

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DEL DAÑO CAUSADO POR MANCHA FOLIAR
(*Teratosphaeria nubilosa*) EN *Eucalyptus globulus* ssp.
globulus, BAJO DOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN**

por

Andrés HIRIGOYEN

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2011**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Graciela Romero

Ing. Agr. José Gándara

Ing. Agr. Martín Sapriza

30 de junio del 2011
Fecha: -----

Autor: -----
Andrés Hirigoyen

AGRADECIMIENTOS

A Sylvia y Chiquito.

A Daniela, Matilde, Emilia, Claudia y Luciano por el apoyo que me brindaron y por seguirme siempre en todo.

A mis tías del IPA por el aguante y el ánimo.

A Mariana Boscana y Lucia Soria, sin las que no hubiera podido llegar a esta etapa.

A mis abuelos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	3
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	3
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE	
<i>Eucalyptus globulus</i> ssp. <i>globulus</i>	4
2.1.1 <u>Descripción de la especie</u>	4
2.1.2 <u>Distribución natural</u>	5
2.2 PRODUCCIÓN DE <i>Eucalyptus globulus</i> ssp. <i>globulus</i> EN URUGUAY.....	5
2.3 AGENTES CAUSANTES DE MLD: <i>Mycosphaerella</i> sp. Y <i>Teratosphaeria</i> sp.....	5
2.3.1 <u>Caracterización de los géneros</u>	6
2.3.2 <u>Ciclo biológico de <i>Mycosphaerella</i> y</u> <u><i>Teratosphaeria</i></u>	7
2.3.3 <u>Distribución de <i>Mycosphaerella</i> y</u> <u><i>Teratosphaeria</i> en el mundo</u>	8
2.3.4 <u>MLD en Uruguay</u>	10

2.4 FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRODUCCIÓN DE <i>Eucalyptus globulus</i> ssp. <i>globulus</i>	10
2.4.1 <u>Factor genético</u>	10
2.4.2 <u>Ambiente</u>	11
2.5 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA ESPECIE.....	12
2.5.1 <u>Macronutriente</u>	14
2.5.1.1 Macronutrientes y su función metabólica celular.....	15
2.5.2 <u>Micronutrientes</u>	16
2.5.2.1 Micronutrientes y su función metabólica celular.....	17
2.5.3 <u>Deficiencia nutricional y sus consecuencias</u>	18
2.6 ÍNDICE DE DAÑO DE COPA (CROWN DAMAGE INDEX).....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	22
3.1 UBICACIÓN.....	22
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO.....	22
3.3 ÁRBOLES.....	23
3.3.1 <u>Medidas dasométricas</u>	23
3.3.2 <u>CDI</u>	24
3.4 PRODUCTOS.....	27
3.4.1 <u>Wuxal doble 5</u>	27
3.4.2 <u>Wuxal ascofol</u>	28
3.4.2.1 Reguladores del crecimiento y osmorreguladores contenidos en wuxal ascofol.....	28

3.5 TRATAMIENTOS.....	30
3.6 IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE.....	31
3.7 ANÁLISIS DE MARCO Y MICRONUTRIENTES...	31
3.7.1 <u>Análisis foliares</u>	31
3.7.2 <u>Análisis de suelo</u>	32
3.8 DISEÑO ESTADÍSTICO.....	32
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	33
4.1 IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE CAUSAL.....	33
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN.....	36
4.3 FALLAS DE PLANTACIÓN.....	36
4.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS.....	37
4.4.1 <u>Altura</u>	37
4.4.2 <u>DAP</u>	39
4.4.3 <u>Evaluación de defoliación</u>	40
4.5 INDICE DE DAÑO DE COPA (CDI).....	43
4.5.1 <u>CDI para infección (CDIinfec.)</u>	43
4.5.2 <u>CDI para defoliación (CDIdef.)</u>	44
4.5.3 <u>CDI total</u>	45
4.6 MACRO Y MICRONUTRIENTES EN HOJAS.....	47
4.7 MACRO Y MICRONUTRIENTES EN EL SUELO...	48
5. <u>CONCLUSIONES</u>	50
6. <u>RESUMEN</u>	51
7. <u>SUMMARY</u>	52
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	53
9. <u>ANEXOS</u>	61

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Algunas especies de <i>Mycosphaerella</i> según zona de identificación y autor.....	9
2. Valores representativos de características químicas del suelo bajo uso forestal.....	13
3. Macro y micronutrientes vegetales.....	13
4. Movilidad floemática de los nutrientes.....	18
5. Macronutrientes y síntomas de deficiencia.....	19
6. Micronutrientes y síntomas de deficiencia.....	20
7. Condiciones climáticas para el período del ensayo.....	22
8. Composición química de wuxal doble 5.....	27
9. Composición química de wuxal ascofol.....	28
10. Promotores de crecimiento, osmorreguladores y lugar de síntesis.....	29
11. Cantidad de árboles por tratamientos según fecha de evaluación.....	36
12. Altura promedio por tratamiento y bloques según fecha de muestreo.....	37
13. Altura promedio por tratamiento según fecha de muestreo..	37

14. DAP promedio por tratamiento y bloques según fecha de Muestreo.....	39
15. DAP promedio por tratamiento según fecha de muestreo	39
16. DSM para el mes de mayo.....	41
17. Porcentaje de infección por tratamiento.....	43
18. Valores de CDldef por tratamiento	44
19. Valores de CDI total por tratamiento.....	45
20. Valores de nitrógeno foliar.....	47
21. Valores de fósforo foliar.....	47
22. Valores de potasio foliar.....	47
23. Valores de boro foliar.....	48
24. Análisis de suelo.....	48

Figura No.

1. Mediciones de altura.....	23
2. Calibre.....	23
3. Elección de las ramas a evaluar.....	25
4. Identificación de las ramas a evaluar.....	25
5. Escala de severidad de daño utilizada a campo.....	26
6. Diseño experimental.....	30
7. Cultivos de <i>Mycosphaerella</i> y <i>Teratosphaeria</i> en PDA 2%....	31

8. Hojas sanas e infectadas por <i>Mycosphaerella</i> y <i>Teratosphaeria</i>	33
9. Borde de una macha necrótica (10X).....	33
10. Manchas causadas por <i>Mycosphaerella</i> y/o <i>Teratosphaeria</i> (10X).....	34
11. Mancha necrosada (10X).....	34
12. Micelio sobre PDA 2%.....	35
13. Esporas recolectadas.....	35
14. Ataque de MLD en el mes de agosto.....	36

Gráfica No.

1. Altura de los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación.....	38
2. DAP de los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación.....	40
3. Totales para defoliación, hojas infectadas y hojas sanas por tratamiento.....	40
4. Totales para defoliación, hojas infectadas y hojas sanas por tratamiento.....	41
5. Totales para defoliación, hojas infectadas y hojas sanas por tratamiento.....	42
6. Evolución del CDI de infección por tratamiento.....	43
7. Evolución del CDI de defoliación por tratamiento.....	45
8. Evolución del CDI total.....	46

1. INTRODUCCIÓN

A partir del año 1989, con la creación de la Ley Forestal (Número 15.939), el sector forestal Uruguayo comienza a tomar importancia, incrementado el desarrollo de la forestación a nivel nacional. En la actualidad la superficie forestada es de 1.721.658 ha, alcanzando el género *Eucalyptus* 676.096 ha, de las cuales 368.388 ha corresponden a *Eucalyptus globulus* Labillardière ssp. *globulus*. El departamento de Florida (lugar donde fue realizado el ensayo) cuenta con 40.766 ha de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* (URUGUAY. MGAP. DGF, 2008)

Eucalyptus globulus ssp. *globulus* fue introducido en Uruguay en 1853, es considerado uno de los mejores *Eucalyptus* para la producción de papel, siendo también utilizado como madera estructural, para postes largos, pilotes e incluso para tirantes de ferrocarril, y combustible (FAO, 1981).

Junto con la expansión de la superficie forestada registrada en los últimos treinta años, se ha incrementado el número de plagas y enfermedades que atacan a las especies forestales, reduciendo su productividad o incluso causando la muerte del árbol en pie. El género *Eucalyptus* es atacado por un amplio número de enfermedades fúngicas foliares, de las cuales los géneros *Mycosphaerella* Johanson y *Teratosphaeria* Crous & Braunson son los de mayor relevancia (Crous 1998, Crous et al. 2004, Glen et al. 2006, Wingfield et al. 2008). Se han descrito más de 120 especies de *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria*, en todo el mundo, siendo el principal síntoma la presencia de manchas foliares necróticas en hojas jóvenes (Crous 1998, Pérez et al. 2009a, 2009b). El ataque de estos hongos determina una reducción en el área fotosintética y una redistribución de la energía metabólica del árbol. Siendo así mayor la energía que se debe destinar a las zonas infectadas con la consecuente disminución de energía utilizada para el crecimiento y desarrollo (Pinkard y Mohammed, 2005).

Según Balmelli et al. (2008) los árboles que presentan pobre crecimiento inicial o que son severamente afectados por enfermedades foliares, tienen una reducción importante en el crecimiento posterior y un aumento marcado en la mortalidad, estrechamente relacionada con la disminución del área foliar. Por su parte Lundquist y Purnell (1987), Pinkard y Mohammed (2005), Smith (2006) trabajando con *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* y *Eucalyptus nitens*, sugieren que a partir de un 25 % de daño foliar, es esperable una reducción significativa en el crecimiento. Los efectos de esta enfermedad se ven incrementados en sitios donde existe estrés abiótico, así, Smith (2006)

indica que la pérdida de crecimiento en sus ensayos obedece a la influencia de factores de sitio. La baja disponibilidad de agua y nutrientes acrecientan los efectos de la infección por *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria*.

Las heridas producidas por plagas y enfermedades son una forma de estrés ambiental que padecen las plantas. Sus respuestas frente al ataque, incluyen la elaboración de un conjunto de compuesto químicos de fuerte actividad antibiótica, o con efectos disuasorios. Estos compuestos incluyen las fitoalexinas, las barreras estructurales y las proteínas específicas relacionadas con la patogénesis (PR) (Chaves y Pereira, 2003).

La resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades, incluye un conjunto de diversos mecanismos inducidos por los organismos que interaccionan (patógenos, herbívoros, parásitos, etc.), mediados por determinadas moléculas originarias del patógeno o de la propia planta, denominados elicitores (Tinaut y Espinosa, 2003). Los elicitores interaccionan con receptores celulares, afectando el metabolismo primario (activando procesos, como el choque oxidativo o la muerte celular programada) y/o el secundario, dando lugar a la síntesis de sustancias químicas como las fitoalexinas y reguladores endógenos o moléculas señal (entre las que se destacan Jasmonatos y Salicililatos), que aseguran la amplificación y coordinación de la respuesta de defensa, tanto temporal como espacialmente, y que acaban restringiendo rápidamente la extensión del ataque (Tinaut y Espinosa, 2003). Las fitoalexinas son productos del metabolismo secundario de la planta con importante función adaptativa en la protección contra plagas y enfermedades. Son metabolitos secundarios de bajo peso molecular (no gaseoso), generalmente lipofílicos (Chaves y Pereira, 2003).

La expresión de la mayor parte de los genes que codifican PR, puede ser inducida por la aplicación exógena de elicitores o de precursores de fitohormonas (como por ejemplos Salicililatos, Jasmonatos, Etileno, etc.). Las PR son un conjunto de familias de proteínas con actividad antimicrobiana, así las familias PR-1, PR-4 y PR- 5 poseen una potente acción antifúngica, y las familias PR-2, PR-3, P-R8 y PR -11 muestran actividad quitinasa, capaz de degradar los polisacáridos estructurales de las paredes de las hifas. Las PR-12 (defensinas vegetales), la PR-13 (tionina) y las PR-14 (osmotinas) son producidas como respuesta a la necrosis foliar (Tinaut y Espinosa, 2003). Diversos ensayos han sido ejecutados en nuestro país, por diferentes empresas forestales en búsqueda de subsanar el daño causado por *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria*. “Los Eucalyptus” S.A, GRUPO IBERPAPEL¹, han probado

¹ Petrini, L. 2010. Com. personal.

diversos fertilizantes foliares, con el objetivo de activar elicitores eficientes que eleven los mecanismos de defensa (fitoalexinas) de las plantas. Según Carnegie y Ades (2002) la incidencia de la infección por *Mycosphaerella* es significativamente menor en árboles que recibieron suplementación con fósforo. Por su parte, Pinkard (2003) concluye que es posible reducir el efecto de dicha enfermedad en sitios con buena fertilidad y buena disponibilidad de nutrientes ya que los árboles en sitios de alta productividad poseen mayor capacidad de recuperación después de una defoliación.

