas, México.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. Objetivos

Conocer los rendimientos volumétricos maderables de una plantación forestal comercial de *Cedrela odorata* L. en Mapastepec, Chiapas.

Evaluar el crecimiento en diámetro normal (DN) y altura total (H) en los una plantación forestal comercial de Cedro rojo, en Mapastepec, Chiapas.

Conocer el estado fitosanitario, sobrevivencia y vigor de la plantación forestal comercial de Cedro rojo en Mapastepec, Chiapas.

Estimar el Incremento Medio Anual (IMA) e Incremento Corriente Anual (ICA) de la especie Cedro rojo para las variables: altura total y diámetro normal por hectárea.

Ajustar modelos de crecimiento para las variables dasométricas de la especie Cedro rojo, que definan el rendimiento maderable: altura total, diámetro normal, área basal y volumen.

2.2. Hipótesis

El crecimiento en diámetro normal (DN) y altura total (H) así como el Incremento Medio Anual (IMA) e Incremento Corriente Anual (ICA) que se presenta la plantación forestal comercial de Cedro rojo, en Mapastepec, Chiapas, son los mismos que presentan otras plantaciones de cedro rojo, en otros lugares de la República Mexicana.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades de la Silvicultura

La Silvicultura es la ciencia y el arte del cultivo, mantención y desarrollo de los bosques. Tratamientos aplicados a los rodales forestales con el objetivo de mantener o aumentar su productividad, cumpliendo con los objetivos del propietario y sujeto a las restricciones legales, económicas y sociales imperantes. El propósito de la silvicultura es que los bosques produzcan la mayor cantidad posible de bienes y servicios útiles a la sociedad por generaciones tras generaciones de hombres y de árboles (Espinosa y Muñoz, 2000).

Musálem (2006), menciona que la silvicultura ha sido definida como la teoría y la práctica del control del establecimiento, de la composición y del crecimiento de un bosque o rodal. Es, por tanto, una de las ramas de la ciencia forestal cuyo campo de acción está relacionado más directamente con el bosque. Representa la aplicación de conocimientos ecológicos y fisiológicos, en la obtención del tipo de bosque requerido por la ordenación forestal para producir los bienes y servicios demandados por los propietarios y por la sociedad.

Entre los periodos del desarrollo de la silvicultura en México las características más sobresalientes son en el periodo de caos (1521-1900) se trata de encontrar la solución a los problemas por medio de ordenanzas y leyes. Gran destrucción de bosques y selvas. Gestación (1901-1932) se despierta mayor interés por los problemas forestales y se desarrolla una fuerte corriente proteccionista. Por ello se crea la primera ley forestal. Esta trata de empezar a establecer el sistema de selección forestal. Pionero (1933-1972) se desarrollan métodos de ordenación que sustituyen a los clásicos europeos. Transformación (1973-1982) se promueve el desarrollo de la aplicación de otros sistemas silvícola, introduciéndose a escala comercial quemadas controladas, cortas intermedias, arboles padre: se aplican nuevas técnicas de inventario y de control de plagas y enfermedades (Manzanilla, 1985).

Los tratamientos silvícolas, casi siempre, son función de la estructura y del estado de desarrollo que presentan las poblaciones en el momento de la definición. De esta manera, cualquiera que sea la intervención prevista, se adelantará a la inminente modificación que con el tiempo, efectuará la propia naturaleza, con la ventaja, de que el propietario, podrá aprovechar el producto resultante. No podemos olvidar, que la silvicultura, debe complementarse con la ordenación, si se quiere lograr establecer un orden dentro del bosque, que permita obtener, el rendimiento sostenido (Musalem, 2010).

3.1.1. Plantación forestal comercial

Según la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable consiste en el establecimiento, cultivo y manejo de vegetación forestal en terrenos temporalmente forestales o preferentemente forestales, cuyo objetivo principal es la producción de materias primas forestales destinadas a su industrialización y/o comercialización (LGDFS, 2003).

En una plantación, generalmente la densidad no es menor de 400 árboles por hectárea. En esto se diferencian las plantaciones de los árboles plantados entre cultivos, o con el propósito de marcar límites o formar barreras rompevientos, los cuales son establecidos de manera disgregada o en hileras, con densidades menores a las referidas. El término plantación forestal incluye también las actividades encaminadas al establecimiento de un rodal forestal en un lugar donde antes había o no bosque, aunque no sea la misma especie y la variedad del bosque nativo (Capó, 2002).

En una Plantación Forestal Comercial se siembran los árboles que el mercado demanda, se estructura todo un proyecto y se desarrolla según su rentabilidad. Las plantaciones forestales se clasifican en: industriales, energéticas, alimenticias, de propagación, ornamentales, agropecuarios, protectoras, restauradoras, rescate biológico, moderadores, estéticas (ornato) y didácticas (PRONARE, 1988).

Según la FAO (2007), estos son los 10 países con la mayor superficie de bosques plantados hasta el 2005: China, India, Estados Unidos de América, Federación de Rusia, Japón, Suecia, Polonia, Sudan, Brasil y Finlandia.

Las plantaciones forestales comerciales son, sin duda alguna, la Silvicultura del futuro esta idea se ha reforzado poco a poco en la medida en que cada vez más países que, inclusive, hace unos 20 o 30 años ni siquiera producían materias primas forestales maderables ahora han rebasado los volúmenes que México produce anualmente (Monreal, 2005).

Según la SEMARNAT (2010), la superficie con plantaciones forestales comerciales en el Estado de Chiapas es de 19,207.823 hectáreas, y cuentan con sus respectivos avisos, constancias de registro y autorizaciones de aprovechamientos en plantaciones forestales comerciales vigentes.

El desarrollo de plantaciones forestales comerciales es complementario con el aprovechamiento sustentable del potencial que tienen los bosques y las selvas naturales. Mientras que las plantaciones de rápido crecimiento se orientan principalmente a la producción de fibras cortas para celulosa y maderas tropicales de alto valor comercial, los bosques nativos se utilizan fundamentalmente para la producción de madera sólida destinada a la industria del aserrío, tableros, y sus productos derivados, como muebles, elementos para la construcción y manufacturas de madera, que por sus características, requieren de un crecimiento más lento que le dé mayor densidad y resistencia a la madera. Asimismo, los bosques naturales de coníferas de clima templado, producen fibra larga para celulosa (CONAFOR, 2008).

3.1.2. Clasificación de las plantaciones forestales

Existen diferentes criterios para clasificar las plantaciones forestales. Los más comunes son los siguientes; a) clasificación determinada por el ecosistema en el cual se realizó la plantación; b) clasificación en función de la composición florística

de la plantación; c) clasificación determinada por el origen de las especies plantadas y; d) clasificación con base en el destino de la producción (Cabrera, 2003).

3.1.3. Clasificación de las plantaciones forestales por su objetivo

Las plantaciones forestales de acuerdo a su objetivo (Musalem *et al.*, 2006), se clasifican de la siguiente manera:

3.1.3.1. Plantaciones comerciales

Son aquellas que se realizan con un enfoque comercial, es decir, son plantaciones con mercado asegurado desde su inicio. Por ello, al establecer determinada plantación comercial, ésta deberá responder a una demanda segura de mercado. En cuanto al aspecto de rentabilidad, se pretende que las plantaciones sean eficientes en todas sus actividades productivas con el propósito de minimizar sus costos de producción, mismos que deberán ser menores que los ingresos a obtener por concepto de la venta del producto final, ya sea madera para celulosa, aserrío, aglomerado o árboles de navidad.

3.1.3.2. Plantaciones protectoras

Muchas veces se tienen superficies de terreno con aptitud forestal que están desprovistas de vegetación, ya sea por causas naturales o inducidas, y están expuestas a la erosión acelerada causada por el viento o el agua. En estas áreas, es necesario establecer plantaciones lo antes posible, ya que se aprovecharía el suelo que aún permanece y se le protegería contra la erosión. También, existen casos de áreas erosionadas, que con mayor dificultad es posible establecer plantaciones. En cualquiera de los casos, las plantaciones con fines protectoras antes que pretender la rentabilidad, tienen como objetivo central proteger los recursos asociados del bosque, como lo son: el suelo, el agua, la fauna y, en general, el medio ambiente.

3.1.3.3. Plantaciones escénicas

Este tipo de plantaciones se establecen en lugares estratégicos, tales como avenidas, calles, colonias y carreteras, entre otros, es decir, lugares donde el paisaje escénico es importante para realizar algunas actividades de manera más placentera, como manejar, caminar, tomar fotografías, etc.

3.1.3.4. Plantaciones recreativas

Estas plantaciones tienen como propósito fundamental establecer áreas arboladas con fines recreativos. Por ejemplo, establecer plantaciones en lugares aledaños a una ciudad para que los pobladores puedan realizar días de campo o excursión. Estas plantaciones también pueden establecerse en parques nacionales, zoológicos, parques y jardines, y en lugares de espera; en general, en los que las personas obtengan el beneficio de la recreación. De hecho, estas plantaciones también tienen un efecto escénico importante, por lo que se pueden considerar de múltiple efecto, aunque su propósito principal haya sido el recreativo.

3.1.3.5. Plantaciones de interés faunístico

Estas plantaciones tienen como propósito el fomento y/o conservación de la fauna silvestre en áreas forestales y establecer árboles con el propósito de fomentar la fauna silvestre.

3.1.4. Importancia de las plantaciones forestales comerciales

La finalidad de las plantaciones forestales comerciales es sobre todo para la producción industrial o para uso doméstico como postes de construcción, leña y forraje. La gran mayoría de las plantaciones forestales son de edad y composición uniformes (monocultivo) y en su mayor parte se manejan para conseguir la producción óptima de madera a partir de la estación (Evans, 1997). Sin embargo su importancia radica principalmente en que generan empleo y enraízan a la población en su lugar de origen.

Se estima que existen 10.7 millones de hectáreas con características de clima y suelo aptas para el establecimiento de plantaciones comerciales con niveles de altos rendimientos, competitivos en el contexto internacional. Se cuenta con experiencias valiosas en plantaciones comerciales que permiten visualizar la oportunidad de establecer plantaciones en mayores superficies. En muchas comunidades y ejidos existe la práctica de establecer, con sus propios recursos, plantaciones con fines comerciales. El potencial de especies a utilizar para plantaciones comerciales es muy amplio (maderas preciosas, celulósicos y no celulósicos). Las plantaciones forestales comerciales y de tipo industrial, desde hace algunos años, comenzaron a verse como una verdadera alternativa económica para el país, por el gobierno y los productores e inversionistas. Se han diseñado y puesto en práctica incentivos fiscales directos como el PRODEPLAN, que están en su fase de ajuste (GEUM-SEMARNAT-CONAFOR, 2001).

3.1.4.1. Demanda de productos forestales

El crecimiento de la demanda de madera ocasionado por el aumento de la población mundial, ha puesto en peligro la permanencia de los mismos, por lo que grandes áreas forestales se pierden anualmente como consecuencia de la tala inmoderada de los bosques. La demanda creciente de bienes y servicios de la sociedad, así como los de conservación de su ambiente y recursos asociados, ha llevado a la creación de bosques llamados artificiales para surtir de manera más cercana sus necesidades, sobre todo de productos industriales (Musálem, 2006).

El crecimiento poblacional aunado a la vertiginosa disminución de las áreas forestales, trajo consigo un aumento en la demanda de productos forestales. Dicha demanda de productos forestales difícilmente podrá ser cubierta con la producción de bosques naturales (Musálem *et al*, 2006).

3.1.4.2. Mercado de la madera de Cedro rojo

En el País ha tenido aceptación la madera de Cedro rojo y un buen precio, en comparación con otras especies comunes tropicales, los precios de venta de la

madera de Cedro rojo en el estado de Chiapas hasta el momento es de \$10.00 a \$15.00 pie tabla en madererías de la región.

3.2. Generalidades sobre modelos de crecimiento

Un modelo es una abstracción o una representación simplificada de algún aspecto de la realidad (y no debe confundirse con el sentido normativo de la palabra, algo digno de ser imitado) (Vanclay, 1994). Es una forma de caracterizar un sistema o parte de un sistema, es una abstracción y simplificación de un proceso natural que permite su estudio y análisis (Prodan, 1997). El uso común del término "crecimiento modelo" generalmente se refiere a un sistema de ecuaciones que pueden predecir el crecimiento y rendimiento de un bosque en pie en una amplia variedad de condiciones (Vanclay, 1994).

La necesidad de contar con modelos de este tipo radica, desde el punto de vista de la planificación de la producción, que en el manejo y en el aprovechamiento eficiente de cualquier bosque requieren de la toma de decisiones racionales. Tales decisiones solo pueden adoptarse si la respuesta de los bosques a estas operaciones pueden cuantificarse (FAO, 1980; cit. Prodan, 1997). En este contexto, los modelos de crecimiento y de producción son universalmente aceptados como instrumentos de incontrastable utilidad. Decisiones óptimas al respecto de los niveles de entrada más adecuados, ordenamiento en el tiempo, intensidad de intervenciones y otras modificaciones del proceso de manejo, exigen predicciones acertadas de los resultados que son obtenidos en todas las combinaciones relevantes de esos niveles (Moscovich, 2004).

Los modelos permiten explorar a detalle la dinámica de crecimiento de un bosque en particular y en consecuencia soportar sobre una base sólida prescripciones de manejo forestal (Santiago, 2009). Por lo que constituyen una herramienta para la planificación de las actividades de manejo (De la Fuente *et al.*, 1998).

