



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO FORESTAL

**ESTUDIO COMPARATIVO EN DOS ÁREAS SEMILLERAS
ESTABLECIDAS EN PLANTACIONES DE**

***Eucalyptus urophylla* EN OAXACA**

LUDMILA HEBE MIZERIT TRIVI

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

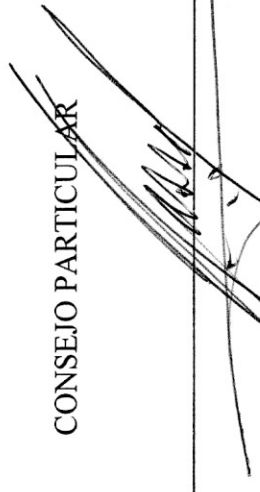
2009

La presente tesis titulada: **Estudio comparativo en dos áreas semilleras establecidas en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Oaxaca**, realizada por la alumna: **Ludmila Hebe Mizerit Trivi**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FORESTAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



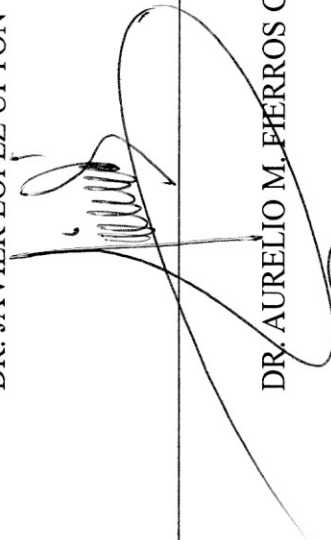
DR. JESÚS JASSO MATA

ASESOR:



DR. JAVIER LÓPEZ UPTON

ASESOR:



DR. AURELIO M. FERREROS GONZÁLEZ

ASESOR:

DR. DIONICIO ALVARADO ROSALES

Montecillo, Texcoco, México, Diciembre 2009

ESTUDIO COMPARATIVO EN DOS ÁREAS SEMILLERAS ESTABLECIDAS EN PLANTACIONES DE *Eucalyptus urophylla* EN OAXACA

Ludmila Hebe Mizerit Trivi, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2009

Uno de los factores que mantienen a los productores forestales dentro de la baja competitividad y rentabilidad en México es la escasa investigación y desarrollo tecnológico que se presenta (Enciso, 2009). El establecer áreas de plantación sustentadas en una investigación previa ayuda con la planeación adecuada de las mismas, aumento en la productividad, beneficios ambientales y sociales para la población que vive de ellas y para una población que hace uso de los recursos que se producen en las mismas. Esto se logra por medio del manejo silvícola y genético de las mismas. Las áreas para producción de semilla mejorada genéticamente son la base para toda plantación exitosa. Debido a esto la empresa Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C.V. (PLANTEH) estableció un proyecto dentro de sus plantaciones, de estrategias de mejoramiento de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en el Municipio de Santiago Yaveo, Oaxaca. Las instalaciones de la empresa se encuentran en el Municipio de San Juan Cotzocón, Oaxaca, cuya localidad más cercana es la Agencia Municipal de María Lombardo de Caso (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2005). Lombardo de Caso, Oax. se ubica en la microrregión conocida como Bajo-Mixe-Choapan (INEGI, 2004), en el kilómetro 110 de la carretera federal Tuxtepec-Palomares, a 140 m sobre el nivel del mar. El Capítulo I presenta una revisión general en relación al género *Eucalyptus* en especial a *Eucalyptus urophylla*, características, distribución, reproducción, etc.

En el Capítulo II se describe la selección del área para establecer las áreas semilleras, las cuales debieron cumplir los criterios de homogeneidad de especie, sanidad, fácil acceso, calidad de los individuos plantados y pendiente del terreno entre otras cosas. Partiendo de 1100 árboles en cada parcela se procedió a seleccionar fenotípicamente de 100 a 150 individuos en promedio por hectárea, por área semillera, respectivamente. Los individuos no seleccionados fueron derribados y los que quedaron en pie numerados con un color representativo por hectárea. En el caso de árboles en pie se realizaron las siguientes mediciones al momento del establecimiento y un año después: DAP a todos y altura total, fuste limpio y longitud de copa a 30 en cada parcela. Finalmente el número de árboles dejados por hectárea y áreas en promedio fueron de 90 para U01 y de 130 para U02.

En el Capítulo III se menciona que, *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Hodges, hongo que produce canchros en el tallo de los eucaliptos afecta materiales de excelente crecimiento de este eucalipto. La principal opción de manejo para este patógeno es la selección y uso de genotipos resistentes o bien tolerantes al patógeno. Con el fin de observar la evolución de la enfermedad en árboles de seis años dejados en pie se evaluaron el diámetro a la altura del pecho y la incidencia en agosto del 2007 de todos los árboles antes de establecer las áreas semilleras. Un año después y realizado la selección de los árboles superiores y el aclareo de los inferiores para dejar 10% aproximadamente. De la población original, en agosto del 2008 se evaluaron el diámetro, la incidencia y la severidad. Además se tomaron muestras de corteza para detectar la fase sexual o asexual del hongo. La incidencia antes de establecer las áreas semilleras fue de 15.4%, encontrando parcelas por arriba del 20% con árboles enfermos (de 4 a 23%). A pesar de la remoción total de los árboles aparentemente enfermos, un año después, 58.1% de los árboles resultaron sanos,

28.0 % con daño imperceptible, 9.5 % con daño ligero, 3.0 % con daño moderado y 1.4 % con daño notorio. Se encontró que el hongo está presente en ambas fases, la fase sexual indica que el hongo puede recrear variabilidad genética, lo cual lo hace un severo problema a estas plantaciones de proseguir la extensión de las plantaciones.

Por último, en el Capítulo IV, con la finalidad de ejercer una intensidad de selección diferente, de los 100 árboles en promedio por parcela, se procedió a seleccionar fenotípicamente 100 para el área U01 y 150 individuos por hectárea para el área U02, los individuos no seleccionados fueron derribados. La selección se realizó por sanidad, mayor rectitud de fuste y diámetro a la altura de 1.3 m (DAP), y sin bifurcaciones. La presencia del hongo en el área semillera es en promedio del 14.9 % para el área semillera U01 y 22.7 % para la U02. El DAP promedio en árboles sanos para el 2007 fue de 17.6 y 19.2 cm para el área U01 y U02, respectivamente, en árboles enfermos fue de 16.8 y 18.6 cm. El DAP promedio en árboles sanos para el 2008 fue de 22.6 y 23.6 cm para el área U01 y U02, respectivamente, en árboles enfermos fue de 24.8 y 23.8 cm. El efecto de pérdida estimado con respecto a la enfermedad de individuos con DAP considerables que no pudieron ser seleccionados es de 1.22 cm en promedio. La diferencia entre ambas áreas fue en promedio 3.6 cm mayor para el área con densidad menor densidad, es decir el área U01 dado que la calidad de la semilla depende de la calidad genética de los progenitores, éstos se seleccionaron como los mejores fenotipos y de mayor crecimiento en ambas áreas semilleras. La selección del arbolado a dejar en pie dependió en gran parte de la incidencia de la enfermedad causada por *Chrysosporithe cubensis*. Dado que la ganancia genética depende del diferencial de selección (diferencia entre la media general y la media de los progenitores seleccionados), se trató de incrementar la intensidad de selección después de eliminar todos los árboles enfermos. Por lo tanto dentro de este capítulo se determinaron la relación incidencia/diámetro en 2007 y 2008, así como la severidad en 2008, para relacionar esta información con el diferencial de selección.

COMPARATIVE STUDY IN TWO SEED PRODUCTION AREAS ESTABLISHED IN PLANTATIONS OF *Eucalyptus urophylla* IN OAXACA

One factor that maintains forest producers in the low competitiveness and profitability in Mexico is the lack of research and technological development that occurs (Enciso, 2009). The establishment of plantation areas supported in previous research helps with the proper planning the same, increased productivity, environmental and social benefits for people living in them and the people who make use of the resources that occur in the same. This is achieved through genetic and silvicultural management of them. Areas for genetically improved seed production are the basis for any successful planting. Because of this, the company plantations Tehuantepec SA of C.V. (PLANTEH) established a project within their plantations, breeding strategies of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake in the Municipality of Santiago Yaveo, Oaxaca, which closest locality is María Lombardo de Caso (Gobernment of the State of Oaxaca, 2005). Lombardo is in a microregion known by Bajo-Mixe-Choapan (INEGI, 2004) kilometer 110 of the federal road Tuxtepec-Palomares, 140 m over the sea level. Chapter I provides an overview in relation to gender in particular *Eucalyptus urophylla* characteristics, distribution, reproduction, etc.

In Chapter II describes the selection of the area to establish seed production areas, which must meet the criteria for homogeneity of species, health, easy access, quality of individuals and slope planted among other things. Starting from 1100 trees in each plot proceeded to select phenotypically from 100 to 150 individuals on average per hectare, seed area, respectively. Individuals not selected were felled and left standing trees were numbered with a color representing per hectare. In the case of left standing trees, following measurements were made at the time of establishment and one year later: all DBH and total height. Finally, the number of left standing trees per hectare were 90 and 130 for U01 to U02.

In Chapter III mentions that *Chrysoporthe cubensis* (Bruner) Hodges, Chapter III describes *Chrysoporthe cubensis* (Bruner) Hodges, fungus that causes stem cankers of eucalypts affects excellent materials and the growth of eucalyptus. The main management option for this pathogen is the selection and use of genotypes resistant or tolerant to the pathogen. To observe the evolution of the disease in six years, left standing trees were evaluated of diameter at breast height and the incidence in August 2007 of all the trees, before setting seed areas. A year later, the selection of superior left standing trees were left (10%). Of the original population, in August 2008 were evaluated diameter, the incidence and severity. In addition samples were taken from cortex to detect sexual or asexual stage of the fungus. The incidence before setting seed production areas was 15.4%, finding places above the 20% with diseased trees (4 to 23%). Despite the complete removal of the trees apparently sick, a year later, 58.1% of the trees were healthy, 28.0% with undetectable damage, 9.5% with small damage, 3.0% with moderate damage and 1.4% with noticeable damage. It was found that the fungus is present in both phases, the sexual phase indicates that the fungus can recreate genetic variability, which makes it a severe problem to these plantations to continue the expansion of plantations.

Finally in chapter IV With the aim of pursuing a different intensity of selection of the 1100 trees per plot, from both areas 100 and 150 individuals per hectare were selected phenotypically, individuals weren't selected were cut and removed, the left standing trees were numbered with a representative color per hectare. Phenotypic characteristics

sought were: healthy trees, bole rectitude, natural pruning and height. The recorded data for left standing trees were: DBH and height. The presence of the fungus in the seed production areas is on average 14.9% in area U01 and 22.7% for area U02. DBH average of healthy trees was in 2007 equal to 17.6 cm and 19.2 for areas U01 and U02, respectively; DBH for ill trees per area were 16.8 and 18.6 cm, respectively. DBH average for healthy trees in 2008 was 22.6 and 23.6 cm for area U01 and U02, respectively, and for ill trees were 24.8 and 23.8, respectively. The effect of estimated loss in relation to the illness of individuals with considerable DBH that couldn't be selected is 1.22 cm on average. The difference between the two seed production areas was on average 3.6 cm more for the area with less density, this is area U01.

El presente trabajo se llevó a cabo con el apoyo financiero del Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT, proyecto 2005-14650 “Estrategias para el mejoramiento genético de razas geográficas de *Eucalyptus* spp., para la región tropical en los límites de los Estados de Oaxaca y Veracruz”, otorgado a Jesús Jasso Mata investigador del Colegio de Postgraduados.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, profesores que compartieron su tiempo y conocimientos y, a toda la gente que día a día con su trabajo, hacen posible el funcionamiento de este colegio.

Al CONACYT por la posibilidad que me dio de dedicarme como estudiante de tiempo completo debido a la beca otorgada.

A Maru y Bety que aún con una gran cantidad de trabajo están dispuestas a ayudarte.

A mis compañeros y todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron de forma muy profesional en la toma de los datos en las áreas semilleras, logrando entre todos un ambiente agradable: Esther Paredes Díaz, Diana Córdova Rodríguez, Oscar Rico Hernández y, de manera muy especial a Luis Méndez Hidalgo.

A la empresa PLANTEH y sus trabajadores que nos hicieron que nuestra permanencia y trabajo fuese más simple: Juan, Humberto, Eloy, Beto, Lic. Bernardo e Ing. Sergio y otros más que sin querer he omitido pero, no menos importantes.

Al Dr. Jesús Jasso Mata, por su gran empeño y envidiable energía para hacer todo lo que se propone y la oportunidad de participar en su proyecto.

Al Dr. Javier López Upton, por su admirable compromiso como profesor, investigador y persona.

Al Dionicio Alvarado Rosales y a M.C. Luz de L. Saavedra R., por su apoyo en el tratamiento de la sorpresiva aparición del hongo, con sumo profesionalismo y dedicación.

A los Doctores Aurelio Fierros y Héctor de los Santos, por sus aportaciones a lo largo de este proyecto y de mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

A Patricia Flores, con quien compartí muy buenos momentos a lo largo de esta etapa.

DEDICATORIA

-¡Ah, muchachito, muchachito, cómo me gusta oír tu risa!
-Mi regalo será ése precisamente, será como el agua...

-¿Qué quieres decir?

La gente tiene estrellas que no son las mismas. Para los que viajan, las estrellas son guías; para otros sólo son pequeñas lucecitas. Para los sabios las estrellas son problemas. Para mi hombre de negocios, eran oro. Pero todas esas estrellas se callan. Tú tendrás estrellas como nadie ha tenido...

-¿Qué quieres decir?

-Cuando por las noches mires al cielo, al pensar que en una de aquellas estrellas estoy yo riendo, será para ti como si todas las estrellas riesen. ¡Tú sólo tendrás estrellas que saben reír!

Y rió nuevamente.

-Cuando te hayas consolado (siempre se consuela uno) estarás contento de haberme conocido. Serás mi amigo y tendrás ganas de reír conmigo. Algunas veces abrirás tu ventana sólo por placer y tus amigos quedarán asombrados de verte reír mirando al cielo. Tú les explicarás: "Las estrellas me hacen reír siempre". Ellos te creerán loco. Y yo te habré jugado una mala pasada...

Y se rió otra vez.

-Será como si en vez de estrellas, te hubiese dado multitud de cascabelitos que saben reír...

A mi hermano Miguel Federico Mizerit Trivi 7

Con todo cariño dedico este trabajo a mis padres Alicia y Marko; hermanos Marcos y Miguel; cuñadas Gina y Carolina; pareja Patricio, sobrino, amigos, profesores y todos los seres que han contribuido de diversas maneras a que en mi vida existan "Las estrellas que siempre me hacen reír" no sólo en el cielo sino también sobre una tierra cambiante.

ÍNDICE DE CONTENIDO		Pág.
RESUMEN		3
ABSTRACT		5
AGRADECIMIENTOS		8
DEDICATORIA		9
ÍNDICE DE CONTENIDO		10
INDICE DE CUADROS		11
ÍNDICE DE FIGURAS		12
CAPÍTULO I		
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL		16
1.1.1. Planteamiento del Problema		16
1.2. OBJETIVOS		16
1.2.1. Objetivo general		16
1.2.2. Objetivos específicos		16
1.3. HIPÓTESIS		16
1.4. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO		17
1.5. MARCO TEÓRICO		19
1.5.1. Situación del papel y celulosa en el mundo y México		20
1.5.2. Plantaciones Forestales		21
1.5.2.1. Uso del género <i>Eucalyptus</i> a nivel mundial y nacional		21
1.5.2.2. Distribución y descripción del género <i>Eucalyptus</i>		22
1.5.2.4. Reproducción <i>Eucalyptus</i>		23
1.5.3. El Eucalipto en México		24
1.5.4. Descripción y distribución de <i>Eucalyptus urophylla</i>		24
1.5.5. Debate del uso del Eucalipto		28
1.5.6. Problemática actual de <i>E. urophylla</i> con el hongo <i>Chrysosporthe cubensis</i>		29
1.5.7. Producción de semilla mejorada		31
1.5.8. Bases genéticas para la producción de semilla mejorada		32
1.6. LITERATURA CITADA		33

CAPÍTULO II. ESTABLECIMIENTO DE DOS ÁREAS SEMILLERAS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> EN MARÍA LOMBARDO, OAXACA.	
RESUMEN	36
ABSTRACT	37
2.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	38
2.2. OBJETIVOS	42
2.2.1. Objetivo general	42
2.2.2. Objetivos específicos	42
2.3. MATERIALES Y MÉTODOS	43
2.3.1. Selección y trazo del área semillera	43
2.3.2. Establecimiento del área y características de árboles dejados en pie	45
2.3.3. Características evaluadas	46
2.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
2.5. CONCLUSIONES	50
2.6. LITERATURA CITADA	51
CAPITULO III. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE <i>Chrysosporthe cubensis</i> (Bruner) Hodges, EN DOS ÁREAS SEMILLERAS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake, SANTIAGO YAVEO, OAXACA	
RESUMEN	53
ABSTRACT	54
3.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	55
3.2. OBJETIVOS	57
3.2.1. Objetivo general	57
3.2.2. Objetivos específicos	57
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS	58
3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
3.4.1. Incidencia del cancro a seis años de edad	60
3.4.2. Incidencia en las áreas semilleras	62
3.4.3. Severidad en las áreas semilleras en 2008	64
3.4.4. Análisis morfológico del hongo	66
3.5. CONCLUSIONES	69
3.6. LITERATURA CITADA	70

CAPITULO IV. SELECCIÓN FENOTÍPICA EN DOS ÁREAS SEMILLERAS DE *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, SANTIAGO YAVEO, OAXACA

RESUMEN	72
ABSTRACT	73
4.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	74
4.2. OBJETIVOS	76
4.2.1. Objetivo general	76
4.2.2. Objetivos específicos	76
4.3. MATERIALES Y MÉTODOS	77
4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	79
4.4.1. Diferencial de selección del arbolado dejado en pie en 2007	79
4.4.2. Efecto de la enfermedad y la conformación del arbolado en el diferencial de selección	81
4.5. CONCLUSIONES	84
4.6. LITERATURA CITADA	85
ANEXO 1. Establecimiento de las áreas semilleras de <i>E. urophylla</i> en Santiago Yaveo, Oax.	87
ANEXO 2. Registro de datos en el área semillera de <i>E. urophylla</i> en Santiago Yaveo, Oax.	88
ANEXO 3. Dificultades encontradas en las áreas semilleras de <i>E. urophylla</i> en Santiago Yaveo, Oax.	89

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Producción global en el año 2003 y la región que la produce	20
Cuadro 2. -Ubicación geográfica de las 100 compañías líderes (2003)	20
Cuadro 3. Número y proporción de árboles enfermos y sanos en las parcelas evaluadas en ambas áreas semilleras en agosto 2007, antes de seleccionar los árboles sobresalientes	60
Cuadro 4. Diámetro promedio de los árboles sanos y enfermedad previo a la formación de dos áreas semilleras de seis años de edad de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake creciendo en Santiago Yaveo, Oax.	61
Cuadro 5. Número y porcentaje de árboles sanos y enfermos de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake por área semillera un año después de su establecimiento (7 años de edad) en Santiago Yaveo, Oax.	63
Cuadro 6. Diámetro promedio de árboles sanos y enfermos del cancro en árboles de dos áreas semilleras de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake de siete años de <i>Eucalyptus urophylla</i> en Santiago Yaveo, Oax.	63
Cuadro 7. Frecuencia de cada categoría de severidad en el ataque de <i>Cryosporhorte cubensis</i> Bruner desarrollados en árboles de siete años de dos áreas semilleras de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake en Santiago Yaveo, Oax.	65
Cuadro 8. Promedio del diámetro de árboles de 7 años de edad de <i>Eucalyptus</i> de acuerdo a la severidad de la enfermedad causada por <i>Chrysoporthe cubensis</i> Bruner en árboles de dos áreas semilleras.	66
Cuadro 9. Número total de la población de árboles sanos y enfermos con sus respectivas medias para el año 2007 en Santiago Yaveo, Oax.	79
Cuadro 10. Efecto en el diferencial de selección DAP (cm) debido a la enfermedad por parcela seleccionando 100 y 150 individuos	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la Empresa Forestal Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C. V. (PLANTEH), establecida en los municipios de Santiago Yaveo, Oax., San Juan Cotzocón, Oax. y Playa Vicente, Ver.	18
Figura 2. Desarrollo y consumo de papel en el mundo, países industrializados y en desarrollo, 1961-2010 (proyección)	19
Figura 3. Islas del Archipiélago Indonesio en que se da naturalmente el <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	26
Figura 4. Ubicación de las áreas semilleras en el Predio La Esperanza I	43
Figura 5. Distribución de las áreas semilleros	44
Figura 6. Predio La Esperanza I área semillera 01 de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	44
Figura 7. Predio la Esperanza I área semillera 02 de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	45
Figura 8.- Área semillera ya establecida de <i>E. urophylla</i> S.T. Blake	47
Figura 9.- Número de árboles que permanecieron en pie en el área semillera 01	48
Figura 10.- Número de árboles que permanecieron en pie en el área semillera 02	48
Figura 11.- Árboles quebrados por el viento	49
Figura 12.- Árbol doblado debido a los fuertes vientos	49
Figura 13. Croquis de las áreas semilleras	59
Figura 14. Relación diámetro e incidencia del cancro en árboles de seis años de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake en Santa María Lombardo, Oax. N = 10 áreas de 1 ha.	62
Figura 15. Relación de diámetro y la incidencia del cancro en árboles de siete años (un año después de la primera evaluación) de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake en Santiago Yaveo, Oax.	64
Figura 16. Cuellos de peritecios y picnidios de <i>Chrysosporthe cubensis</i> Bruner desarrollados en la corteza de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake en plantaciones en Santiago Yaveo, Oax	67
Figura 17. Cuellos de peritecios y picnidios de <i>Chrysosporthe cubensis</i> Bruner desarrollados en <i>Eucalyptus urophylla</i> e S.T. Blake n plantaciones en María Lombardo, Oax. Las gotas color ámbar contienen ascosporas o conidios.	68
Figura 18. Ascosporas de <i>Chrysosporthe cubensis</i> Bruner desarrollados en <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake en plantaciones en Santiago Yaveo, Oax.	68
Figura 19. Distribución de las áreas semilleras y número de árboles seleccionados dentro de las mismas	77
Figura 20. Diferencial de selección (E) en la población original y los árboles seleccionados, por presión de selección	78
Figura 21. Relación de DAP promedio por parcela de la media general de la población inicial con respecto a los árboles seleccionados (dejados en pie)	80

Figura 22. Relación DAP promedio entre árboles sanos y enfermos por parcela	71
Figura 23.- DAP promedio seleccionando a 100 y 150 individuos enfermos y sin enfermedad. SE 100 sin enfermedad 100 individuos, SE150 sin enfermedad 150, CE 100 con enfermedad 100 individuos y CE 150 con enfermedad 150 individuos.	82
Figura 24. Efecto de la enfermedad en el DAP por parcela bajo el criterio de los 100 y 150 mejores	83

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.1. Planteamiento del Problema

La empresa Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C.V. (PLANTEH), ubicada en María Lombardo, Oaxaca requiere investigación para aumentar la producción de material celulósico para contribuir a satisfacer las necesidades de la población. Con sus plantaciones de *Eucalyptus wrophylla* S. T. Blake, ya establecidas en el 2000, requiere cubrir la producción de semillas para futuras plantaciones. Sin embargo, se busca que estas semillas posean mejores condiciones genéticas y mayores posibilidades de rápido crecimiento. Por lo tanto, se plantea la necesidad de hacer selección fenotípica para el establecimiento de las áreas semilleras con las siguientes características: árboles sanos, de mejor volumen, fuste recto y limpio. Sin embargo, la labor de selección se vio altamente modificada debido a la presencia del hongo causante del cancro en tallo *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Gryzenh & M. J. Wingf., por lo cual se decidió ejercer una presión de selección mayor para dejar únicamente individuos sanos, lo que llevo a una disminución en los diámetros promedios deseados. Sin embargo, se espera lograr un incremento en el DAP de los individuos sanos dejados en pie y su progenie.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Describir el establecimiento de dos áreas semilleras en plantaciones de *Eucalyptus wrophylla* S.T. Blake en el estado de Oaxaca, para la obtención de semilla mejorada, a partir de individuos ya adaptados a la zona, como parte de una estrategia de mejoramiento.