En Uruguay son cada vez más numerosos los trabajos sobre identificación de especies de *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria*, y los estudios sobre su relación con un déficit nutricional.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Evaluar los daños causados por *Mycosphaerella* y/o *Teratosphaeria* en una plantación de *E. globulus* ssp. *globulus* de un año y medio de edad.

1.1.2 Objetivos específicos

1) Identificar y caracterizar la/s especie/s de *Mycosphaerella* y/o *Teratosphaeria* presente/s en la plantación bajo estudio.

2) Relacionar el estado nutricional de los árboles y la incidencia de estos patógenos foliares.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*

2.1.1 Descripción de la especie

Según FAO (1981), Brussa (1994), *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*, es un árbol de gran tamaño, con una altura en su país de origen (Australia) entre 45–55 m; con un tronco derecho macizo y una copa abierta y pesada. Posee facilidad para su establecimiento, crece rápidamente, cierra temprano su dosel, rebrota vigorosamente y es firme contra los vientos. Tiene un sistema radical muy extenso y denso lo cual favorece el control de la erosión.

Duramen: pardo amarillento, densidad seco al aire de 780 kg/m³, a 900 kg/m³ fuerte y algo durable.

Madera: pardo amarillenta clara, textura abierta, generalmente grano entrelazado, anillos de crecimiento bastante evidentes, fuerte y durable.

Tipo de Corteza: caduca en largas fajas, persistente en la base. Ritidoma crema, grisáceo y castaño

Hojas juveniles: opuestas, sésiles, sobre tallos cuadrangulares, pruinosas, elípticos u ovalo-elípticas, ápice obtuso o mucronado glaucas discoloras.

Hojas Intermedias: alternas, pecioladas, lanceoladas, ápice agudo, acuminado, base redondeada, verdes concoloras.

Hojas adultas: falcadas, alternas, pecioladas, ápice agudo acuminado, base amplia, cuneada, verdes concoloras, nervaduras secundarias oblicuas.

Flores: solitarias, sésiles o con corto pedúnculo, botones florales obovados, pruinosos, con cuatro costillas muy marcadas, opérculo umbonado, verrucoso de menor largo que el hipantio, florece a fines de otoño e invierno.

Frutos: sésiles, obocónicos a suglobosos con cuatro costillas notorias, disco plano o convexo, a nivel o algo exserto, definiendo lobos que cubren parcialmente las valvas (4 a 5) situadas más o menos a nivel.

2.1.2 Distribución natural

Eucalyptus globulus ssp. *globulus* es nativo del sur de Australia, Tasmania, Promontorio de Wilson y costa adyacente de Victoria; las islas en el estrecho de Bass entre Tasmania y el continente (FAO 1981, Golfari 1985).

Distribuido en zonas con una latitud de 37°-43°30´S, en localidades costeras y continentales con altitudes desde el nivel del mar a 450 m. Creciendo en clima templado-frió uniforme, con una temperatura máxima promedio de 20 - 23° C y mínimas de 0 - 8°; subhúmedo o húmedo con precipitaciones del orden de los 500 a 1500 mm anuales mayoritariamente invernales (FAO 1981, Brussa 1994).

2.2 PRODUCCIÓN DE *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* EN URUGUAY

Eucalyptus globulus ssp. *globulus* ha sido plantado en Uruguay sobre varios tipos de suelos ubicados predominantemente al Sur de Río Negro. FAO (1981) reporta muy buenos crecimientos en suelos profundos arenoso-arcillosos y un crecimiento aceptable sobre suelos franco arcillosos y arcillosos bien drenados. En nuestro país se registra un crecimiento medio anual de 25 m³/ha/año (FAO, 1981). Siendo el principal factor limitante la superficialidad del suelo, el mal drenaje, la salinidad y la presencia de un alto contenido de carbonatos asimilables (Brussa, 1994).

2.3. AGENTES CAUSANTES DE MLD: *Mycosphaerella* sp. Y *Teratosphaeria* sp.

La enfermedad Mancha de la hoja por *Mycosphaerella* (MLD: *Mycosphaerella* Leaf Disease) es causada por algunas especies fúngicas pertenecientes a los géneros *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria*. Esta enfermedad es una de las primeras enfermedades reportadas atacando *Eucalyptus* spp. fuera de su área de origen (Australia e Islas próximas) (FAO 1981, Lundquist y Purnell 1987, Crous 1998, Hunter et al. 2008, Wingfield et al. 2008, Pérez et al. 2009a, 2009b).

Algunas especies dentro de estos géneros atacan hojas juveniles de *E. globulus*, *E. nitens*, y *E. dunnii* y hojas adultas de *E. grandis*, *E. saligna* y *E. globulus* (Alfenas et al. 2004, Otero et al. 2006, Simeto et al. 2009). Pérez et al. (2009a) describen más diez especies de *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria* infectando *Eucalyptus* en nuestro país. MLD provoca la disminución del área

fotosintetizadora, por necrosis del tejido foliar, en el período de hoja juvenil y/o adulta, determinando una defoliación severa (Carnegie et al. 1994, Cargenie y Ades 2002, Simeto et al. 2009). Al coincidir con el periodo de crecimiento más activo del árbol, se registran importantes pérdidas en altura (Lundquist y Purnell 1987, Carnegie 2007, Hunter et al. 2008). Así, Carnegie et al. (1994) determinaron que infecciones superiores al 10% resultaron en una reducción del 17% en la altura para *E. globulus* ssp. *globulus*. En ocasiones la infección por MLD puede provocar la muerte prematura de la rama sin que ocurra normalmente el proceso de abscisión, facilitando el acceso de organismos patógenos como hongos degradadores de madera o insectos, y en casos severos, la muerte de los brotes apicales e incluso la muerte del árbol en pie (Crous 1998, Alfenas et al. 2004, Crous et al. 2006).

La infección se ve favorecida por la ocurrencia de temperaturas altas y presencia de agua libre sobre la superficie foliar (Alfenas et al. 2004, URUGUAY. MGAP y FAO 2006, Hunter et al. 2008). El síntoma consiste en manchas con formas que varían de circular a irregulares, de coloración marrón clara, siendo más oscuras en la cara inferior del limbo y más claras en la cara adaxial. Dichas manchas pueden fusionarse formando manchas irregulares de mayor tamaño (Mansilla et al. 2005, Agrios 2007). Las lesiones iniciales aparecen como manchas de color verde pálido con márgenes púrpuras, tomando un color amarillo a marrón claro con bordes elevados de color marrón oscuro (Hunter et al., 2008). Sobre las lesiones se forman los cuerpos fructíferos (pseudotecios) oscuros que contienen en su interior ascas con ascosporas (Romero 1995, Carnegie et al. 1998, Alfenas et al. 2004).

2.3.1 Caracterización de los géneros

El género *Mycosphaerella* y el género *Teratosphaeria* pertenecen a la División Eumycota ya que forman micelio, a su vez, al producir grupos de 8 ascosporas sexuales en el interior del asca, se incluyen en la Subdivisión Ascomycotina (Agrios, 2007). Dentro de la Clase Dothideomycete pertenecen al orden Capnodiales, puesto que presentan cavidades dispuestas en una capa basal, las cuales contienen muchas ascas (Maxwell 2004, Crous et al. 2007). Dentro de los Capnodiales se encuentran las familias *Mycosphaerellaceae* y *Teratosphaeriaceae* entre otras (Crous et al. 2007, Simeto et al. 2009).

Según Crous et al. (2007) *Teratosphaeria* se distingue morfológicamente de *Mycosphaerella*. *Teratosphaeria* presenta pseudotecios superficiales, globulosos, uniloculares, papilados, generalmente situados en un estroma de células marrones pseudoparenquimales. Con frecuencia posee pseudoparafisis, subcilíndricos y ramificados. Sus ascas son fasciculadas, de 8 esporas,

bitunicadas, frecuentemente con endotúnica de varias capas. Las ascosporas son elipsoides a obovoides, con un solo septo, hialinas, algunas marrón pálido, con frecuencia cubiertos con vaina mucoide. Dentro de esta familia, las especies *Teratosphaeria nubilosa* (= *Mycosphaerella nubilosa*) y *Teratosphaeria cryptica* (= *Mycosphaerella cryptica*) se consideran las causantes de los mayores daños por MLD en todo el mundo (Carnegie y Ades 2002, Carnegie 2007, Hunter et al. 2008, Pérez et al. 2009a, 2009).

Por su parte *Mycosphaerella* se caracteriza por generar pseudotecios, no conectados por el estroma superficial. Sus ascas presentan endotúnica de varias capas, son de color marrón y carece de pseudoparafisis (Crous et al., 2007).

2.3.2 Ciclos biológicos de *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria*

El ciclo se inicia con la liberación de las ascosporas desde lesiones de un ciclo anterior de la enfermedad, son diseminadas principalmente por el viento en los períodos de alta humedad. La propagación mediante el salpicado del agua es responsable de la distribución dentro del mismo árbol (Park y Keane 1982, Beresford, citado por Crous 1998, Park et al. 2000, Maxwell 2004, Freeman et al. 2008). La germinación de las ascosporas ocurre cuando hay condiciones de agua libre, con temperaturas medias de 20 a 25° C. Siendo el óptimo de 25° C para *T. nubilosa* (= *M. nubilosa*) y *M. parva*, 20° C para *T. cryptica* (= *M. cryptica*). En ambos casos con una humedad relativa alta, próxima al 90 % o con agua libre sobre la hoja por más de 24 horas (siendo el óptimo entre 5 y 7 días para *T. nubilosa*) (Park y Keane 1982, Agrios 2007, Hunter et al. 2008). Los primeros síntomas aparecen entre 3 a 5 semanas luego de la penetración de las ascosporas en la hoja (Park y Keane, 1982). La aparición de pseudotecios con ascosporas viables ocurre de 10 a 12 semanas más tarde (Mansilla et al., 2005).

En Australia se detectaron, para *T. nubilosa*, *T. cryptica* y *M. parva*, fructificaciones durante todo el año, pero su liberación ocurre dentro de los rangos de temperatura y humedad citados (Park y Keane 1982, Maxwell 2004). Así, para nuestro país, Pérez et al. (2009b), Pérez et al. (2009) concluyeron que el ataque registrado en el año 2007, estuvo asociado a la ocurrencia de un otoño y una primavera lluviosa. En ese año se reportó la presencia de *T. nubilosa* en plantaciones de *E. globulus* ssp. *globulus* en todo el país. En Nueva Zelanda, las mayores concentraciones de ascosporas en el aire se dan

durante el otoño y hasta principios del verano (Park y Keane 1982, Beresford, citado por Crous 1998). Mientras que en Uruguay, Algorta (2009) establece que el ataque por estos ascomicetes es más pronunciado en otoño.

El desarrollo de las ascosporas ocurre con elevada humedad micelial y la germinación requiere la presencia de agua libre y depende de la temperatura, por lo cual un clima cálido y húmedo, como los registrados en los días lluviosos de verano, es favorable para la infección (Freeman et al. 2008, Pérez et al. 2009b). Mansilla et al. (2005) citan para *T. nubilosa* la aparición de fructificaciones a 12 semanas después de la infección. Según Park y Keane (1982) algunas especies de *Mycosphaerella* pueden liberar ascosporas durante doce meses.

2.3.3 Distribución de *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria* en el mundo

La MLD es causada por varias especies de *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria* (ver cuadro No. 1).