La predicción del rendimiento, es una aplicación importante de los modelos de crecimiento, pero el rendimiento también puede ser estimado por técnicas de simulación. Los modelos de crecimiento facilitan la estimación del rendimiento en rodales homogéneos en varios regímenes de manejo, pero la estimación del estado del bosque, también debe involucrar el espacio y distribución temporal de los rendimientos, por lo que, la estimación del rendimiento puede apoyarse en las técnicas de programación matemática para encontrar la ruta óptima, que maximice el rendimiento sustentable y flujo declinante de la corta (Klepac, 1983).

3.2.1. Tipos de modelos de crecimiento

Los modelos se pueden clasificar atendiendo a distintos criterios. Según el nivel de detalle que proporcionan y de acuerdo a la unidad de modelaje empleada, se clasifican en tres grandes categorías (García, 1988; Vanclay, 1994):

- a) Modelos de rodal completo o de masa;
- b) Modelos de distribución por clases de tamaños y,
- c) Modelos de árboles individuales.

Los modelos de rodal completo o de masa se caracterizan porque la solución de la ecuación o ecuaciones que integran el sistema, proporciona la estimación del volumen por unidad de área. En estos modelos, la unidad básica del modelaje la constituye el rodal y no proporcionan información sobre la distribución del volumen por clases de tamaño. Estos modelos describen el estado del rodal con parámetros de la población tales como la edad, índice de sitio, número de árboles, área basal y volumen por hectárea, para predecir el rendimiento actual o futuro del bosque. En la mayoría de las situaciones, este tipo de modelo probablemente sea el más adecuado para la planificación del manejo de rodales coetáneos y plantaciones forestales.

En los modelos de distribuciones por clases de tamaños, la unidad básica es la clase diamétrica, la cual se modela estimando el número de árboles y volumen por

unidad de superficie para cada categoría. El número de árboles en cada clase se estima mediante el uso de una función matemática que proporcione la frecuencia relativa, y el rendimiento total se obtiene sumando los volúmenes correspondientes a cada una de ellas. Estos modelos proporcionan información relacionada con la estructura del rodal y son considerados como un término medio entre los modelos de totalidad del rodal y los de árboles individuales. Su mayor uso se da para modelar rodales incoetáneos o con mezcla de especies.

Los modelos de árboles individuales constituyen enfoques más detallados que utilizan al árbol individual como unidad básica del modelado. Estos modelos proporcionan información detallada de la estructura y dinámica del rodal, incluyendo la distribución del volumen por clases de tamaño. La mayoría de estos modelos incluyen un índice de competencia para cada árbol; dependiendo de la forma en que dicho índice se calcula, estos modelos pueden ser clasificados en dos tipos:

- i. Dependientes de la distancia, si el cálculo de dicho índice está basado en una medida de la distancia de cada árbol con respecto a los demás dentro de la zona de competencia. Estos modelos pueden ser útiles como herramientas de investigación para estudiar prácticas que afectan las relaciones espaciales en formas que las variables de nivel de rodal no pueden describir satisfactoriamente; por ejemplo, aclareos por hileras u otros diseños sistemáticos, manejo de rodales con mezcla de especies, o podas selectivas intensas. Pueden también dar ideas sobre la dinámica de rodales que podrían contribuir al desarrollo de mejores modelos de rodal.
- ii. Independientes de la distancia, si el índice de competencia está basado únicamente en las características del árbol, sin considerar la competencia con los árboles vecinos. Es común incluir en esta categoría modelos donde el estado es una distribución de tamaños (generalmente

una distribución diamétrica) especificada por una tabla de rodal (histograma) o listas de tamaños, aunque puede discutirse que estas son descripciones a nivel de rodal. Es probable que se necesiten modelos de árboles individuales en las situaciones más complejas: rodales incoetáneos y/o con varias especies, o plantaciones en hileras u otros diseños en agroforestería.

El tipo de modelo más apropiado depende de las circunstancias. La homogeneidad de los rodales y la naturaleza de los tratamientos silviculturales a ser analizados que determinan cuan detallada necesitan ser la descripción del estado. Además, la descripción de estado determina también la cantidad y calidad de los datos de inventario necesarios para hacer proyecciones (García, 1988).

3.2.2. Importancia de los modelos de crecimiento

La determinación de la edad de cosecha y regímenes silvícolas de manejo óptimos son algunas de las decisiones más importantes que enfrentan quienes administran los recursos forestales al planificar el proceso de producción forestal primario. Los modelos de crecimiento y rendimiento forestal son herramientas que facilitan la toma de esas decisiones por al menos tres razones: 1) Permiten predecir rendimientos y consecuentemente optimizar la cosecha del bosque, 2) Permiten evaluar regímenes o tratamientos de manejo alternativos y 3) Pueden usarse como una herramienta para controlar rendimientos. Así, es difícil desarrollar planes de manejo forestal adecuados sin la ayuda de estas herramientas (Valdez y Lynch, 2000).

Con la creciente importancia que la silvicultura de producción conquista en la manufactura de productos forestales, crece también la necesidad de informaciones cuantificadas sobre la disponibilidad de materia prima que puede ser producida por los árboles y por los rodales forestales (naturales o plantados) (Moscovich, 2004). De ahí la ayuda de estas herramientas básicas para el manejo forestal.

Los modelos de crecimiento ofrecen una poderosa herramienta analítica para investigar de manera rápida y eficiente, la respuesta del bosque a los diversos regímenes de gestión. Permiten a los forestales determinar un régimen que debe maximizar la producción de volumen o valor, o maximizar la producción de un producto en particular (Vanclay, 1994).

3.3. Generalidades de *Cedrela odorata* L.

3.3.1. Taxonomía

El Genero *Cedrela* fue establecida por P. Browne en 1956 por arboles encontrados en Jamaica y descrita como *Cedrela odorata* y publicada por Linnaeus en 1759 (Syst. Nat. ed. 10:490 citado por Lamb, 1968). Desde entonces, la especie ha sido descrita con diferentes nombres y se ha dado la misma clasificación a diferentes especies. Es la especie del género *Cedrela* de mayor importancia comercial y de mayor extensión. La aromática madera, conocida como “spanish-cedar” en las esferas comerciales, posee una alta demanda en los trópicos de América debido a que es resistente a las termitas y a la pudrición (Cintron, 1990).

Comúnmente se le conoce como cedro rojo, puede llegar a medir hasta 35 metros de altura y alcanzar un diámetro normal de 1.7 m, en ocasiones forma pequeños contrafuertes poco prominentes, sus ramas son ascendentes y gruesas, su copa es redonda y densa, Los cedros de gran tamaño tienen un fuste recto y claro, a menudo de 15 a 20 m de largo hasta la primera rama y una base con contrafuertes estrechos. La altura máxima es de 30 a 40 m (Francis y Lowe, 2000; Cordero y Boshier, 2003; Pennington y Sarukhán, 2005).

La reproducción natural en selvas densas es muy lenta, mientras que es mucho más rápida en las selvas parcialmente taladas. Los arbolitos en efecto son incapaces de resistir sombra muy densa. La madera es notable por su fragancia. Durabilidad, factibilidad de trabajo, estabilidad, y su gran fuerza en proporción a su peso. Las características de la madera son las siguientes: peso 16 kilos por pie

cúbico (unos 575 kilos por metro cúbico); fuerte en proporción al peso; lustre medio a alto, fácil de trabajar, admite buen pulimiento y es muy durable (Miranda, 1998).

3.3.2. Sinonimos y nombres Comunes

3.3.2.1. Sinonimos

Cedrela mexicana M. Roem, *Cedrela mexicana* Benth.; *Cedrela occidentalis* (L.) O. Kuntze; *Cedrela yucatanana* Blake (Cordero y Boshier, 2003; Penninton y Sarukhán, 2005).

3.3.2.2. Nombres Comunes

Cedro; cedro amargo; cedro colorado; cedro maría; cedro real; cedro rojo; yau c'haj (maya) (Cordero y Boshier, 2003). Cedro (nombre aplicado en toda su area de distribución); chujté (tzeltal, zona lacandona, Chiapas); iete (huasteco); tiocuahuilt (náhuatl) (Penninton y Sarukhán, 2005).

3.3.3. Descripción Botánica

El fuste es cilíndrico, la corteza de color gris claro con grietas profundas, la corteza inferior es de color rosada por fuera y blanca adentro con olor y sabor a ajo (De Rodríguez, 2000; Cordero y Boshier, 2003; Pennington y Sarukhán, 2005).

Las hojas son alternas, paripinnadas, están dispuestas en espiral, de 15 a 50 cm. de largo incluyendo el pecíolo, compuestas por 10 a 22 folíolos opuestos o alternos (De Rodríguez, 2000, Galán *et al*, 2008). Las hojas son alternas, compuestas, paripinnadas, con 5-11 pares de hojuelas, lanceoladas a ovaladas que miden 5-16 cm de largo (Cordero y Boshier, 2003).

Las flores son de color blanco agrupadas en racimos florales o panículas grandes de 30 a 50 cm. (De Rodríguez, 2000). Las flores aparecen cuando las hojas reinician su desarrollo para cubrir al árbol. Las inflorescencias, largas y abundantes contienen numerosas flores pequeñas simétricas de color blanco

grisáceo. Los árboles son monóicos; las flores femeninas y masculinas se encuentran en la misma inflorescencia, aunque las flores femeninas abren primero. El ciclo reproductivo está sincronizado con la estación de crecimiento que se presenta a través de su rango de distribución (FAO, 1997).

Los frutos son cápsulas con dehiscencia longitudinal (se abre en cinco carpelos), éstos se desprenden una vez liberadas las semillas, en estado inmaduro poseen un color verde y al madurar se tornan café oscuro (De Rodríguez, 2000). Por esto deben recolectarse del árbol cuando cambian de color verde a marrón café, justo antes de que se abran. Los frutos muy verdes se pueden secar al sol por 24-35 horas para que se abran, pero sin excederse pues la semilla pierde la viabilidad; también puede hacerse en zarandas a la sombra con buena ventilación (Cordero y Boshier, 2003).

Las semillas son planas, ovoides, y miden 5-6 mm (18-20 mm incluyendo el ala) provista de un ala lateral, oscura, lisa, membranosa, persistente y fácilmente quebradiza. La semilla no debe exponerse al sol. Cada kg contiene 30,000-50,000 semillas. La semilla pierde viabilidad rápidamente, pero puede almacenarse por años a 5°C herméticamente sellados y con bajo contenido de humedad, pudiendo lograrse una germinación del 90% después de 4 años (De Rodríguez, 2000; Cordero y Boshier, 2003).

3.3.4. Necesidades del Cultivo

Requiere de suelos fértiles, profundos, bien drenados y aireados con buena disponibilidad de elementos mayores. Prefiere suelos aluviales de textura franca, que permitan la fluctuación frecuente de la capa freática, no soporta suelos inundados, ni con altos contenidos de aluminio, hierro y zinc (De Rodríguez, 2000). Se desarrolla en suelos como Leptosol Rendzina; Fluvisol (CONAFOR, 2000). Coincide Cordero y Boshier (2003) que requiere suelos profundos, fértiles, bien drenados y aireados, con buena fertilidad, especialmente en fósforo, potasio y calcio.

La temperatura media es de 24.1 °C, mínima de 20.4 °C y máxima de 29.8 °C, una precipitación media de 2,352.1 mm, una mínima de 1,000 y 1,200 mm, una máxima de 3,738 y 3,000mm (CONAFOR, 2000).

La época de fertilización deberá ser de 15 a 30 días después de la plantación y posterior a los aclareos. Las dosis más recomendables varían de 100 a 150 gramos por planta de N-P-K y las formulas más utilizadas han sido las siguientes: 17-17-17, 10-34-6, 10-28-6, 5-30-10, 10-30-10 y 5-30-6 (CONAFOR, 2000).

3.3.5. Distribución Geográfica

Se distribuye desde el norte de México, pasando, Centroamérica e islas de El Caribe, hasta Brasil; ocurre en climas tropicales y subtropicales húmedos y semihúmedos; cubre desde localidades al nivel del mar en varios países hasta cerca de los 3,000 metros sobre el nivel del mar en Bolivia. En Chiapas, México, *Cedrela odorata* L. crece desde el nivel del mar hasta los 1,800 msnm (FAO, 1997; Pennington y Sarukhán, 2005).

3.4. Manejo Forestal

El manejo silvícola, que contendrá: Las actividades de preparación del sitio, las actividades de establecimiento de la plantación con su respectivo calendario, las labores de cultivo en su calendario y el aprovechamiento de la plantación que deberá de contener: procedimiento para la extracción de productos, red de caminos, programa de cortas y medidas para manejar los residuos del aprovechamiento (Cordero y Musálem, 2006). El manejo forestal tiene como principal objetivo, entre otros, el de anticipar y/o acelerar la dinámica de crecimiento natural del bosque, de forma tal que, por medio de tratamientos silviculturales, tales como raleos o aclareos, asociado con podas, concentrar el crecimiento del rodal en los mejores árboles, aumentando sus diámetros (volumen por árbol) y mejorando la calidad de la madera (Sotomayor et al, 2002). Las técnicas apropiadas de producción en vivero originan árboles con unas condiciones básicas de calidad que garantizan una baja mortalidad, buen

desarrollo de los árboles, con mayor grosor, mayor rendimiento y mejor calidad de los productos. Las prácticas son: La poda y el aclareo (Trujillo, 2006).