1.2.2. Objetivos específicos

Evaluar el impacto de la incidencia y severidad del hongo *Chrysosporthe cubensis*, dentro de las áreas semilleras al inicio del establecimiento de las mismas y un año después.

Evaluar el impacto de la presión de selección por distintos conceptos en el diferencial de selección y el volumen en las áreas semilleras.

1.3. HIPÓTESIS

Establecer áreas semilleras facilitará la obtención de semillas mejor adaptadas y de mejor calidad para las siguientes plantaciones de la empresa.

La presencia del hongo *Chrysosporthe cubensis* ha causado una presión de selección mayor de la esperada con relación al diámetro de los árboles seleccionados.

1.4. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Empresa Forestal Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C. V. (PLANTEH) tiene plantaciones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake se encuentran establecidas en gran parte en los municipios de Santiago Yaveo, Oax y San Juan Cotzocón, Oax., así como en una pequeña parte del Municipio de Playa Vicente en el estado de Veracruz con el cual está en colindancia. Estos municipios se localizan geográficamente a 16° 17' L.N. y 95° 25' L.W. y a una altura de 40 msnm (Figura 1). El clima es de tipo cálido húmedo con lluvias en las estaciones de primavera, verano y otoño con fuertes vientos de norte a sur. La temperatura media anual se encuentra entre 22 y 26 °C, presentándose las mayores temperatura en los meses de abril y mayo, y los meses de diciembre y enero son los más fríos registrando temperaturas menores a 18 °C (INEGI, 2004).

Existen lluvias casi todo el año, registrando una precipitación pluvial media anual de alrededor de los 1500 y 2000mm (INEGI, 2004; SARH, 1988; García, 1988).

La vegetación es caducifolia, siendo las principales: guanacaste, roble, granadillo, mango, chicozapote, hierba de cáncer, ruda y malva.

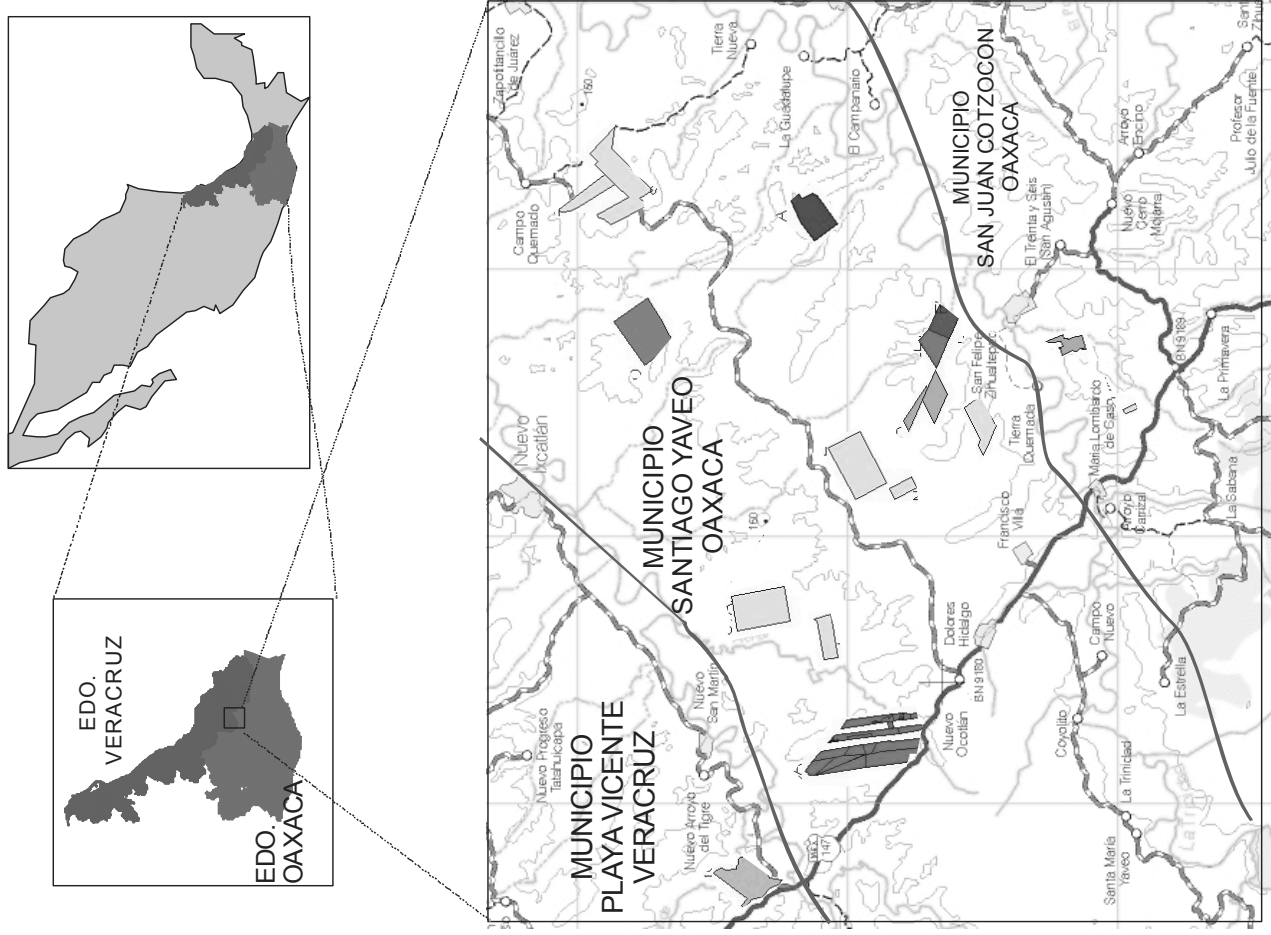


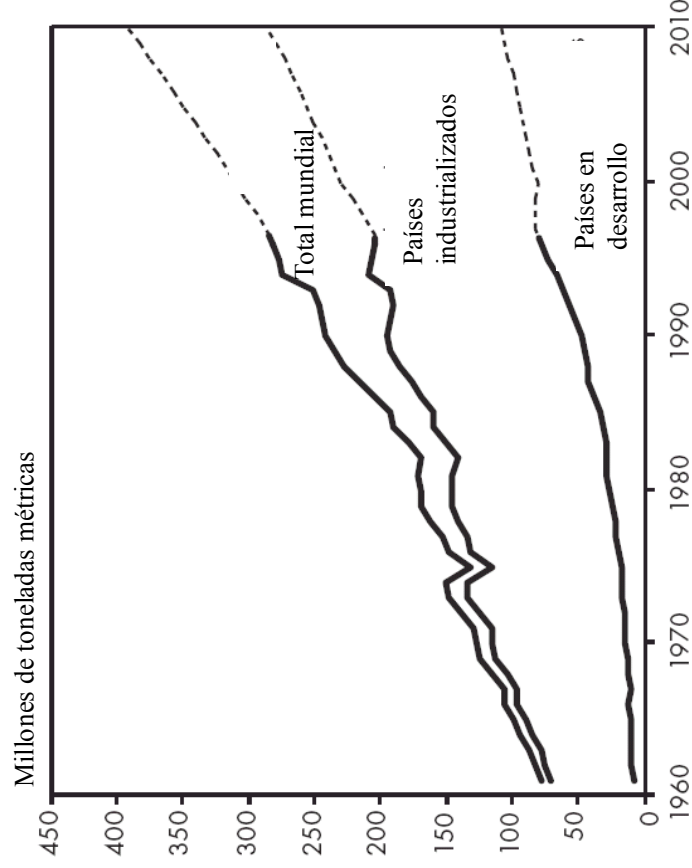
Figura 1. Ubicación de la Empresa Forestal Plantaciones de Tehuntepec S.A. de C. V. (PLANTEH), establecida en los municipios de Santiago Yaveo, Oax., San Juan Cotzocón, Oax. y Playa Vicente, Ver.

1.5. MARCO TEÓRICO

1.5.1. Situación del papel y celulosa en el mundo y México

Por regiones, el consumo de papel en el año 2003 estuvo liderado por los países de Asia con el 33% del consumo mundial, luego Norteamérica con el 30%. Europa (CEPI) consume el 26% de la producción global y América Latina tan sólo el 6% (PPI, 2002).

Figura 2.- Desarrollo y consumo de papel en el mundo, países industrializados y en desarrollo, 1961-2010 (proyección)



América del Norte y los Países Escandinavos Nórdicos (Canadá, EEUU, Suecia, Finlandia y Noruega) son los productores de pulpa de mercado más importantes. Sin embargo, otros países con plantaciones de rápido crecimiento como Brasil, Chile, Portugal, España e Indonesia, han surgido también como importantes productores para el mercado global (FAO, 1998).

De acuerdo con la PPI (2002), la producción global en el año 2003 alcanzó los 186,4 millones de toneladas y la distribución geográfica se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Producción global en el año 2003 y la región que la produce.

Región	Producción total (%)
CEPI ²⁷	22
Latinoamérica	7
Norteamérica	42
Asia	22
Otros países de Europa	4
Resto del mundo	3

27 CEPI (Confederation of European Paper Industries). Países miembros de la CEPI son: Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Eslovaquia, España, Suecia, Suiza y el Reino Unido.

A nivel mundial existen alrededor de 1000 fábricas de celulosa. El 25% de las fábricas y un poco menos del 50% de la producción mundial de la celulosa, se localizan en los Estados Unidos y Canadá (PPI, 2004).

Cuadro 2.-Ubicación geográfica de las 100 compañías líderes (2003)

Región	No. de compañías	Ganancias (milliones \$)	Total (%)	Pulpa de Mercado (1.000 ton)	Total (%)
América del Norte	32	7,628	53.1	10.623	38.1
Europa	35	2,511	17.5	8.516	30.5
Asia	19	1,607	11.2	588	2.1
Oceanía	3	518	3.6	611	2.2
África	3	618	4.3	1.398	5.0
América Latina	8	1,486	10.3	6.152	22.1
Total	100	14,368	100	27.888	100

Fuente: PPI Sept 2004

El principal destino de la pulpa de mercado sigue siendo Europa Occidental (a excepción de los Países Escandinavos), que recibió el 38% del total de las exportaciones (1999). El

segundo mercado es Estados Unidos (19%), seguido por Japón (8%) y Asia/África (20% en total). China se encuentra entre los destinatarios internacionales más influyentes y de mayor crecimiento. América del Norte, Países Escandinavos y América Latina son importantes exportadores netos al igual que otros países de Asia y Europa Occidental.

1.5.2. Plantaciones Forestales

Esta demanda de papel ha contribuido al rápido desmonte de áreas naturales que no cubrirían este fin inmediato. Por esta razón es importante contar con plantaciones forestales que han resultado como una solución ante el problema de la degradación paulatina de dicho recurso, suscitada por su aprovechamiento irracional (Vargas *et al.*, 2004) puedan abastecer a la industria con productos de mayor calidad producidos en una menor superficie, en corto tiempo y a bajo costo para satisfacer la creciente demanda nacional e internacional.

De acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (2009) las especies forestales mayormente utilizadas en nuestro país son: Eucalipto, Teca, Cedro rojo, Caoba y Pino.

De las especies halladas fuera de los límites territoriales de Australia, dos, *E. deglupta* y *E. urophylla*, no han sido registradas en Australia. Estas dos especies son importantes como posibles « eucaliptos para plantación » en las latitudes más bajas del mundo. Son buenas especies y toleran latitudes inferiores a cualquier otra hallada en Australia, donde el punto más al norte es el de 10°41'S (FAO, 1981).

1.5.2.1 Uso del género *Eucalyptus* a nivel mundial y nacional

Para hacer frente a la situación descrita anteriormente, es preciso recurrir a menudo a la plantación de especies no autóctonas de rápido crecimiento y múltiples usos. Entre estos grupos exóticos se puede encontrar a las más de 600 especies del género *Eucalyptus*, cuya popularidad para la plantación debe atribuirse a que, por lo general, es muy adaptable, crece rápidamente y tiene una amplia gama de aplicaciones, que van desde la madera aserrada y los productos fabricados con madera, hasta leña de gran poder calorífico, así como una gran variedad de usos ambientales. Su popularidad puede juzgarse por el hecho de que más de 80 países han manifestado su interés por los eucaliptos, y se han plantado más de cuatro millones de hectáreas en todo el mundo, fuera de su entorno natural (Poore *et al.*, 1988).

La FAO, (1993) dice que existen 10,06 millones de hectáreas de plantaciones de eucalipto fuera de Australia a partir de 1990. Las especies *E. grandis* y *E. urophylla* se encuentran entre los eucaliptos más frecuentemente plantados, destinados a la industria de pulpa y papel.

1.5.2.2. Distribución y descripción del género *Eucalyptus*

Se considera, por lo general, que los eucaliptos son árboles australianos. La gran mayoría de muchas especies y subespecies son endémicas en el continente australiano y en las islas muy cercanas. Sin embargo, varias de ellas se hallan naturalmente en la gran extensión de tierra de Papua Nueva Guinea hacia el norte de Australia, y ciertas especies se presentan en algunas de las islas en la parte oriental del archipiélago indonesio, como en Timor, las Islas Menores de la Sonda, Flores y Wetar (FAO, 1981).

El eucalipto con sus muchas especies constituye la vegetación arbórea (principalmente bosque y monte) de más de la mitad de Australia. Se encuentra en forma muy limitada en Papua Nueva Guinea, Mindanao, Célebes y Timor y en algunas de las Islas Menores de la Sonda, Indonesia (Prior, 1978).

Debido a las muchas variantes dentro de la gran cantidad de especies, la labor de seleccionar las características más idóneas para un lugar en particular se convierte en una ardua labor. La conservación de los recursos genéticos naturales, en Australasia, para el desarrollo silvícola mundial futuro es ciertamente una de las necesidades más apremiantes en la mejora del eucalipto. Sus beneficios se obtendrán más en el futuro que en el presente (Prior, 1978).

Los hábitos de crecimiento más importantes dentro del género son los « brotes indefinidos » y las « yemas desnudas ». Estas dos características permiten al brote del eucalipto crecer continuamente, en altura o en largo, y producir nuevos órdenes de ramas mientras persistan las condiciones favorables para el crecimiento (FAO, 1981).

En condiciones favorables, los eucaliptos, pueden crecer a partir de una pequeña plántula hasta árboles de 10 m o más en altura en 2 años.

1.5.2.3. Reproducción del Eucalipto

Los eucaliptos parecen ser predominantemente de cruzamiento externo (Hodgson, 1976; Pryor, 1978), el cual está favorecido por mecanismos que operan en dos fases diferentes del desarrollo, reduciendo los grados de autopolinización y autofecundación. La autopolinización dentro de la misma flor está limitada por la protandria de las flores. Mientras la mayor parte del polen se desprende en el curso de las horas que siguen a la apertura del opérculo, el estigma, por lo general, no llega a ser completamente receptivo hasta 4–7 días más tarde. Dado que el estigma no es pegajoso y, por lo tanto, no retiene bien el polen durante los días siguientes a la apertura de la flor, y, como el polen del eucalipto, por otra parte, comienza a perder su viabilidad al cabo de 3–4 días, es escasa la probabilidad de autopolinización de la misma flor (Eldridge, 1970; Hodgson, 1976). Sin embargo, como las flores de una misma inflorescencia y de inflorescencias en diferentes partes de la corona no se abren simultáneamente, se sabe que se produce una notable autopolinización dentro de un mismo árbol, a pesar de la protandria.

En muchas especies, la maduración es relativamente lenta y, en consecuencia, pasan de 6 a 7 años antes de que la planta produzca semillas por primera vez, a pesar de que hay muchas excepciones en las que la floración tiene lugar incluso a los dos años y se sabe de plantas que al año producen flores y semillas (Prior, 1978), en promedio hay 400.000-700.000 semillas / kg.

El almacenamiento de las semillas y su viabilidad dependerán del secado si inicialmente se ha secado al aire, al ser semillas ortodoxas deben secarse a bajo contenido de humedad (4-8 %) (8 a 10 %) (Nieto *et al.*, 2003) y pueden almacenarse durante varios años siempre y cuando se mantengan en un lugar seco, fresco (1–4°C) (3 a 5 °C) (Nieto *et al.*, 2003) y en la oscuridad en envases herméticos (Joker *et al.*, 2004). Puede mantenerse una aceptable capacidad germinativa de la semilla durante 1 a 2 años en envases no herméticos a la temperatura ambiente y mantener viables durante 5 a 20 años en envases herméticos (Nieto *et al.*, 2003).

Las semillas no requieren de tratamiento previo para ser sembradas en semilleros y ser trasplantadas a contenedores cuando tengan dos pares de hojas. Después de 10-12 semanas, cuando las plantas de semillero son unos 25 cm de altura están listos para su plantación en el terreno (Joker *et al.*, 2004).

1.5.3. El Eucalipto en México

México está entre las latitudes 14°30' a 32°30'N, y tiene una amplia variedad de climas, topografía y suelos (FAO, 1981).

Los eucaliptos fueron introducidos a principios del siglo, pero los ensayos controlados empezaron solamente en el arboreto de Chapingo en 1948. Las plantaciones de eucalipto, especialmente de *E. camaldulensis*, comenzaron en 1956 en El Rancho Casas Blancas, y en 1967 cubrían 2 000 ha (Reynders, 1970) (FAO, 1981).

En 1967 se obtuvo desde Australia semilla de varias procedencias de *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. tereticornis*, *E. botryoides*, *E. saligna*, *E. grandis* y *E. deanei*, junto con semilla de otras 17 especies de eucaliptos. Se establecieron ensayos controlados de procedencia en Chapingo, El Rancho Casas Blancas y en El Tormento, al sur de México (FAO, 1981).

De 1990 a la fecha se han incrementado substancialmente las plantaciones del género *Eucalyptus* en el sureste mexicano.

1.5.4. Descripción y distribución de *Eucalyptus urophylla*

La plantación comercial con *E. urophylla* de las colectas hechas en Indonesia comenzó hace menos de treinta años con los colonizadores holandeses en Indonesia, quienes hicieron uso de la especie para adornos en Yakarta y el Jardín Botánico de Bogor, donde la especie no es autóctona (Wright, 1997).

Tiempo después, se recogieron las semillas de los árboles plantados en el Jardín Botánico de Bogor y árboles en el arboreto de Río Claro, Brasil. Estas fuentes se han utilizado para el establecimiento de plantaciones durante muchos años (Eldridge *et al.*, 1993). Más recientemente, las grandes colecciones de semillas comerciales han tenido lugar en las islas de Flores y Timor (Wright, 1997).