Cuadro No. 1: Algunas especies de *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria* según zona de identificación y autor

Autor	País	Especie
Otero et al. (2006)	España	<i>T. parva</i> , <i>T. nubilosa</i> , <i>T. molleriana</i> , <i>M. lateralis</i>
Crous et al. (2004)	España	<i>M. suberosa</i>
Crous et al. (2006)	España	<i>M. communis</i> , <i>M. lateralis</i> , <i>T. molleriana</i> , <i>T. nubilosa</i> , <i>T. parva</i> , <i>M. pluritubularis</i> , <i>M. readeriellophora</i> , <i>M. walkeri</i>
	Colombia	<i>M. flexuosa</i>
	Portugal	<i>T. nubilosa</i>
	Zambia	<i>M. pseudaficana</i>
	Brasil	<i>M. scytalidii</i>
Glem et al. (2006)	Australia	<i>T. cryptica</i> , <i>M. gradia</i> , <i>T. nubiilosa</i> , <i>T. parva</i> , <i>M. vespa</i>
	Tasmania	<i>T. cryptica</i> , <i>M. gradia</i>
	Brasil	<i>M. parkii</i>
Carnegie et al. (1998)	Victoria	<i>T. cryptica</i> , <i>M. marksii</i> , <i>T. nubilosa</i> , <i>T. parva</i>

2.3.4 MLD en Uruguay

Pérez et al. (2009a, 2009b), reportaron la ocurrencia de diferentes especies de *Mycosphaerellaceae* y *Teratosphaeriaceae* en la mayoría de las áreas donde se cultiva *Eucalyptus* en nuestro país. Dentro de *Mycosphaerellaceae*, *M. marksii*, en lesiones foliares de *E. dunnii*, *E. globulus*, *E. grandis* y *E. maidenii* en los departamentos de Durazno, Florida, Lavalleja y Río Negro. *M. heimii* y *M. lateralis* sobre *E. dunnii* en Río Negro, *M. scytalidii* sobre *E. dunnii* y *E. grandis* en Río Negro, sobre *E. globulus* en Durazno y *M. aurantia* en el departamento de Río Negro infectando *E. grandis*. (Crous et al. 2006, Pérez et al. 2009a). Crous et al. (2006) indicaron para Uruguay la presencia de *M. marksii*, *M. pseudosuberosa*, y *M. walkeri*. Con excepción de las últimas dos especies, el resto se identificaron sobre *E. globulus* ssp. *globulus*. Pérez et al. (2009a), Pérez et al. (2009), citan *T. nubilosa* en *E. dunnii*, *E. globulus* ssp. *globulus*, *E. grandis*, *E. nitens*, *E. biscostata*. *T. molleriana* y *T. pluritubularis* en *E. globulus* ssp. *globulus* (en el departamento de Durazno) y *T. molleriana* en Florida infectando *E. globulus* ssp. *maidenii*.

2.4 FACTORES QUE CONDICIONAN LA PRODUCCIÓN DE *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*

La productividad en *E. globulus* depende del crecimiento y del estado sanitario de la plantación durante el primer año (Simeto, 2008). El potencial máximo es alcanzado por el árbol cuando ninguno de los factores de crecimiento está en menor proporción de la requerida por la especie, con lo cual se obtiene un rendimiento del 100%. Estos factores pueden ser clasificados en ambientales y genéticos.

2.4.1 Factor genético

Las características tales como calidad de la madera, resistencia a enfermedades, resistencia a la sequía, etc., están relacionados con la constitución genética de la especie. Así, la obtención de árboles de crecimiento rápido, con fuste recto y resistente a enfermedades es el principal objetivo de los programas de mejoramiento genético forestal (Gallo, 2009). El origen de los clones es el factor más importante, ya que determinará la calidad de plantas y el producto que se obtendrán de éstas. El uso de clones de correcta calidad genética en una plantación forestal, va a tener especial influencia en el éxito inicial de la plantación y la producción posterior de la misma, así como su

capacidad de resistir daños bióticos y abióticos (Gallo, 2009). Algorta (2009) establece que la mejora genética es una herramienta válida en la búsqueda de clones resistentes a MLD, siendo importante combinar la resistencia al patógeno y la superioridad productiva. Cuanta mayor similitud exista entre el sitio de plantación y la zona de origen del material parental, mayor éxito se obtendrá.

2.4.2 Ambiente

Tisdale y Nelson (1970) definen al ambiente, como la suma de todas las condiciones externas e influencias que afectan la supervivencia y el desarrollo de un organismo. Las especies forestales introducidas tienen posibilidades de éxito solamente en regiones cuyas condiciones climáticas sean similares a las de su área de origen. De manera que se vean colmadas sus exigencias climáticas y edáficas. Lo cual le permite adaptarse a diferentes regiones de un país (Gallo, 2009).

Entre los factores ambientales conocidos que influyen en el crecimiento vegetal se citan:

1. Temperatura
2. Humedad
3. Energía radiada
4. Composición de la atmósfera
5. Contenido de gas en el suelo
6. Reacción del suelo
7. Factores bióticos
8. Suministro de nutrientes minerales

Golfari (1985) establece para *E. globulus* ssp. *globulus* requerimientos de veranos frescos. Cuando se planta en regiones con un temperatura media en enero superior a 22 °C, tiene un crecimiento anormal y su ciclo de vida se acorta. La temperatura mínima absoluta es otro factor que puede dificultar o impedir la utilización de una especie. FAO (1981) cita para *E. globulus* ssp. *globulus* mejores resultados en climas templados y en sitios elevados para climas fríos tropicales. Las heladas son el principal limitante que tienen algunas especies de *Eucalyptus*. Siendo especialmente perjudicial para las plántulas y brotes de 1–2 años de *E. globulus* ssp. *globulus*, pero los árboles mayores son relativamente resistentes a heladas ligeras. Se han señalado temperaturas de -6° y -7 °C como los límites a su resistencia al frío (FAO 1981, Golfari 1985).

2.5 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA ESPECIE

Las plantaciones forestales son cultivos que utilizan el ambiente en donde han de crecer de manera prolongada debido a la duración de sus ciclos productivos. En la rotaciones con destino celulosa (cada 10 años) o de madera de aserrío (20 años) ocurre una exportación de nutrientes del suelo y un reciclaje con la descomposición de los restos de cosecha (Hernández et al., 2010a). La cantidad de nutrientes reciclados de los restos de cosecha es variable en función del tiempo, del nutriente en cuestión y de la fracción en descomposición. Así, Hernández et al. (2010a) establecieron que las hojas pierden el 83% de su biomasa en los dos años siguientes a la cosecha. Es de esperar que la infección por MLD, disminuya la tasa de reciclaje de nutrientes al descomponer parte del área foliar. Los suelos de prioridad forestal, en Uruguay, se encuentran en el nivel de Gran Grupo como Luvisoles, Acrisoles, Brunosoles y Argisoles. Califra y Duran (2010) citan como características claves en la determinación de la calidad del sitio forestal los siguientes parámetros:

- a) Profundidad de enraizamiento
- b) Textura, capacidad de almacenamiento de agua
- c) Características de la saprolita: friabilidad, volumen de enraizamiento, espesor, acceso al agua de profundidad
- d) Drenaje natural
- e) Nivel de carbono orgánico

Los suelos de aptitud forestal en Uruguay son ácidos a muy ácidos, de texturas medias a livianas, con bajos niveles de bases y bajos contenidos de materia orgánica (Hernández 2010b, Zamalvide y Ferrando 2010) lo que redundaría en una baja disponibilidad de nutrientes y baja fertilidad natural (ver cuadro No. 2). Por lo cual es común la práctica de fertilización en la plantación. Las recomendaciones de fertilizantes se basan en nitrógeno, fósforo y potasio, pero escasas veces atienden a calcio, boro y zinc, independientemente de la especie, suelo y época de plantación (Bellote y Ferreira, 1995).

Cuadro No. 2: Valores representativos de características químicas del suelo bajo uso forestal

	pH	%	ppm	meq/100 g suelo		
	H ₂ O	M.O,	P	Ca	Mg	K
Luvisoles (zona 2)	5	3,8	3	4,5	2,1	0,45

Fuente: Zamalvide et al. (2010)

Las plantas absorben elementos minerales de las proximidades de las raíces, los cuales se clasifican en macro y micronutrientes (ver cuadro No. 3). Esta división carece de implicancia cualitativa ya que todos son esenciales, dicha división refleja las concentraciones relativas encontradas en los tejidos o que son requeridas en las soluciones nutritivas (Bonilla 2000, Alfnas et al. 2004).

Cuadro No. 3: Macro y micronutrientes vegetales

Clasificación	Elemento
Macronutrientes esenciales	N, P, S, K, Mg, Ca
Micronutrientes esenciales	Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, Ni
Elementos beneficiosos	Na, Si, Co, I, V

Fuente: Tislade y Nelson (1970)

Arnon y Stout, citados por Bonilla (2000), establecen tres criterios para que un elemento pueda considerarse esencial:

- a) Una planta es incapaz de completar su ciclo vital en ausencia de dicho elemento mineral.
- b) La función que realiza dicho elemento no podrá ser desempeñada por otro mineral de reemplazo o de sustitución.
- c) El elemento deberá estar directamente relacionado en el metabolismo o debe ser requerido en una fase del metabolismo precisa.

Aquellos elementos que compensan efectos tóxicos de otros elementos o que reemplazan a algunos nutrientes minerales en algunas de sus funciones, no son esenciales, pero se les denominan elementos beneficiosos (Bonilla 2000, Alfenas et al. 2004).

La mayoría de los micronutrientes (elementos trazas u oligoelementos), son constituyentes enzimáticos y en consecuencia son necesarios en pequeñas cantidades. Su denominación hace referencia a su baja concentración, inferior al 0,1% (Tislade y Nelson 1970, Alfenas et al. 2004, Agrios 2007).

Los macronutrientes son elementos constituyentes de biomoléculas estructurales o actúan como osmolitos, por lo cual se encuentran en mayor proporción (Tislade y Nelson 1970, Alfenas et al. 2004, Agrios 2007).

2.5.1 Macronutrientes

Fósforo: junto con el nitrógeno y el potasio se clasifican como elementos mayores, sin embargo en las plantas se encuentra en menor proporción que estos (Perdomo y Barbazan, 1999). Se considera generalmente que las plantas absorben la mayoría del fósforo en forma de ion primario ortofosfato, H_2PO_4^- , pequeñas cantidades del ion secundario ortofosfato HPO_4^{2-} , siendo diez veces más rápida la absorción del primero. Las cantidades relativas absorbidas de estos iones está en relación con el pH del medio que rodea a las raíces.

A pH bajo se incrementa la absorción del H_2PO_4^- , mientras que valores más altos de pH incrementan la absorción de la forma HPO_4^{2-} . Otras formas del fósforo como pirofosfatos o los metafosfatos, pueden ser absorbidas por las raíces. Ambas formas iónicas se encuentran en fertilizantes fosfóricos (Tislade y Nelson, 1970). Un adecuado suministro de fósforo activa la madurez de la planta (Perdomo y Barbazan, 1999).

Nitrógeno: absorbido por la mayoría de las plantas en forma diferente al nitrógeno elemental. La forma más comúnmente asimilada por las plantas son los iones nitrato, NO_3^- , y amonio NH_4^+ , luego es transformado dentro de la planta a las formas $-\text{N}=\text{}$, $-\text{NH}-$ o $-\text{NH}_2$. Los contenidos de nitrógeno en la planta expresados en relación a su peso seco total oscilan generalmente entre 1 y 5%. (Tislade y Nelson 1970, Perdomo y Barbazan 1999).

Potasio: es el tercero de los macronutrientes, es absorbido como ion K^+ , y se encuentra en los suelos en proporciones variables, (Tislade y Nelson, 1970)

Azufre: es absorbido casi exclusivamente en la forma de ion sulfato, SO_4^{2-} , pequeñas cantidades son absorbidas como dióxido de azufre, SO_2 , a través de las hojas. Al entrar en la planta el sulfato se reduce a $-\text{S}-$ y $-\text{HS}$. (Tislade y Nelson, 1970).