3.4.1. Podas

La poda se estableció en Gran Bretaña desde hace tres siglos y se definió, en 1664, como la remoción de los árboles de lo que es superfluo, distinguiendo los árboles que están creciendo para madera de lo que se destinan a otros propósitos como producir sombra y combustible, o servir para postes, enfatizando la necesidad de podar tempranamente para evitar grandes heridas en los árboles (Evelyn y Smith, 1966 citado por Musálem, 2006). El objetivo principal de la poda es la formación de nudos muertos, y reducir y concentrar los nudos vivos en una parte específica del árbol y mejorar la calidad de la madera (CONAFOR, 2009). Las podas normalmente son graduales; en árboles pequeños, la primera poda no debe superar el 30-40% de su altura total; en las siguientes hasta 20-30% de la copa viva, para minimizar pérdidas de crecimiento. En el caso de una poda única, hasta 5, 5-6 m, se puede podar hasta un 40-50% de la altura total (Sotomayor et al, 2002). Las podas se realizan con el objeto de evitar los nudos que disminuyen el precio de la madera en el momento de su aprovechamiento (Palomeque *et al.* 2009; Reyes y Palomeque, 2010).

3.4.2. Aclareos

Por aclareo se entiende la operación de derribo de los árboles de un rodal, realizado entre el periodo de establecimiento y el periodo de cortas de regeneración, en el que los árboles extraídos son de la misma especie que los que quedan en pie (Winters, 1977 citado por Musálem, 2006). Sirve para continuar con la distribución y mejoramiento de la población de árboles, iniciadas con los preaclareos (CONAFOR, 2009). Su objetivo es concentrar (aumentar) el crecimiento o producción de madera de los árboles seleccionados o remanentes (Sotomayor et al, 2002). Pueden ser de dos tipos sistemático y selectivo, el primero consiste en la eliminación de árboles de un rodal ya sea a espaciamiento regular o líneas completas a intervalos regulares y

toma en cuenta características individuales de los árboles, el segundo en cambio utiliza la característica individual de los árboles para su aplicación y existen varios métodos (Musálem, 2006).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización Geográfica

La investigación se realizó en la región económica IX Istmo Costa del Estado de Chiapas, en el municipio de Mapastepec, en terreno temporalmente forestal¹; localizado en las coordenadas 92°52'40.34" Longitud Oeste y 15°19'8.417" (Cuadro 1A).

La plantación forestal se encuentra establecida en el Rancho El Edén, municipio de Mapastepec, Chiapas, que consta de seis hectáreas que se establecieron en dos polígonos, el polígono 1 (2 ha) y el polígono 2 (4 ha), con una edad al momento de terminar el trabajo de investigación de 6.07 años. El predio tiene una superficie total de 47-49-60.1 ha.

4.1.1. Clima

El clima en el área se clasifica, según Köppen modificado por García (1981), como Am (w) ig (equivalente a cálido húmedo). Tiene una precipitación media anual de 2,500 mm comprendida en los meses de Junio a Noviembre. La evaporación supera los 1 900 mm durante el año, y presenta una temperatura mínima de 22° C, una media de 28.3° C y una máxima de 34.7° C, además presenta una condición de canícula en verano.

4.1.2. Suelo

Conforme a la descripción señalada en la carta edafológica "Huixtla", clave D15-2 escala 1: 250 000, indica que la zona donde se ubica el predio, las unidades de suelo son Hh+Be+Re/2, que se define como: Feozem aplico como unidad de suelo predominante o principal; Cambisol eutrico, como unidad de suelo secundaria y Regosol eutrico, como unidad de suelo presente.

¹ Las superficies agropecuarias que se dediquen temporalmente al cultivo forestal mediante plantaciones forestales comerciales. La consideración de terreno forestal temporal se mantendrá durante un periodo de tiempo no inferior al turno de la plantación (LGDFS).

4.1.3. Topografía

La zona de estudio que comprende el predio, se localiza dentro de la provincia fisiográfica denominada Región Istmo-Costa. La topografía del terreno es plana, es decir no presenta pendientes. Son terrenos que se dedican a las actividades pecuarias (potreros dedicados a la ganadería extensiva). Presenta características y factores topográficos del área de estudio como: exposición norte con una pendiente promedio de dos por ciento, sur tres por ciento, este dos por ciento y oeste uno por ciento. Presenta una altitud de 21 msnm, con topoforma y relieve plano.

4.1.4. Hidrología

El Predio Particular El Edén se encuentra ubicado en la Región Hidrológica RH-23 Costa Chiapas; en la Cuenca del Río Huixtla; en la Sub-Cuenca del Río Novillero y forma parte de la Unidad de Manejo Forestal Istmo-Costa (0705).

4.1.5. Vegetación

La región donde se ubica el predio, según la carta de uso del suelo y vegetación “Huixtla”, clave D15-2, escala 1: 250 000, editada por INEGI, está cubierta principalmente por vegetación de agricultura de temporal como el cultivo de maíz, cultivos industriales como la caña de azúcar, la palma africana y el mango, y terrenos dedicados a la ganadería extensiva (pastoreo de ganado bovino). Dentro del predio, las áreas destinadas para las plantaciones, se encuentran en áreas de potreros donde actualmente se realiza el pastoreo de ganado bovino.

4.2. Metodología Experimental

4.2.1. Selección de la muestra

Consistió en identificar como unidades de muestreo a parcelas de determinada dimensión y forma; además se realizó la selección sistemática de las parcelas, en las que la evaluación se realizó en los árboles plantados incluidos en cada una de las parcelas seleccionadas. Esta opción se considera como ventajosa por su practicidad y se identifica como el diseño de Muestreo por Conglomerados, en

donde cada parcela es un conglomerado y los árboles son las unidades de muestreo secundarias, el muestreo fue en una sola etapa ya que todos los árboles dentro de una parcela seleccionada fueron evaluados.

4.2.2. Distribución de las parcelas de muestreo

Para hacer una distribución sistemática de las parcelas, se empleó una retícula, a la escala del plano o croquis, donde se ubicó el número de puntos, representando cada uno a una parcela, correspondiendo a una determinada intensidad de muestreo. Las distancias entre líneas de muestreo y entre sitios fueron iguales.

4.2.3. Forma y tamaño de las parcelas

En plantaciones forestales comerciales se ha encontrado una óptima relación entre eficiencia de muestreo y consta cuando la parcela incluye entre 15 y 20 árboles (AkÇa, 1993). Considerando este principio en el Cuadro 1 se muestra el tamaño de parcela utilizado en el experimento, así como los distintos tamaños de parcelas de muestro, según sea la densidad de plantación a evaluar.

Cuadro 1. Tamaño de parcela circular según la densidad de plantación, para muestreos sistemáticos empleados en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Árboles/ha	600 a 750	750 a 1000	1000 a 1400	1400 a 2000
Radio de la parcela (m)	8.92	7.98	6.91	5.64
Área de la parcela (m ²)	250	200	150	100

4.2.4. Precisión, confiabilidad e intensidad de muestreo

Se recomienda emplear una intensidad de muestreo de 0.5 %, cuando se tienen superficies de 50 ha o mayores. Sin embargo, en plantaciones o estratos muy pequeños (1 a 3 ha) el tamaño del error de muestreo es normalmente muy alto, y se requiere entonces de un número mayor de parcelas para obtener estimaciones adecuadamente representativas (Cuadro 2) (Spitler, 1995). Para este estudio la

intensidad de muestreo aplicado fue del 2%, con dos de parcelas por hectárea, y 71 m de distancia entre parcelas y fajas.

Cuadro 2. Intensidad de muestro, número de parcelas por hectárea y distanciamiento entre fajas y transectos, en el muestro sistemático con parcelas circulares.

Tamaño del estrato o plantación (ha).	Intensidad de muestreo (% del área total)	Numero de parcelas por ha.	Distanciamiento entre parcelas y fajas (m)
1.0 a 3.0	2.5	2.5	63
3.1 a 6.0	2.0	2.0	71
6.1 a 10.0	1.5	1.5	82
10.1 a 20.0	1.0	1.0	100
20.1 a 50.0	0.75	0.75	115
>50.0	0.5	0.5	140

En el cuadro anterior es notorio que entre más pequeña es la plantación aumenta la Intensidad de muestro y disminuye la distancia entre líneas y transectos, por lo cual aumentara el numero de parcelas por hectárea. La distancia entre parcelas y fajas se obtiene en base a la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{A}{P}}$$

Donde:

D: La distancia entre parcelas y fajas.

A: El área de la plantación en metros cuadrados.

P: Numero de parcelas a muestrear de acuerdo a la intensidad de muestreo.

Numero de parcelas se obtiene: (área en metros cuadrados/Tamaño de la parcela) Intensidad de muestreo. De acuerdo con los anterior las dimensiones de las parcelas para este experimento es de 150 m² y un radio de 6.91 m.

4.3. Metodología

La plantación de Cedro rojo se estableció en el mes de Junio de 2005, con un espaciamiento de 3 m entre planta y 3 m entre surco (en el marco de plantación tres bolillo) y a partir de ello se dimensionaron parcelas circulares de 6.91 m de radio (150 m²), con una intensidad de muestreo del 2%, dos parcelas por hectárea con una distancia entre parcela y fajas de 71 m (CONAFOR, 2008). Esta metodología considera aspectos cualitativos para conocer las condiciones de sobrevivencia, vigor y sanidad de la plantación y cuantitativas mediante la medición de las variables dasométricas: diámetro normal y altura. La plantación se encuentra establecida en un marco de plantación denominado tres bolillo (3 x 3m) (1,283 árboles.ha⁻¹). A partir de evaluar el crecimiento se ajustaron modelos de crecimiento considerando las variables dasométricas, así como el volumen por sitio, por hectárea y el área basal.

4.4. Variables Evaluadas

4.4.1. Diámetro normal

Se midió el diámetro normal (cm) de la base del árbol hasta 1.30 m. El instrumento que se utilizó fue una cinta diamétrica graduada en unidades de pi (π).

4.4.2. Altura total

Se midió la altura (m) mediante con un altímetro tipo “haga”, desde la base del árbol hasta el ápice.

4.4.3. Volumen total por sitio

Se calculó el volumen total (m³ VTA²) por sitio. Se utilizó el modelo de Tablas de Volúmenes del Inventario Forestal Nacional del Estado de Chiapas 1976, Zona 1, Selva Lacandona y Llanuras del Norte (selva de clima caldo-húmedo) la cual es la siguiente:

$$\text{Vol} = \text{Exp}[-9.88038392 + 1.97088088 \text{ Log (DN)} + 1.00098368 \text{ Log (HT)}]$$

Dónde: Vol. = volumen

² Se refiere al volumen de madera y corteza del árbol, incluyendo fuste, puntas y ramas (NOM-152-2006-SEMARNAT).

DN = diámetro normal
HT = altura total
Log = logaritmo natural

4.4.4. Área basal

Se estimó a partir del diámetro normal. El Área Basal del árbol se expresa en m², esta se obtuvo a partir de la fórmula para el área de un círculo o de un corte transversal del árbol (Diéguez *et al*, 2003), expresada como:

$$A = \pi * r^2 = \frac{\pi(d)^2}{4} = 0.7854(d)^2$$

Donde:

A= Área Basal (m²)
 π = 3.1416
r²= Radio al cuadrado
0.7854= Resultante de la división de $\pi/4$
d= DN.

De acuerdo con la LGDFS la suma de las secciones transversales de los árboles en una superficie determinada, medida a partir del diámetro del tronco a una altura de 1.30 metros sobre el suelo, expresada en metros cuadrados por hectárea.

4.4.5. Rendimiento volumétrico

Se determinó el volumen por hectárea, así como el rendimiento total de la superficie plantada en el Predio mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen.ha}^{-1} = \text{VTA}_p * \text{NPAS} * \text{NSH}$$

Donde:

VTA: Volumen total árbol promedio (m³).
NPAS: Numero promedio de árboles por sitio.
NSH: Numero de sitios por hectárea.

4.4.6. Incremento medio anual

Es el cociente entre la producción total a una determinada edad y esa edad, es decir, el resultado de dividir el tamaño alcanzado hasta un determinado momento en el tiempo por la edad correspondiente (Diéguez *et al*, 2003), así como el crecimiento que experimenta el árbol o bosque a través de los años y resulta de dividir la existencias reales entre la edad del mismo y se calculó con la siguiente fórmula:

$$i_m = \frac{\sum_{t=1}^k i_t}{k} = \frac{i_1 + i_2 + \dots + i_k}{k}$$

4.4.7. Incremento corriente anual

Se define como el crecimiento periódico medio, es decir, la suma de los crecimientos anuales en un determinado período de n años dividido por la duración de ese mismo periodo (Diéguez *et al*, 2003), así como el crecimiento que experimenta cada año el árbol o bosque, se calcula para un periodo que coincide con el tiempo de paso y se utilizó la siguiente fórmula:

$$i_c = \frac{\sum_j^{j+n-1} i_t}{n} = \frac{i_j + i_{j+1} + \dots + i_{j+n-1}}{n}$$

4.4.8. Modelos de crecimiento

Para la simulación del crecimiento de la especie en estudio se compararon las ecuaciones más utilizadas para tal fin. Modelos utilizados para predecir el crecimiento de la especie en plantaciones.