La especie ha sido incluida en los ensayos de especies en muchos países a diferencia de los ensayos de procedencia y progenie que se han llevado a cabo a gran escala en un número sustancialmente menor de los países. Se supone que sólo aquellos países en los

que las especies se han plantado en una escala semi-comercial puede estar justificado el gasto de adquirir la semilla de la variedad nativa de establecimiento. Una de las razones por las cuales *E. urophylla* no se ha plantado de manera más amplia es la dificultad para obtener las semillas, tanto desde el área de distribución y / o de los actuales programas de mejoramiento de árboles (Wright, 1997).

El área de distribución *E. urophylla* S.T: Blake, está confinada en siete islas del Archipiélago Oriental de las Islas Menores de la Sonda, es decir, Flores, Adonara, Lombok (Lembata), Pantar, Alor, Wetar y Timor. Es especialmente corriente en Timor por encima de 1.000 m., Alor y Wetar, pero en todas partes tiene una distribución en manchas. Su banda latitudinal va de los 7°30' a los 10° sur, mientras que la longitud está entre 122° y 127° Este, con una distancia de unos 500 Km (Jun *et al.*, 1992) (Eldridge *et al.*, 1993). La banda altitudinal va de acuerdo con (Pongitory Gifoni, 2004) a partir de los 500 m de altitud hasta cerca de los 3000m, sin embargo, (Eldridge *et al.*, 1993) (Nieto *et al.*, 2003) y (Jun *et al.*, 1992) plantean que se encuentran desde los 70 m hasta 2690, siendo el rango altitudinal más grande de todas las especies de eucalipto. Con una precipitación anual carácter monzónico que varía de 600 a 3000 mm (Endo, 1992) (Nieto *et al.*, 2003). Y de acuerdo con Jun *et al.* (1992) son con un máximo bien definido en verano, variando en su mayoría entre los 700 y 1 500 mm. con un máximo superior de 2.500 mm.

Debido a su proximidad al Ecuador, hay sólo una pequeña variación en las medias de las temperaturas máximas mensuales (27–29°C a 400 m.) de acuerdo con (Jun *et al.*, 1992) y de 24 a 28° C según (Nieto *et al.*, 2003). Crece en las formaciones vegetales del bosque seco tropical (bs-T) y bosque húmedo tropical (bh-T) (Endo, 1992). (Nieto *et al.*, 2003). La estructura de las comunidades de *E. urophylla* y la constitución de los árboles individuales parecen determinadas por la interacción del suelo, la orientación y los factores edáficos. Los terrenos arbolados abiertos de *E. urophylla* colonizan las laderas de exposición sur y norte en elevaciones normalmente superiores a 200 metros pero existe también a 70 m. Su clara preferencia por las alturas superiores a 200 m. puede deberse en parte a las condiciones desfavorables del suelo (Jun *et al.*, 1992). Aunque la especie tolera suelos químicamente pobres, debe ser plantado en el suelo con una textura suelta. No tolera suelos muy arcillosos, con una somera capa freática. Crece mejor en suelos que permanecen húmedas durante la estación seca (Lama, 1976) (Nieto *et al.*, 2003).

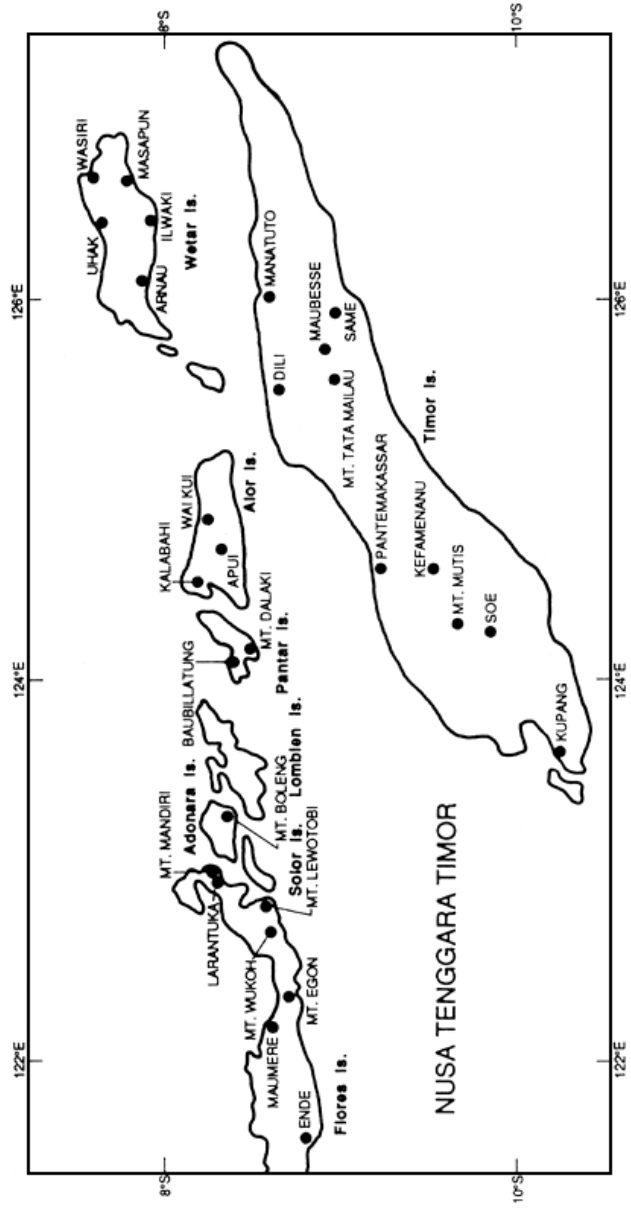


Figura 3. Islas del Archipiélago Indonebio en las que habita naturalmente el *Eucalyptus wrophylla* S. T. Blake

En elevaciones inferiores, que suelen estar dominadas por terrenos arbolados abiertos, de bajo porte, de *E. alba* o de sabana. Pueden desarrollarse bosques altos y claros sobre sustratos basálticos con orientaciones favorables. Estas poblaciones pueden ser contiguas al bosque tropical denso o estar entremezcladas con éste. En el límite superior de su ámbito altitudinal, *E. wrophylla* forma arbolados con terrenos abiertos, dispersos y de escaso porte (Jun *et al.*, 1992) (Penfold *et al.*, 1961).

La especie corresponde a la familia de las Myrtaceae. La especie es a veces erróneamente denominado *Eucalyptus alba*, una especie muy similar. Los nombres comunes que ha recibido en las montañas de Timor son: goma, goma blanca; ampupu, Popo, palavao, preto. Es un árbol de rápido crecimiento que puede alcanzar de 15 a 20 m de altura y 40 cm en diámetro (Nieto *et al.*, 2003).

En la mayor parte de su ámbito natural, el *E. wrophylla* es un árbol forestal que tiene normalmente de 25 a 45 m de altura y menos de 1 m de diámetro, con un tronco recto que representa de la mitad a las dos terceras partes de la altura del árbol. Los ejemplares excepcionales alcanzan 55 m de altura y hasta 2 m de diámetro, mientras que en la máxima altitud de su distribución (>2.500 m.) puede ser un arbusto pequeño y retorcido

de sólo unos pocos metros de altura (Turnbull y Brooker 1978; Jacobs, 1981; Jun *et al.*, 1992).

La descripción botánica de esta especie es extremadamente variable, en particular para la corteza, tamaño y forma de los frutos, entre distintas poblaciones y entre los árboles de una misma población. (Martin y Cossalter 1975-76; Turnbull y Brooker 1978).

La corteza es rugosa a diferencia de la especie *E. alba*, que tiene una corteza lisa o rugosa sólo una parte del tronco. Las hojas de los árboles jóvenes son diferentes de los árboles de mayor edad, siendo éstas más pequeñas y redondeadas. En los árboles más antiguos, las hojas son más largas, 12-20 cm, y más limitadas. El final de la hoja disminuye hasta un punto, la formación lo que se denomina "punta de goteo". Las flores son inflorescencias en un único axilar, con 5-10 flores en cada una (Nieto *et al.*, 2003).

La madera es dura y se utiliza principalmente para pulpa y tableros. También se usa como postes de transmisión eléctrica, puestos de larga duración, y pilotes, en ligeros y pesados de construcción, ebanistería y carpintería, y para la madera contrachapada y tableros aglomerados. Es útil en la protección de las riberas de los ríos y proporcionar sombra. Algunas especies producen una miel con buenas propiedades. Porque la especie no tiene grandes necesidades edáficas, es conveniente para la reforestación, tanto en suelos inundados y en suelos secos de tierras bajas tropicales (Nieto *et al.*, 2003).

Dos de las razones por las que *E. grandis* y *E. urophylla* se han utilizado comercialmente son su propensión a producir semillas de una diversidad de condiciones climáticas y del suelo en todo el mundo, así como la relativa facilidad con la que estas especies pueden ser propagadas en viveros forestales (Wright, 1997).

El *E. urophylla* está entre las especies prioritarias identificadas por el Cuadro de Expertos de la FAO, en Recursos Genéticos Forestales, para investigación sobre taxonomía, adquisición de germoplasma, ensayos de procedencia y mejora genética. (Jun *et al.*, 1992).

La primera recolección registrada de semilla de *E. urophylla* se hizo especialmente para investigaciones de procedencias y fue realizada por M.R. Jabobs y R.W. Evans, en Timor en 1963 y, en Flores y Timor, por E. Larson en 1968. Esto fue seguido por otra serie de recolecciones incluyendo las realizadas por C. Cossalter del Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) (Jun *et al.*, 1992).

1.5.5. Debate del uso del Eucalipto

Sin embargo, y a pesar de esta popularidad, hay una corriente de opinión cada vez más generalizada, según la cual el eucalipto tiene una serie de inconvenientes a corto y a largo plazo, porque empobrece el medio - suelo, agua y fauna silvestre - aun cuando las plantaciones se hayan realizado en tierras no cultivadas y desprovistas de cubierta arbórea. Algunos países han llegado incluso a prohibir la plantación de eucaliptos (Poore *et al.*, 1988). Los efectos de los eucaliptos sin talar sobre el suelo en que están plantados, dependen del estado de éste; son beneficiosos cuando el suelo está degradado, pero probablemente no lo son cuando sustituyen a bosques indígenas (Poore *et al.*, 1988).

Al parecer, los bosques naturales de eucaliptos protegen de la lixiviación y de la eliminación de nutrientes por escorrentía, igual, e incluso algo mejor, que otros bosques naturales (Poore *et al.*, 1988).

La corta de eucaliptos a breves intervalos, especialmente si se suprime toda la biomasa, origina un rápido agotamiento de las reservas de nutrientes del suelo. Ello es una consecuencia directa de su rápido crecimiento; sucedería lo mismo con cualquier otra especie de alta productividad, y está también estrechamente ligado a la duración del intervalo. Existen algunas pruebas de que el consumo de nutrientes en cultivos comparables de pinos es mayor. En cada caso debería calcularse el costo en nutrientes y decidir, según los resultados, el tratamiento con fertilizantes (Poore *et al.*, 1988).

No existe una respuesta universalmente válida sobre los efectos favorables o desfavorables de la plantación de eucaliptos. Tampoco debe darse una respuesta universal; cada caso debe examinarse por separado. No parece que pueda alterarse esta conclusión mediante nuevas investigaciones generales, por muy detalladas que éstas sean (Poore *et al.*, 1988).

La plantación de eucaliptos, sobre todo en gran escala, debe realizarse sólo después de una evaluación cuidadosa e inteligente de las consecuencias sociales y económicas, unida a un intento de comparar las ventajas y las desventajas. La mejor forma de conseguirlo es probablemente estudiar con espíritu abierto las circunstancias ecológicas y las necesidades de la población local, para lo cual pueden servir de ayuda los resultados de las investigaciones básicas sobre el agua, los nutrientes, etc. (Poore *et al.*, 1988) para

adoptar decisiones a nivel local, pero no deben extrapolarse los resultados de esas investigaciones a otras circunstancias diferentes, ni tampoco deben hacerse generalizaciones injustificadas a partir de ellas.

1.5.6. Problemática actual de *E. urophylla* con el hongo *Chrysosporthe cubensis*

Las plantaciones del género *Eucalyptus* se han visto afectadas actualmente a nivel mundial por la presencia del hongo *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Gryzenh & M. J. Wingf, causante del cancro en tronco de los árboles. *Chrysos*, dorado, debido a que el tejido estromático es color naranja y *porthe*, destructor, por su naturaleza patogénica (Gryzenhout *et al.*, 2004). Boerboom y Maas (1970), lo reportan por primera vez en Surinam en 1965 llegando a causar cuantiosas pérdidas de alrededor del 90%. Años después se reporta su presencia en países como Cuba, México, Colombia, Venezuela, Brasil, Surinam, U.S.A., Zaire, República del Congo, Camerún, Tanzania, Indonesia, Malasia, Singapur, China, India y Australia (Gryzenhout *et al.*, 2004).

Este hongo parasita el cambium, albura y las primeras capas del xilema, provocando la deformación del fuste y reduciendo la capacidad de reproducción vegetativa, crecimiento y en algunos casos la muerte del árbol (Boerboom y Mass, 1970) siendo una de las enfermedades más severas en los eucaliptos (Barreto *et al.*, 2006).

Dicho hongo pertenece a la clase ascomycota, orden Diaphortales (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, 2005), familia Cryphonectriaceae (Cibrián y García, 2007). La clase donde se ubica este hongo, ascomycota (Cibrián *et al.*, 2007). Después de diversas controversias se ha determinado que las características morfológicas que lo permiten identificar con certeza son: ascostroma reducido, de color naranja; cuello peritecial largo, gris pardo-negro; conidiomas generalmente piriformes, superficiales, con cuellos atenuados, gris pardo-negro; teleomorfo (Ciesla, *et al.*, 1996).

A simple vista se pueden observar en pequeños grupos las estructuras globosas llamadas peritecios de 150-300 µm en diámetro y hasta más de 5 mm en altura, correspondientes a la fase sexual que se forman bajo la corteza de color gris pardo (Hodges, 1980; Cibrián y García, 2007). Otras estructuras similares llamados picnidios, son los cuerpos fructíferos

de la fase asexual, miden entre 0.4 a 1.8 mm en altura y de 0.2 a 0.8 mm en diámetro en la base, se encuentran de manera individual y que en algunas ocasiones forman unas estructuras de color naranja-amarillento (conidios) (Ciesla *et al.*, 1996, FAO, 1981).

De acuerdo con Alvarado (2007), los peritecios producen esporas capaces de incrementar la variabilidad genética y adaptación bajo condiciones adversas, mientras que los picnidios forman esporas que permiten expandir la población del hongo. Ambas estructuras son similares, sin embargo, los peritecios se encuentran incrustados en la corteza y son de mayor tamaño (Barnard y English, 1980; Hodges, 1980).

Se desarrolla bien en regiones donde la temperatura es de aproximadamente 23°C o mayor, y con precipitación pluvial de más de 2,000 mm anuales (Ciesla *et al.*, 1996). Se ha observado que en la zona del sur de América se presentan ambas fases de reproducción del hongo, a diferencia del sur de África donde predominan los conidios (fase asexual) sobre el hospedante (Ciesla *et al.*, 1996; Hodges, 1980). El hongo infecta arbolado establecido bajo condiciones de estrés y se puede considerar como indicador de malas condiciones del sitio (Alvarado, 2007).

Los primeros síntomas que presenta el árbol hospedero son la formación de un tejido calloso que rodea la zona infectada (Boerboom y Maas, 1970). La propagación del hongo será acorde a las condiciones ambientales que se presenten, de ser adecuadas para el hongo la severidad aumentará llegando a agrietar, decolorar, e hinchar la corteza del árbol.

Los hongos formadores de cancro pueden producir la muerte de sus hospederos, los árboles de alrededor de 2- 8 años son muy susceptibles (Ciesla, *et al.*, 1996). Una vez iniciada la infección del hongo, ésta continúa atacando otras zonas, seguidas una de otra de aproximadamente 1 m más arriba de la primera (Boerboom y Maas, 1970), pudiéndose extender hasta la parte superior del tronco (Ciesla *et al.*, 1996; FAO, 1981) y llegando a unirse varios canchros (Boerboom y Maas, 1970) causando la muerte por obstrucción en la circulación de sustancias nutritivas y agua (Macías *et al.*, 2002).

Dentro de los efectos del cancro se ha encontrado la reducción del crecimiento de los árboles de eucalipto de más de 5 cm de DAP, incrementándose la incidencia en árboles de diámetros mayores (Boerboom y Maas, 1970).

El manejo y control de esta enfermedad requiere de la selección del sitio de plantación adecuado, mejorar las condiciones ambientales mediante manejo silvícola, además de, la utilización de individuos resistentes mediante el establecimiento de plantaciones experimentales para identificar clones, especies, variedades y procedencias, registrando el impacto de la enfermedad en el crecimiento en diámetro y altura, tasa de mortalidad y susceptibilidad en distintas condiciones de sitio, para esto último las pruebas de patogenicidad son ampliamente empleadas (FAO, 1981).

Autores mexicanos (Cibrián y García, 2007) reportan en nuestro país un problema similar del 70% de pérdidas en el sureste mexicano.

De las diversas especies de eucaliptos que se utilizan para plantaciones, se ha observado que *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* y *E. saligna* son susceptibles al hongo *E. urophylla* es reportado como una especie altamente resistente a la infección del hongo (Ciesla, et al., 1996; Gibson, 1981; FAO, 1981), sin embargo, la empresa PLANTEH reporta en este escrito un daño de alrededor el 60% de árboles enfermos.

Hay muy poca información sobre plagas y enfermedades pero se sabe que en el Brasil es mucho más resistente al hongo que *E. grandis* o *E. saligna* (FAO, 1981).

1.5.7. Producción de semilla mejorada

Satisfacer las necesidades de semilla para el establecimiento de la plantación se convierte en un asunto primordial. Las semillas adaptadas a las características especiales del lugar son ideales para iniciar el establecimiento de plantaciones. Esto se logra mediante un programa de manejo genético y silvícola. Partiendo de la variación de las especies de eucalipto se puede establecer un programa de selección fenotípica con las características deseadas.

Las plantaciones productoras de semilla van adquiriendo cada vez más importancia. Se pueden seguir en general dos métodos: el primero consiste en formar huertos semilleros con plantitas de semilla, o en hacer plantaciones semilleros que sólo tengan por objeto mantener la integridad genética de la especie o proveniencia particular en cuestión, preocupándose de que estén suficientemente aisladas de fuentes genéticas contaminantes

potenciales. La distancia máxima entre rodales dentro de la cual se pueden producir cruzamientos fácilmente depende, en su mayor parte, de la distancia que recorren los insectos vectores para efectuar la polinización. Al parecer, 2 km es más que suficiente (Prior, 1978; FAO, 1981).

Conviene plantar las parcelas productoras de semillas con un espaciamiento relativamente pequeño, para hacer pronto un raleo intensivo, dejando los árboles de mejor forma y los más vigorosos con un espaciamiento relativamente grande para que desarrollen plenamente sus copas y produzcan bastante semilla. Se ha adquirido suficiente experiencia como para demostrar que sistemas de este tipo funcionan bien, a pesar que los detalles precisos del espaciamiento, la época del raleo y los métodos de recolección de semillas de árboles que a la larga suelen ser grandes hay que elaborarlos de acuerdo con los medios con que se cuente en el lugar en que se realice el programa (Prior, 1978).

1.5.8. Bases genéticas

La variación genética de las especies es muy grande, en muchos casos ha provocado una adaptación muy precisa al sitio y, por eso, poblaciones separadas de una especie de *Eucalyptus*, por lo general, son diferentes unas de otras en todo el ámbito de distribución geográfica y climática de determinada especie. Esta capacidad de adaptarse a un sitio preciso es propia del eucalipto en general y reviste fundamental importancia en todo programa de mejora (Prior, 1978).

En la literatura aparecen los primeros trabajos de mejoramiento genético de *E. urophylla* en 1960 para el Congo y 1970 en Brasil (Wright, 1997). Si bien los objetivos específicos varían, los programas de mejoramiento de los eucaliptos tienen, por lo general, el objetivo de producir árboles sanos, vigorosos y de buena conformación (Burgess, 1973).