Calcio: absorbido como Ca^{+2} , su concentración está entre 0,2 y 1,0 % de los tejidos vegetales (Tislade y Nelson, 1970). Es abundante en los suelos y rara vez es limitante.

Magnesio: es absorbido como Mg^{+2} y su concentración en los cultivos varía entre 0,1 y 0,4% (Tislade y Nelson, 1970).

2.5.1.1 Macronutrientes y su función metabólica celular

Varios autores resaltan la importancia de los macroelementos en el metabolismo celular, así, Tislade y Nelson (1970), Bonilla (2000), Alfenas et al. (2004), Romero (2004), URUGUAY. MGAP y FAO (2006) coinciden en las siguientes funciones:

Azufre: Esencial en la formación de las proteínas que contienen cisteína y metionina y en la síntesis de tiamina. Importante en la biosíntesis de etileno y poliamidas. Integra las fitoquelatinas, proteínas de bajo peso molecular que forman complejos con metales pesados, constituyendo un mecanismo de defensa contra estos. Relacionado con la resistencia a heladas.

Magnesio: Componente de la molécula de clorofila y necesario para la síntesis proteica. Aproximadamente el 20 % del Magnesio foliar se encuentra en los cloroplastos, el resto se ubica en forma iónica soluble en los espacios intratilacoidales. Esta fracción al ser iluminada migra hacia el estroma activando a la fosfo-enol-piruvato carboxilasa y a la glutamato sintasa. Regula el pH celular y el balance de cationes/aniones. Forma complejos con el ATP (Mg-ATP) que son el sustrato de las ATPasa, interviniendo en la fosforilación del ATP a partir de ADP.

Nitrógeno: Interviene en la formación de la clorofila y en la formación de la estructura de la pared celular. Constituyente de proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos.

Potasio: Responsable de mantener la turgencia en el control de apertura de estomas, estabiliza el pH y la regulación osmótica de las células. Neutraliza varios ácidos orgánicos del protoplasma. Activa varias enzimas como las oxidorreductasa, transferrasa y quinasas.

Fósforo: Esencial en el correcto crecimiento y desarrollo de la planta, interviene en varios procesos metabólicos necesarios en la generación, transmisión y almacenamiento de energía, forma enlaces anhidros con el ATP y ADP. Vinculado a la fotosíntesis, síntesis de azúcares y transporte de carbohidratos.

Calcio: integra las cadenas de señalización celular (actuando como segundo mensajero) al unirse a la calmodulina actúa como modulador enzimático. Componente de la pared celular, asociado a la pectina de la lámina media (forma pectato cálcico). Regula la integridad y la permeabilidad de la membrana, interviene en los procesos de división celular. Intracelularmente se ubica en el interior de las vacuolas, pudiendo precipitar en sales de oxalato, fosfato o carbonato, debido al pH.

2.5.2 Micronutrientes

Zinc: absorbido en forma de ion Zn^{2+} , pudiendo ser absorbido en forma de complejos moleculares de agentes queláticos como el EDTA. Su concentración en la planta alcanza 20-100 partes por millón (ppm) (Tislade y Nelson, 1970).

Cobre: absorbido en forma del ion cúprico Cu^{2+} , y en combinación molecular con ciertos complejos orgánicos tales como el EDTA. Presente en la planta en 5-30 ppm (Tislade y Nelson, 1970)

Molibdeno: es absorbido probablemente como ion MoO_4^{2-} , su concentración en la planta es de 1-10 ppm (Tislade y Nelson, 1970). Es el único microelemento que aumenta su solubilidad con el pH (Bonilla, 2000).

Cloro: absorbido como ion Cl^- , debido a su alta solubilidad y a su forma aniónica es transportado vía xilemática y floemática (Bonilla, 2000).

Manganeso: es absorbido en forma de ion manganeso Mn^{2+} , y en combinación molecular con ciertos complejos orgánicos tales como el EDTA. También puede ser absorbido por las hojas. El contenido en la planta es de 20-500 ppm (Bonilla, 2000).

Boro: absorbido como $B_4O_7^{2-}$, $H_2BO_3^-$, HBO_3^{2-} o BO_3^{3-} . Su concentración en los tejidos vegetales es de 20-100 ppm, bajo la forma H_3BO_3 . El 95 % del B se encuentra en las paredes celulares, no forma parte estructural de ningún sistema enzimático o coenzimático. Sin embargo su deficiencia libera la inhibición de la 6-P-gluconato deshidrogenasa, lo cual favorece la vía de las pentosas frente a la glucólisis, con la consecuente acumulación de compuestos

fenólicos extremadamente tóxicos para la planta (Tislade y Nelson 1970, Bonilla 2000).

Hierro: debe ser absorbido por la plantas en forma iónica, como ion ferroso, Fe^{+2} , o como sales orgánicas complejas Es el microelemento que presenta mayor concentración en la planta, 20-400 ppm. Aproximadamente el 80 % del hierro foliar se acumula en los cloroplastos bajo la forma de fitoferritina.

2.5.2.1 Micronutrientes y su función metabólica celular

Siguiendo a Tislade y Nelson (1970), Bonilla (2000), Alfenas et al. (2004), Romero (2004), las principales funciones metabólicas de los micronutrientes son las siguientes:

Boro: es necesario en el proceso de división y desarrollo celular. La velocidad de la división celular es dependiente del contenido de boro, afectando el crecimiento de los meristemos, y procesos como floración y germinación. Esencial en la formación de la pared celular primaria, integra las ligaciones cruzadas de polímeros pépticos de rhamnogalacturonano. Interviene en la síntesis de pectina. Se relaciona con el metabolismo de los carbohidratos y facilita el movimiento de los azúcares formando un complejo permeable boro-azúcar o uniendo la membrana de las células de tal forma que aumenta su permeabilidad. Inhibe la formación de almidones mediante combinación con la parte activa de la fosforilasa, de esta forma el boro presenta una función protectora al prevenir la excesiva polimerización de los azúcares.

Cobre: esencial en el proceso de fotosíntesis, ligado a la plastocianina. Actúa también en el proceso de lignificación de la madera. Integra el receptor de etileno y es componente de algunas enzimas. Activa enzimas como: tirosinasa, lacasa, oxidasa del ácido ascórbico y butiril Co-A de hidrogenasa

Hierro: es esencial en la síntesis de clorofila y demás proteínas cloroplásticas, interviene en algunas reacciones redox de la fotosíntesis y de la respiración celular. El hierro tiene funciones específicas en la activación de varias enzimas (hemoproteínas) como hidrogenasa fumárica, catalasa, oxidasa y citocromos y en la flavina que reduce al ciotromo c. La producción de clorofila está relacionada con un suministro continuo de hierro.

Manganeso: actúa en reacciones redox y de transporte de electrones en los cloroplastos. Es importante en el proceso de fotosíntesis. Activa enzimas como la arginasa, cisteína desulfhidrasa, desoxido denucleasa y fosfatasa, siendo activador específico de las enzimas prolidasa y glutamil transferasa.

Molibdeno: esencial para la acción de la enzima nitrato reductasa, intergra la molécula de nitrogenasa. Se relaciona con la eliminación de la adenina y la guanina por medio de la xantín deshidrogenasa oxidasa (enzima catabólica).

Zinc: importante en la fotosíntesis y en la síntesis de auxinas, integra factores de transcripción y algunas enzimas del metabolismo de ácidos nucleicos. Activa enzimas como: enolasa, aldolasa, descarboxilasa oxalacética, lectinasa, cisteína desulfhidrasa, istidina desaminasa, anhidrasa carbónica, dipeptidasa glicil glicínica. Es un regulador de la expresión génica ya que forma parte de la RNA polimerasa y brinda estabilidad al ribosoma.

2.5.3 Deficiencia nutricional y sus consecuencias

La carencia o insuficiente concentración de un nutriente se expresa en síntomas visibles, los cuales pueden ser similares para varios elementos (como la clorosis) o exclusivos (como la falta de cicatrización de heridas). El lugar donde se ubican estos síntomas está relacionado con la movilidad del elemento en el floema (ver cuadro No. 4) (Tislade y Nelson 1970, Bonilla 2000).

Cuadro No. 4: Movilidad floemática de los nutrientes

Nutriente	Movilidad
Boro, Calcio, Manganeso	Inmóvil
Azufre, Hierro, Cobre, Magnesio, Molibdeno, Zinc	Variablemente móvil
Nitrógeno, Potasio, Fósforo	Altamente móvil

Fuente: adaptado de Tisdale y Nelson (1970), Bonilla (2000)

Los síntomas utilizados como métodos de diagnósticos cualitativos de deficiencias nutricionales, presentan un patrón de distribución simétrico, lo cual permite diferenciar los síntomas causados por otros agentes. Así, las hojas de la misma posición y de la misma edad fisiológica presentaran el mismo síntoma (Tislade y Nelson 1970, Bonilla 2000) (ver cuadros No. 5 y No. 6).

Cuadro No. 5: Macronutrientes y síntomas de deficiencia

MACRO-NUTRIENTES	SINTOMATOLOGÍA	LOCALIZACIÓN DE LOS SÍNTOMAS
Azufre	Clorosis color amarillo-naranja de las hojas jóvenes y haces vasculares, muerte de las hojas apicales de los brotes. En casos severos ocurre reducción de crecimiento. La planta se torna rígida y quebradiza.	Hojas en expansión y hojas completamente extendidas en el tercio apical.
Nitrógeno	Clorosis intervenal, amarillamiento y enrojecimiento seguida de la caída de las hojas de mayor edad. En algunas especies ocurre la presencia de puntos rojizos en el limbo que se continúan por una clorosis generalizada. Disminución del crecimiento.	Tercio basal, desarrollándose desde las hojas viejas hacia las jóvenes.
Potasio	Clorosis de los márgenes de las hojas que progresa hacia el centro culminando en necrosis en la zona apical. Hay disminución de crecimiento y pérdida de turgencia en las raíces y tallos. Problemas en la lignificación, aumentando la sensibilidad a heladas, sequías, vientos, plagas y enfermedades.	Se inicia en las hojas viejas del tercio basal progresando hacia las nuevas
Fósforo	Manchas purpuras sobre el limbo verde, pudiendo presentar puntos oscuros necróticos en el centro. La planta se afina y se achica (enanismo), las hojas se afinan y las nervaduras se vuelven poco pronunciadas.	Hojas maduras del tercio basal
Calcio	Necrosamiento con coloración clara en las puntas y márgenes del limbo. Hojas enrolladas y muerte de los ápices.	Hojas expandidas del tercio apical
Magnesio	Clorosis internerval, seguida de hojas enrolladas y defoliación. En déficit agudos hay reducción de crecimiento de la planta.	Hojas extendidas del tercio medio, pudiendo alcanzar hojas jóvenes.

Fuente: modificado de Tisdale y Nelson (1970), Bonilla (2000), Romero (2004), Alfenas et al. (2004), URUGUAY. MGAP y FAO (2006).

Cuadro No. 6: Micronutrientes y síntomas de deficiencia

MICRO-NUTRIENTES	SINTOMATOLOGÍA	LOCALIZACIÓN DE LOS SÍNTOMAS
Boro	<p>Detención del crecimiento y muerte de los brotes terminales. Acortamiento de entrenudos, bifurcación y posterior rebrote de las yemas laterales. Doblado y enrollamiento de las hojas que se tornan quebradizas, arrosamiento con clorosis en las borde de las hojas.</p>	Tercio apical del árbol.
Cobre	<p>Disminución del crecimiento inicial de la planta con las ramificaciones laterales péndulas. Hojas con los bordes retorcidas, afinamiento de las ramas apicales, ápices secos, aumento de los rebrotes laterales y mal formación del limbo foliar.</p>	Tercio apical
Hierro	<p>Intensa clorosis intranerval sin alteración del tamaño foliar.</p>	Hojas en expansión del tercio apical progresivo hacia las hojas más viejas
Manganeso	<p>Borde de las hojas con clorosis delimitada por las nervaduras, brotaciones laterales curvadas hacia abajo, ápices secos y necrosis foliar. Perjudica la lignificación de la madera</p>	Tercio mediano
Molibdeno	<p>Clorosis internerval similares a los síntomas de deficiencia de nitrógeno pero en hojas jóvenes</p>	Hojas jóvenes
Zinc	<p>Clorosis intervenal y hojas pequeñas.</p>	Tercio apical

Fuente: modificado de Tisdale y Nelson (1970), Bonilla (2000), Romero (2004), Alfenas et al. (2004), URUGUAY. MGAP y FAO (2006).