Cuadro 3. Modelos de crecimiento utilizados en la en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Modelo	Ecuación
Von Bertalanffy	$y = a(1 - e^{-bt})^3$
Chapman-Richards	$y = a(1 - e^{-bt})^c$
Monomolecular	$y = a(1 - ce^{-bt})$
Logístico	$y = a/(1 + ce^{-bt})$
Gompertz	$y = ae^{-be^{-ct}}$
Schumacher	$y = ae^{-b^{-c}(1/t)}$
Weibull	$y = a(1 - e^{-bt^c})$
Levakovic I	$y = a(t^d / (b + t^d))^c$
Levakovic III	$y = a(t^2 / (b + t^2))^c$
Korf	$y = ae^{-bt^{-c}}$
Sloboda	$Y = ae^{-bc^{ct^d}}$
Hossfeld IV	$y = t^c / (b + t^c / a)$
Yoshida I	$y = at^d / (b + t^d) + c$

Dónde: y = variable de estudio; a , b , c , d = parámetros de regresión; t = edad; e = base logaritmos naturales. (Zeide, 1993; Vanclay, 1995; Zamudio y Ayerde, 1997; García et al., 1998, citado por Quintero et al, 2005).

4.4.9. Evaluación de la sobrevivencia

La evaluación de la sobrevivencia permite obtener una medida cuantitativa del éxito de la plantación bajo la influencia de los factores del sitio. El valor que se desea conocer es la proporción de árboles que están vivos respecto a los árboles plantados. En caso de que existan fracciones de terreno separadas, cada predio o rodal fue evaluada como unidad por sí misma. Los predios o rodales se evaluarán sin disgregar áreas que tengan buena o mala sobrevivencia. Para lo cual se estimó con las siguientes ecuaciones apropiadas (Scheaffer, et al, 1987):

Estimador de proporción de (p);

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

Varianza estimada de p:

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

Límite para el error de estimación (LIM):

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

Número promedio de árboles plantados por parcela en la muestra (m):

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

Notación empleada:

p: Proporción estimada de árboles vivos.

q: Proporción estimada de árboles muertos, (1-p)

ai: Número de árboles vivos en la parcela i.

N: Número total de parcelas, que al ser de forma circular, será igual a 10,000; por lo expuesto antes, se aceptará ese número (10 000).

n: Número total de parcelas que se evalúan, tamaño de la muestra.

mi: Número de árboles plantados en la parcela i.

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 o p' o p''.

4.4.10. Evaluación del estado sanitario de la plantación

Consistió en conocer la proporción de árboles sanos respecto de los árboles vivos de la Plantación Forestal Comercial de Cedro rojo. Se consideró como un individuo sano cuando no presentó daños por plagas o síntomas de enfermedades en cualquiera de sus estructuras.

Estimador de proporción de (p); Varianza estimada de p:

$$p = \frac{\sum_{j=1}^n a_j}{\sum_{j=1}^n m_j} \qquad v(p) = \left(\frac{N-n}{Nna^{-2}} \right) \left[\frac{\sum_{j=1}^n (a'_j - p' a_j)^2}{n-1} \right]$$

Límite para el error de estimación (LIM):

$$\text{LIM} = 2\sqrt{v(p')} = 2\sqrt{\left(\frac{N-n}{Nnm^{-1}} \right) \left[\frac{\sum_{j=1}^n (a'_j - p' a_j)^2}{n-1} \right]}$$

Número promedio de árboles vivos por parcela en la muestra (\bar{a}):

$$\bar{a} = \frac{\sum_{j=1}^n a_j}{n}$$

Donde además a'i es el número de árboles sanos en la parcela i y ai, como antes, es el número de árboles vivos en la parcela i.

4.4.11. Evaluación del vigor de la plantación

El vigor de la plantación en su conjunto se describe como la proporción de individuos vigorosos del total de los árboles vivos por unidad de espacio y tiempo. Aunque la evaluación es cualitativa, en cuanto a que un árbol es vigoroso o no lo

es, se midió la altura total de la planta y el diámetro, con la finalidad de que en un futuro se puedan proporcionar recomendaciones de la relación diámetro/altura total para decidir sobre el vigor de un árbol para una especie determinada. Una vez que se ha determinado si un árbol es vigoroso o no, la evaluación sigue un curso similar al expuesto para el caso de la sobrevivencia o de sanidad.

Estimador de proporción del vigor (p'');

$$p'' = \frac{\sum_{j=1}^n a''_i}{\sum_{j=1}^n m_i}$$

Varianza estimada de p :

$$v(p'') = \left(\frac{N-n}{Nna^{-2}} \right) \left[\frac{\sum_{j=1}^n (a''_i - p'' a_i)^2}{n-1} \right]$$

Límite para el error de estimación (LIM):

$$LIM = 2\sqrt{v(p'')} = 2\sqrt{\left(\frac{N-n}{Nnm^{-1}} \right) \left[\frac{\sum_{j=1}^n (a''_i - p'' a_i)^2}{n-1} \right]}$$

Número promedio de árboles vivos por parcela en la muestra (\bar{a}):

$$\bar{a} = \sum_{j=1}^n a_i$$

Donde además a_i es el número de árboles vigorosos en la parcela i y a_i , como antes, es el número de árboles vivos en la parcela i .

4.5. Registro de Datos y Análisis de la Información

La información recabada en campo fue procesada en la hoja de cálculo de Excel, de Microsoft Office® 2007, así como la utilización de tablas dinámicas que facilitan el manejo de amplios datos de campo. Para los modelos de crecimiento se utilizó el Programa STATISTICA 7.0 de StatsSoft. Inc. 2004, mediante la función Nonlinear Models, Nonlinear Estimation. Los sitios de muestreo fueron calculados mediante el programa ArcGis 9.3 de ESRI, así como la elaboración de los planos de ubicación de la Plantación Forestal Comercial.

La información de las evaluaciones de los árboles incluidos en los sitios de muestreo, fueron la base para estimar el porcentaje de sobrevivencia, sanidad y vigor de la plantación.

Los datos que se obtuvieron en campo son los siguientes:

Número de Sitio. Se registró el número del sitio de muestreo.

Número de parcela. Se registró el número de parcela.

Número de árbol. Se registró el número consecutivo del árbol.

Especie. Se registró el nombre común de la especie plantada.

Vivo o muerto. Se registró (1) para árbol vivo o (0) para árbol muerto.

Diámetro normal. Se midió el diámetro a la altura del pecho y se anotó en centímetros.

Altura total. Se registró la altura total de la planta en metros, desde el cuello de la planta hasta la yema apical.

Vigor. Se registró el estado de vigor de la planta. Se anotó (1) para árbol vigoroso ó (0) para árbol con vigor regular o malo.

Estado sanitario. Se registró el estado que guarda la planta al momento de la evaluación (sano, plagado, enfermo, plagado y enfermo). Se registró (1) para árbol sano ó (0) para plagado y/o enfermo.

Agente causal. Se registró el nombre técnico del insecto, patógeno o parásito o la mezcla de ellos, y el agente causante del daño (Cuadro 5).

Cuadro 4. Clave de plagas y/o enfermedades en la en la en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Clave	Agente Causal	Clave	Agente Causal
01	Ausencia del agente	02	Defoliadores
03	Pudrición de raíz	04	Bacteriosis o virosis
05	Barrenadores de brotes y yemas	06	Barrenador de meliáceas
07	Fungosis en tallos y ramas	08	Fungosis en la base
09	Descortezadores	10	Muérdago
11	<i>Hypsipylla grandella</i>		

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos y derivado de la memoria de cálculo en la evaluación dasométrica de la plantación de Cedro rojo en Mapastepec, Chiapas, a continuación se describen cada una de las variables evaluadas de acuerdo al análisis de los resultados encontrados, toda vez que se han concluido.

5.1. Diámetro Normal

En el Cuadro 2A, se pueden observar los resultados de las mediciones realizadas en las cuatro evaluaciones, donde la primera a la edad de 3.01 años y la última a la edad de 6.07 años se determinó el diámetro normal promedio de 12.74 cm. Al graficar los resultados obtenidos (Figura 1), se puede observar el crecimiento de los árboles a través de los años en la que se realizó la evaluación. Los diámetros encontrados en éste estudio se encuentran por arriba de los datos encontrados por Frank, (1960) (citado por Cintron, 1990) en los datos de crecimiento de plantaciones forestales en México, Indias Occidentales y Centro y Sur América donde reporta crecimientos de 8 cm de diámetro normal, 6 m de altura, a un espaciamiento de 3 metros, a una precipitación de 1100 mm, tipo de suelo Piedra caliza, arcillo-arenosa y a la edad de 8 años.

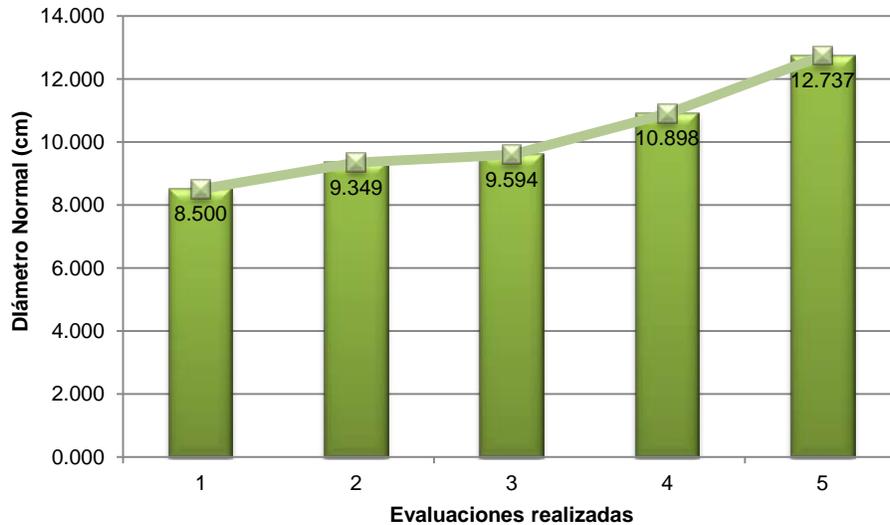


Figura 1. Crecimiento en diámetro normal en las diferentes edades en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

5.2. Altura Total

En el Cuadro 2A, se muestran los resultados obtenidos en las evaluaciones correspondientes, donde se determinó la altura promedio de la plantación forestal comercial de cedro rojo en el municipio de Mapastepec, Chiapas, en sus cinco evaluaciones en que el valor que se obtuvo fue de 8.49 m de altura a la edad de 6.07 años. En la Figura 2, se puede observar que las mediciones se encuentran por arriba de los datos registrados en altura pero con menor edad por Ramirez (2005), en que a los tres años de establecida la plantación forestal comercial obtuvo 6.3 m de altura promedio, utilizando la misma metodología.

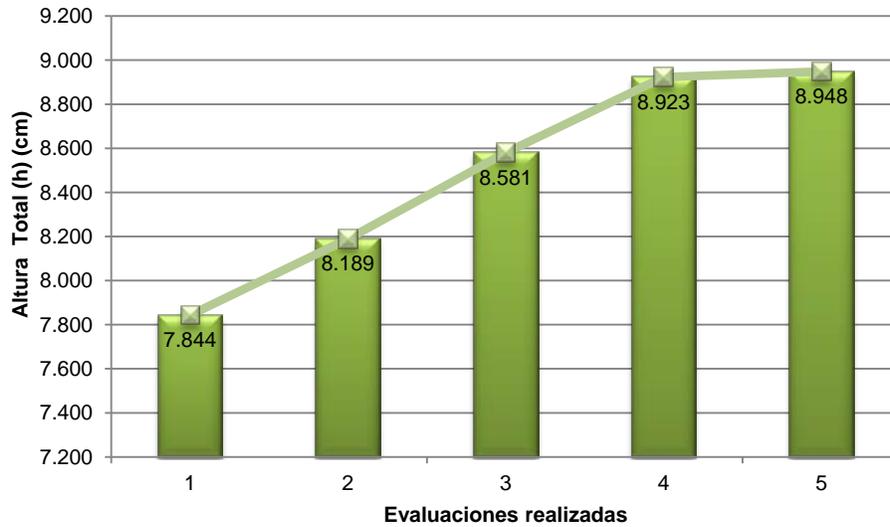


Figura 2. Crecimiento en altura en las diferentes edades en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

5.3. Volumen total por árbol.

En el Cuadro 3A, se muestra el volumen promedio de sitios de cada evaluación realizada a la plantación forestal comercial de Cedro rojo.

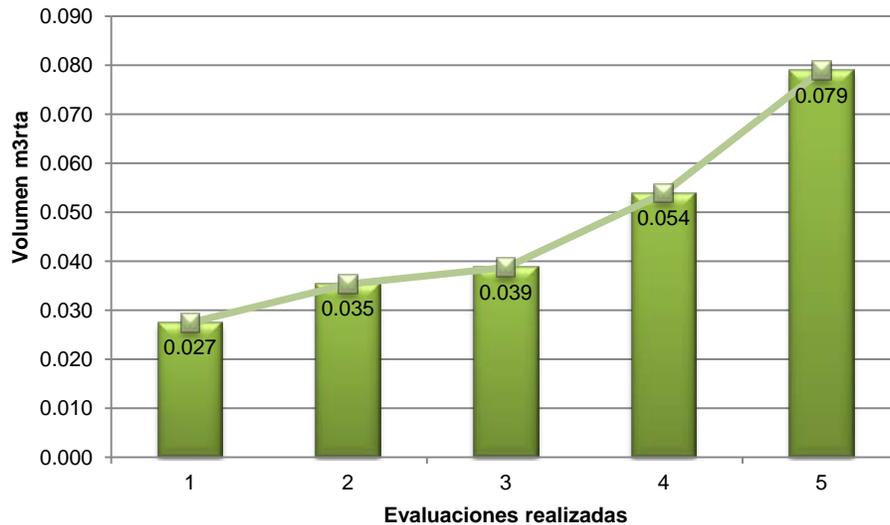


Figura 3. Volumen total por árbol promedio (m³) en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Se observa en la Figura 3, se puede observar cada uno de los sitios muestreados con su respectivo volumen (m^3) de la última evaluación a los 4.06 años de edad.