1.6. LITERATURA CITADA

- Alvarado R., D. 2007. Enfermedades en Árboles de México. Conceptos, Diagnósis y Manejo. Apuntes del curso Fitosanidad Forestal (FIT-645). Colegio de Postgraduados.
- Barnard, E.L.; English, J.T. 1980. Basal cankers of *Eucalyptus* spp. Plant Pathology Circular 219. Tallahassee, FL: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. 2 p.
- Barreto, R.W., F.B. Rocha and F.A. Ferreira. 2006. First record of natural infection of *Martiera edulis* by the eucalyptus canker fungus *Chrysosporthe cubensis*. Plant Pathology 55: 577.
- Boerboom, J.H.A. and P.W.T. Maas. 1970. Canker of *Eucalyptus grandis* and *E. saligna* in Surinam caused by *Endothia havanensis*. Turrialba 20(1): 94–99.
- Burgess, I.P. 1973. Breeding programme for *Eucalyptus grandis*. En Tropical provenance and progeny research and international cooperation, ed. por J. Burley y D.G. Nikles. Oxford, Commonwealth Forestry Institute.
- Cibrián, T.D. y E. García D. 2007. *Chrysosporthe cubensis* In: Enfermedades Forestales en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 587 p.
- Ciesla, W.M., M. Deckmann y C.A.J. Putter. 1996. *Eucalyptus* spp. Technical Guidelines for the Safe Movement of Germoplasm No. 17. FAO/IPGRI. Rome. 66 p.
- CONAFOR 2007. Revista electrónica. Estadísticas de la Producción forestal. Número 57. <http://www.mexicoforestal.gob.mx/nota.php?id=390>
- Eldridge *et al.*, 1993 Eldridge, K.G., J. Davidson, C.E. Harwood and G. van Wyk. 1994. Eucalypt Domestication and Breeding. Clarendon Press, Oxford. 288 p.
- Eldridge, K.G., J. Davidson, C.E. Harwood and G. van Wyk. 1994. Eucalypt Domestication and Breeding. Clarendon Press, Oxford. 288 p.
- Endo, M., 1992. First year growth of *Eucalyptus urophylla* provenances compared with *E. grandis* and other *Eucalyptus* spp. in Colombia. **Volume 83, Issues 1-2** Pages 117-122
- FAO. 1981. El Eucalipto en la Repoblación Forestal. Depósito de documentos de la FAO, Departamento de montes. Colección FAO, Montes No. 11. Roma, Italia. 723 p
- FAO. 1993. The role of biotechnology in forest tree improvement with particular reference to developing countries.
- FAO Forestry Paper, based on the work of André Mayer Fellow R. Haines. FAO, Rome
- FAO, 1998 Mean annual volume increment of selected industrial forest plantation species by L Ugalde & O Pérez. Forest Plantation Thematic Papers, Working Paper 1. Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. FAO, Rome.

- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen para Adaptarlo a la República Mexicana. 5ta. ed. Offset Larios. México, D.F. 217 p.
- Gryzenhout, M., H. Myburg, N.A. van der Merwe, B.D. Wingfield and M. J. Wingfield. 2004. *Chrysosporthe*, a new genus to accommodate *Cryphonectria cubensis*. Studies in Mycology 50: 119–142.
- Hodges, C.S. 1980. The taxonomy of *Diaporthe cubensis*. Mycologia 72(3):542-548.
- Hodgson, L.M. 1976. Some aspects of flowering and reproductive behavior in *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden at J. D. M. Keet Forest Research Station: 1. Flowering, controlled pollination methods, pollination and receptivity. South African Forestry Journal. 97: 18-28.
- INEGI. 2004. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca. Aguascalientes, Ags. México. 166 p.
- Jacobs, M. 1981 Eucalyptus for Planting. 2nd ed.. Forestry Series No. 11, FAO, Rome, 677 pp.
- Joker et al., 2004. *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Forest & Landscape Denmark. SEED LEAFLET. No. 89. pp 2. Dinamarca
- Lama G., G.1976. Atlas del eucalipto. Sevilla, España: Ministerio de Agricultura. s.p. Vol. 1
- Macías, J., M. Arguedas y L. Hilje. 2002. Plagas forestales neotropicales. Manejo integrado de Plagas No. 63. Pp 88 y 89. (En línea). Costa Rica. Disponible en: <http://web.catie.ac.cr/informacion/RMIP/rev63/pag88-89.pdf>
- Martin, B. and Cossalter, C. 1975–76 Les *Eucalyptus* des Iles de la Sonde. Bois et Forêt des Tropiques N° 163:3–26; 164:3–14; 165:3–20; 166:3–22; 167:3–24; 168:3–18; 169:3–13.
- Nieto, V.M. and J. Rodríguez. 2003. *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. Tropical Tree Seed Manual. Bogotá Colombia.
- Penfold, A.R. and Willis, J. L. 1961. *The Eucalyptus*, Leonard Hill Books, London.
- Pongitory Gifoni, 2004O germoplasma de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blakenno Brazil. Comunicado Técnico 111. Brazil <http://www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/cot111.pdf>
- Poore, M.E.D. y C. Fries. 1985. The effects of *Eucalyptus*. Forestry Pap. 59. FAO. Rome, It. 87 p.
- Poore, M.E. D. y C. Fries. 1988. The Ecological effects of *Eucalyptus*. Revista Unasyiva No. 152. Departamento de Montes de la FAO. Roma Italia.
- Pulp & Paper International, Julio 2002, volumen 43, numero 7.

- Pulp & Paper International, Julio 2004, Pulp and paper producers do well in the millenium volumen 50.
- Pryor, L.D. 1961. *Eucalyptus* in plantations present and future. En: Proceedings, FAO, world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 993-1008.
- Pryor, L.D. 1978. Reproductive habits of the eucalypts. *Unasylva*. 30(119/120): 42-46.
- Reynders, M.I. 1970. *Informe sobre los ensayos de especies en zonas tropicales de México*. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura.
- SARH. 1988. Normales Climatológicas. 2da ed. Servicio Meteorológico Nacional. México, D.F. 798 p.
- Turnbull, J.W. and Brooker, M.I.H. Timor mountain gum *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. Forest Tree Leaflet N^o 214. CSIRO, Melbourne.
- Turnbull, J.W. y L.D. Pryor. 1984. Species and seed source. *In: Eucalypts for wood production*. W.E. Hillis and G. A. Brown (Eds.). 1984. CSIRO/ACADEMIC PRESS. Australia. 434 p.
- Vargas H., J.J., J. Jasso M. y B. Bermejo. 2004. El mejoramiento genético forestal como base para el establecimiento de plantaciones forestales *In: Plantaciones forestales*. Producir para conservar. Memorias de la IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Arteaga M., B. y M.A. Musálem S., Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 548 p.
- Wright J.A. 1997. A review of the worldwide activities in tree improvement for *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and the hybrid *urograndis*. *In: T.L. White, D.A. Huber and G. Powell* (eds), 24th Biennial Southern Forest Tree Improvement Conference. Orlando, Florida, USA. Southern Forest Tree Improvement Committee, Orlando, pp. 96–102.

CAPITULO II

ESTABLECIMIENTO DE DOS ÁREAS SEMILLERAS DE *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE EN SANTIAGO YAVEO, OAXACA

RESUMEN

Establecer un área semillera permite el manejo y selección de individuos con gran eficiencia y productividad, con rodales tratados en saneamiento y mejoramiento para producción de semilla mejorada genéticamente. La Empresa Forestal Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C. V. (PLANTEH) cuenta con plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake para la producción de celulosa. Se encuentra establecida en el municipio de Santiago Yaveo, Oax., colindando con el estado de Veracruz a 16° 17' de latitud norte y 95° 25' de longitud oeste a una altura de 40 msnm. La selección del área para establecer las áreas semilleras debió cumplir los criterios de homogeneidad de especie, sanidad, fácil acceso, calidad de los individuos plantados y pendiente del terreno entre otras cosas. Partiendo de 1100 árboles en cada parcela se procedió a seleccionar fenotípicamente de 100 a 150 individuos en promedio por hectárea, por área semillera, respectivamente. Los individuos no seleccionados fueron derribados y los que quedaron en pie numerados con un color representativo por hectárea. Las características de los individuos seleccionados fueron principalmente: estado sanitario, ya que la zona cuenta con el hogo *Chrysoporthe cubensis* (Bruner) Gryzenh. & M. J. Wingf, seguida por diámetro, rectitud, sin bifurcaciones y altura. Los datos registrados de árboles derribados fueron: altura total, fuste limpio, longitud de copa y DAP. En el caso de árboles en pie se realizaron las siguientes mediciones al momento del establecimiento y un año después: DAP a todos y altura total, fuste limpio y longitud de copa a 30 en cada parcela.

Palabras clave: Áreas semilleras, *Eucalyptus urophylla*, mejoramiento genético, plantaciones forestales, productividad

**ESTABLISHMENT OF TWO SEED AREAS OF *Eucalyptus urophylla* S. T.
BLAKE IN SANTIAGO YAVEO, OAXACA**

ABSTRACT

Establish seed areas allows the management and selection of individuals with high productivity and efficiency of rods treated for improvement in sanitation and production of genetically improved seed. Forest company "Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C. V. (PLANTEH)" has plantations of *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake for the production of cellulose. It's Stablish in municipio de Tehuantepec, Maria Lombardo, Oaxaca, bordering the state of Veracruz to 16 ° 17' north latitude and 95° 25' west longitude at an altitude of 40 msl. The selection of the area to establish seed areas had met the criteria for homogeneity of species, health, access, quality of individuals and slope of the land planted among other things. Based on 1100 trees in each plot was to select phenotypically 100 to 150 per hectare on average, no selected individuals were cut and individuals, and those that were not were numbered with a representative color per hectare. The characteristics of the individuals selected was mainly sanitary state because of the presence of fungi *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Gryzenh. & M. J. Wingf in the zone, followed by diameter, straightness, without branching and height. The recorded data of downed trees were: total height, clean stem, length cup and DAP. In the case of standing trees the following measurements were made at the time of establishment and one year later: DAP in all of them and total height, clean stem and length cup of 30 trees in each plot.

Key words: Seed production areas, *Eucalyptus urophylla*, tree improvement, forest plantations, productivity.

2.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las plantaciones forestales de especies nativas y exóticas constituyen en la actualidad la alternativa más viable para incrementar tanto en calidad como en cantidad los diversos productos derivados del bosque, en particular leña, carbón, madera y celulosa.

El establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales permite por una parte reducir el costo de las importaciones por productos forestales, los cuales en algunos países marcan en su economía un renglón deficitario y por la otra ayudan a disminuir los daños ocasionados en los bosques naturales a causa de la explotación selectiva de que han sido objeto, situación que ha traído por consecuencia el empobrecimiento de las fuentes de germoplasma primario en diversas partes del mundo, particularmente en aquellos países tropicales que cuentan con recursos de vegetación (Niembro, 1990).

El objetivo de un programa de mejoramiento de árboles es producir semilla genéticamente mejorada para el establecimiento de plantaciones comerciales. Las áreas semilleras son rodales especialmente seleccionados y manejados para la rápida y abundante producción de semillas. Las áreas semilleras deben ser localizadas donde se tienen las más grandes necesidades de reforestación y donde los suelos y climas son similares a los sitios de las plantaciones (Clausen, 1990).

Éstas áreas poseen tres atributos importantes: primero la semilla colectada posee mejores cualidades genéticas que la semilla colectada con fines comerciales, especialmente en lo que se refiere a la adaptabilidad, características del fuste y de la copa, y resistencia a plagas; segundo son fuente confiable de semilla bien adaptada a un costo moderado; y tercero son fuentes confiables de semilla de origen geográfico conocido (Zobel y Talbert, 1988).

Áreas semilleras. Son rodales superiores que poseen árboles de alta calidad fenotípica, donde los árboles fenotípicamente inferiores son eliminados, de manera que se garantice que los árboles dejados en pie produzcan semilla de mejor calidad genética (5 a 8%) en relación a las masas boscosas del área de influencia. Esta estrategia permite producir semilla mejorada en un corto plazo, y es considerada como una técnica intermedia en los programas de mejoramiento genético forestal (Prieto y López, 2006).

Las ventajas que presentan las áreas semilleras de acuerdo con diversos autores son las siguientes: Proporcionan grandes cantidades de semilla bien adaptada con costos modestos para su uso inmediato en programas de plantaciones a gran escala, las semillas producidas serán de mejor calidad genética que las semillas de colecta comercial o de rodales promedio, son fuentes confiables de semilla de origen geográfico conocido, se obtiene una ganancia genética del 5 al 8% en volumen, se conoce el origen de la semilla (procedencia), se pueden realizar diversos estudios para determinar la producción y calidad genética de la semilla, son una fuente provisional de germoplasma para programas de mejoramiento genético forestal (etapa inicial) y, la semilla y su progenie es óptima para plantaciones con ambientes similares (Prieto y López, 2006; Clausen, 1990).

Las desventajas: El área requiere tratamiento silvícola para eliminar individuos indeseables, los árboles son seleccionados únicamente por sus características fenotípicas, el sitio requiere cuidados y mantenimiento como son la limpieza, eliminación de residuos leñosos y renovación, control de plagas y enfermedades, brechas cortafuego y habilitación de caminos; es una etapa inicial de programas de mejoramiento genético ya que los árboles seleccionados tienen cierto parentesco, por lo tanto la progenie tiene poca variabilidad genética (Prieto y López, 2006). Esto último es solamente aplicable a los rodales naturales.

Los rodales que serán desarrollados como áreas semilleras deberán contener una alta proporción de árboles saludables y vigorosos con tallos rectos y copas bien desarrolladas. Deberán ser accesibles y con una edad suficiente para producir semilla, pero suficientemente jóvenes para responder a los aclareos. Un área semillera consiste en una zona central y una zona de aislamiento. Los árboles de la zona central producen la semilla mejorada a certificar. La zona de aislamiento, la cual rodea la zona central debería ser cuando menos de 100 m. de ancho y sirve para reducir la contaminación con polen de árboles de menor calidad. El tamaño del área, usualmente un cuadrado o rectangular, puede variar de 4 a 16 hectáreas de acuerdo con Zobel y Talbert, 1988; Clausen, 1990, debido a que el manejo de rodales pequeños es improductivo, y el riesgo de introducción de polen extraño es grande.

El germoplasma colectado en las áreas semilleras es de mayor calidad genética en comparación al rodal inicial (Jasso, 1982) y para que la colecta sea eficaz asegurando una adecuada polinización, es recomendable conservar 50 árboles semilleros con un fenotipo aceptable por acre (125/ha); no obstante el número óptimo de árboles que permanezcan dependerá del tamaño del árbol y de la intensidad de selección (Zobel y Talbert, 1988). La zona central presenta menor variabilidad y por tanto, se obtiene mayor número de semillas vanas, pero, las plántulas producidas son de mejor calidad en comparación a la franja de protección (Jasso, 1990).

Se deben seleccionar los árboles vigorosos dominantes o codominantes con fuste recto, buena poda natural y libre de daño por insectos y enfermedades. El número de árboles que permanecerán en un área semillera varía de acuerdo a la especie, pero de 50 a 80 árboles por hectárea es usualmente adecuado (Clausen, 1990). La selección es la base, la clave y la primera operación en todo programa de mejoramiento genético (Shelbourne, 1982; Zobel y Talbert, 1984); en la selección es donde se determina cuanta ganancia genética se obtendrá en la primera y en las siguientes generaciones y, la forma de obtener los mejores padres es a través de la selección intensiva (Zobel y Talbert, 1984).

La selección artificial es simplemente el proceso de decidir a que árboles se les permitirá reproducirse (Bey, et al, 1986); consiste en la elección de individuos y poblaciones con características deseables, con el fin de mejorar el genotipo medio de una población (Wright, 1964). Ésta selección de los mejores fenotipos nos lleva a una pérdida de variabilidad genética (Jasso, 1970), sin embargo, debido a que se promueve la polinización abierta entre individuos dejados en pie, se prefiere que el rodal provenga de un gran número de árboles por los problemas de endogamia que pudiera presentar (Zobel y Talbert, 1988; López, 2007).

La gran variación de los rasgos importantes de la mayoría de los árboles forestales tiende hacia una distribución normal y la normalidad de los caracteres nos facilita la tarea de la selección; esta variación sumada a su aptitud combinatoria general razonablemente fuerte, es una buena oportunidad para obtener ganancia genética por su selección de fenotipos deseables (Zobel y Talbert, 1984; Eguiluz, 1990; Bey *et al.*, 1986).

Al seleccionar un número reducido de individuos, la frecuencia de los genes es dirigida hacia el rumbo que le indica el mejorador, incrementa la homogeneidad de la población debido a que tiende a la homocigosis y la semilla producida en los huertos semilleros conlleva una mayor frecuencia de genes deseables y combinaciones de éstos para las plántulas de la siguiente generación (Zobel y Talbert, 1984; Eguiluz; 1990; Bey et al 1986).

Normalmente los rasgos deseados en un árbol son: rectitud del fuste, peso específico de la madera, resistencia a plagas y enfermedades (de alta heredabilidad) y, otros de menor heredabilidad como: poda natural, conformación de la copa, diámetro y ángulo de ramas y volumen, aunque este es clave en la selección (Bouvarel, 1966 y Van Buijtenen, 1969; Zobel y Talbert, 1984).

Remover los restos de madera y la vegetación del suelo para facilitar las actividades de manejo. La fertilización a los árboles productores de semilla puede ser deseable (Clausen, 1990).

Las áreas semilleras rara vez son sometidas a pruebas de progenie; por tanto ambos padres son seleccionados por sus características fenotípicas. Con base en cierto número de pruebas, se ha conseguido sólo un mejoramiento genético limitado para el crecimiento en volumen en áreas semilleras en el sur de Estados Unidos (LaFarge y Graus, 1981). Sin embargo, el mejoramiento en crecimiento ha sido bueno en varias áreas semilleras de plantaciones de especies exóticas, incluyendo pinos y *Eucalyptus*. En este caso, se obtiene una raza local introducida cuando se utilizan buenos fenotipos como progenitores (Zobel y Talbert, 1988).

El propósito principal de la mejora de especies forestales es asegurar material y oportunidades para la mejora genética durante algún tiempo en una gran área, en la mayoría de los casos en una región. Las poblaciones de mejora establecidas deberían funcionar como reservorios de material y variación genética para trabajos de mejora (Cubero, 2003).

En base a estos antecedentes, la Empresa Forestal Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C. V. (PLANTEH) al contar con plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake,

estableció dos áreas semilleras de esta especie como inicio de una estrategia de mejoramiento genético, teniendo como objetivo incrementar la producción de celulosa y madera sólida. Dichas áreas semilleras se establecieron en el

2.2. OBJETIVO

Describir el proceso para el establecimiento de dos áreas semilleras en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en el municipio de Santiago Yaveo, Oax.

2.2.1. Objetivo general

Establecer dos áreas semilleras para la producción de semilla mejorada de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en el municipio de Santiago Yaveo, Oax.

2.2.2. Objetivos específicos

Seleccionar los mejores árboles para que permanezcan en las áreas semilleras a partir de las plantaciones ya establecidas.

Establecer las dos áreas semilleras con dos densidades diferentes para observar cual es la mejor opción para producción de germoplasma que cubra las necesidades de la empresa PLANTEH.

2.3. MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1. Selección y trazo del área semillera

Después de varios recorridos en vehículo y a pie dentro de las plantaciones de la empresa, se seleccionaron dos áreas plantadas con *E. urophylla* S.T. Blake en agosto del 2007. Las dificultades que se presentaron para la selección de rodales con los cuales se conformarían las áreas semilleras fueron varios debido a la presencia del hongo *Chrysophorhe cubensis* el cual se presentaba de manera importante, la dificultad de acceso a las zonas para la posterior colecta, dificultad para encontrar zonas con certeza de homogeneidad de la especie, terrenos planos y calidad general del arbolado (Anexo 1). Finalmente las zonas que se designaron para el establecimiento se presentan en la Figura 4.

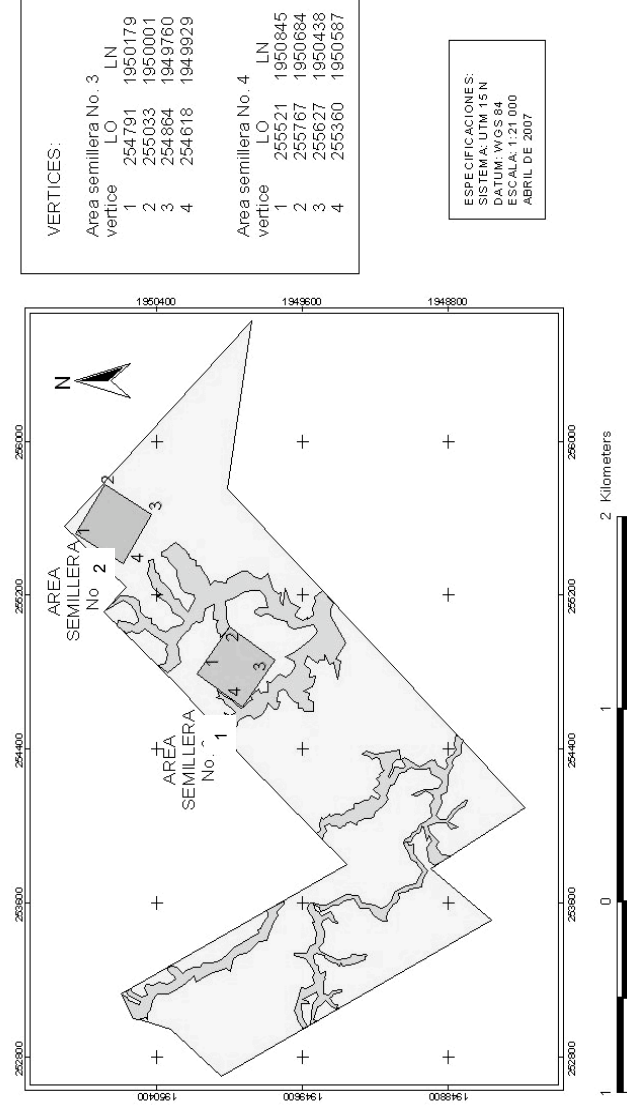


Figura 4. Ubicación de las áreas semilleras en el Predio La Esperanza I

Cada área semillera (AS) consta de 300 m de longitud en cada uno de sus lados, divididas en 9 parcelas de una hectárea cada una numeradas en el sentido de las manecillas del reloj, ubicándose la número uno en la hectárea inferior derecha como se muestra en la Figura 5. Las zonas se delimitaron con estacas al inicio de cada parcela, logrando así un área central y ocho parcelas alrededor como zona de amortiguamiento para evitar la contaminación por polen externo.