2.6 ÍNDICE DE DAÑO DE COPA (CROWN DAMAGE INDEX)

La cuantificación de una enfermedad en una planta puede realizarse de manera cuantitativa, cualitativa o cuanti-caulitativa. Los métodos cuantitativos son ampliamente utilizados y recomendados, se basan en la intensidad de la enfermedad. El termino intensidad engloba las variables incidencia y severidad.

Los diferentes grados de severidad, se ilustran para confeccionar escalas diagramáticas en las cuales se representa la relación tejido sano/tejido enfermo (Agrios, 2007).

El Índice de Daño de Copa, Crown Damage Index (CDI), fue desarrollado y propuesto en: PEST AND DISEASE ASSESSMENT IN YOUNG EUCALYPT PLANTATIONS (Stone et al., 2003), como una medida cuantitativa de los daños que se registran en las plantaciones jóvenes de *Eucalyptus* en Australia. El CDI tiene en cuenta la incidencia y gravedad de los daños de diferentes orígenes. Se basa en una estimación visual de la incidencia, es decir, la extensión de los daños en el árbol (en porcentaje), multiplicado por el nivel medio de la gravedad en la escala de la hoja (en porcentaje) para defoliación, decoloración y necrosis del follaje (Stone et al. 2003, Smith et al. 2005).

La respuesta a la defoliación, según Snowdon (2002), puede ser de dos tipos:

1. Respuesta tipo 1, en la cual el árbol presenta un descenso inicial del crecimiento, pero no sostenido en el tiempo, por lo cual es capaz de retomar la tasa de crecimiento de un árbol sano, pero habiendo sufrido un retraso en el tiempo de desarrollo.
2. Respuesta de tipo 2, en la cual la reducción del crecimiento es importante y la posterior recuperación no alcanza jamás la tasa de crecimiento de un árbol sano.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El ensayo se realizó en el departamento de Florida, localidad de Paso Real de Mansavillagra, Ruta 7, km 168, en el establecimiento Montelemu I, Taurion s.a., predio perteneciente a RMK, Timberland Group.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

El ensayo se realizó sobre suelos 2.11a de índice CONEAT, perteneciente al grupo de los Luvisoles, en una plantación de *E. globulus* ssp. *globulus* de un año y medio de edad.

La duración del mismo fue de 242 días, abarcando los meses de febrero a setiembre de 2010. En este período se registraron episodios de lluvias y condiciones climáticas cuyo registro figura en el cuadro No. 7. En el mes de febrero se registraron importantes precipitaciones y una temperatura media de 22° C. Precedidas de un enero caluroso (23° C de temperatura promedio) y seco (38,5 mm de precipitaciones promedio). Estas condiciones climáticas favorecieron la incidencia del ataque por *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria*, determinando el pico de infección registrado en verano (Pérez et al., 2009a, 2009b)

Cuadro No.7: Condiciones climáticas para el período del ensayo

	TEMP. AL ABRIGO			PRECIPITACIONES mm.
	Media	Máxima	Mínima	
Febrero	22,9	27,0	18,6	405,9
Marzo	20,6	26,4	15,0	82,4
Abril	16,5	22,2	10,3	66,9
Mayo	14,6	19,8	9,5	76,2
Junio	10,7	15,6	5,9	122,6
Julio	9,3	14,4	3,9	116,7
Agosto	10,2	16,2	4,5	51,0
Setiembre	14,2	19,4	8,8	179,7

Fuente: SUL. Centro de Investigación y Experimentación Dr. Alejandro Gallinal²

² Del Pino, L. 2010. Com. personal

3.3 ÁRBOLES

3.3.1 Medidas dasométricas

Los árboles utilizados en el ensayo fueron plantines de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* (semilla procedencia “Jeeralang”), adquiridos en el vivero “MUNDIAL FORESTACIÓN”. Las variables dasométricas evaluadas fueron la altura total (h_t) y el diámetro a altura del pecho (DAP). Para estimar la h_t se utilizó cinta métrica metálica y una pértiga graduada en centímetros, tomándose la distancia entre el ápice y el suelo (ver figura No. 1).



Figura No 1: Mediciones de Altura

En las mediciones de DAP se utilizó un calibre graduado en mm (ver figura No. 2). Realizando dos medidas perpendiculares entre sí, una en el eje mayor del tronco y otra en el eje menor, promediando luego dichas medidas.



Figura No. 2: Calibre

3.3.2 CDI

Para el cálculo de CDI, se evaluó la Incidencia (porcentaje de hojas afectadas en la rama seleccionada) y Severidad (porcentaje del área foliar dañada en las hojas afectadas), para las variables defoliación e infección por MLD (ver anexo I).

En el CDI se incluyen los siguientes daños:

Defoliación:

La defoliación es cuando las hojas enteras o partes de las hojas faltan (incluye los orificios de la hoja y borde festoneado). Nudos sin hojas se registrarían con un valor del 100% de severidad.

Necrosis:

La necrosis foliar es la presencia de tejido muerto en las hojas, ya sea como manchas foliares necróticas o en forma de ampollas.

Decoloración:

La decoloración se produce cuando la hoja verde presenta color amarillento o color rojizo / púrpura, manchas cloróticas o los márgenes amarillos.

La metodología aplicada para calcular el CDI consiste en (Stone et al., 2003):

1. Estimación de la Incidencia de los Daños :

La Incidencia de daños (I) es el porcentaje estimado o proporción de plantas u hojas afectadas por cada tipo de daño (evaluado en relación con un árbol en buen estado). Es muy utilizada por su practicidad y precisión.

2. Estimación de la Severidad de Daños:

Severidad (S) es el porcentaje promedio o proporción de área o volumen de los daños en las hojas afectadas. La severidad puede ser estimada a través de escalas diagramáticas o utilizando medidas de las dimensiones de las heridas.

3. Multiplicar los datos de severidad x Incidencia:

Para producir una variable continua entre 0 y 100, el producto de I x S se divide por 100.

4. Suma de los productos:

El CDI es la suma de los productos de cada incidencia y la severidad.

En el presente trabajo se calculó el CDI mediante la fórmula propuesta por Smith et al. (2005) para comparar diferentes tratamientos.

$$\text{CDI} = (\text{I} \times \text{S}_{\text{defoliación}}) / 100 + (\text{I} \times \text{S}_{\text{mancha}}) / 100$$

Para determinar la respuesta de los diferentes tratamientos se calculó el CDI total, índice que permitió comparar diferentes situaciones. De cada árbol se seleccionó una rama ubicada al DAP y se registró el porcentaje de defoliación, el número de hojas sanas y de hojas enfermas. Se identificó cada tratamiento con una cinta de color diferente (ver figuras No. 3 y 4).



Figura No. 3: Elección de las ramas a evaluar



Figura No. 4: Identificación de las ramas a evaluar

Tanto para la defoliación como para el daño causado por MLD, la intensidad se calculó como porcentaje de afectación. Para la severidad de la defoliación se utilizaron valores comprendidos entre el 0% (ambas hojas sanas) y el 100 % (nudo libre).

Para evaluar la severidad del ataque producido por MLD, se asignó a cada hoja un valor según la escala visual utilizada en campo (ver figura No. 5). Los valores obtenidos para la rama evaluada se promediaron obteniendo así un valor único por rama/árbol.

La escala de daño visual utilizada fue la siguiente:

1= 0 % 2= 25% 3= 50 % 4= 75% 5=100%

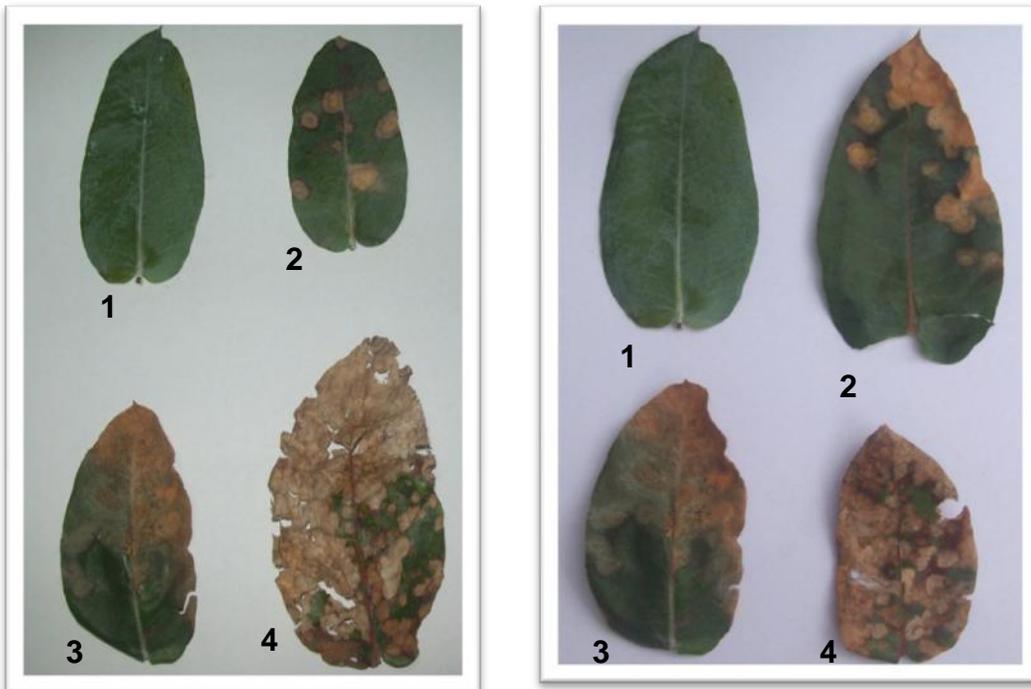


Figura No. 5: Escala de severidad de daño utilizada a campo

3.4 PRODUCTOS

La fertilización puede acelerar el crecimiento del tallo, de la copa y de las raíces ya que modifica el contenido de nutrientes, alterando la cantidad de reservas disponibles. Esto mejora el enraizamiento, el crecimiento, la resistencia al estrés hídrico, a las bajas temperaturas y a enfermedades (Landis, 1989).

3.4.1 Wuxal doble 5

Nombre comercial, Wuxal doble suspensión 5 súper concentrado. Es un fertilizante foliar cuyo análisis expresado en % en peso es de 16 – 16 – 16 – 12. Su composición química se observa en el cuadro No. 8.

Cuadro No. 8: Composición química de Wuxal doble 5.

Macroelementos	Concentración (gr L⁻¹)
Nitrógeno (N)	240
Fósforo (P ₂ O ₄)	240
Potasio (K ₂ O)	180
Azufre (S)	15
Microelementos	Concentración (mg L⁻¹)
Boro (B)	300
Cobre (Cu)	750
Hierro (FE)	1500
Manganeso (Mn)	750
Zinc (ZN)	50
Molibdeno (Mo)	15

3.4.2 Wuxal ascofol

Wuxal ascofol es una suspensión concentrada a base de algas marinas (*Ascophyllum nodosum* 27,5%), con alto contenido de microelementos (Boro, Zinc y Manganeso), reguladores del crecimiento, Auxinas (10 mg L^{-1}). Giberelinas (30 mg L^{-1}), Citoquininas (20 mg L^{-1}) y osmorreguladores como Betaínas (10 mg L^{-1}). Este producto se caracteriza por ser un bioestimulante natural. El Análisis de Wuxal Ascofol, expresado en % en peso es 2,5- 0- 0- 1,25, su composición química se aprecia en el cuadro No. 9. Posee una densidad de 1,27 y un pH de 6,9.