El numero de arboles promedio fue de 16 árboles por sitio (Figura 4).

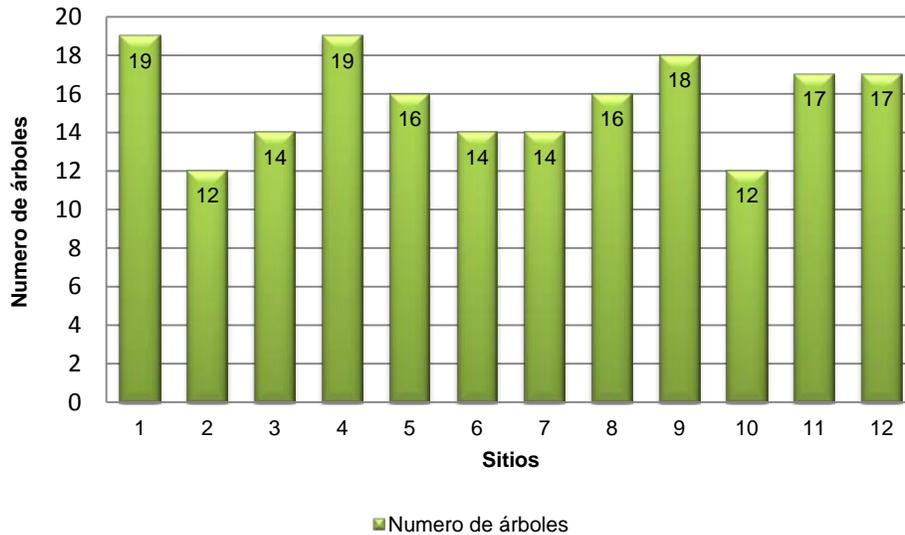


Figura 4. Número de árboles por sitio correspondientes a la quinta y última medición en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

5.4. Área basal

En el Cuadro 4A, se pueden observar los incrementos en área basal (m^2) promedio por árbol, por sitio, por hectárea y el total en las áreas plantadas de las cuatro evaluaciones realizadas en este estudio. Se observa que a la edad de 3.01 años se encontró un valor de $7.32 m^2 \cdot ha^{-1}$ y a la edad de 4.06 años de $17.41 m^2 \cdot ha^{-1}$ para esta variable (Figura 5). Ramírez *et al.* (2008) reporta $2.2426 m^2$ en área basal a la edad de 3 años, lo que nos dice que la plantación en estudio presenta valores altos en comparación con el citado.

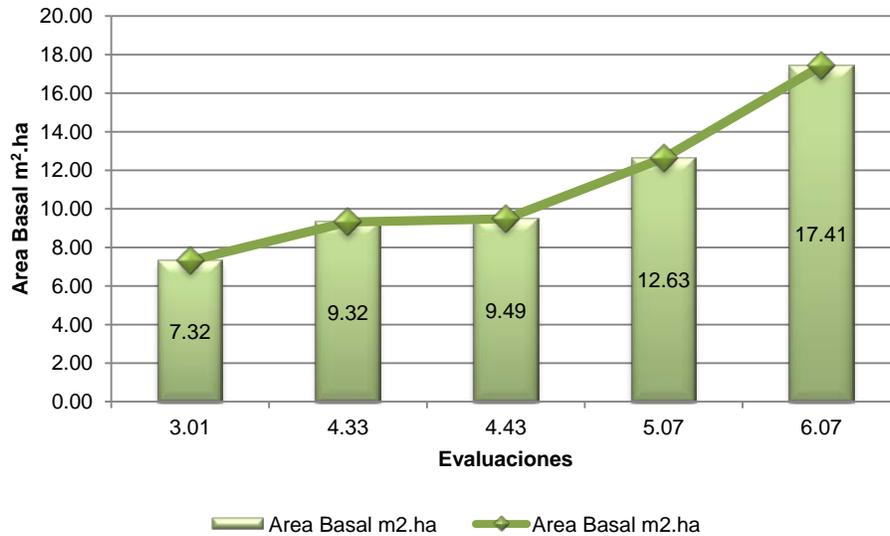


Figura 5. Área Basal por hectárea (m²) en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

5.5. Rendimiento Volumétrico

En el Cuadro 2A, se muestran los resultados de las evaluaciones correspondientes para este estudio, en donde para la edad de 3.01 años se encontró un rendimiento volumétrico de 29.42 m³ RTA y para la edad de 6.07 años un valor de 82.39 m³ RTA, resultando que en un lapso de 3.06 años se encontró una diferencia de 52.98 m³ RTA por ha⁻¹. En la Figura 6 se observa el rendimiento volumétrico en las cinco evaluaciones realizadas a la plantación. Estos resultados encontrados no se pudieron comparar con las demás evaluaciones de cedro rojo, debido a que ésta variable no es evaluada por los investigadores, por lo cual se sugiere que para evaluaciones posteriores en plantaciones forestales, se evalué ésta variable, debido a que es un parámetro importante en el crecimiento.

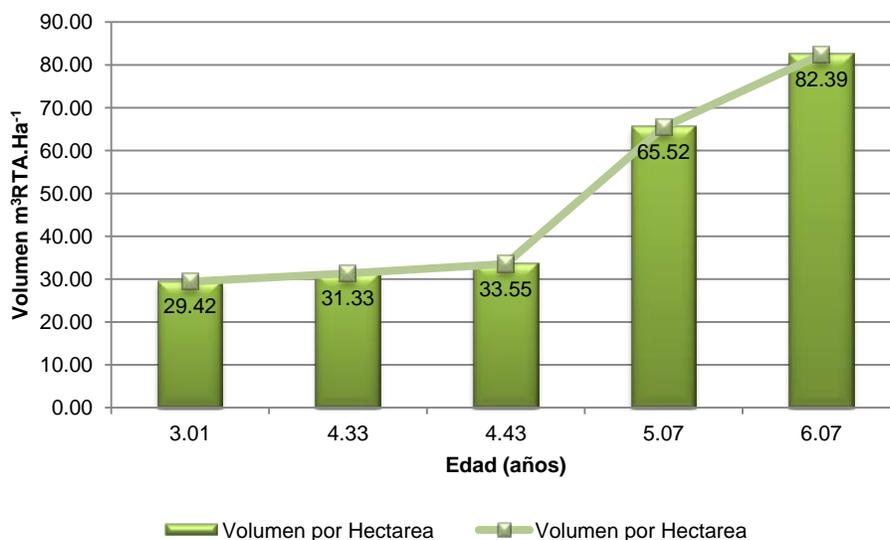


Figura 6. Rendimiento volumétrico por hectárea (m^3) en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

5.6. Incremento Medio Anual

En el Cuadro 8A. Se muestran los resultados obtenidos del incremento medio anual el cual para el diámetro normal corresponde un valor de 2.284 cm, para la altura total el valor de 1.932 m, también para el area basal un valor de 2.4160 $m^2 \cdot ha^{-1}$ y para el volumen un valor de 10.213 $m^3 \cdot ha^{-1}$.

5.7. Incremento Corriente Anual

En el Cuadro 8A. se dan a conocer los resultados obtenidos en incremento corriente anual, para el diámetro normal el incremento corresponde a 1.603 cm, para la altura total el valor de 1.295 m, así como para el área basal corresponde a 0.002 $m^2 \cdot ha^{-1}$ y para el volumen 20.805 $m^3 \cdot ha^{-1}$.

5.8. Modelos de Crecimiento

Para el crecimiento en altura total (h) el modelo Logarítmico fue el que presentó mayor Coeficiente de Determinación (R^2) superior al de Schumacher e inferior en Cuadrado Medio del Error (CME) (Cuadro 6) (Figura 7).

Cuadro 5. Comparativo de los Modelos que se ajustaron para el Crecimiento en Altura total en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Modelo	CME	Valor de F	R^2
Logarítmica	1271.856	8693.747	.88227898
Schumacher	847.6028	4643.682	.85600968

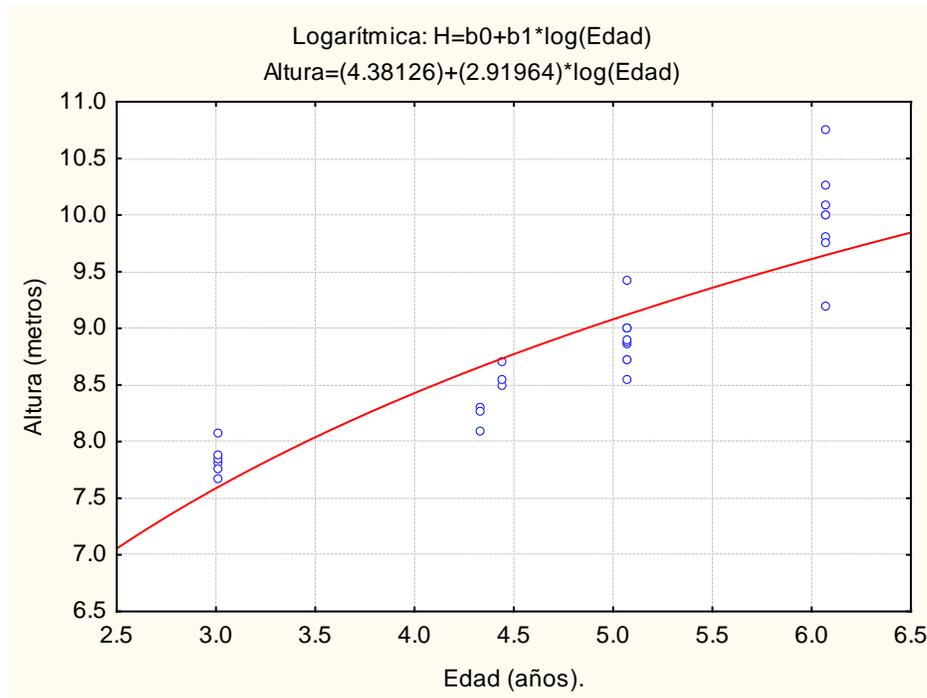


Figura 7. Curva de Crecimiento en altura, ajustada por el modelo logarítmico en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Para el crecimiento en Diámetro Normal el modelo ajustado fue el Logarítmico, el cual presenta ligeramente mayor R^2 al Modelo de Schumacher y menor CME (Cuadro 7) (Figura 8).

Cuadro 6. Comparativo de los Modelos que se ajustaron para el Crecimiento el Diámetro Normal en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Modelo	CME	Valor de F	R^2
Logarítmica	1951.247	1305.744	.81777979
Schumacher	1299.849	789.0101	.80436511

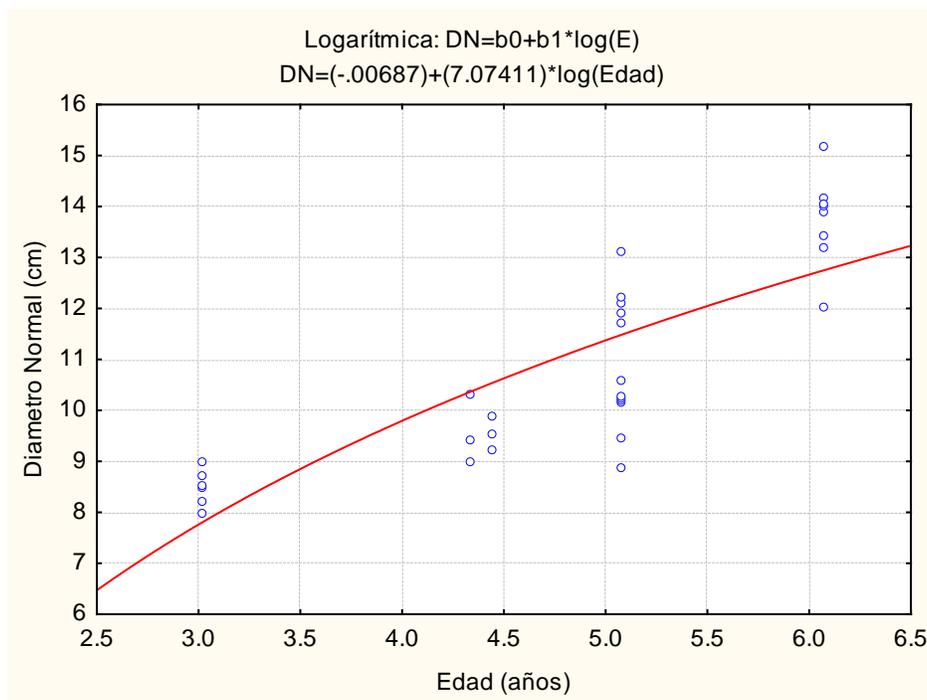


Figura 8. Curva de crecimiento en Diámetro Normal, ajustada por el Modelo Logarítmico en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Para el crecimiento en Área Basal los modelos que se ajustaron fueron el de Fresse, Schumacher, Logarítmica y Gompertz. Considerando los parámetros de selección como son Coeficiente de Determinación (R^2), Valor de F y Cuadrado Medio del Error (CME), se selecciono el Modelo de Fresse el cual presento un mayor ajuste de los parámetros mencionados, un R^2 con 0.90, CME de 0.001, y valor de F de 402.01, (Cuadro 8 y Figura 9).