5	6	7
4	9	8
3	2	1

Área semillera 01

5	6	7
4	9	8
3	2	1

Área semillera 02

Figura 5. Distribución de las áreas semilleras

Finalmente ambas áreas semilleras se establecieron en el predio la Esperanza 1 quedando orientadas de la manera en que se muestran las figuras 6 y 7.

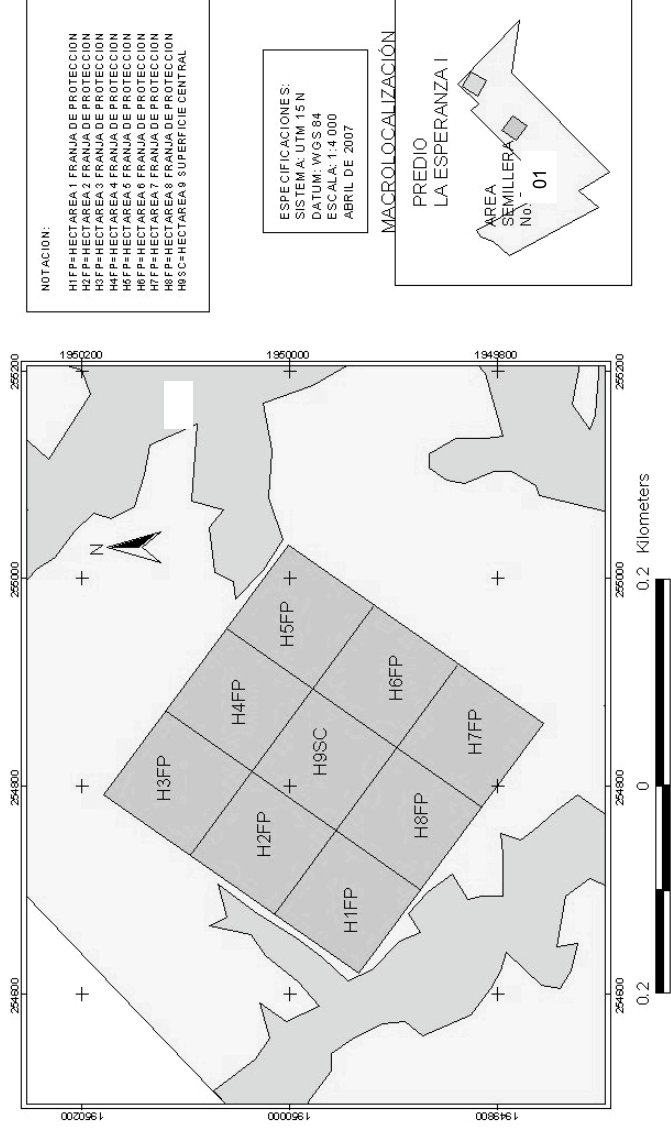


Figura 6. Predio La Esperanza I área semillera 01 de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake

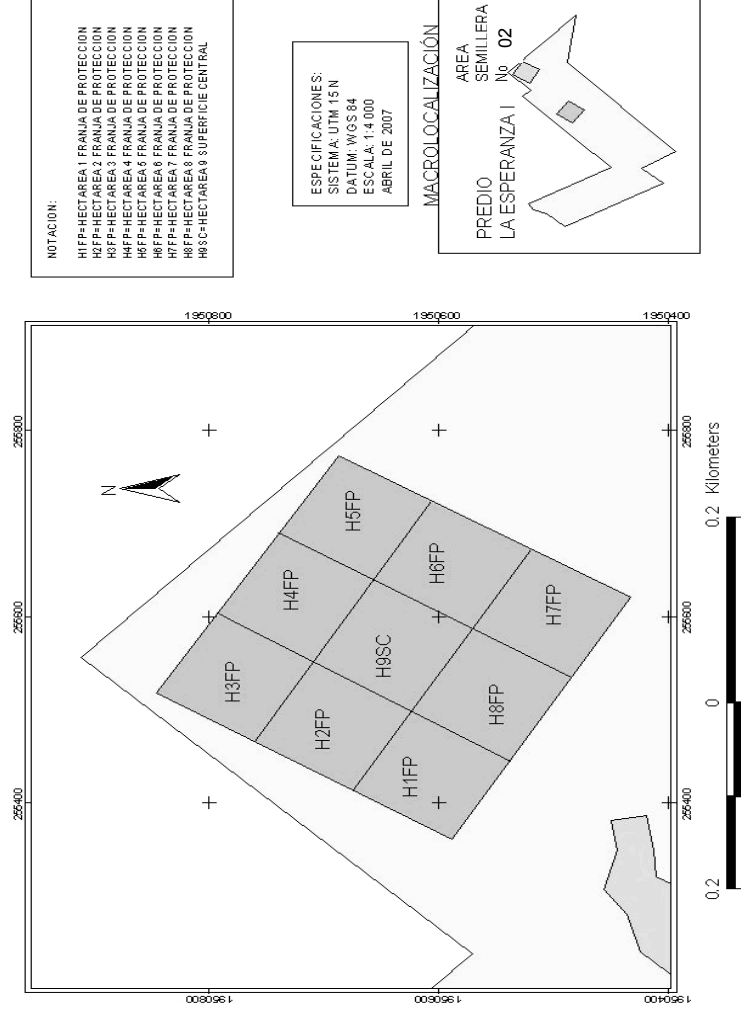


Figura 7. Predio la Esperanza I área semillera 02 de *Eucalyptus urophylla urophylla* S. T.

Blake

2.3.2. Establecimiento del área y características de árboles dejados en pie

En agosto del 2007 a la edad de seis años (Anexo 2), con una densidad inicial de la plantación de 1100 árboles/ hectárea en promedio, se eliminaron en una primera etapa los individuos que no cumplían con los criterios de selección considerando como prioritario la sanidad. Para el segundo aclareo, se aplicaron los criterios de rectitud del fuste, fuste limpio y tamaño del árbol a fin de dejar una densidad de 100 árboles/ ha en el área semillera 01 y 150 árboles/ ha en el área semillera 02.

Se encontraron dificultades para dejar este número de árboles en pie debido a la alta presencia del hongo *Chrysosporithe cubensis*, (Bruner) Gryzenh. & M. J. Wingf., el cual se presentaba de manera frecuente dentro de la plantación. También se realizaron inspecciones después de establecidas las áreas con la finalidad de detectar y derribar árboles que presentaron el cancro después de cierto tiempo (Anexo 3).

Para la industria de aserrío y de celulosa la limpieza en el fuste es muy importante debido a las máquinas utilizadas y a la calidad de la madera que se produce, por tanto los árboles seleccionados es importante que tengan el mayor fuste limpio posible.

Posteriormente al aclareo se realizó la limpieza del terreno de los residuos producidos por la extracción de árboles no deseados, aplicando herbicida a los tocones para evitar el rebrote.

2.3.3. Características evaluadas

La toma de datos de árboles (Anexo 2) derribados en ambas áreas semilleros fueron: longitud total del árbol, DAP y longitud de fuste limpio. Estas medidas por razón natural sólo se tomaron una vez en agosto del 2007.

Los árboles que permanecieron en pie dentro de las áreas semilleras fueron medidos en DAP todos y solo 30 de ellos en las cinco parcelas principales, la altura. Estos registros se realizaron uno en agosto 2007 y el otro en agosto 2008.

Para realizar el muestreo se tomaron en consideración el 50% de las hectáreas de la franja de protección (2, 4, 6 y 8; no se considerarán las cuatro esquinas) y el área correspondiente a la superficie central (9) (Figura 5).

Los árboles de cada hectárea a muestrear fueron enumerados con pintura en aerosol de diversos colores para una mejor identificación.

A todos y cada uno de ellos se les midió DAP con una cinta diamétrica y a una muestra de 30 árboles por cada hectárea de muestreo, incluyendo la superficie central se le tomó: altura total y longitud de fuste limpio.

El registro se llevó a cabo en un formato de campo que considera la fecha de toma de datos y las variables de interés.

2.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ambas áreas semilleras quedaron conformadas por 9 parcelas cada una de una hectárea quedando como zona central la hectárea número nueve (Figura 5), y como zona de amortiguamiento ocho hectáreas alrededor. El número de individuos dejados en pie en cada hectárea fue variable debido a las diversas condiciones que se presentaron como fueron la enfermedad, viento, individuos no vigorosos y mortandad (Figura 8).



Figura 8.- Área semillera ya establecida de *E. urophylla urophylla* S. T. Blake

En el área semillera 01 se cuenta con un total de 795 árboles después de la selección al final de su conformación (Figura 9).

5 100	6 91	7 75
4 90	9 90	8 85
3 87	2 90	1 87

Área semillera 01

Figura 9.- Número de árboles que permanecieron en pie en el área semillera 01

Por otro lado el área semillera 02 cuenta con un total de 1209 árboles (Figura 10).

5 139	6 145	7 128
4 138	9 126	8 107
3 144	2 144	1 138

Área semillera 02

Figura 10.- Número de árboles que permanecieron en pie en el área semillera 02

El promedio general en relación al diámetro fue de 25.5 y 23.3 para el área 01 y 02 respectivamente.

Una vez que fueron establecidas ambas áreas semilleras se presentó un viento fuerte que dobló y quebró un total de 64 árboles en el área 01 y 72 en la 02, mismos que fueron retirados del área (Figuras 11 y 12).



Figura 11.- Árboles quebrados por el viento



Figura 12.- Árbol doblado debido a los fuertes vientos

El porcentaje de árboles enfermos para cada una de las áreas fue de 36.8 % para el área semillera 01 y de 45.2% en el área 02. Estos árboles aún teniendo características que pudiesen ser deseadas como por ejemplo un buen diámetro fueron eliminados al establecer como prioridad el estado sanitario de los individuos a dejar dentro del área.

2.5. CONCLUSIONES

El establecimiento de ambas áreas semilleras fueron concluidas con éxito, al dejar en pie individuos sanos con las características deseadas.

La presencia de la enfermedad *Chrysophothe cubensis* limitó la selección de árboles con diámetros mayores, sin embargo, la prioridad de establecer el área con árboles sanos se cumplió.

Cuando se trabaja con material vivo en ambientes que no pueden ser controlados se obliga a tomar decisiones que no estaban planeadas y cambios que se deben ir resolviendo de acuerdo a las circunstancias que se presentan como pueden ser: vientos que derriben o doblen algunos árboles, presencia de enfermedades, mortandad, etc.

Al trabajar con plantaciones ya establecidas la búsqueda para la ubicación de las áreas semilleras puede resultar compleja ya que se debe prestar especial atención para evitar la presencia de algún híbrido, no conocer la procedencia de la semilla ni la calidad de la misma, una alta incidencia del cancro *Chrysoportha cubensis*, la dificultad de entrar a las áreas, homogeneidad de los terrenos y presencia de zonas de reserva.

2.6. LITERATURA CITADA

- Bouvaerel, P. 1966. *Les facteurs économiques dans le choix d'une méthode d'amélioration*. Sexto Congreso Forestal Mundial. 6 CFM/G/C.T.I./4.1.15
- Clausen K. 1990. Producción de semillas forestales genéticamente mejoradas. En: Memoria Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 42-50.
- Cubero J. I. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal. Mundi-Prensa. Madrid, España. 567 p.
- Eguiluz, P.T. y B. Plancarte A. (Eds.). 1990. Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal. Chapingo, México. 209 p.
- Jasso, M.J. 1970. Impact of silviculture on forest gene resources. Unasylva 97-98. 24 (2-3):
- Jasso, M.J. 1982. Ensayo preliminar de selección y cruzamientos de una población natural de *Pinus montezumae* Lamb. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 109p.
- Jasso, M.J. 1990. Genetic variation of provenances and differently treated stands of *Pinus montezumae* in México. Thesis PhD. Yale University. New Haven, CT. U.S.A. 318p.
- LaFarge y Graus, 1981.
- López, U.J. 2007. Unidades de producción de germoplasma. Apuntes del curso manejo de Germoplasma. Mimeografiado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Niembro, R. A. 1990. La composición química de las semillas y su efecto en la conservación. In: Memoria del Seminario-Taller sobre Investigaciones en Semillas Forestales. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) octubre 26-28, 1988. Bogotá Colombia. Pp. 111-118.
- Prieto R., J.A. y J. López U. 2006. Colecta de semilla forestal del género *Pinus*. Folleto técnico núm. 28. INIFAP. Durango, México. 41 p.
- Van Buijitenen, J.P, 1969. *A selection index for aspen based on genetic principles*. Lake States Aspen Gen. and Tree Impr. Group. Prog. Rep. 6. Appleton, Wisc
- Vargas H., J., V. Bermejo y F. T. Ledig (eds.). 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales, Segunda Edición. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, y Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco. 209 p.

Zobel, B. J. 1987. Growing exotic forests. Wiley. New York. 508 p.

Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales.
Ed. Limusa. México. 545 p.

CAPITULO III. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE *Chrysoporthe cubensis* EN DOS ÁREAS SEMILLERAS DE *Eucalyptus urophylla* EN SANTIAGO YAVEO, OAXACA

RESUMEN

Establecer un área semillera permite el manejo y selección de individuos de gran productividad para producción de semilla mejorada genéticamente. PLANTEH estableció en el municipio de Santiago Yaveo, Oax., dos áreas semilleras de seis años de edad de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, usado para la producción de celulosa. *Chrysoporthe cubensis* (Bruner) Hodges, hongo que produce canchros en el tallo de los eucaliptos afecta materiales de excelente crecimiento de este eucalipto. La principal opción de manejo para este patógeno es la selección y uso de genotipos resistentes o bien tolerantes al patógeno. Con el fin de observar la evolución de la enfermedad en árboles de seis años dejados en pie se evaluaron el diámetro a la altura del pecho y la incidencia en agosto del 2007 de todos los árboles antes de establecer las áreas semilleras. Un año después y realizado la selección de los árboles superiores y el aclareo de los inferiores para dejar 10% aproximadamente. De la población original, en agosto del 2008 se evaluaron el diámetro, la incidencia y la severidad. Además se tomaron muestras de corteza para detectar la fase sexual o asexual del hongo. La incidencia antes de establecer las áreas semilleras fue de 15.4%, encontrando parcelas por arriba del 20% con árboles enfermos (de 4 a 23%). A pesar de la remoción total de los árboles aparentemente enfermos, un año después, 58.1% de los árboles resultaron sanos, 28.0 % con daño imperceptible, 9.5 % con daño ligero, 3.0 % daño moderado y 1.4 % con daño notorio. A diferencia de la primera evaluación, en el segundo año al aumentar el diámetro de los árboles y la incidencia del hongo es menor. Se encontró que el hongo está presente en ambas fases, la fase sexual indica que el hongo puede recrear variabilidad genética, lo cual lo hace un severo problema a estas plantaciones de proseguir la extensión de las plantaciones.

Palabras clave: Área semillera, celulosa, *Chrysoporthe cubensis*, *Eucalyptus urophylla*, plantaciones.

EVALUATION OF THE IMPACT OF *Chrysosporthe cubensis* IN TWO SEED AREAS OF *Eucalyptus urophylla* IN MARÍA LOMBARDO, OAXACA

ABSTRACT

Establishing a seed area allows the management and selection of individuals of an enormous productivity for the production of genetically improved seeds. PLANTHE in Tehuantepec has established in María Lombardo, Oaxaca, two seven-years-old seed areas of *Eucalyptus urophylla* ST. Blake whose objective is the production of cellulose. This specie has been frequently used because of its plasticity and adaptation in different tropical latitudes and altitudes. Even when *E. urophylla* has proved to be more resistant to the fungus *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Hodges, over other species of eucalyptus, it has been found a big incidence of this illness in the seed area, spoiling clones and varieties, causing important losses in Mexican southeast. For management of this pathogen the principal option is using resistant genotypes to the pathogen. In the clone or resistant variety process, it must be determinate the growth impact in height and diameter, mortality and susceptibility under different site conditions. It was done a register of the incidence and diameter of healthy and ill individuals about the establishment of the areas on August 2007, with the purpose of studying illness development on healthy trees left stand. Incidence and severity was taken one year later on August 2008. Incidence analysis of selected trees on seed areas shows 15 % of sick trees with some areas over 20 % during the first year. For the second year it had increased in 41.7 %. This second year severity damage has been included in four categories: 0- healthy, 1- imperceptible, 2- lightly attacked, 3- evidently attacked and 4- highly attacked and very evident. Percentage distribution for each damage category was 58.2 % for 0, 28 & per 1, 9.5 % for 2, 2.9 % per 3 and finally 1.4 % per 4. Unlike the first year, the second year does not show a correlation between diameter category and fungus incidence.

Keywords: Seed production area, cellulose, *Chrysosporthe cubensis*, *Eucalyptus urophylla*, plantations.

3.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los eucaliptos han demostrado una gran plasticidad y adaptabilidad en condiciones muy diversas, aunado a su rápido crecimiento se han demostrado un gran potencial para cubrir la demanda particularmente de celulosa. Sin embargo, se han registrado una gran cantidad de patógenos del tallo en *Eucalyptus*, de los cuales, por lo menos dos, *Chrysosporthe cubensis* Bruner y *Corticium salmonicolor* Berk. y Br., han provocado pérdidas importantes en Brasil, Camerún, Costa Rica, Congo, Cuba, Puerto Rico, Suriname y los Estados Unidos (Florida y Hawaii) FAO, 1981. El chancro provocado por *Chrysosporthe* fue mencionado por primera vez en plantaciones experimentales de *E. saligna* Sm. y *E. grandis* Hill ex Maiden en Surinam, con una edad de hasta 3 años, con muertes de hasta el 90% en rodales infectados, que llevaron a suspender ulteriores plantaciones (Hodges y Reis, 1974a; Hodges *et al.*, 1976).

Las enfermedades de tallo incluyen canchros, formación de agallas, y muerte apical, debiéndose principalmente a la presencia de hongos que parasitan en sus inicios el cambium y albura del hospedante, provocando la reducción de la capacidad de reproducción vegetativa y rebrote, reducción en crecimiento o eventualmente la muerte (Ciesla *et al.*, 1996; FAO, 1981). Las pérdidas debidas a estas enfermedades surgen de la muerte de los árboles, de deformaciones, de la reducción de la capacidad de reproducción vegetativa y, en menor escala, de la pérdida de crecimiento de los árboles. La mayoría de las enfermedades del tallo se difunden por esporas transportadas por el viento u otros propágulos, y tienen una distribución en los cultivos que es más al azar que en el caso de las enfermedades de la raíz.

El hongo *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Hodges, ya descrito en el capítulo Marco teórico, es causante de la formación de canchros en el tallo y causa una de las enfermedades más severas en los eucaliptos, conocido antiguamente como *Cryphonectria cubensis* (Rodas *et al.*, 2005; Barreto, *et al.*, 2006). Sus infecciones en el sureste mexicano han generado grandes pérdidas de árboles hasta del orden del 70 % en el caso de *E. grandis* (Alvarado, 2007).

Han existido controversias con relación a la clasificación taxonómica de algunos de los hongos formadores de canchales en eucalipto, y el agente causal. Existen reportes que indican que el cancro *Chrysonectria cubensis* ha sido conocido con el nombre de *Diaphorthe cubensis*, a su vez, el mismo hongo se encuentra reportado como *Chrysosporthe cubensis*. Como resultado de la observación morfológica, las características plenamente distinguibles que permiten su identificación son: ascostroma reducido de color naranja, cuello peritecial largo gris pardo-negro, conidiomas generalmente piriformes y superficiales con cuellos atenuados de color gris pardo-negro, teleomorfo presente con crecimiento óptimo en lugares con precipitación pluvial de más de 2,000 mm anuales y una temperatura de 30 °C, y ascosporas con ápices afilados (Gryzenhout, *et al.*, 2004; Ciesla *et al.*, 1996). Al ser infestados, los árboles presentan hojas de tamaño reducido, muerte de ramas y proliferación de nuevas ramas en la parte sana que está por debajo de las áreas infectadas. A simple vista pueden observarse en la superficie de la corteza infectada las estructuras de reproducción del patógeno, picnidios o peritecios; ambos tienen un cuello largo y oscuro, a veces miden más de 3 mm de altura; estas estructuras se encuentran en grupos numerosos, con frecuencia de cientos o miles (Ciesla *et al.*, 1996, FAO, 1981; Alvarado, 2007).

Para reducir el problema que causa este hongo, ha sido necesario realizar actividades como la selección y utilización de individuos resistentes mediante el establecimiento de plantaciones experimentales para identificar procedencias o clones, registrando el impacto de la enfermedad en el crecimiento en diámetro y altura, tasa de mortalidad y susceptibilidad en distintas condiciones de sitio. Tales pruebas deberán realizarse en plantaciones de al menos tres años de edad y se deben realizar en diferentes condiciones ambientales (Osorio *et al.*, 2003). Cada empresa plantadora debe desarrollar trabajo de mejoramiento genético con este patógeno en sus propios ambientes.