Cuadro No. 9: Composición química de Wuxal ascofol

Elemento	Concentración (gr L⁻¹)
Nitrógeno	31,8
Potasio	19,1
Azufre	10,2
Boro	38,1
Calcio	1,78
Cobre	0,004
Yodo	0,038
Hierro	0,064
Manganeso	10,16
Zinc	6,35

3.4.2.1 Reguladores del crecimiento y osmorreguladores contenidos en wuxal ascofol

Los reguladores del crecimiento vegetal son fitohormonas o promotores de las mismas, que llegan a las plantas por vía exógena a su metabolismo, induciendo cambios durante su ciclo vegetativo y reproductivo. En el cuadro No.

10 se presentan los reguladores aplicados con wuxal ascofol así como su lugar de síntesis en la planta.

Cuadro No. 10. Promotores de crecimiento, osmorreguladores y lugar de síntesis

AUXINA (Ácido Indolacético)	Ápice de coleóptilos, tallos y hojas jóvenes. Cambium. Semillas en desarrollo
GIBERELINAS	Tejido meristemáticos de los brotes y zonas activas
CITOQUININA (<i>cis</i> y <i>trans</i> -zeatina, <i>trans</i> -zeatina ribósido, dihidrozeatina)	Meristemos radiculares Endospermo en desarrollo
BETAÍNA (Glicilbetaína)	Protoplasma de células bajo estrés hídrico

Las funciones de Ácido Indolacético comprenden, la estimulación y el aumento de la división y la elongación celular, en conjunto con las citoquininas promueve la reactivación mitótica del cambium en primavera, enlentece la senescencia (retarda el envejecimiento) estimulando la síntesis de RNA y proteínas, reduciendo la hidrólisis de las proteínas. Promueven mayor rapidez en el desarrollo de la hoja, con el consecuente aumento de la actividad fotosintética (Echeverría et al., 2000).

Según Talón (2000) las funciones de las Giberelinas se relacionan con el crecimiento y elongación del tallo junto con las auxinas. Además estos compuestos estimulan la floración y retardan la senescencia de la hoja. También, aumentan la extensibilidad de las paredes celulares al favorecer el transporte de calcio. Las giberelinas y las auxinas tienen un papel importante tanto en la comunicación a corta como a larga distancia de los estímulos de estrés, en especial en la señalización y coordinación de las respuestas (Chaves y Pereira, 2003).

Según Segura (2000) las familias de la zeatina y de la dihidrozeatina se incluyen en el grupo de las citoquininas isoprenoídicas. Junto con las auxinas

controlan el ciclo celular y la formación de nuevos órganos (caulogénesis o rizogénesis). Promueven la elongación celular y el rebrote de yemas axilares. Retardan la senescencia foliar estimulando el desarrollo de los cloroplastos y síntesis de pigmentos.

La Glicilbetaína integra el grupo de los citosolutos, es un compuesto de amonio cuaternario. Estos compuestos tienen actividad osmorreguladora, de protección enzimática, manutención de la función fotosintética, promoviendo mayor resistencia al frío, a la salinidad y reducción de la senescencia (Godoy y Pagés, 2004).

3.5 TRATAMIENTOS

Se evaluaron tres tratamientos en un total de 358 árboles, dispuestos en tres bloques separados entre si 7,8 m. Cada bloque presentó tres filas con tres repeticiones. La distancia entre las filas fue de 4 m y la separación entre los árboles de 2 m.

El tratamiento 1 (T1) corresponde al testigo del ensayo (árboles sin fertilizar), el tratamiento 2 (T2) recibió una dosis de Wuxal doble 750 cc y una dosis de Wuxal Ascofol 750 cc. Al tratamiento 3 (T3) se le suministró un dosis de Wuxal doble 750 cc y otra de Wuxal Ascofol 750 cc y a los veinte días una segunda aplicación de ambos fertilizantes. Las dosis utilizados fueron de 750 cm³ / 100 L de cada producto. En T3 las dosis fueron suministradas el 7 y el 27 de diciembre del 2009. Cada planta se asperjó con 50 cm³ de caldo. El diseño experimental se aprecia en la figura No. 6.

Bloque 1	fila 1 fila 2 fila 3	T1	T2	T3
Bloque 2	fila 1 fila 2 fila 3	T2	T1	T3
Bloque 3	fila 1 fila 2 fila 3	T3	T1	T2

Figura No. 6: Diseño experimental

3.6 IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

Para realizar el cultivo y la posterior identificación de la/s especie/s de *Mycosphaerella* y/o *Teratosphaeria*, se recolectaron hojas infectadas de los árboles del ensayo y se dividieron en dos grupos. Al primer grupo de hojas se les cortaron las lesiones y se pusieron en remojo por 2 horas. Se secaron y se los pegó en la tapa de una caja de Petri con PDA 2% (Potato Dextrose Agar). Los pseudotecios presentes en las lesiones quedaron ubicados hacia abajo, de manera que las ascosporas cayeran sobre el medio de cultivo (ver figura No. 7). El segundo grupo de hojas se colocó en cámara húmeda incubándolas a temperatura ambiente; luego de siete días, las fructificaciones presentes en las manchas fueron directamente transferidas a PDA 2%. Las Placas de Petri se incubaron en la oscuridad a 20-25° C durante 6 semanas.



Figura No. 7. Cultivos de *Mycosphaerella* y/o *Teratosphaeria* en PDA 2%

3.7 ANÁLISIS DE MACRO Y MICRONUTRIENTES

El análisis de suelo y los análisis foliares para macro y micronutrientes, se realizaron en Laboratorio del Sur S.R.L.

3.7.1 Análisis foliares

Las hojas para los análisis foliares se recolectaron en cada medición de campo y se individualizaron por tratamientos. Se incluyeron hojas infectadas por de MLD y hojas sanas.

3.7.2 Análisis de suelo

El suelo del ensayo corresponde al grupo CONEAT 2.11a. Las muestras de suelo se tomaron de los primeros 20 cm, en zonas bajo los árboles que habían recibido fertilización (T2 y T3) y sin fertilizar (T1).

3.8 DISEÑO ESTADÍSTICO

Se evaluaron tres bloques completos al azar con tres tratamientos y 16 repeticiones por tratamiento. Cada árbol es una unidad experimental.

Los bloques son un conjunto de unidades experimentales dispuestas o seleccionadas con anterioridad a la asignación de los tratamientos. La asignación de los tratamientos es aleatoria y se aplica al mismo número de unidades experimentales dentro de cada bloque.

La variabilidad del bloque se elimina a partir del error experimental, así, cuanto mayor sea la variabilidad entre bloques, mayor precisión en la determinación de posibles diferencias debidas a los tratamientos.

Para el análisis y las comparaciones de las medias de los tratamientos de utilizo el test de Tukey. Aplicando el programa estadístico SAS versión 8.2. El nivel de confianza utilizado para el ANAVA, cambió según la variable utilizada ya que está implícito en S.A.S.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE CAUSAL

Las lesiones observadas presentaban tamaño variable su diámetro promedio fue de 5 a 7 mm, con forma circular y algunas con ángulos, alcanzando ambas caras de la hoja (ver figura No. 8). De color marrón claro/crema con bordes elevados, más oscuros y con tonos rojizos, como se ve en la figura No. 9.



Figura No. 8: Hojas sanas e infectadas por *Mycosphaerella* y/o *Teratosphaeria*

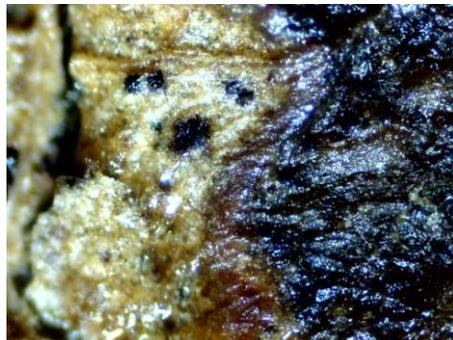


Figura No. 9: Borde de una mancha necrótica (10X)

Los ascocarpos identificados fueron pseudotecios globosos de aproximadamente 130μ de ancho. Como se observa en la figura No. 10 los pseudotecios (**A**) sobresalen de la mancha disminuyendo el área fotosintética. En **B** se observa una nervadura aún no necrosada.

Los grupos de pseudotecios se distinguen macroscópicamente por su forma globosa y su color negro debido a la presencia de melanina (Hunter et al., 2008). A medida que la infección aumenta, éstos emergen del tejido necrosado.

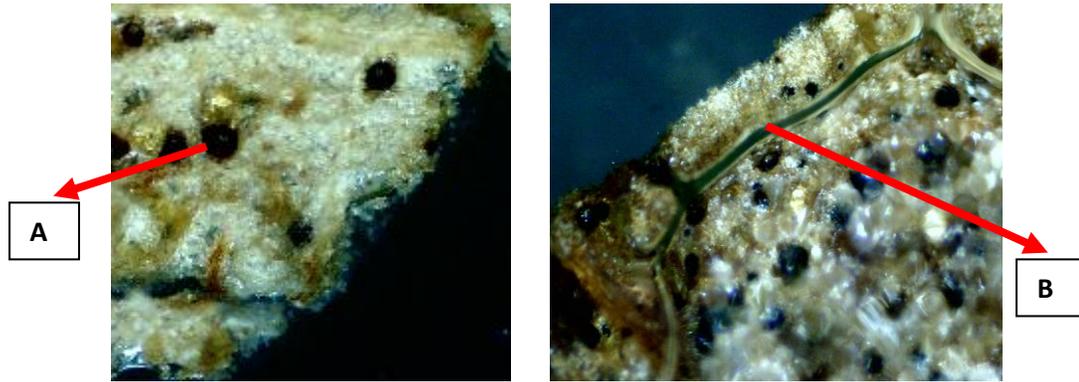


Figura No. 10: Manchas causadas por *Mycosphaerella* y/o *Teratosphaeria* (10X)

En la figura No. 11 con una iluminación diferencial y de mayor intensidad, se observa el adelgazamiento del mesófilo de la zona infectada.

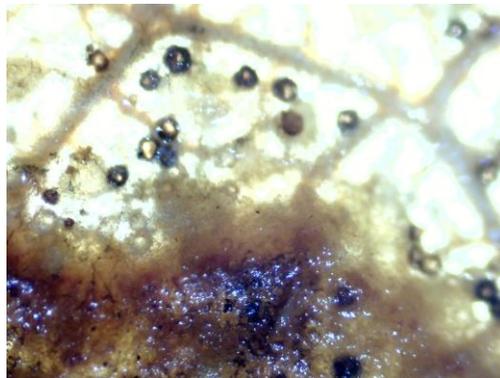


Figura No. 11: Mancha necrosada (10X)

La colonia presentó un micelio de color grisáceo con tonos de verde, oscureciéndose hacia los extremos. El micelio aéreo es poco elevado sobre medio de cultivo (ver figura No. 12), su crecimiento promedio en diámetro fue de 25 mm por mes.

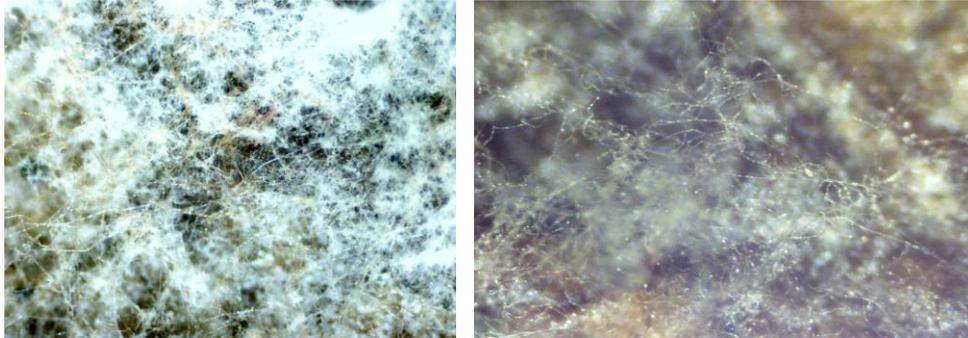


Figura No. 12: Micelio sobre PDA 2 % (10x)

Las ascosporas recolectadas del PDA y resembradas se aprecian en la figura No. 13.