Cuadro 7. Comparativo de los Modelos que se ajustaron para el Crecimiento en Área Basal en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Modelo	CME	Valor de F	R^2
Fresse	0.001204	402.0185	.905295710
Schumacher	0.001185	235.4281	.83481488
Logarítmica	0.001765	310.6695	.80377602
Gompertz	0.001175	193.1640	.796091530

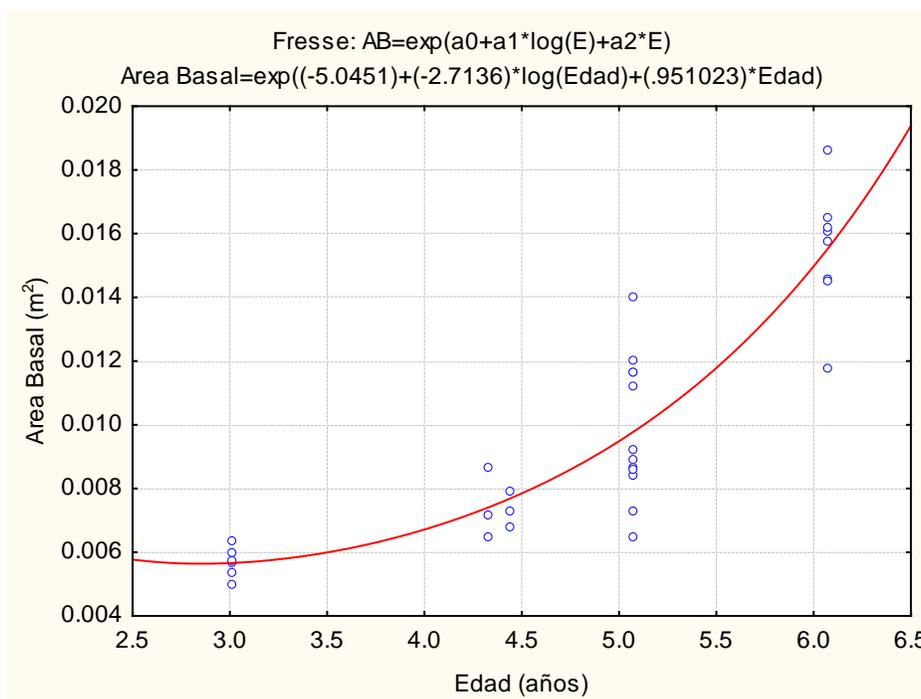


Figura 9. Curva de crecimiento en Área Basal, ajustada por el modelo de Fresse en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

En la grafica anterior se puede observar el incremento en área basal, en el cual el modelo de Fresse explica un 90% de la relación que existe entre el área basal y la edad, lo que demuestra que a mayor edad se incrementa el área basal, siempre y cuando se realicen actividades silvícolas como el aclareo, fertilización y control de plagas y enfermedades.

Para el crecimiento en volumen los modelos que presentaron mayor ajuste fueron los de Fresse, Schumacher, Logarítmica y Gompertz, los cuales considerando los parámetros de selección del mejor modelo ajustado para la especie de acuerdo al volumen fue el de Fresse por presentar mayor R^2 de 0.92%, CME con 0.040 y mayor valor de F de 345.17 (Cuadro 9 y Figura 10).

Cuadro 8. Comparativo de los modelos que se ajustaron para el crecimiento en Volumen en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Modelo	CME	Valor de F	R²
Fresse	0.040722	345.1769	.92371509
Schumacher	0.039925	199.2502	.86645574
Logarítmica	0.058617	210.5157	.80105803
Gompertz	0.038493	110.4350	.75261013

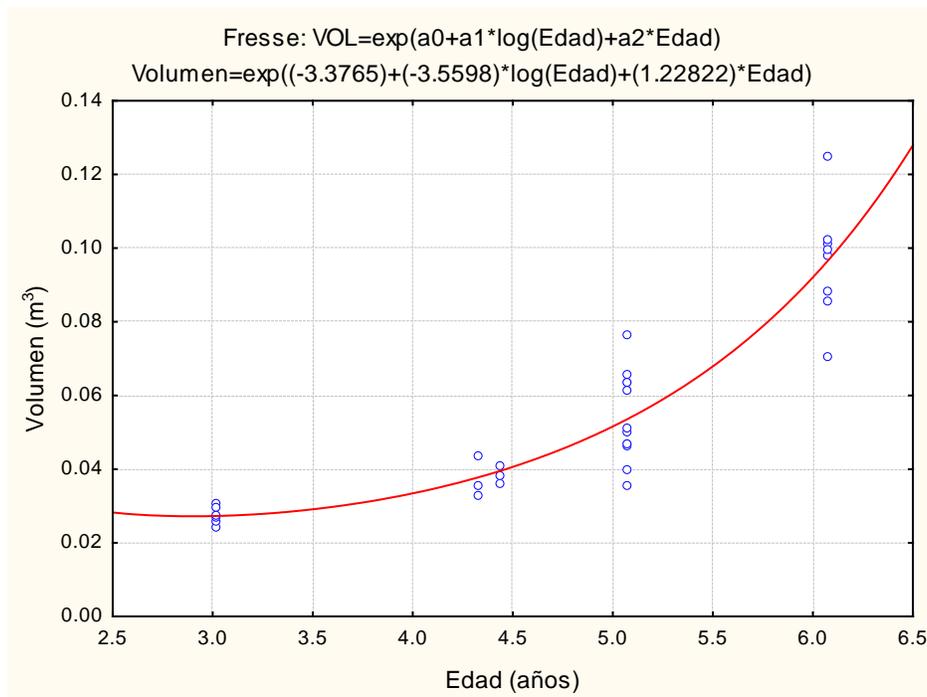


Figura 10. Curva de crecimiento en Volumen, ajustada por el modelo de Fresse en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

En la Figura 10, se puede observar el incremento en volumen en el cual el modelo de Fresse, donde con un 92% de la relación que existe entre el volumen y la edad, lo que explica que a mayor edad se incrementa el volumen, por supuesto tomando en cuenta el manejo silvícola que se le proporcione en los próximos años.

Actualmente a la plantación no se le ha realizado aclareos, lo que genera una mayor competencia entre los árboles por luz, nutrientes y espacio, por lo que se recomienda la realización de un aclareo lo más pronto posible para permitir un mejor crecimiento en diámetro, volumen y área basal a los árboles remanentes y así lograr un mayor ajuste del modelo de Fresse y Schumacher.

En la Figura 1A, podemos observar el crecimiento inicial de la plantación de cedro rojo en el Municipio de Mapastepec, Chiapas.

5.9. Evaluación de la sobrevivencia

Para la evaluación de esta variable, se tomó como referencia la última evaluación realizada a la plantación forestal comercial de Cedro rojo, La sobrevivencia se estimó con un 95.43% (Cuadro 5A).

5.10. Evaluación del estado sanitario de la plantación

Esta variable, se tomó como referencia la última evaluación realizada a la plantación forestal comercial de Cedro rojo, en la que el estado sanitario de la plantación presenta un 99.47% (Cuadro 6A).

5.11. Evaluación del vigor de la plantación

Para la evaluación de esta variable, se tomó como referencia la última evaluación realizada a la plantación forestal comercial de Cedro rojo, en la que el vigor de la plantación se estimó en un 93.62% (Cuadro 7A).

7. BIBLIOGRAFÍA

Arteaga M. B. 2003. Evaluación dasométrica de una plantación de *Pinus spp.*, en Perote, Veracruz, México. Foresta Veracruzana. Vol. 5 (1): 27-32 Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Cabrera G. C. 2003. Plantaciones forestales: oportunidades para el desarrollo sostenible. Serie de documentos técnico No. 6. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 20 p.

Capó A. M. A. 2002. Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Forestal. México. 207 p.

Cintrón, Bárbara B. 1990. *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, Spanish cedar. En: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., eds. Silvics of North America: 2. Hardwoods. Agric. Handb. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 250-257.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2000. Ficha técnica de *Cedrela odorata* L. México. 6 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2008. Manual para la verificación de la propuesta técnica forestal y ambiental de los beneficiarios de plantaciones (aspectos técnicos). Coordinación general de producción y productividad. Gerencia de desarrollo de plantaciones forestales comerciales. Zapopán, Jalisco. 26 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Aclareos y Podas. Mexico. 23 p.

Cordero J y Boshier DH. 2003. Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute (OFI, Oxford University, Oxford, UK) and Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, Turrialba, Costa Rica). 1076 p.

Cordero P. P. y Musalem S. M. 2006. Normatividad de las Plantaciones Forestales en México. *In* Silvicultura de Plantaciones Forestales. Primera Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 314 p.

De la Fuente E. A., Velásquez M. A., Torres R. J. M., Ramírez M. H., Rodríguez F. C., Trinidad S. A. 1998. Predicción del crecimiento y rendimiento de *Pinus rudis* Endl en pueblos mancomunados, Ixtlán, Oaxaca. Ciencia Forestal en México. Vol. 23. Num. 84. Pp. 3 – 8.

De Rodríguez D. 2000. Estudio Técnico – Económico para la especie Cedro (*Cedrela odorata* L.). Ministerio de Agricultura y Ganadería Dirección General de Recursos Naturales Renovables Servicio Forestal y de Fauna. 34 p.

Diéguez A. U., Barrio A. M., Castedo D. F., Ruíz G. A. D., Álvarez G. J. G., Rojo A. A. 2003. Dendrometría. Ediciones Mundi – prensa. España. 327 p.

Espino A. A. 2009. Recuperación forestal en la Sierra Negra del Estado de Puebla. FORESTAL XXI. Vol. 12 (3):33-34.

Espinosa B. M., Muñoz S. F. 2000. Silvicultura aplicada I. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Silvicultura. Concepción. 129 p.

Evans J. 1997. Sostenibilidad de la producción de la madera en las plantaciones forestales. XI Congreso Forestal Mundial 13 a 22 de Octubre, Antalya, Turquía.

Francis, J. K.; Lowe, C. A., eds. Trabanino, S, traductor. 2000. Bioecología de arbóreas nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Gen. Tech. Rep. IITF-15. Río Piedras, Puerto Rico: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. 582 p.

Galán L. R., De los Santos P. H. M., Valdez H. J. I. 2008. Crecimiento y rendimiento de *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Madera y Bosques 14(2) 65 – 82.

García C. X., Ramírez M. H., Rodríguez F. C., Jasso M J., Ortiz S. C. A. 1998. Índice de sitio para caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Quintana Roo, México. Ciencia Forestal en México 23(84):9-18.

García O. 1995. Apuntes de mensura forestal I Estática. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Chile. 65 p.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. México.

García, O. 1988. Growth modelling--a (re)view. New Zealand of Forestry 33(3): 14–17.

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (GEUM) - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) – Comisión Nacional Forestal (CANAFOR). 2001. Programa Nacional Forestal 2001 – 2006. México. 163 p.

González A., Sánchez R., San Martín E. 1995. Fundamentos científicos de agroecología Mexicana (La agroecología como alternativa para el desarrollo rural sostenible). Unión de ejidos Profesor Otilio Montaña por la conservación de la Tierra, la naturaleza y la cultura. Primera edición. México, D. F. 314 p.

Grijpma P. et al. 2003. Producción forestal. Manual para educación agropecuaria. Segunda edición. México 1990. Editorial Trillas. 134 p.

Jiménez Q. 1999. *Cedrela odorata* L. (Cedro, cedro amargo). Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica.

Klepac D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 p.

Lamb A.F.A. 1968. *Cedrela odorata*. Fast growing timber trees of the lowland tropics. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. 46 p.

Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento. Última reforma publicada DOF 24-11-2008.

Manzanilla H. 1985. Breve análisis sobre el manejo de bosques y las necesidades de desarrollo tecnológico en México. Ciencia forestal. No. 58, vol. 10 nov. – dic. P 17 – 35.

Miranda F. 1998. La Vegetación de Chiapas. 3ª. Edición. Gobierno del Estado de Chiapas. México. 596 pp.

Monreal R. S. B. 2005. Las plantaciones forestales comerciales, una alternativa real para el campo Mexicano. VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 26 – 28 de octubre. Chihuahua, Chihuahua, México. 8 p.

Moscovich F. A. 2004. Modelos de crecimiento y producción forestal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Montecarlo. 42 p.

Muñoz T. S. Y. 2003. Embriogénesis somática en Cedro (*Cedrela odorata* Linnaeus) a partir de Cotiledones. Tesis de licenciatura para obtener el título de Bióloga. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Musalem L. F. J. 2010. Silvicultura cercana a la naturaleza. FORESTAL XXI. Vol. 13 (1): 3.

Musálem S. M. A. 2006. Los Aclareos en Plantaciones Forestales Industriales. **In** Silvicultura de Plantaciones Forestales. Primera Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 314 p.

Musálem S. M. A. 2006. Silvicultura de Plantaciones Forestales. Primera Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 314 p.