También para disminuir las pérdidas económicas en las plantaciones ante esta enfermedad se encuentra el uso de genotipos tolerantes a la enfermedad (van Zyl y Wingfield, 1999), es decir que presentan la enfermedad, pero continúan creciendo, en diferentes proporciones. Por ejemplo, se emplean pruebas de patogenicidad mediante la inoculación de árboles sanos con cultivos aislados de este hongo, y con base en la respuesta de los árboles ante el

patógeno se realiza dicha selección (van Heerden *et al.*, 2005). Para hacer la evaluación de la susceptibilidad es necesario evaluar de manera precisa la severidad del daño y su avance en el tiempo, ya que pueden existir diversos mecanismos de resistencia genética al desarrollo de la enfermedad.

De acuerdo con la FAO, 1981 diversos autores reportan a *E. urophylla* como una especie altamente tolerante al hongo, sin embargo, en las plantaciones de la empresa PLANTEH de María Lombardo Oaxaca, se han detectado afectaciones de hasta un 40 % de los árboles. Esto puede deberse a que existen las condiciones ambientales en las que se desarrolla bien el hongo, que es de 23°C o más, y una precipitación pluvial de más de los 2,000 mm anuales (Ciesla *et al.*, 1996).

Por lo anterior con el fin de evaluar el impacto de dicha enfermedad en los árboles de ambas áreas semilleras se llevó a cabo esta investigación que incluye la incidencia para 2007, e incidencia y severidad para 2008, así como la definición de las fases de reproducción de dicho hongo y la relación de la incidencia y severidad con el diámetro de los árboles selectos.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo general

Determinar el grado de presencia de la enfermedad en áreas semilleras de *Eucalyptus urophylla* en Santiago Yaveo, Oaxaca a las edades de 6 y 7 años, e identificar las fases reproductivas del hongo presente en esta región.

3.2.2. Objetivos específicos

Determinar la incidencia de la enfermedad en la plantación en 2007 y 2008, y su posible relación con el diámetro normal de los árboles.

Determinar la severidad con la que está afectando la enfermedad a los árboles selectos en ambas áreas semilleras en 2008.

Observar si existe relación entre el diámetro normal y la enfermedad en ambas áreas semilleras.

3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantaciones de la empresa PLANTEH en María Lombardo, Oaxaca, se localizan a 140 m sobre el nivel del mar y presenta un clima de tipo cálido húmedo.

En agosto del 2007 en la zona de plantaciones de *Eucalyptus urophylla* se seleccionaron dos áreas de nueve hectáreas establecidas con árboles de seis años, en marco real a un distanciamiento de 3 x 3 m. A esa edad hubo en promedio 839 árboles y 683 árboles por ha supervivientes en las área U01 y U02, respectivamente. Entre cada área semillera hay 500 m de separación. El área U02 presentaba antes de su establecimiento mayor cantidad de vegetación inferior que el área U01 por lo cual se infiere mayor humedad ambiental. Estas áreas se delimitaron numerándose en el sentido de las manecillas del reloj (Figura 1). Se seleccionaron árboles con características deseadas para permanecer en pie. Se decidió establecer las áreas con dos diferentes densidades (100 y 150), sin embargo, el exceso de ataque por la enfermedad obligo a reducir el número de árboles selectos por ha, en una de 97 y la otra de 137 árboles/ ha como máximo. La principal razón de selección de individuos a dejar en pie fue la ausencia del hongo *Chrysosporthe cubensis*. De las nueve ha que conforman la superficie de cada área semillera, se evaluaron cinco en cada una, a las que se llamaron parcelas (Figura 13). Se registró el diámetro del tallo a 1.3 m de altura (DAP) de cada árbol dejado en pie. En el caso de los árboles inferiores también se tomaron el DAP y el estado sanitario de todos los mismos para evaluar sus dimensiones y la incidencia (número de árboles enfermos) en la población inicial. Los árboles inferiores fueron derribados y extraídos de las áreas semilleras.

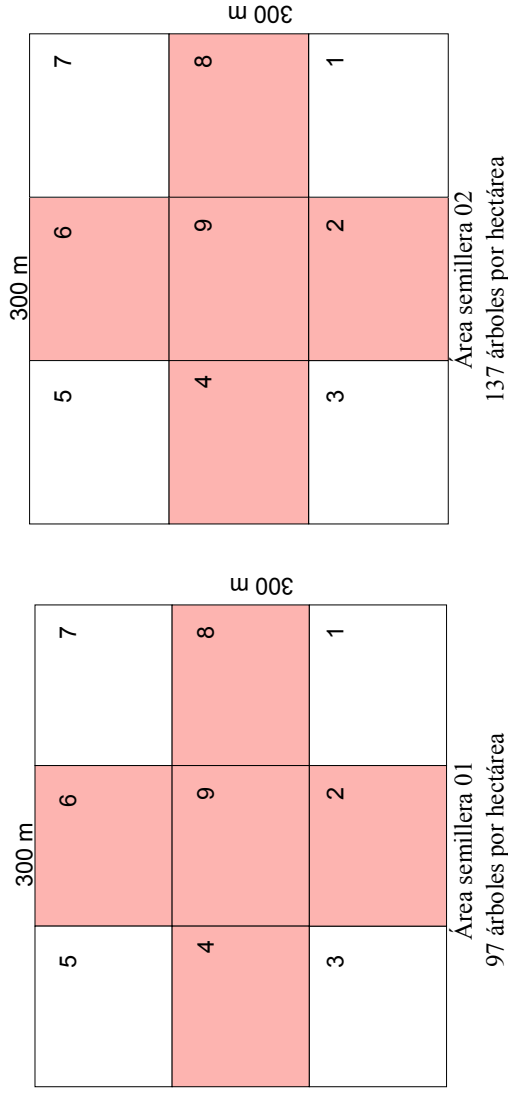


Figura 13. Croquis de las áreas semilleras.

Un año después, agosto del 2008, en virtud de que se detectaron árboles enfermos en las dos áreas semilleras, se registraron el DAP de todos árboles y la severidad de la enfermedad, con base en la siguientes categorías de daño: 0= sano, 1= imperceptible, 2= ligeramente atacado, 3= notorio y 4 = altamente atacado. De la información mencionada en este capítulo solo se analizaron estadísticamente el DAP e incidencia para 2007, y para 2008 el DAP e incidencia y severidad en las parcelas de la cruz para determinar diferencias en el diámetro entre las áreas semilleras, entre árboles sanos y enfermos, y entre los árboles con diferentes grados de severidad del cancro.

Se tomaron muestras de corteza de 30 árboles enfermos para la identificación de estructuras reproductivas y determinar el tipo de reproducción en abril del 2008. Estas muestras fueron cortadas en porciones de 20 x 10 cm, colocadas en bolsas cerradas herméticamente y en hielo para mantenerlas frescas. Una vez en laboratorio se observaron al microscopio de luz para evaluar la fase que estaba presente haciendo un registro escrito y fotográfico. La auscultación indico que estaban presentes ambas fases del hongo en las áreas semilleras, sexual y asexual. Es importante recalcar que esta situación aumenta la capacidad de infección y propagación del mismo en todo momento.

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. Incidencia del cancro a seis años de edad

En agosto del 2007 las 10 parcelas muestreadas (10 de 18 ha que tienen las dos áreas semilleras) tenían 6,446 individuos vivos (Cuadro 3) a la edad de seis años de un total de 11,110 plantados inicialmente (72.1 y 63.5% de supervivencia para las área U01 y U02, respectivamente). Parcialmente la baja supervivencia en el área U02 se debe a que un huracán afectó mayormente esta área durante el 2006 y otra tanto el ocurrido en el 2007, sin tener preciso el grado de afectación (Figuras 11 y 12). De estos 6,446 árboles supervivientes para ambas áreas, se encontró un número total de 1,168 árboles (530 + 638) que estaban infectados por el hongo, lo que representa el 18.7 % de árboles en ambas áreas. El porcentaje de árboles enfermos varió notablemente de una parcela a otra dentro de áreas, esto puede deberse al microclima que se presenta en cada una de ellas; además los porcentajes mínimos de árboles enfermos son de 4.4% en el área 01 y 9.6% en el área 02 y opuestamente el máximo para 01 es de 20.7% y de 30.3% para 02 (Cuadro 3). En promedio el área mayormente afectada por el hongo resulto la 02 con 22.9%.

Cuadro 3. Número y proporción de árboles enfermos y sanos en las parcelas evaluadas en ambas áreas semilleras en agosto 2007, antes de seleccionar a los árboles sobresalientes.

No. de parcela	Área U01		Área U02	
	Enfermos	Sanos	% Enfermos	% Sanos
2	34	730	4.4	157
4	152	582	20.7	161
6	132	509	20.6	49
8	76	755	9.1	159
9	136	559	19.6	112
Total	530	3135	14.5	638

N: Área U01 = 3,665 y Área U02 = 2,781 árboles = 6,446.

El diámetro promedio de los árboles encontrados independientemente del estado sanitario de los mismos en el área semillera 01 fue de 17.2 y 18.9 cm para la 02, siendo 1.7 cm mayor en diámetro el área semillera 02 (Cuadro 4). El promedio de los diámetros de árboles enfermos siempre es menor que el de los sanos dentro de parcelas. También el promedio de árboles enfermos vs sanos es menor en ambas áreas (16.8 vs 17.6) para la 01 y (18.6 vs 19.2) para la 02 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diámetro promedio de los árboles sanos y enfermos previo a la formación de dos áreas semilleras de seis años de edad de *Eucalyptus urophylla* S.T Blake creciendo en Santiago Yaveo, Oax.

Parcela	Área semillera U01				Área semillera U02			
	DAP	N	DAP	N	DAP	N	DAP	N
	sanos		enfermos		sanos		enfermos	
2	17.0	730	16.4	34	18.2	485	17.1	157
4	17.8	582	17.1	152	18.4	429	17.6	161
6	18.6	509	17.8	132	19.7	463	18.9	49
8	16.8	755	16.0	76	19.9	365	19.6	159
9	17.6	559	16.8	136	19.8	401	19.5	112
Promedio/Total	17.6	3135	16.8	530	19.2	2143	18.6	638

N: Área U01 = 3,665 y Área U02 =2,781 árboles.

Sin embargo, existe una relación moderada (no significativa) entre la frecuencia de árboles enfermos con un diámetro mayor (Figura 14). Esto podría deberse a que árboles con mayor crecimiento, pudieran presentar un área de mayor contacto y por tanto mayor posibilidad de ser infectados que los individuos de menor diámetro (Figura 14). Además, las condiciones microclimáticas, como la humedad y temperatura que son favorables para el crecimiento de los árboles, también favorecen las infecciones del hongo.

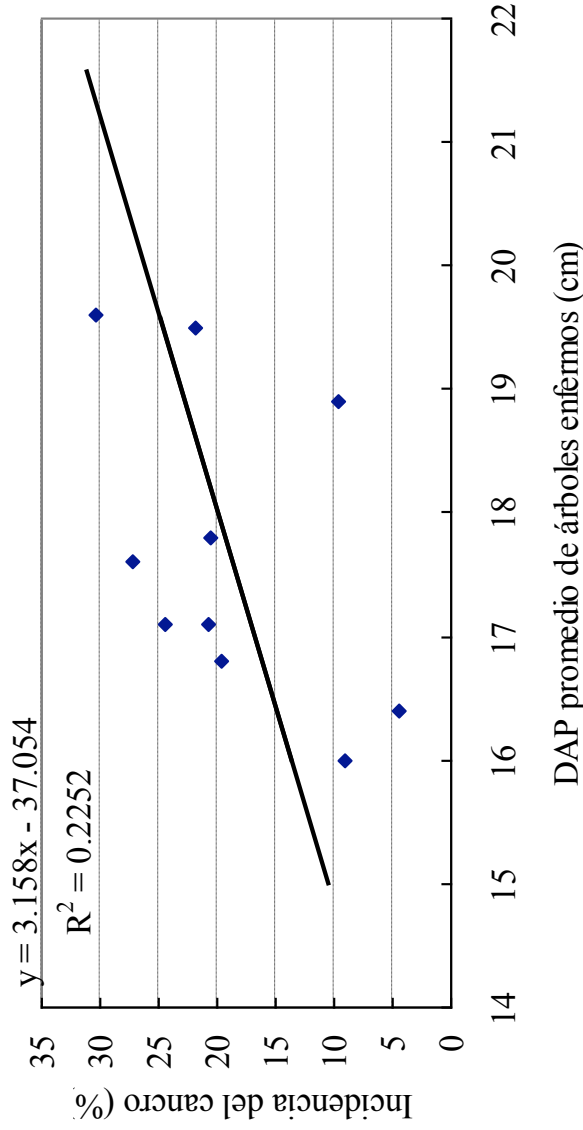


Figura 14. Relación diámetro de árboles enfermos con la incidencia del cancro de los mismos a los seis años de edad para *Eucalyptus urophylla urophylla* S. T. Blake, en Santiago Yaveo, Oax. N = 10 áreas de 1 ha.

3.4.2. Incidencia en las áreas semilleras en 2008

Un año después, en agosto del 2008 a los 7 años de edad, y a pesar de haber eliminado todos los árboles enfermos un año antes y reducido la densidad de árboles entre 90 y 100 para el área 01 y entre 140 y 150 para la 02, se encontró que nuevamente existían árboles enfermos dentro de éstas. Esta vez el promedio general de árboles enfermos resultó de 36.9% en el área 01, y 45.1% en el área 02 (Cuadro 5). Esta proliferación de la enfermedad puede deberse parcialmente a que algunos individuos estaban ya infectados (imperceptible), pero aún no desarrollaban la enfermedad y no se percibían como enfermos. Por lo tanto, esto llevó a reducir el número de árboles a dejar en pie casi a la mitad para dejar solamente árboles sanos en ambas áreas semilleras. Sin embargo, es de observarse que la homogeneidad en sanidad entre parcelas dentro de áreas es mayor en el área 02. Esto pudiera generar controversias al aplicar la selección ya que en el área 02 los distintos genotipos estarían en condiciones ambientales mas similares que en el área 01 (Cuadro 5). Esto podría apoyarse también en la homogeneidad de diámetros en el área semillera 02,

Cuadro 5. Número y porcentaje de árboles sanos y enfermos de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake por área semillera un año después de su establecimiento (7 años de edad) en Santiago Yaveo, Oax.

Parcela	Área semillera U01			Área semillera U02		
	Enfermo	Sano	% Enfermo	Enfermo	Sano	% Enfermo
2	39	58	40.2	67	83	44.6
4	39	56	41.5	70	71	49.6
6	37	63	37.0	68	81	45.6
8	21	75	22.8	49	64	43.3
9	44	55	44.4	54	76	41.5
Total	180	307	36.9	308	375	45.1

N = área U01= 487, y área U02=683 árboles.

donde se tiene lo siguiente entre parcelas: (Sanos 23.1 vs 24.2 y Enfermos 23.1 vs 24.1) y la mayor heterogeneidad en el área 01 (Sanos 25.1 vs 28.8) y Enfermos (23.2 vs 25.8) (Cuadro 6). Asimismo, después de realizados los aclareos selectivos, se encontró una mayor heterogeneidad en diámetros entre sanos y enfermos para el área U01 (26.2 vs. 24.8) y una mayor homogeneidad en el área U02 (23.6 vs. 23.8) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Diámetro promedio de árboles sanos y enfermos por parcela en dos áreas semilleras de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake de siete años (2008) en Santiago Yaveo, Oax.

Parcela	Área semillera U01		Área semillera U02	
	Sano	Enfermo	Sano	Enfermo
2	25.1	23.2	23.1	23.9
4	26.0	25.1	23.5	23.1
6	26.0	24.8	24.2	23.9
8	28.8	25.5	24.0	24.1
9	25.3	25.8	23.3	23.8
Promedio	26.2	24.8	23.6	23.8

Continuando con el análisis de los datos, se observa que los diámetros de los árboles enfermos para ambas áreas semilleras en 2008 indican una ligera tendencia inversa (Figura 15), comparada con la descrita en la Figura 14. Sin embargo, las dos áreas que concentran un mayor DAP promedio, se encuentran una con el porcentaje de incidencia mayor del cancro en todas las parcelas y el otro con el menor porcentaje del mismo (Figura 15 extrema derecha).

Las parcelas donde se ubican los promedios de diámetros más grandes corresponden al área 01 y tienen ligeramente una incidencia mayor de individuos enfermos (Cuadro 5). Esta relación, puede ser en parte a que los árboles de las parcelas del área 01 tuvieron mejor crecimiento en el último año, después de una mayor intensidad de aclareo, esto es mayor apertura de claros en el área semillera U01.

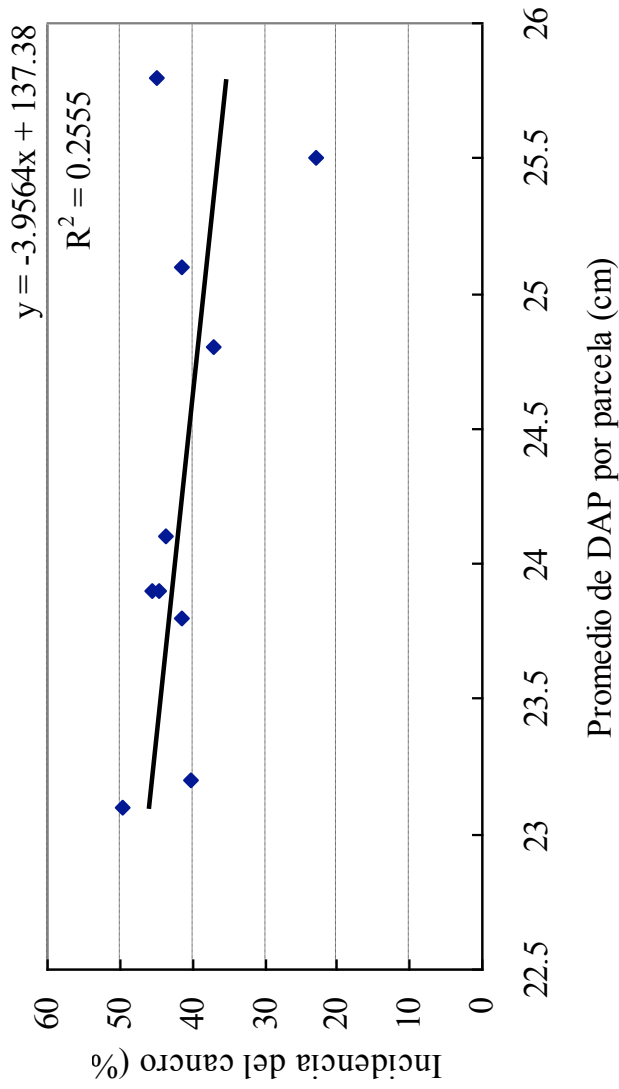


Figura 15. Relación de diámetro de individuos enfermos e incidencia del cancro en árboles de siete años (un año después de la primera evaluación) de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake en Santiago Yaveo, Oax.

Además de que el incremento en diámetro es menor en el área U02, los diámetros promedios de las parcelas de los árboles enfermos son similares a los de los sanos en (Cuadro 6).

3.4.3. Severidad en las áreas semilleras en 2008

A pesar de la remoción total de los árboles aparentemente enfermos, un año después, considerando las dos áreas semilleras, el 58.1% de los árboles resultaron sanos (categoría

0), 28.0 % con daño imperceptible (categoría 1), 9.5 % con daño ligero (categoría 2), 3.0 % con daño moderado (categoría 3) y 1.4 % con daño notorio (categoría 4). Particularizando esta información por área, los resultados indican un alto porcentaje de árboles sanos, 62.8 y 54.8 % (áreas 01 y 02), respectivamente. En el área 01, 20 % de los árboles enfermos presentaron categoría 1, 10.9 % presentaron categoría 2), 10.9% con un ataque ya notorio (categoría 3) y altamente atacados 2.4% (categoría 4). Los bajos porcentajes en las categorías de mayor daño pueden deberse en parte a la eliminación de árboles enfermos un año antes; sin embargo, podría suceder que las categorías de severidad aumenten conforme pasa el tiempo. En el área 02, los enfermos se presentan de la siguiente manera: 33.8 % en la categoría 1, 8.5 % en la categoría 2, 2.3% en la categoría 3 y 0.6 % en la categoría 4. Cada una de las parcelas tiene una situación especial de acuerdo a los microclimas que se presentan dentro de las áreas dados por distintas: temperaturas, pendientes, humedades, tipos de suelo, etc. dentro del microclima particular de cada parcela.

Esta información indica que a mayor severidad menor número de árboles infectado y a menor severidad, incluyendo los sanos (categoría 0) mayor número de árboles infectados.

Cuadro 7. Frecuencia de cada categoría de severidad en el ataque de *Cryosphorte cubensis* Bruner desarrollados en árboles de siete años de dos áreas semilleras de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake en Santiago Yaveo, Oax.

	No. de árboles infectados por Parcela							Total	
	Daño	2	4	6	8	9		No.	(%)
AS 01	0	58	56	63	74	55		306	(62.8)
	1	18	20	24	13	22		97	(20.0)
	2	17	10	6	5	15		53	(10.9)
	3	2	5	4	3	5		19	(3.9)
	4	2	4	3	0	3		12	(2.4)
Total		97	95	100	95	100		486	
AS 02	0	83	71	81	64	76		375	(54.8)
	1	49	52	51	40	39		231	(33.8)
	2	13	14	11	9	11		58	(8.5)
	3	3	4	4	1	4		16	(2.3)
	4	2	0	2	0	0		4	(0.6)
Total		149	141	149	114	130		684	

AS= área semillera, 0= sano, 1= imperceptible, 2= ligeramente atacado, 3= notorio y 4 = altamente atacado. N total = 1170 árboles.