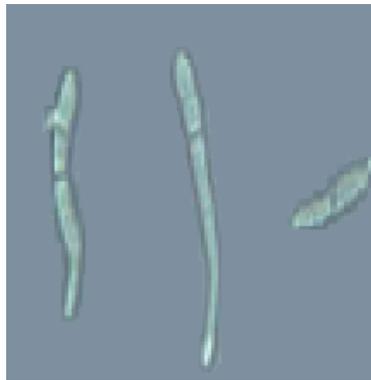


Figura No. 13: Esporas recolectadas

Las ascosporas observadas fueron hialinas, con paredes casi rectas, con un septo y constricción en la zona media con sus extremos obtusos. Las medidas promedio de las ascosporas fueron 12 -13 μ de largo y 4- 5 μ de ancho. La germinación de las ascosporas ocurrió 48 horas luego de sembradas, se efectúa por tubos germinativos de crecimiento paralelo al eje longitudinal de la espóra.

La morfometría de las manchas, de la colonia y de las ascosporas coincidió con la descripción de *Teratosphaeria nubilosa* (= *Mycosphaerella nubilosa*), realizada por Crous et al. (1998), Carnegie y Ades (2002), Hunter et al. (2008), Pérez et al. (2009), Simeto et al. (2009).

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN

Se inicio el ensayo con 358 árboles de los 432 plantados inicialmente.

Cuadro No. 11: Cantidad de árboles por tratamientos según fecha de evaluación

	Feb.	May.	Ago.
1	124	122	34
2	117	109	56
3	117	111	60

4.3 FALLAS DE PLANTACIÓN

El porcentaje de falla desde la plantación fue de 13,8%, 18,75%, 18,75% para T1, T2 y T3 respectivamente. En el mes de mayo 2 árboles de T1 y 2 del T2 se encontraron secos en pie; 4 árboles del T2 y 6 del T1 estaban caídos. Al finalizar el ensayo los porcentajes de pérdidas (en relación al total de los evaluados en febrero) fueron 72% para T1, 52% para T2 y 49% para el T3. En la última evaluación (agosto) se constató un ataque muy intenso de MLD en el ensayo y en las plantaciones vecinas (ver figura No. 14). Lo cual determinó que la mayoría de los árboles presentaran la copa casi seca y defoliada. Aquellos árboles que presentaron la rama en evaluación seca no se contabilizaron.



Figura No. 14: Ataque de MLD en el mes de agosto

4.4 PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

4.4.1 Altura

Cuadro No. 12: Altura promedio por tratamiento y bloque según fecha de muestreo

	Feb.	May.	Ago.	
T1	2,85	3,33	3,58	
T2	2,48	2,87	3,47	Bloque 1
T3	2,49	2,94	3,19	
T1	2,66	3,18	3,64	
T2	2,77	3,13	3,63	Bloque 2
T3	2,60	3,00	3,48	
T1	2,74	3,41	4,02	
T2	2,30	2,70	3,14	Bloque 3
T3	2,62	3,07	3,58	

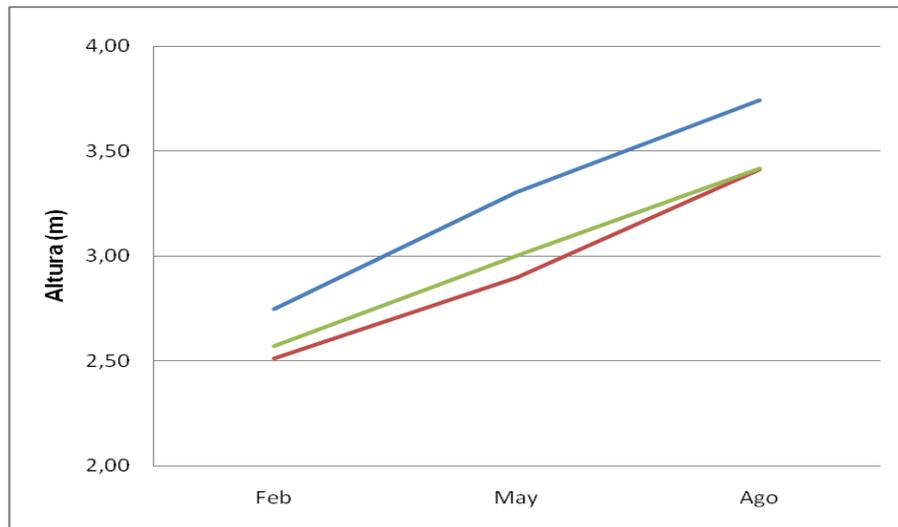
El estudio de ANAVA para la altura reveló diferencias significativas al considerar el promedio total de los tratamientos, siendo T1 el que presentó mayor altura. No se encontraron diferencias en la altura entre T2 y T3 (ver cuadro No. 13).

Cuadro No. 13: Altura promedio por tratamiento según fecha de muestreo

	Feb.	May.	Ago.
T1	2,77 A	3,31 A	3,77 A
T2	2,52 B	2,90 B	3,41 B
T3	2,56 AB	3,00 B	3,42 B

Letras distintas indican diferencias significativas entre los parámetros ($p < 0.01$)

Se observa en la grafica No. 1 que la evolución de la h_t durante la duración del ensayo presentó una tendencia lineal, siendo T1 el que alcanzó la máxima altura. T2 y T3 finalizaron el ensayo con la misma altura.



Grafica No. 1: Altura de los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación

La menor altura alcanzada por T2 y T3 podría ser explicada como sugiere Landis (1989) por el redireccionamiento de nutrientes y metabolitos, en especial de nitrógeno, calcio y boro, directamente relacionados con la división y la expansión celular, hacia las yemas activas y hojas jóvenes. La aplicación de micro y macronutrientes, así como la acción de la zeatina, de la dihidrozeatina y del ácido Indolacético, habrían favorecido el desarrollo de estas nuevas fosas (Monsalve et al., 2009).

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Mac Gregor (2010), quien trabajando con *E. globulus*, obtuvo diferencias significativas en h_t a favor de los tratamientos fertilizados con Ascofol y Wuxal. Estas diferencias podrían estar relacionadas con el grado de severidad de la infección. El porcentaje medido en el ensayo fue superior al registrado por dicho autor (35%).

4.4.2 DAP

Cuadro No. 14: DAP promedio por tratamiento y bloques según fecha de muestreo

	Feb.	May.	Ago.	
T1	2,35	2,72	2,71	
T2	1,96	2,35	2,45	Bloque 1
T3	1,95	2,22	2,52	

T1	2,38	2,45	2,54	
T2	2,27	2,38	2,99	Bloque 2
T3	2,13	2,33	2,52	

T1	2,15	2,61	2,88	
T2	2,01	2,62	2,30	Bloque 3
T3	2,03	2,38	2,47	

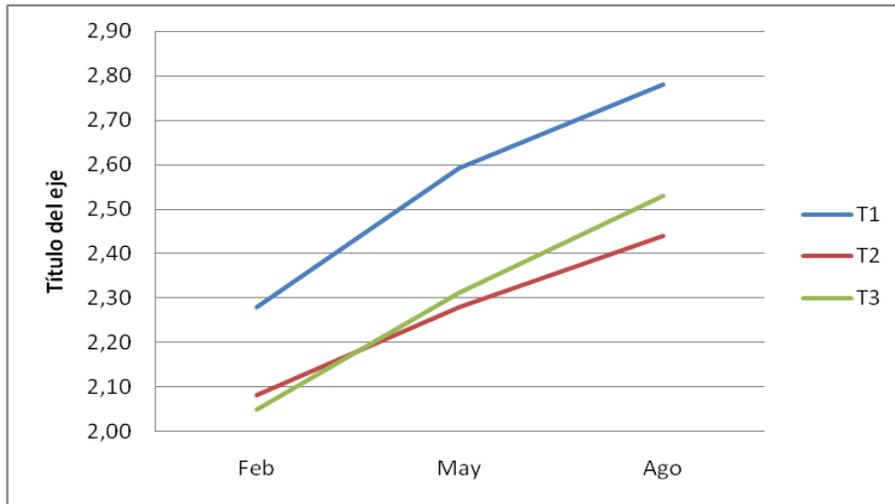
El ANAVA reveló diferencias significativas en las mediciones de mayo y de agosto (ver cuadro No. 15).

Cuadro No. 15: DAP promedio por tratamiento según fecha de muestreo

	Feb.	May.	Ago.
T1	2,29 A	2,59 A	2,78 A
T2	2,08 A	2,28 B	2,44 B
T3	2,05 A	2,31 B	2,53 AB

Letras distintas indican diferencias significativas entre los parámetros ($p \leq 0.01$)

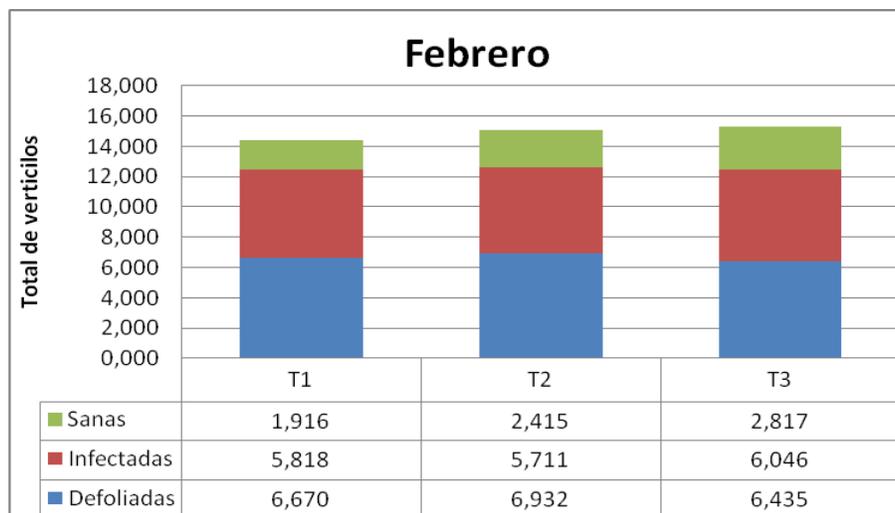
En la grafica No. 2 se presenta la evolución del DAP durante el ensayo. Se observa el mayor valor del T1 para el mes de agosto, aunque el ANAVA no mostró diferencias entre este tratamiento y T3. Las diferencias se dieron entre T1 y T2 ($p \leq 0,01$).



Grafica No. 2: DAP de los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación

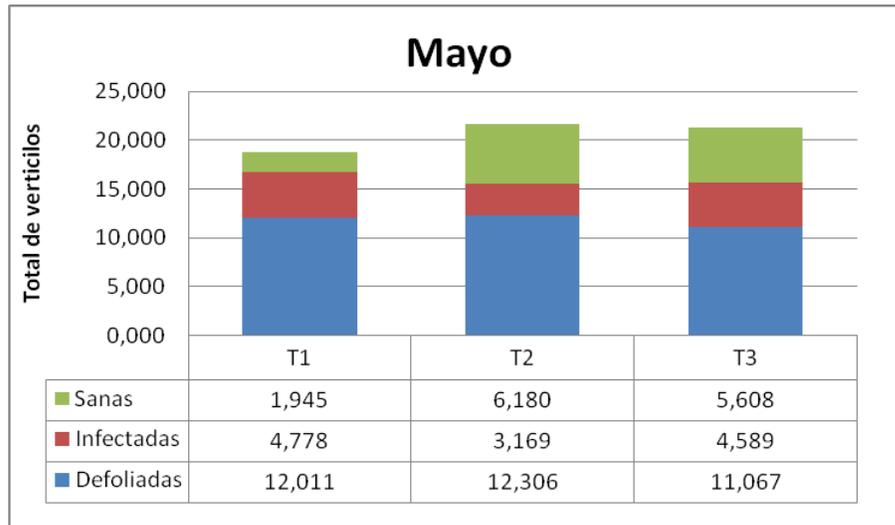
4.4.3 Evaluación de la defoliación

Para estimar la defoliación, se contaron los nudos vacíos y se calculó el porcentaje de tejido faltante en la rama en evaluación, promediándose para cada uno de los tratamientos. En las gráficas No. 3, 4 y 5 se presentan los valores de defoliación junto con los datos de hojas sanas e infectadas.