Musálem S. M. A., Fierros A. M., Bermudes J. D., Martinez R. R., Rojo G. E. 2006. Necesidad de las Plantaciones Forestales. **In** Silvicultura de Plantaciones Forestales. Primera Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 314 p.

NOM-152-SEMARNAT-2006. Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas. DOF 17 de octubre de 2008.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1997. Recursos Genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los Neotrópicos: Propuestas para Acciones Coordinadas. Roma, Italia.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2007. Situación de los bosques del mundo. Roma. 143 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2008. Bosques y Energía. Cuestiones clave. Roma. 86 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2006. Ordenación responsable de los bosques plantados: Directrices voluntarias. Documento de Trabajo sobre los bosques y árboles plantados No. 37/S. Roma. 92 p.

Palomeque F. E., J. Reyes, R. y D. J. Pimienta de la T. 2009. Resultados preliminares de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas, México. IX Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca, México.

Patiño E. A. 2005. Curso de plantaciones forestales comerciales. CONAFOR. Catalogo de cursos de capacitación de temas forestales. Dolores, Hidalgo, Guanajuato.

Pennington, T. D.; Sarukhán J. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3ª Edición. México. 523 p.

Prodan, M., Peters, R., Cox, F., Real, P. 1997: Mensura Forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) / Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, San José, Costa Rica: 586 p.

Quintero C. H.; Flores L. C.; Cornejo O. E. H.; Valdés H. J. I., Morales H. J. 2005. Crecimiento de *Cedrela odorata* L. en plantaciones en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. 6 p.

Ramirez G. C., Vera C. G., Carrillo A. F., Magaña T. O. S. 2008. El Cedro rojo (*Cedrela odorata* L) como alternativa de reconversión en terrenos abandonados por la agricultura comercial en el Sur de Tamaulipas. Agricultura Tecnica de

Mexico. Abril-Junio. Año/volumen 34. numero 002 INIFAP. Texcoco, Mexico. Pp. 243-250.

Ramirez G. C. 2005. Evaluación del crecimiento de una plantación comercial de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) manejada intensivamente en el Sur de Tamaulipas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Mexico.

Reyes R. J. y E. Palomeque F. 2010. Manejo de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas. SEMARNAT-CONAFOR-DECOFORES. México. 19 p.

Rojas R. F. 2006. Plantaciones Forestales. 1ª. Reimpresión de la 2ª. Edición. San José, Costa Rica. Editorial Universitaria y Estatal a distancia. 260 p.

Rueda S. A., Gallegos R. A., González E. D., Benavides S. J de D. Ruiz Corral J. A., López Alcocer E. 2007. Evaluación dasométrica de plantaciones forestales de especies tropicales en Jalisco, Nayarit y Colima. VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Morelia, Michoacán, México. Memorias en extenso. 12 p.

Santiago G. W. Sistema de crecimiento y rendimiento para *Pinus patula* de Zacualtipán, Hidalgo, México. Tesis de maestría. Instituto de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.

Scheaffer R. L., Mendenhall W., Ott L. 1987. Elementos de muestreo. Trad. Rendón, S. G. y Gómez A.J.R. Grupo Editorial Iberoamérica., México, D.F. 321 p.

Sosa C. V. 2006. Aspectos Económicos y Financieros de Las Plantaciones Forestales Comerciales. *In* Silvicultura de Plantaciones Forestales. Primera Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 314 p.

Sotomayor G. A., Helmke W. E., Garcia R. Edison. 2002. Manejo y Mantenimiento de Plantaciones Forestales. Instituto Forestal. Chile. 51 p.

Toledo M., Chevallier B., Villarroel D., Mostacedo B. 2008. Ecología y Silvicultura de especies menos conocidas Cedro, *Cedrela spp.* Proyecto BOLFOR II/Instituto Boliviano de Investigación Forestal. Santa Cruz, Bolivia. 30 p.

Torres R. J. M., Magaña T., O. S. 2001. Evaluación de las plantaciones forestales. Primera Edición. Limusa. Noriega Editores. México. 472 p.

Trujillo N. E. 2006. Plantación Forestal: planeación para el éxito. www.revista-mm.com.

Valdez, L. J. R. y T. B. Lynch. 2000. Ecuaciones para estimar volumen comercial y total en rodales aclareados de *Pinus patula* en Puebla, México. Agrociencia 34: 747-758.

Vanclay, J. K. 1994. Modelling forest growth and yield, applications to mixed tropical forests. CAB INTERNATIONAL. Denmark. 312 p.

Young R. A. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. Editorial LIMUSA. Primera Edición. México. 632 p.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones.

1. El rendimiento volumétrico de la plantación forestal comercial de *Cedrela odorata* L. en Mapastepec, Chiapas, presenta un promedio a los 6.07 años de establecida de 82.39 m³ RTA.
2. Se encontró un crecimiento promedio en diámetro normal a la edad de 6.07 años de 10.21 cm y de 8.49 m de altura total.
3. La plantación presento una supervivencia de 95.43%, un estado sanitario de 99.47% y una vigorosidad de las plantas de 93.62 %.
4. Se estimó un Incremento Medio Anual en diámetro normal de 2.284 cm y un Incremento Medio Anual en altura total de 1.932 m; y un Incremento Corriente Anual en diámetro normal de 1.603 cm y un Incremento Corriente Anual en altura total de 1.295 m.
5. De acuerdo a los modelos que se ajustaron al diámetro normal y altura total, el que mejor bondad de ajuste presentó fue el modelo logarítmico con un R² de 88% para altura total y para el diámetro normal un valor de ajuste de 81%. Para el crecimiento en área basal y volumen el modelo que presentó un mejor ajuste fue el de Fresse con un R² de 90 % para el área basal y 92 % para volumen.
6. Se recomienda la realización de un aclareo para permitir un mejor crecimiento en diámetro, área basal y volumen a los árboles remanentes, y seguir con las evaluaciones dasométricas para contar con información suficiente para generar modelos de crecimiento para la especie de Cedro rojo.

8. ANEXOS

Cuadro 1A. Coordenadas UTM y Geográficas (Datum WGS 84) del área plantada y del predio en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Polígonos	Vértices	Coordenada UTM		Longitud Oeste			Latitud Norte		
		X	Y						
Polígono 1 Plantación Forestal Comercial	1	513,110.000	1,693,613.525	-92 °	-52 '	-40.34 "	15 °	19 '	8.417 "
	2	513,175.000	1,693,596.117	-92 °	-52 '	-38.16 "	15 °	19 '	7.85 "
	3	513,112.000	1,693,419.311	-92 °	-52 '	-40.28 "	15 °	19 '	2.096 "
	4	512,970.000	1,693,505.266	-92 °	-52 '	-45.04 "	15 °	19 '	4.896 "
Polígono 2 Plantación Forestal Comercial	5	513,634.000	1,693,415.000	-92 °	-52 '	-22.77 "	15 °	19 '	1.946 "
	6	513,726.000	1,693,512.000	-92 °	-52 '	-19.68 "	15 °	19 '	5.102 "
	7	513,442.102	1,693,726.859	-92 °	-52 '	-29.2 "	15 °	19 '	12.1 "
	8	513,385.497	1,693,640.798	-92 °	-52 '	-31.1 "	15 °	19 '	9.3 "
	9	513,469.028	1,693,573.252	-92 °	-52 '	-28.3 "	15 °	19 '	7.1 "
P. P. Rancho El Edén	1	512,729.472	1,693,674.227	-92 °	-52 '	-53.1 "	15 °	19 '	10.4 "
	2	513,317.236	1,693,078.500	-92 °	-52 '	-33.4 "	15 °	18 '	51 "
	3	513,725.504	1,693,511.953	-92 °	-52 '	-19.7 "	15 °	19 '	5.1 "
	4	512,967.788	1,694,089.137	-92 °	-52 '	-45.1 "	15 °	19 '	23.9 "

Cuadro 2A. Resultados de las variables en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Evaluaciones	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (m)	Edad (años)	Volumen. Árbol (m ³ RTA)	Volumen. Ha ⁻¹	Rendimiento volumétrico (M ³ RTA) (6 Ha ⁻¹ .)
1	8.5	7.84	3.01	0.0274	29.42	176.49
2	9.46	8.16	4.33	0.0362	31.33	187.99
3	9.59	8.58	4.43	0.0387	33.55	201.28
4	10.90	8.92	5.07	0.0539	65.52	393.13
5	12.74	8.95	6.07	0.0789	82.39	494.37

Cuadro 3A. Resultados del volumen de los sitios muestreados y número de árboles correspondientes a la última y quinta medición en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Sitio	Volumen (m ³ rta)	N. Árboles
1	1.925	19
2	1.497	12
3	1.239	14
4	1.939	19
5	1.564	16
6	1.199	14
7	0.788	14
8	1.595	16
9	0.381	18
10	0.661	12
11	1.201	17
12	0.842	17
Total	1.236	16

Cuadro 4A. Resultados del área basal promedio, por hectárea y área basal total en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Evaluaciones	Edad (años)	Área Basal. Árbol (m ² RTA)	Numero de arboles por ha.	Área Basal. Ha ⁻¹	Área Basal (m ² RTA) (6 ha.)
1	3.01	0.0057	1283	7.32	43.89
2	4.33	0.0073	1283	9.32	55.90
3	4.43	0.0074	1283	9.49	56.92
4	5.07	0.0098	1283	12.63	75.81
5	6.07	0.0136	1283	17.41	104.45

Cuadro 5A. Resultados de la Supervivencia en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Estimador de la proporción de la supervivencia														
Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ	VALOR
No. Árboles plantados (vivos y muertos) (mi)	17	19	13	14	19	16	17	15	16	19	13	19	197	95.43%
Árboles vivos (ai)	17	19	12	14	19	16	14	14	16	18	12	17	188	
Cálculo intermedio (mi ²)	289	361	169	196	361	256	289	225	256	361	169	361	3293	
Cálculo intermedio (ai ²)	289	361	144	196	361	256	196	196	256	324	144	289	3012	

Cuadro 6A. Resultados de la Sanidad en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Estimador de la proporción de sanidad														
Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ	VALOR
No. de árboles vivos (ai)	17	19	12	14	19	16	14	14	16	18	12	17	188	99.47%
No. árboles sanos (a'i)	17	19	12	14	19	16	14	14	16	18	12	16	187	
Cálculo intermedio (ai ²)	289	361	144	196	361	256	196	196	256	324	144	289	3012	
Cálculo intermedio (a'i ²)	289	361	144	196	361	256	196	196	256	324	144	256	2979	
Cálculo intermedio (ai a'i)	289	361	144	196	361	256	196	196	256	324	144	272	2995	

Cuadro 7A. Resultados del vigor en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Estimador de la proporción de vigor														
Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ	VALOR
No. árboles vivos (ai)	17	19	12	14	19	16	14	14	16	18	12	17	188	93.62%
No. de árboles vigorosos (a''i)	17	19	12	14	16	16	12	13	15	16	10	16	176	
Cálculo intermedio (ai ²)	289	361	144	196	361	256	196	196	256	324	144	289	3012	
Cálculo intermedio (a''i ²)	289	361	144	196	256	256	144	169	225	256	100	256	2652	
Cálculo intermedio (ai a''i)	289	361	144	196	304	256	168	182	240	288	120	272	2820	

Cuadro 8A. Resultados de incrementos medios anuales e incrementos corrientes anuales de diámetro normal, altura total, área basal y volumen.

Edad	ICAdn	IMAdn	ICAat	IMAat	ICAab	IMAab	ICAvol	IMAvol
3.01	0.729	2.820	0.240	2.603	0.0012	2.4273	1.456	9.760
4.33	1.300	2.185	4.200	1.885	0.0013	2.1518	22.161	7.236
4.43	2.047	2.165	0.531	1.937	0.0038	2.1415	49.960	7.573
5.07	1.840	2.150	0.030	1.759	0.0037	2.4920	16.873	12.923
6.07	2.099	2.099	1.474	1.474	0.0022	2.8680	13.574	13.574
Promedio	1.603	2.284	1.295	1.932	0.002	2.4160	20.805	10.213

Donde: ICAdn: Incremento Corriente Anual en diámetro normal. IMAdn: Incremento Medio Anual en diámetro normal Altura total (at); Area basal (ab); Volumen (vol).



Figura 1A.1. Figura que muestra el estado en que se encontraba la plantación forestal comercial en la fecha 21 de mayo de 2008.



Figura 1A.2. Figura que muestra el estado en que se encontraba la plantación forestal comercial en la fecha 21 de mayo de 2008.



Figura 1A.3. Figura que muestra el estado en que se encontraba la plantación forestal comercial a una edad de 4.33 años.



Figura 1A.4. Figura que muestra el estado en que se encontraba la plantación forestal comercial a una edad de 4.43 años.



Figura 1A.5. Figura que muestra el estado en que se encontraba la plantación forestal comercial a una edad de 4.43 años.

Figura 1A.6. Figura que muestra el estado en que se encontraba la plantación forestal comercial a una edad de 4.43 años.



Figura 1A.6. Figura que muestra el estado en que se encontraba la plantación forestal comercial a una edad de 6.07 años.

Figura 1A.7. Figura que muestra el estado en que se encontraba la plantación forestal comercial a una edad de 6.07 años.

Figura 1A. Figuras del estado en que se encontraba la plantación forestal comercial en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

1.- Plano Georreferenciado indicado Superficie y Colindancias del Predio El Edén, Municipio de Mapastepec, Chiapas.