La relación anterior de a mayor severidad, menor número de árboles no se puede complementar con la magnitud de los diámetros, ya que no existe una correlación definida entre dicha severidad y los diámetros (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio del diámetro de árboles de 7 años de edad de *Eucalyptus* de acuerdo a la severidad de la enfermedad causada por *Chrysosporthe cubensis* Bruner en árboles de dos áreas semilleras.

Daño	Diámetro a 1.30 (cm) por Parcela						Promedio
	2	4	6	8	9		
0	25.1	26.0	26.0	28.8	25.3		26.2
1	23.2	25.5	24.9	25.3	26.0		25.0
2	22.7	24.4	24.8	27.3	25.2		24.9
3	27.2	26.7	25.7	23.7	25.7		25.8
4	24.1	23.4	22.6	---	28.6		24.7
0	23.1	23.5	24.2	24.0	23.3		23.6
1	23.4	22.8	23.9	23.8	24.1		23.6
2	24.9	24.1	22.9	25.2	23.8		24.2
3	25.7	24.5	26.3	27.0	21.4		25.0
4	27.2	---	25.0	---	---		26.1

AS= área semillera, 0= sano, 1= imperceptible, 2= ligeramente atacado, 3= notorio y 4 = altamente atacado N total=1170 árboles.

3.4.4. Análisis morfológico del hongo

Las muestras que se extrajeron de árboles enfermos fueron analizadas al microscopio, confirmando la presencia del hongo *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Hodges al presentar las características morfológicas específicas al género descritas por Gryzenhout *et al.*, 2004: ascostroma reducido, de color naranja; cuello peritecial largo, gris pardo-negro; conidiomas generalmente piriformes, superficiales, con cuellos atenuados, gris pardo-negro; teleomorfo presente y ascosporas con ápices afilados (Figuras 16 y 17).



Figura 16. Cuellos de peritecios y picnidios de *Chrysosporthe cubensis* Bruner desarrollados en la corteza de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en plantaciones en Santiago Yaveo, Oax.

Debajo la corteza pueden observarse como signos de la enfermedad, la presencia de cuerpos fructíferos del hongo formado por pequeñas estructuras con bases globosas, denominada peritecios, y en otros casos pueden o no presentarse estructuras con conidios denominada amarillento conocidos como picnidios, en la superficie del cancro (Ciesla *et al.*, 1996, FAO, 1981).



Figura 17. Cuellos de peritecios y picnidios de *Chrysosporthe cubensis* Bruner desarrollados en *Eucalyptus urophylla* S.T. en plantaciones en Santiago Yaveo, Oax. Las gotas color ámbar contienen ascosporas o conidios.

Es necesario señalar que se encontró la presencia de estructuras sexuales y asexuales, lo cual implica una mayor capacidad de propagación e infección, lo que debe ser por las condiciones ambientales-ecológicas adecuadas en las cuales se está desarrollando el hongo.



Figura 18. Ascosporas de *Chrysosporthe cubensis* Bruner desarrollados en *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en plantaciones en Santiago Yaveo, Oax.

3.5. CONCLUSIONES

La dispersión de la enfermedad en las áreas semilleras resultó diferente entre parcelas, esto puede deberse a la pendiente, cantidad y especies de herbáceas, humedad y temperatura que presenta en general cada una de ellas.

El impacto de la enfermedad en ambas áreas semilleras de *Eucalyptus urophylla* se incrementó considerablemente de un año a otro.

A los siete años de edad, y un año después de liberar a los árboles selectos dejados en pie, la mayoría de éstos no presentan la enfermedad o la tiene de manera imperceptible (Categoría 1).

La presencia – ausencia de la enfermedad, es decir la incidencia no se encontró con una relación común dentro de un rango de diámetros, o sea no existe una frecuencia mayor sobre alguno de ellos.

Las estructuras morfológicas características del hongo *Chrysosporthe cubensis*, estudiadas en los árboles infectados de la plantación, indican que existen ambas fases de reproducción, sexual y asexual.

En general, los resultados indican que la selección empleada esta resultando efectiva en contra de la incidencia a árboles de mayor diámetro, lo cual permitiría controlar la enfermedad incipientemente para una mejor selección. Esto se evidencia al observar que un mayor número de parcelas en las dos áreas que concentran la mayor cantidad de árboles enfermos, son los que presentan un DAP menor.

Ya que la mayor parte de los árboles después de una selección recurrente no presentaron la enfermedad o la tienen de manera casi imperceptible, y que por el momento, la mortandad por el hongo en las plantaciones de PLANTEH es muy reducida, en comparación con las plantaciones de Surinam (90%), podría sugerir que una reducción del turno a 4 años

combinada con aclareos sanitarios recurrentes ayudarían a incrementar la tolerancia a la enfermedad en las plantaciones de Lombardo, Oax.

3.6. LITERATURA CITADA

- Alvarado, R. D. 2007. Enfermedades en Árboles de México. Conceptos, Diagnósis y Manejo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México 302 p.
- Barreto, R.W., F.B. Rocha and F.A. Ferreira. 2006. First record of natural infection of *Martiera edulis* by the eucalyptus canker fungus *Chrysosporthe cubensis*. Plant Pathology 55: 577.
- Burgess, T. and M.J. Wingfield. 2007. Impact of fungal pathogens in natural forest ecosystems: A focus on Eucalypts. *In*: Microorganisms in plant conservation and biodiversity. Resumen. Springer Netherlands. pp: 285-306.
- Cibrián, T. D. y E. García D. 2007. Enfermedades Forestales en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 587 p.
- FAO. 1981. El Eucalipto en la Repoblación Forestal. FAO. Roma, Italia. 723 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen para Adaptarlo a la República Mexicana. 5ta. ed. Offset Larios. México, D.F. 217 p.
- Gryzenhout, M., H. Myburg, N.A. van der Merwe, B.D. Wingfield and M. J. Wingfield. 2004. *Chrysosporthe*, a new genus to accommodate *Cryphonectria cubensis*. Studies in Mycology. 50: 119–142.
- INEGI. 2004. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México. v., [11] cartas: il. Col. v.1 Síntesis geográfica -- v.2 Anexo cartográfico
- The Pulp and Paper Industry, the Pulping Process, and Pollutant Releases to the Environment, 2006. EPA-821-F-97-011, Environmental Protection Agency 4303.
- Osorio, L.F., T.L. White, and D.A. Huber. 2003. Age-age and trait-trait correlations for *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and their implications for optimal selection age and design of clonal trials. Theor. Apply. Genet. 106: 735-743.
- Rivera, M.E.R. y J.C. Codina E. 1994. Mecanismos de infección de los hongos fitopatógenos. *Ann. Rev. Phytophatol.* 32:461.

- Rodas, C. A., M. Gryzenhout, H. Myburg, B. D. Wingfield and M. J. Wingfield. 2005. Discovery of the Eucalyptus canker pathogen *Chrysosporthe cubensis* on native *Miconia* (Melastomataceae) in Colombia. Plant Pathology 54: 460–470.
- SARH. 1988. Normales Climatológicas. 2da ed. Servicio Meteorológico Nacional. México, D.F. 798 p.
- van Heerden, S.W., H.V. Amerson, O. Preisig, B.D. Winfield and M.J. Winfield. 2005. Relative pathogenicity of *Cryphonectria cubensis* on *Eucalyptus* clones differing in their resistance to *C. cubensis*. Plant Disease 89: 659-662.
- van Zyl, L M. and M.J. Wingfield. 1999. Wound response of Eucalyptus clones after inoculation with *Cryphonectria cubensis*. Eur. J. For. Path. 29: 161-167.
- Wingfield, M. J., C. Rodas, H. Myburg, M. Venter, J. Wright and B. D. Wingfield. 2001. *Cryphonectria* canker on *Tibouchina* in Colombia. For. Path. 31: 297-306.

CAPÍTULO IV. SELECCIÓN FENOTÍPICA Y EL DIFERENCIAL DE SELECCIÓN AFECTADO POR *Chrysoporthe cubensis* EN DOS ÁREAS

SEMILLERAS DE *Eucalyptus urophylla* EN PLANTEH

RESUMEN

La compañía de Plantaciones Forestales PLANTEH localizada en María Lombardo, Oaxaca, Municipio de San Juan Cotzocón, ha iniciado un programa de mejoramiento genético de *Eucalyptus urophylla* con la finalidad de disminuir la presencia del hongo *Chrysoporthe cubensis* y aumentar la productividad de las plantaciones. En base a plantaciones de semilla desconocida se establecieron dos áreas semilleras de 9 ha con dos densidades diferentes. Con la finalidad de ejercer una intensidad de selección diferente, de los 1100 árboles en promedio por parcela, se procedió a seleccionar fenotípicamente 100 para el área U01 y 150 individuos por hectárea para el área U02, los individuos no seleccionados fueron derribados. La selección se realizó por sanidad, mayor rectitud de fuste limpio y diámetro a la altura de 1.3 m (DAP), y sin bifurcaciones. La presencia del hongo en el área semillera es en promedio del 14.9 % para el área semillera U01 y 22.7 % para la U02. El DAP promedio en árboles sanos para el 2007 fue de 17.6 y 19.2 cm para el área U01 y U02, respectivamente, en árboles enfermos fue de 16.8 y 18.6 cm. El DAP promedio en árboles sanos para el 2008 fue de 22.6 y 23.6 cm para el área U01 y U02, respectivamente, en árboles enfermos fue de 24.8 y 23.8 cm. El efecto de pérdida estimado con respecto a la enfermedad de individuos con DAP considerables que no pudieron ser seleccionados es de 1.22 cm en promedio. Obviamente esto repercute en una pérdida en el diferencial de selección. La diferencia entre ambas áreas fue en promedio 3.6 cm mayor para el área con densidad menor, es decir el área U01.

Palabras clave: áreas semilleras, *Chrysoporthe cubensis*, diferencial de selección, *Eucalyptus urophylla*, selección fenotípica

PHENOTYPIC SELECTION AND DIFERENTIAL SELECTION STUDY IN TWO SEED PRODUCTION AREAS OF *Eucalyptus* *urophylla* IN PLANTEH

ABSTRACT

The company of Forest Plantations PLANTEH located in María Lombardo, Oaxaca in the municipality of San Juan Cotzocón, Oax. has started an improvement program of *Eucalyptus urophylla* with the aim of reducing the presence of the fungus *Chrysosporthe cubensis* and increasing productivity of future plantations. Two seed production areas were established applying two different densities. Both areas consist of nine hectares each but, for this study only the five parcels that make up the cross were analyzed. With the aim of pursuing a different intensity of selection of the 1100 trees per plot, from both areas 100 and 150 individuals per hectare were selected phenotypically, individuals weren't selected were cut and revomoved, the left standing trees were numbered with a representative color per hectare. Phenotypic characteristics sought were: healthy trees, bole rectitude, natural pruning and height. The recorded data for left standing trees were: DBH and height. The presence of the fungus in the seed production areas is on average 14.9% in area U01 and 22.7% for area U02. DBH average of healthy trees was in 2007 equal to 17.6 cm and 19.2 for areas U01 and U02, respectively; DBH for ill trees per area were 16.8 and 18.6 cm, respectively. DBH average for healthy trees in 2008 was 22.6 and 23.6 cm for area U01 and U02, repectively, and for ill trees were 24.8 and 23.8, respectively. The effect of estimated loss in relation to the illness of individuals with considerable DBH that couldn't be selected is 1.22 cm on average. The difference between the two seed production areas was on average 3.6 cm more for the area with less density, this is area U01.

Key words: Seed production areas, *Chrysosporthe cubensis*, differential selection, *Eucalyptus urophylla*, phenotypic selection.

4.1. INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda de recursos forestales, existe la necesidad de establecer plantaciones con fenotipos de mayor productividad. También una mayor producción por unidad de área se puede lograr a través de la silvicultura intensiva que incluya el mejoramiento genético de especies forestales. La Empresa Forestal Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C. V. (PLANTEH) cuenta con plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, en dos municipios del Estado de Oaxaca y uno de Veracruz, con sede en Lombardo de Caso, Oax, Municipio de San Juan Cotzocón, Oax.; y está implementando un programa de mejora genética con el objetivo de aumentar su producción de celulosa y mitigar la presencia del hongo *Cryosphorte cubensis* (Bruner) Hodges.

La selección de una población base con mucha variación, es la clave y la primera operación en todo programa de mejoramiento genético (Shelbourne, 1969; Zobel y Talbert, 1984). Con base en la selección, la heredabilidad y el diferencial de selección se determina cuanto ganancia genética se obtendría en la primera y en las siguientes generaciones y, la forma de obtener los mejores padres es a través de la selección intensiva (Zobel y Talbert, 1984).

Por medio de la selección artificial se decide que árboles podrán reproducirse para generar las siguientes plantaciones (Bey *et al.*, 1986). La selección artificial consiste en la elección de individuos y poblaciones con características deseables, con el fin de mejorar el fenotipo/genotipo medio de una población (Wright, 1964). Es importante partir de la primicia que las diferencias observables entre individuos en sus características (fenotipo) son el resultado de la variación debido a su constitución genética (genotipo), el ambiente donde se desarrollan y la interacción entre el genotipo y el ambiente (White *et al.*, 2007). Para disminuir los efectos no genéticos los árboles seleccionados deben estar creciendo en un ambiente uniforme, hacer una selección rigurosa para obtener la selección de los mejores individuos, establecer la descendencia de los árboles selectos y seleccionar con base en su descendencia (Owen y Edgar, 1965).

La gran variación de los rasgos importantes de la mayoría de los árboles forestales tiende

hacia una distribución normal y la normalidad de los caracteres nos facilita la tarea de la selección; esta variación sumada a su aptitud combinatoria general razonablemente fuerte, es una buena oportunidad para obtener ganancia genética por su selección de fenotipos deseables (Zobel y Talbert, 1984; Bey *et al.*, 1986).

En las etapas iniciales de un programa de mejoramiento, se puede hacer selección de los mejores individuos basados en el material plantado, utilizando plantación de individuos de buen crecimiento, ya “adaptado” a la zona. Una opción es seleccionar un rodal y establecer un área semillera con los individuos fenotípicamente más sobresalientes. Las áreas semilleras rara vez son sometidas a pruebas de progenie; por tanto ambos padres son seleccionados por sus características fenotípicas. Con base en cierto número de pruebas, se ha conseguido sólo un mejoramiento genético limitado para el incremento de volumen en áreas semilleras en el sur de Estados Unidos (LaFarge y Graus, 1981). Sin embargo, el mejoramiento en crecimiento ha sido bueno en varias áreas semilleras de plantaciones de especies exóticas, incluyendo pinos y *Eucalyptus*. En este caso, se obtiene una raza local introducida cuando se utilizan buenos fenotipos como progenitores. (Zobel y Talbert, 1988).

Al seleccionar un número reducido de individuos, la frecuencia de los genes es dirigida hacia el rumbo que le indica el mejorador, incrementa la homogeneidad de la población debido a que tiende hacia la homocigosis y la semilla producida en los huertos semilleros conlleva una mayor frecuencia de genes deseables y combinaciones de éstos para las plántulas de la siguiente generación (Zobel y Talbert, 1984; Bey *et al.*, 1986). El valor promedio de una característica en particular seleccionada de la población plus con respecto al valor promedio de la misma característica en la población de origen recibe el nombre de diferencial de selección (Zobel y Talbert, 1988). Este diferencial de selección (E) se utiliza para cuantificar la selección realizada.

Normalmente los rasgos deseados en un árbol para producción de volúmenes de madera y celulosa son: rectitud del fuste, peso específico de la madera, resistencia a plagas y enfermedades (de alta heredabilidad) y, otros de menor heredabilidad como: poda natural,

conformación de la copa, diámetro y ángulo de ramas y volumen (Bouvarel, 1966 y van Buijtenen, 1969; Zobel y Talbert, 1984).

La ganancia genética que se obtendría dependerá directamente del diferencial de selección y la heredabilidad de las características a incluir por individuo (Falconer y Mackay, 1997). Para lograr mayor diferencial de selección se eligen los mejores individuos y entre más reducido sea la proporción de árboles selectos sobre la población base (mayor intensidad de selección), mayor será la ganancia genética obtenida en la siguiente generación. Sin embargo, al reducir el número de individuos la variabilidad genética se reducirá y también, se tendrán menos posibilidades de producir suficiente germoplasma para una empresa con mucha demanda de semilla. Sin embargo, en el caso del género *Eucalyptus* esto no debe preocupar ya que la cantidad de semilla por individuo y el número de ésta por kg es inmensa. Por lo anterior y debido a la presión de la enfermedad *Chrysosporthe cubensis* se decidió determinar el diferencial de selección de la variable DAP (en cm) usando dos intensidades de selección y determinar el efecto que tiene esta enfermedad en este parámetro genético.

4.2. OBJETIVOS

4.2.1. Objetivo general

Estimar el diferencial de selección en el DAP de árboles de *Eucalyptus urophylla* en dos áreas semilleras con diferente presión de selección.

4.2.2. Objetivos específicos

Calcular el diferencial de selección con respecto al DAP de la población inicial y la población seleccionada utilizando dos diferentes intensidades de selección.

Calcular la pérdida en el diferencial de selección debido a la enfermedad causada por el hongo *Chrysosporthe cubensis* dentro de las dos áreas semilleras.

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos áreas plantadas con *E. wrophylla* S.T. Blake que presentaron un gran porcentaje de individuos sanos, tallo recto, altura y diámetro necesarios para obtener material celulósico en cantidad y calidad deseables, así como suficiente semilla. Cada área semillera (AS) consta de 300 m de longitud en cada uno de sus lados, se divididas en 9 parcelas de 1 ha c/u, y numeradas en el sentido de las manecillas del reloj (Figura 19).

Área semillera 01			Área semillera 02		
5 100	6 91	7 75	5 139	6 145	7 128
4 90	9 90	8 85	4 138	9 126	8 107
3 87	2 90	1 87	3 144	2 144	1 138

Figura 19. Distribución de las áreas semilleras y número de árboles seleccionados dentro de las mismas

La densidad inicial de la plantaciones fue de 1,100 árboles/ ha teniendo una supervivencia de 800 árboles por hectárea en promedio, durante seis años. En una primera etapa, se identificaron y seleccionaron a los individuos de fenotipo superior (Figura 20). El criterio prioritario de selección fue el estado sanitario de los individuos, continuando con la aplicación de los criterios de rectitud del fuste, fuste limpio y tamaño del árbol. Con la finalidad de observar dos diferentes presiones de selección, en una (AS01) se dejaron 100 árboles/ ha en promedio y 150 árboles/ ha en la otra (AS02) (Figura 1), quedando finalmente debido a la enfermedad entre 90 y 130/ha, respectivamente.

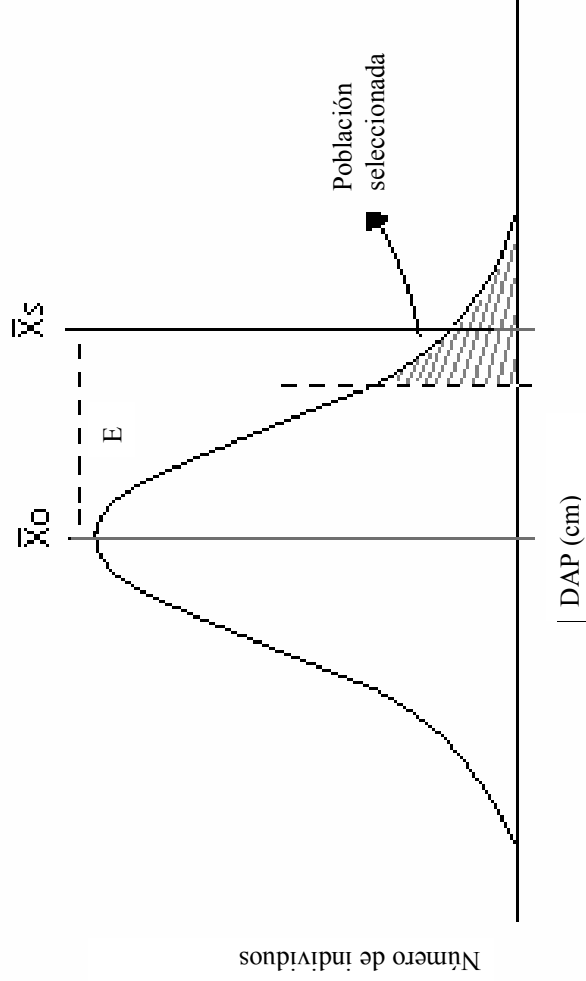


Figura 20. Diferencial de selección (E) en la población original y los árboles seleccionados, por presión de selección

Los árboles no seleccionados se derribaron, midiéndose en su longitud, fuste limpio y DAP, troceándolos y removiéndolos de las áreas semilleras. Una vez seleccionadas y establecidas ambas áreas semilleras a la edad de 6 años se numeró cada uno de los individuos con aerosol de diversos colores para una fácil identificación. En agosto del 2007 se tomó el DAP de todos los árboles de las áreas semilleras que están en el área de la cruz (Figura 19).

Se capturaron los datos en los formatos de campo para ambas áreas semilleras y se calcularon la intensidad de selección y el diferencial de selección en el DAP por Área Semillera. Para cada una de las áreas, se realizó el análisis estadístico por medio del programa de computo SAS (Statistical Analysis System). Se realizaron comparaciones entre cada una de las hectáreas de la franja de protección, y el promedio, con el área central (semilla certificada).

4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.4.1. Diferencial de selección del arbolado dejado en pie en 2007

El cambio producido por la selección es lo que se llama respuesta a la selección (R) y significa la diferencia entre valor genético de la descendencia de los progenitores seleccionados (X_1) y la generación parental antes de la selección (X_0); este desplazamiento tiende a acercarse a los valores de la población selecta, debido a la selección y uso de los progenitores con mayores valores de la característica de interés. En este caso, la plantación inicial fue de 1100 árboles por hectárea (marco real de 3X3), sin embargo, la población se redujo a un total de 446 y 660 individuos en promedio para las áreas U01 y U02, respectivamente. La media general del DAP para el área semillera 01 antes de ser establecida fue de 17.2cm en promedio y 18.9cm para la 02. El porcentaje de árboles enfermos para este momento era de 14.6% y 22.6% para las áreas U01 y U02, respectivamente (Cuadro 9). En éste mismo cuadro podemos observar que debido a la presencia de *Chrysophorthe cubensis*, no se pudieron dejar en pie árboles con diámetros importantes. Sin embargo, el DAP promedio de los árboles seleccionados y dejados en pie fue de 22.6 cm para el área U01 y 21.2 cm para la U02. Esto implica una ganancia en diferencial de selección en DAP de 5.4 y 2.3 cm, por área, respectivamente.

Cuadro 9. Número total de la población de árboles sanos y enfermos con sus respectivas medias para el año 2007 en Santiago Yaveo, Oaxaca

Parcela	Árboles Sanos	Árboles enfermos	Árboles en pie	DAP		DAP medio sanos	DAP medio enfermos	DAP medio en pie	S
				base	medio				
Área semillera 01									
02	730	34	90	16.7	16.4	17.0	21.9	21.9	5.2
04	582	152	90	17.4	17.1	17.8	22.9	22.9	5.5
06	509	132	91	18.2	17.8	18.6	22.7	22.7	4.5
08	755	76	85	16.4	16.0	16.8	22.8	22.8	6.4
09	559	136	90	17.2	16.8	17.6	22.7	22.7	5.5
Total	3135	530	446	17.2	16.8	17.6	22.6	22.6	5.4

Área semillera 02									
02	485	157	144	17.6	17.1	18.2	21.6	4	
04	429	161	138	18.0	17.6	18.4	20.9	2.9	
06	463	49	145	19.3	18.9	19.7	21.6	1.9	
08	365	159	107	19.7	19.6	19.9	21.2	1.5	
09	401	112	126	19.6	19.5	19.8	20.7	1.1	
Total	2143	638	660	18.9	18.6	19.2	21.2	2.3	

La relación de diámetro promedio por parcela y por tanto el diferencial de selección es muy variable para cada hectárea (Cuadro 9). En la figura 21 se puede observar que la media general del DAP de la población inicial se encuentra en todos los casos por abajo de la media de los árboles dejados en pie. Este caso se da en todas las parcelas del área semillera U02, esto puede deberse a la presencia de una mayor cantidad de árboles enfermos que no pudieron ser seleccionados aún con un DAP promedio considerable, sin embargo, aún así, todavía el DAP es mayor en el área semillera U02 que en la U01 (Cuadro 9).

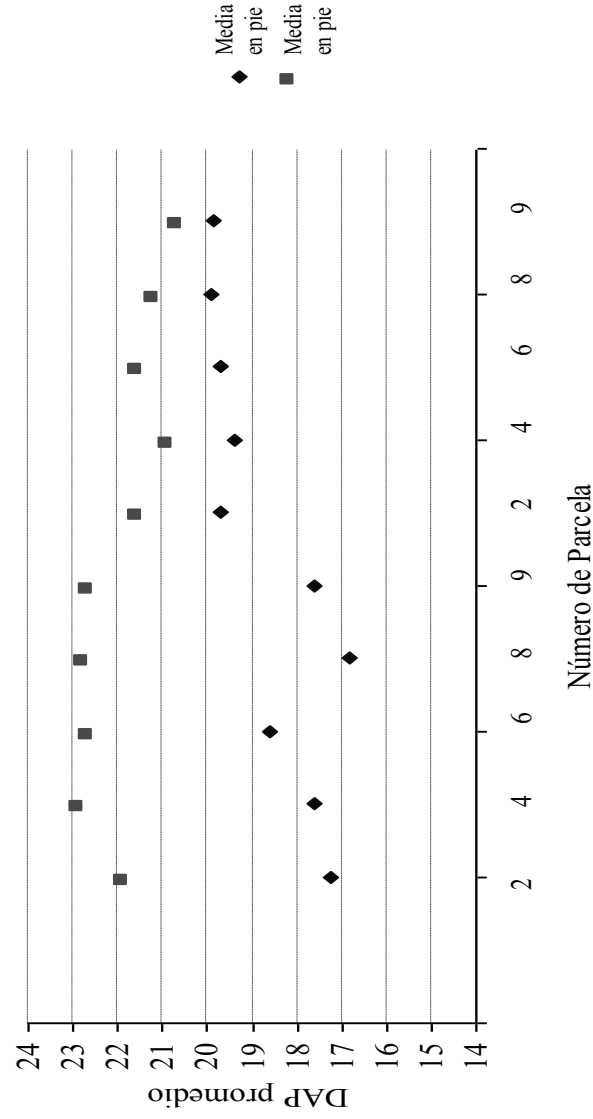


Figura 21. Relación de DAP promedio por parcela de la media general de la población inicial con respecto a los árboles seleccionados, dejados en pie.

En la Figura 22 se observa el DAP promedio por parcela entre los árboles enfermos y los árboles sanos en pie. Se observa que el área U02 fue mayormente afectada en promedio del DAP por la enfermedad. El área U01 tiene un DAP promedio mas parecido entre sanos y enfermos.

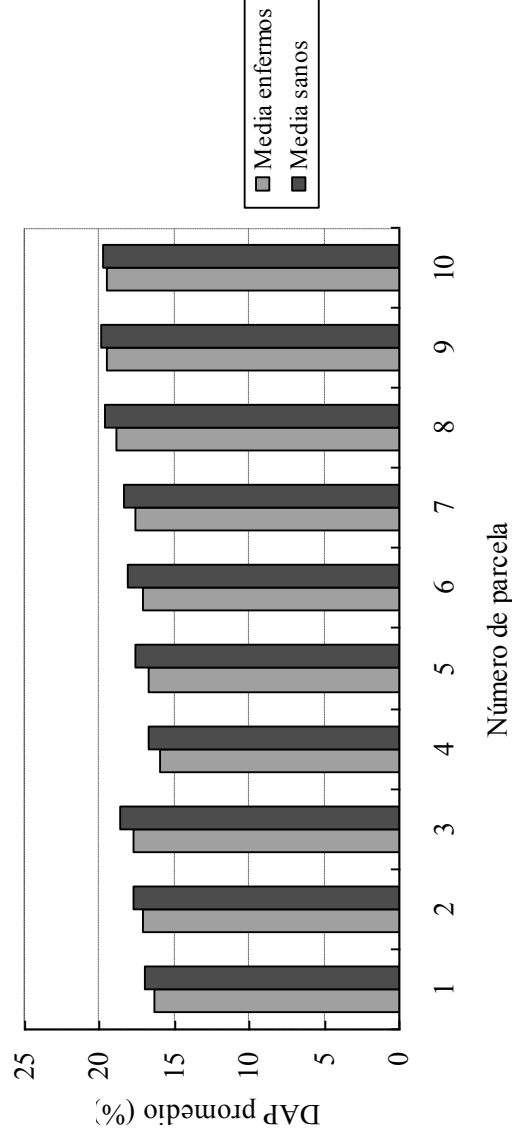


Figura 22. Relación DAP promedio entre árboles sanos y enfermos por parcela

4.4.2. Efecto de la enfermedad y la conformación del arbolado en el diferencial de selección

Se consideró de interés estimar el efecto de la enfermedad debido a la pérdida por estos factores en el diferencial de selección en DAP. Al afectar la proporción de individuos de la población que son seleccionados, es decir la intensidad de selección, podemos encontrar variaciones interesantes. Si dentro de las parcelas se tomaran los 100 y 150 individuos mejores por parcela sin tomar en cuenta la enfermedad (Cuadro 10), se obtendría en promedio un DAP general de 25.9 para los 100 mejores y 25.0 para los 150 mejores de las áreas semilleras, respectivamente. Considerando la enfermedad la selección de los 100 mejores sería de 25.5 y para los 150 mejores 24.5. A nivel general el efecto no se ve tanto pero si a nivel de cada una de las parcelas en las cuales existe una disminución importante por el efecto de la enfermedad como se observa en la Figura 23 y el Cuadro 10.

Cuadro 10. Efecto en el diferencial de selección DAP (cm) debido a la enfermedad por parcela seleccionando 100 y 150 individuos en cada una

Medias sin considerar la enfermedad		Medias considerando la enfermedad		Effecto enfermedad (100)	Effecto enfermedad (150)
SE 100	SE 150	CE 100	CE150		
25.61	24.51	25.61	24.50	0.00	0.04
25.34	24.42	24.99	24.00	1.38	1.72
26.12	25.06	25.77	24.65	1.34	1.64
25.11	24.14	25.07	24.09	0.16	0.21
25.61	24.57	25.29	24.17	1.25	1.63
26.31	25.57	25.82	24.85	1.86	2.82
25.43	25.55	25.55	24.49	-0.47	4.15
27.03	26.00	26.75	25.62	1.04	1.46
26.19	25.48	25.55	24.50	2.44	3.85
26.19	25.28	25.37	24.37	3.13	3.60

Para dicha estimación se consideraron los cuatro escenarios (SE100, SE150, SS100 y SS150): con base en el diámetro de los árboles sin importar el estado sanitario es decir individuos sanos y enfermos (SE) para 100 y 150 individuos y la otra posibilidad para individuos solamente sanos (SS) nuevamente para 100 y 150 árboles.

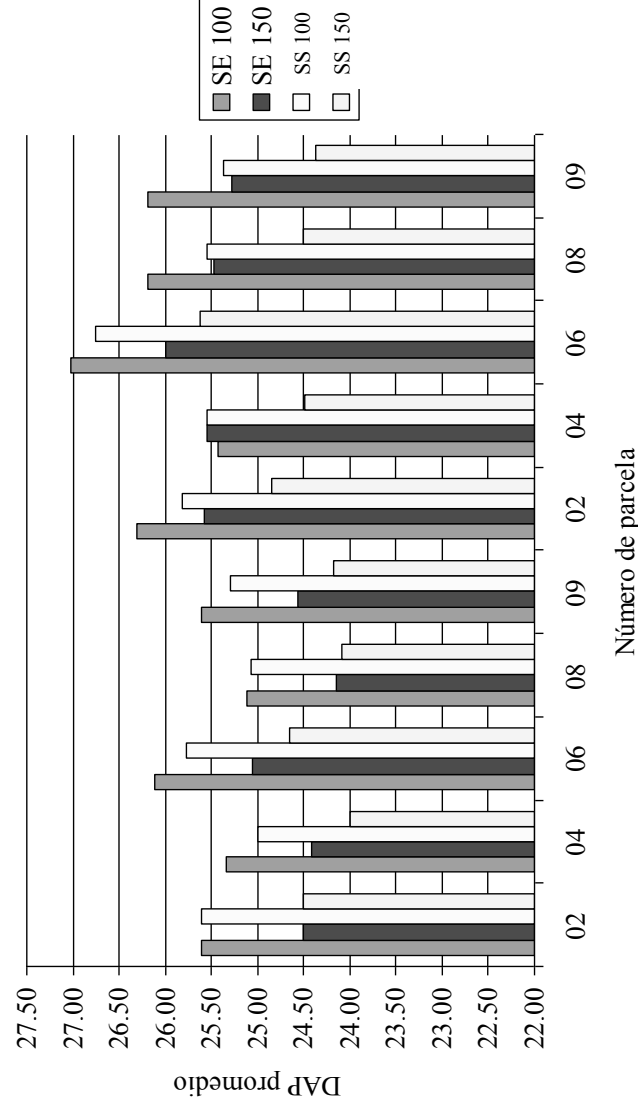


Figura 23.- DAP promedio por parcela después de seleccionar a 100 y 150 individuos por área, considerando árboles sanos + enfermos (SE) y solo sanos (SS).

El efecto de la enfermedad se ve con el diferencial de selección que se presenta en la Figura 24 y Cuadro 10, siendo más evidente al seleccionar un mayor número de individuos (150). Siendo cada una de las parcelas afectadas de diferente manera, incluso dentro del área semillera U02 parcela 4 registrando un efecto negativo para 100 individuos

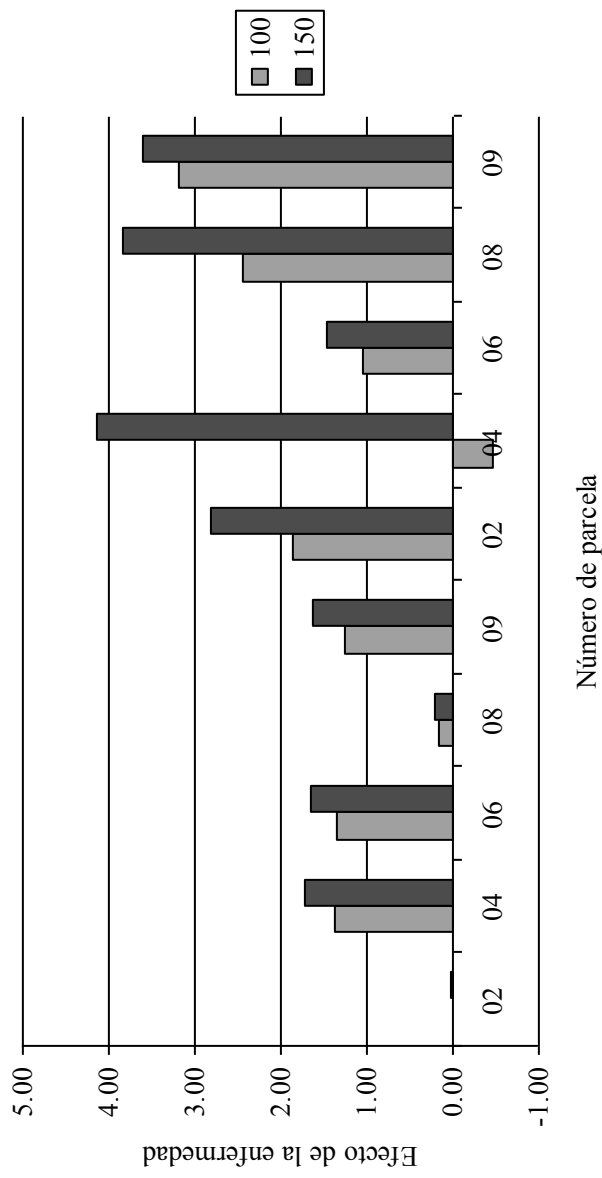


Figura 24. Efecto de la enfermedad en el DAP por parcela bajo el criterio de los 100 y 150 mejores

4.5. CONCLUSIONES

Las dos intensidades de selección con respecto al DAP en árboles de *Eucalyptus urophylla*, muestran como se esperaba, una ganancia en DAP mayor para el área U01 (5.4 cm) que para el área U02 (2.3 cm) debido al número de árboles a seleccionar. Esto se logró aún con la gran cantidad de árboles enfermos que se presentaban.

Al calcular el diferencial de selección con respecto al DAP de la población inicial y la población seleccionada utilizando dos diferentes intensidades de selección determinó una ganancia importante aunque la selección se vio afectada por la presencia del hongo *Chrysosporithe cubensis*, ya que no se pudieron dejar en pie árboles con diámetros importantes. Sin embargo, el DAP promedio de los árboles seleccionados y dejados en pie fue de 22.6 cm para el área U01 y 21.2 cm para la U02. Esto implica una ganancia en diferencial de selección en DAP de 5.4 y 2.3 cm, por área, respectivamente.

La pérdida en el diferencial de selección debido a la enfermedad causada por el hongo *Chrysosporithe cubensis* dentro de las dos áreas semilleras fue importante 2007, lo cual se percibe al tomar los 100 y 150 individuos mejores por parcela sin considerar la enfermedad, observamos que el efecto de la enfermedad puede afectar el diferencial de selección del DAP hasta -0.47 cm en alguna parcela o hasta de 4.15 cm en otra. Esta situación se agrava al intentar seleccionar a 150 individuos. Es por esto que se para establecer nuevas áreas semilleras, el número de árboles por hectárea a dejar en pie pudiera reducirse hasta 75/ha.

Finalmente podría asegurarse que la selección del arbolado sano dejado en pie, al cruzarse garantizará mejores crecimientos en altura y DAP en las nuevas generaciones dado que la presión de selección fue aplicada con base en una intensidad de selección más fuerte en contra de arbolado enfermo.

4.6. LITERATURA CITADA

- Bouvarel, P. 1966. *Les facteurs économiques dans le choix d'une méthode d'amélioration*. Sexto Congreso Forestal Mundial. 6 CFM/G/C.T.I./4.1.15
- Clausen, K. 1990. Producción de semillas forestales genéticamente mejoradas. En: Memoria Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 42-50.
- Eguiluz P., T. y B. Plancarte A. (Eds.). 1990. Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Memoria. Chapingo, México. Centro de Genética Forestal. 209 p.
- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. FAO. Roma, Italia. 723 p.
- Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Longmann Exxes. England. 464 p.
- Hillis W., E. and G. Brown A. 1984. Eucalypts for wood production. CSIRO/ACADEMIC PRESS. Australia. 434 p.
- Nieto, V. M., Rodríguez J. 2003. Eucalyptus urophylla S.T. Blake. In: Tropical Tree Seed Manual. J.V.Vozzo (ed.). USDA, Forest Serv. p. 473.
- Owen, R.D. y R.S. Edgar. 1965. General Genetics. 2nd ed. W.H. Freeman and Co. San Francisco. USA. 557 p.
- Penfold A., R. and L. Wills J. 1961. The eucalypts; botany cultivation, chemistry, and utilization. Interscience. New Cork. 551 p.
- Shelbourne, C.J.A. 1969. Predicted genetic improvement from different breeding methods. In World consultation on forest tree breeding. Documentos. Roma, Italia, FAO. v. 2. pp. 1023-1029.
- van Heerden, S.W., H.V. Amerson, O. Preisig, B.D. Winfield and M.J. Winfield. 2005. Relative pathogenicity of *Cryphonectria cubensis* on *Eucalyptus* clones differing in their resistance to *C. cubensis*. Plant Disease 89: 659-662.
- Van W., G. 1978. Progress with the *Eucalyptus grandis* breeding program in the Republic

of South Africa. In: World Consultation on Forest Tree Breeding, 3, Canberra, Proceedings., 5p.

White, T.L., T. W. Adams and D.B. Neale. 2007. Forest Genetics. CABI Publishing, Cambridge, MA. 682 p.

Wright J.A. 1997. A review of the worldwide activities in tree improvement for *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and the hybrid urograndis. In: T.L.

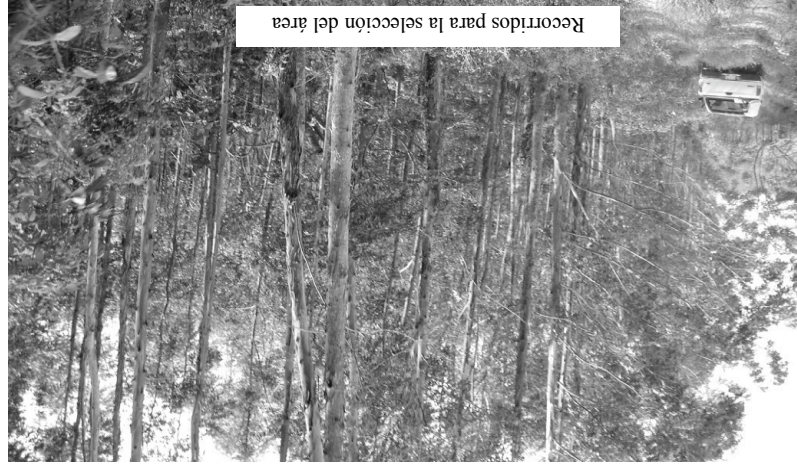
White, D.A. Huber and G. Powell (eds), 24th Biennial Southern Forest Tree Improvement Conference. Orlando, Florida, USA. Southern Forest Tree Improvement Committee, Orlando, pp. 96–102.

Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 p.

Anexo 1

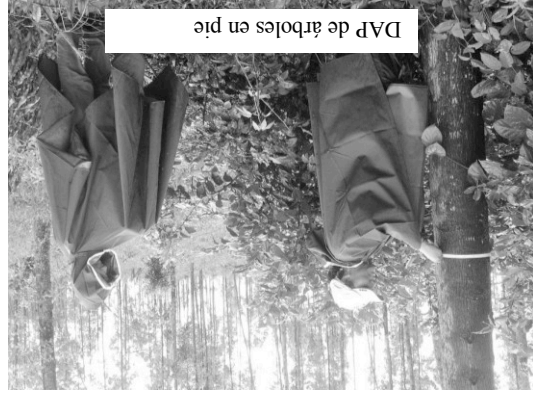


Establecimiento del área sembrera



Anexo 2

Datos registrados en las áreas semilleras



Anexo 3

Difficultades para el establecimiento y toma de datos en el área semillera