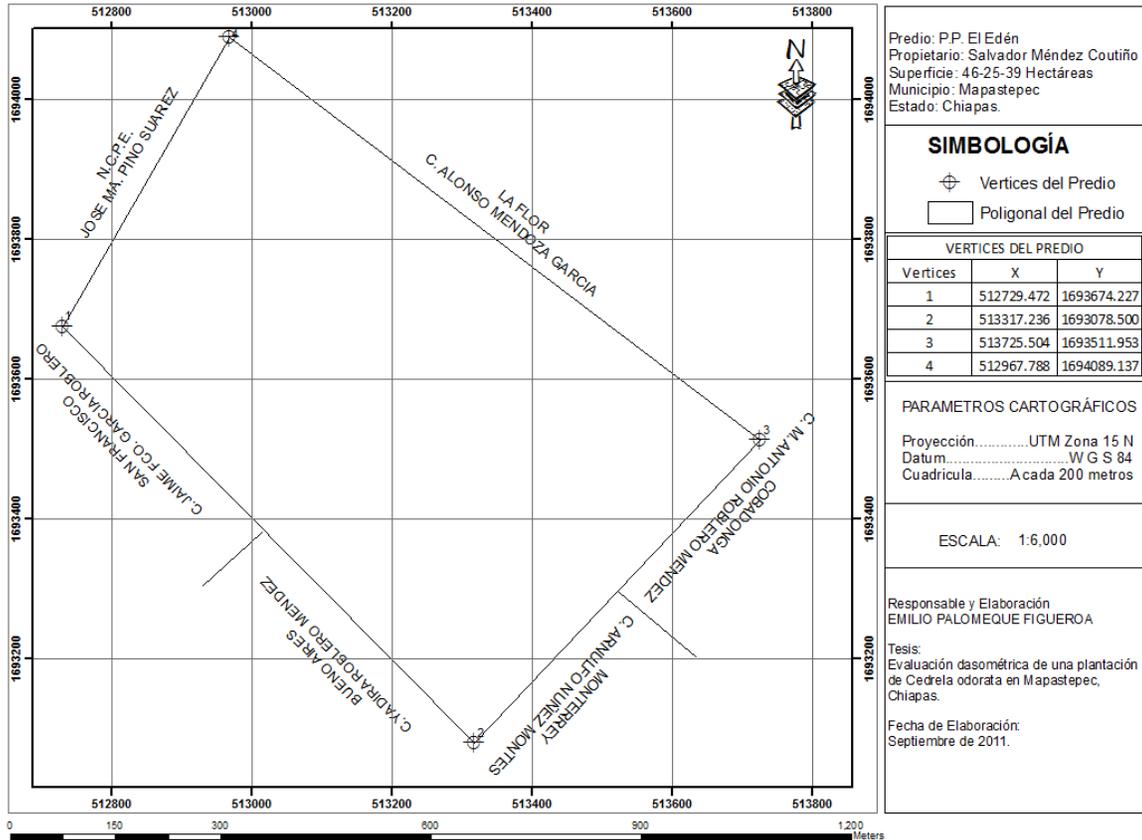


Figura 2A. Plano georreferenciado indicando superficie total y colindancias del Predio particular El Edén, municipio de Mapastepec, Chiapas, en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

1.- Plano Georreferenciado indicado Superficie y Especies a plantar en el Predio El Edén, Municipio de Mapastepec, Chiapas.

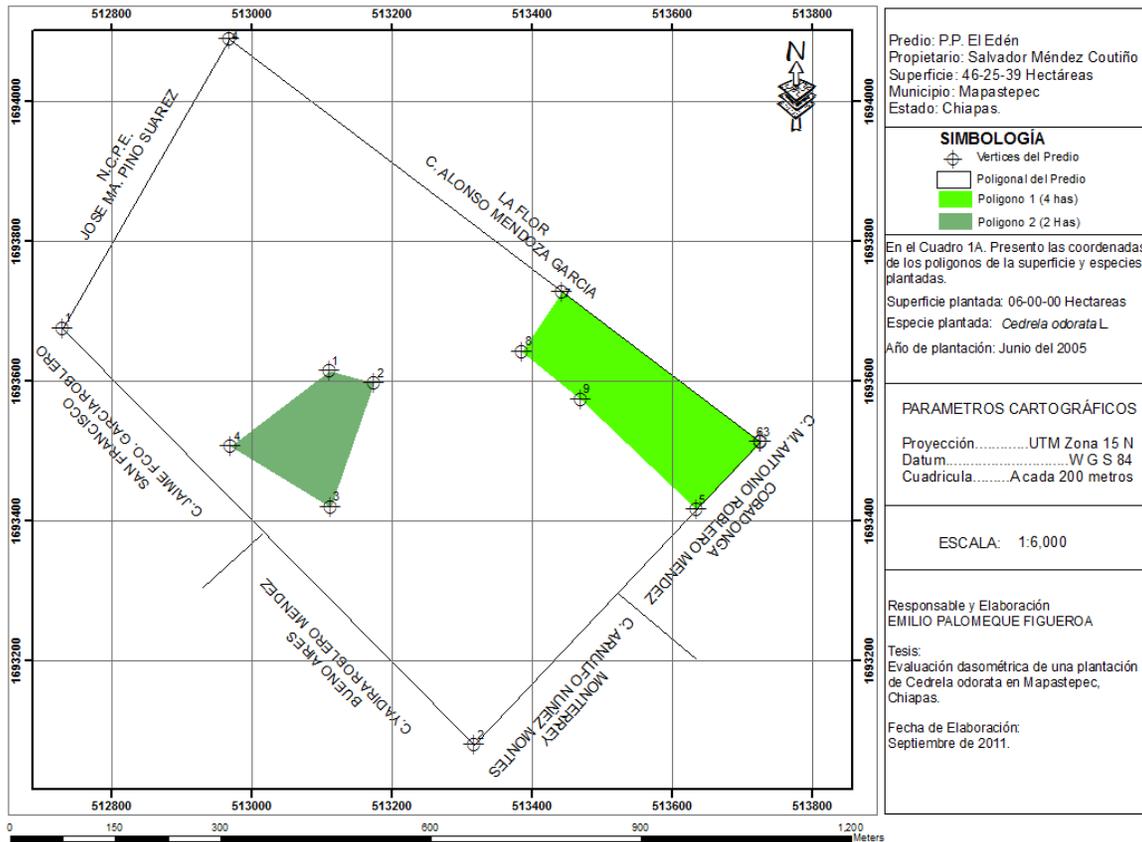


Figura 3A. Plano georreferenciado indicando superficie a plantar y especie a plantar en el Predio particular El Edén, municipio de Mapastepec, Chiapas, en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

1.- Plano Georreferenciado de Ubicación Regional del Predio El Edén, Municipio de Mapastepec, Chiapas.

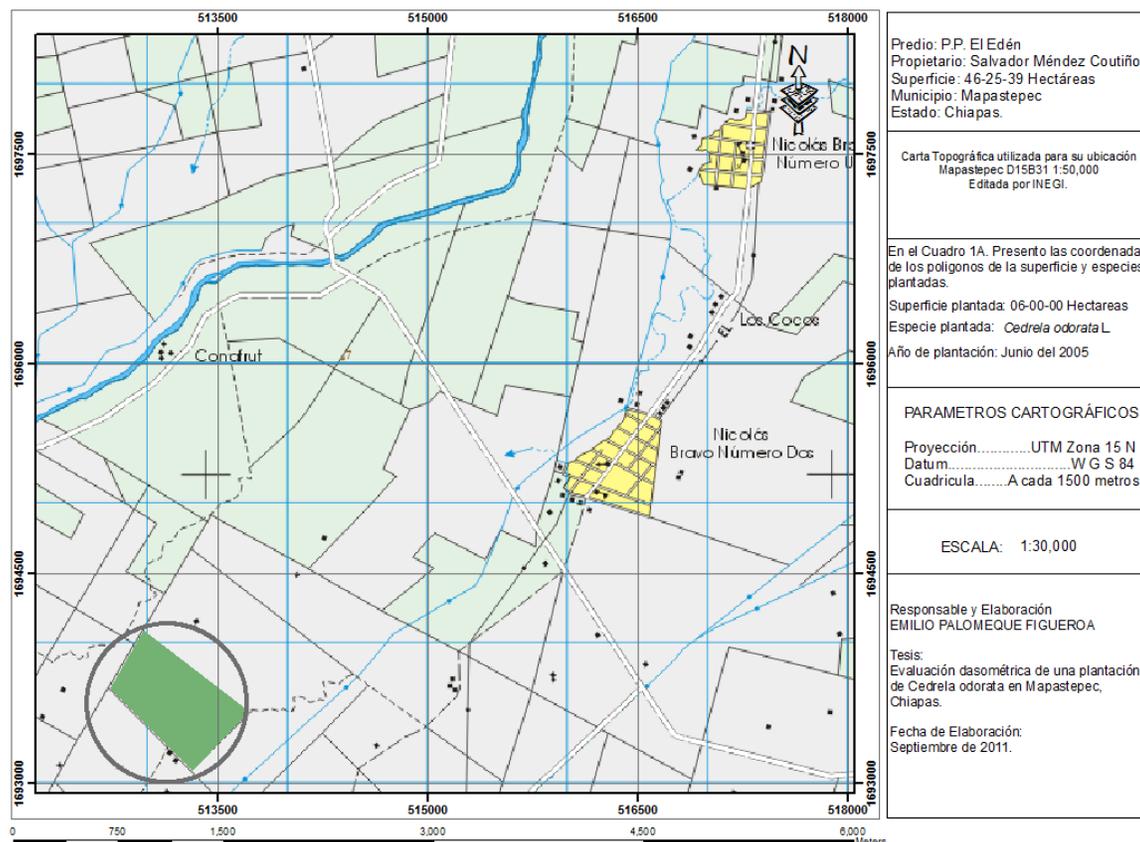


Figura 4A. Plano georreferenciado de ubicación regional del Predio particular El Edén, municipio de Mapastepec, Chiapas, en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.

Plano Georreferenciado indicado Región Hidrológica, Cuenca, Subcuenca y UMAFOR de el Predio El Edén,
Municipio de Mapastepec, Chiapas.

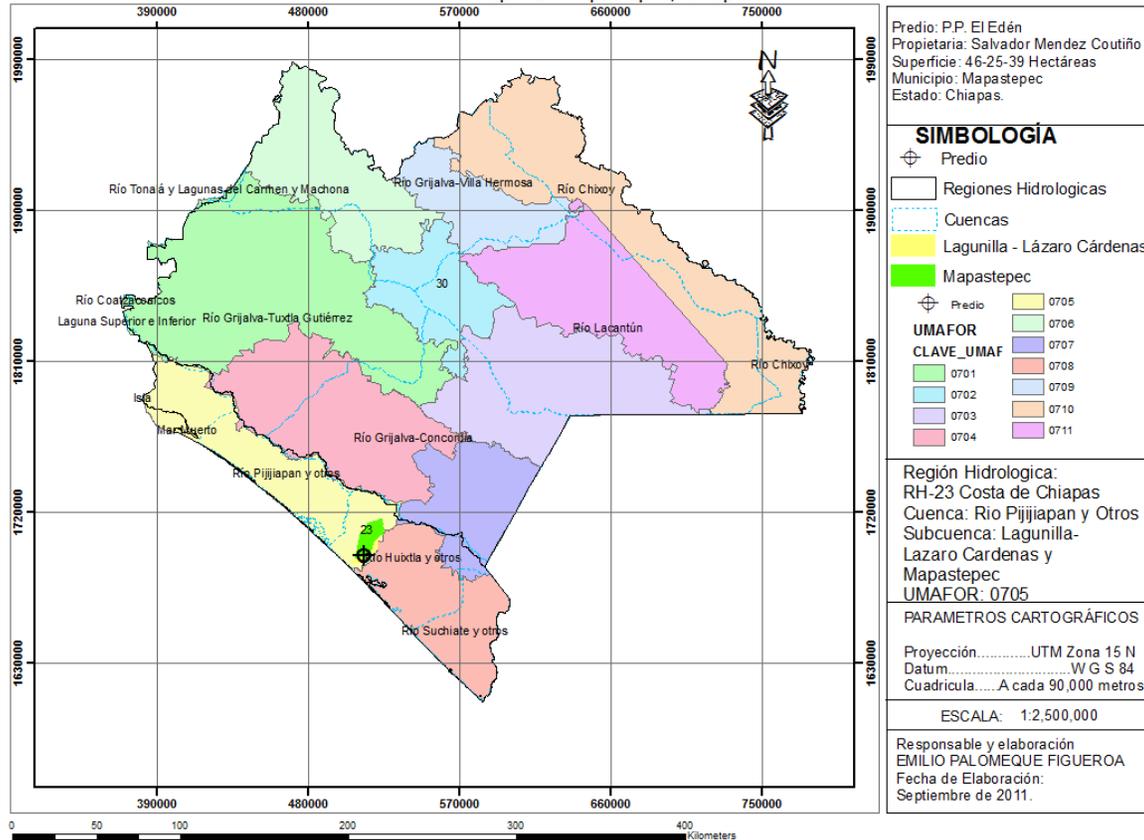


Figura 5A. Plano georreferenciado indicando Región Hidrológica, Cuenca, Sub-Cuenca y UMAFOR a la que pertenece el Predio particular El Edén, municipio de Mapastepec, Chiapas, en la evaluación dasométrica de una plantación de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el municipio de Mapastepec, Chiapas.