Grafica No. 3: Totales para defoliación, hojas infectadas y hojas sanas por tratamiento

En febrero no hubo diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para el número de hojas infectadas, totales y defoliación pero sí para hojas sanas: T3 A; T2 AB y T1 B ($p = 0,0005$).



Grafica No. 4: Totales para defoliación, hojas infectadas y hojas sanas por tratamiento

En la evaluación de mayo no se registraron diferencias significativas en defoliación. El cuadro No. 16 presenta las diferencias encontradas en el resto de las mediciones.

Cuadro No. 16: DSM para el mes de mayo

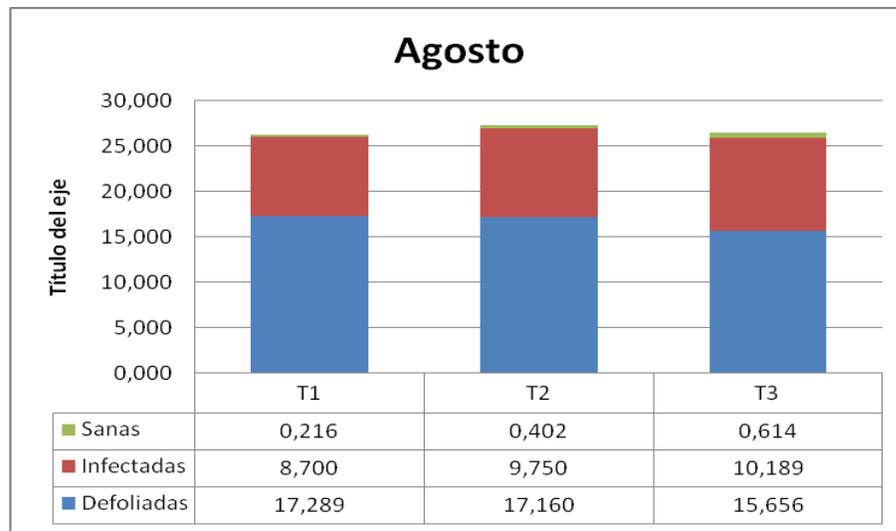
	Manchada	Sana	Total vert.
T1	4,77 A	1,91 B	18,68 B
T2	3,24 B	6,22 A	21,97 A
T3	4,54 A	5,49 A	20,99 AB

Letras distintas indican diferencias significativas entre los parámetros ($p \leq 0,01$)

El T1 presentó el menor valor promedio de hojas sanas, no existiendo diferencias entre los tratamientos fertilizados ($p < 0,0001$). En cuanto a la cantidad de hojas infectadas, T1 y T3 no se diferenciaron entre sí pero hubo diferencias respecto a T2 ($p = 0,0002$).

Al considerar la cantidad total de verticilos en la rama evaluada, T3 no fue distinto del resto de los tratamientos, siendo T1 y T2 diferentes estadísticamente ($p = 0,001$).

En la evaluación de agosto, no se encontraron diferencias entre los promedios de hojas infectadas, en el total de verticilos ni en la defoliación. Sin embargo, al considerar hojas sanas T3 fue superior a T1 y no hubo diferencias con T2 ($p= 0,0005$).



Grafica No. 5: Totales para defoliación, hojas infectadas y hojas sanas por tratamiento

La aplicación de giberelinas, citoquininas y auxinas, explicaría la mayor persistencia y el mayor número de hojas sanas en los tratamientos fertilizados. La persistencia de hojas jóvenes, sin infección, es de un año a un año y medio, mientras que las hojas adultas persisten naturalmente de dos a tres años (Bonomelli et al., 2002). En este trabajo la persistencia de hoja joven infectada fue mucho menor (en promedio de dos a tres meses). La mayor concentración de citoquininas aplicada (20 mg L^{-1}) habría promovido mayor división celular, retrasando la senescencia a través del incremento de la fuerza de fosa (en especial de meristemos axilares). Cuando las hojas entran en senescencia, relocalizan el contenido de sus nutrientes hacia los tejidos jóvenes o hacia tejidos de reserva (Bonomelli et al., 2002).

La reducción y la necrosis del área foliar, disminuyen la concentración de nitrógeno en la hoja, lo cual reduce la incorporación de este mineral al suelo como resto de cosecha (Hernández et al., 2010a). Este efecto sería más acentuado en T1, ya que presenta el mayor porcentaje de infección y de defoliación.

4.5 ÍNDICE DE DAÑO DE COPA (CDI)

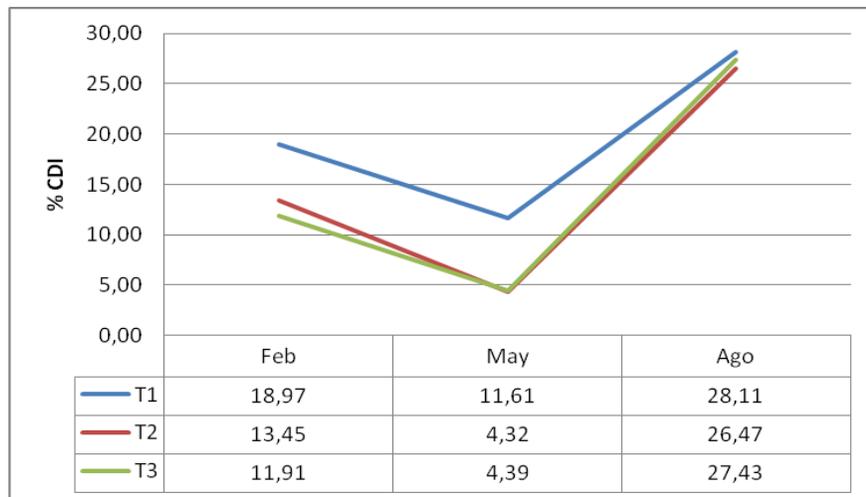
4.5.1 CDI para infección (CDIinfec.)

Para calcular el CDIinfec. se determinó el porcentaje de hojas infectadas de la rama en evaluación (porcentaje de hojas infectadas en relación al total de verticilos).

Cuadro No. 17: Porcentaje de infección por tratamiento

	Feb	May	Ago
T1	42,61 A	40,23 A	37,95 A
T2	37,94 A	25,06 B	34,78 AB
T3	23,25 B	16,09 C	32,32 B
F	61,23	88,14	4,71
p	< 0,0001	< 0,0001	0,0096

Letras distintas indican diferencias significativas entre los parámetros ($p \leq 0.01$)



Grafica No. 6: Evolución del CDI de infección por tratamiento

En el mes de febrero las diferencias se registraron entre el testigo y los tratamientos fertilizados, T1A, T2B y T3B ($p = 0,0005$). La disminución del CDIinfec. en el mes de mayo, obedeció a un aumento del número de hojas nuevas y a la pérdida de las hojas con mayor porcentaje de infección. Las diferencias entre tratamientos disminuyeron en la última medición (agosto)

debido al ataque severo de *Teratosphaeria* en la zona, no observándose diferencias significativas. Si bien los árboles de T3 resistieron en mayor grado el ataque, no se mantuvieron las diferencias registradas durante las primeras evaluaciones.

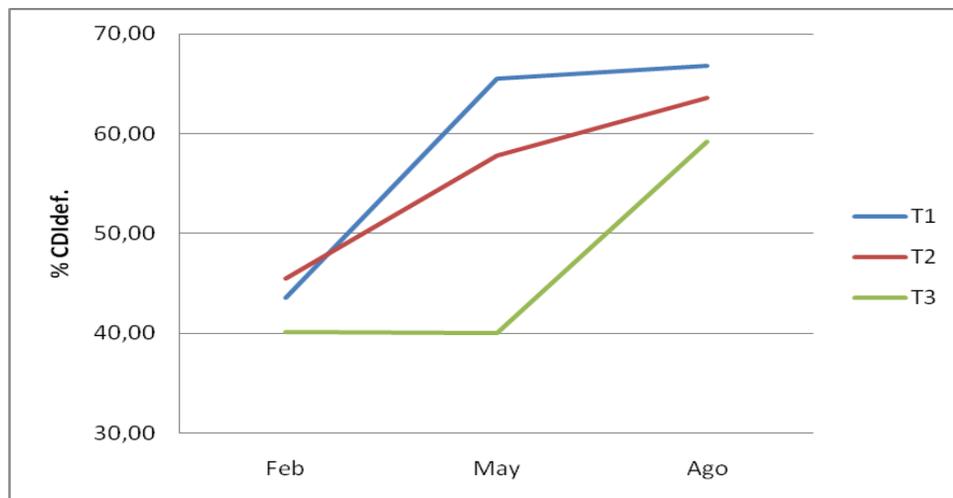
4.5.2 CDI para defoliación (CDIdef.)

Cuadro No. 18: Valores de CDIdef por tratamiento

	Feb.	May.	Ago.
T1	43,54 B	65,55 A	66,82 A
T2	45,47 B	57,85 B	63,61 AB
T3	40,15 A	40,21 C	59,23 B
F	10,75	77,28	8,51
p	<0,0001	<0,0001	<0,0002

Letras distintas indican diferencias significativas entre los parámetros ($p \leq 0.01$)

En la medición de febrero T3 presentó mayor cantidad de hojas que T2 y T1, lo cual determinó un menor CDIdef. En el mes de mayo, los árboles del T3 mantuvieron el número de hojas totales mientras que los de T2 y T1 disminuyeron. Al finalizar el ensayo T1 presentó un aumento en la defoliación, con diferencias significativas sólo con T3 (ver gráfica No. 7).



Grafica No. 7: Evolución del CDI de defoliación por tratamiento

4.5.3 CDI total

Para obtener un CDI total y caracterizar a los tratamientos, se sumó el CDl infec. y el CDl def. Tanto el CDl def como el CDl infec aumentaron con el correr de los meses, la ocurrencia de días de menores temperaturas y de mayores lluvia, elevó la susceptibilidad de los árboles al ataque de MLD y aumentó la caída de las hojas infectadas (Crous 1998, Alfenas et al. 2004, Crous et al. 2006, Carnegie 2007). Los valores del CDI total se presentan en el cuadro No. 19.

Cuadro No. 19: Valores de CDI total por tratamiento

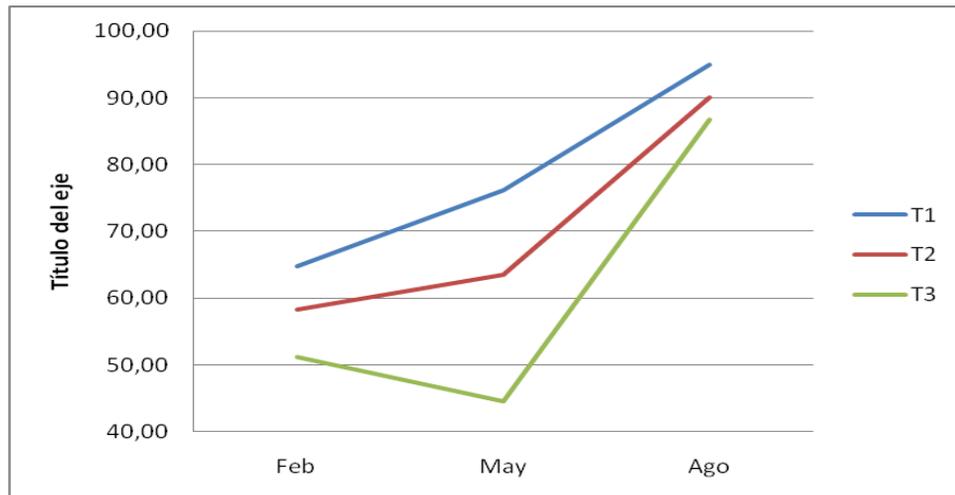
	Feb.,	May.	Ago.
T1	65,65 A	76,2 A	94,93 A
T2	58,48 B	63,57 B	90,08 B
T3	51,62 C	44,61 C	86,63 C
F	26,8	47,03	27,37
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Letras distintas indican diferencias significativas entre los parámetros ($p < 0.01$)

Los árboles del T3 presentaron menores valores de CDI total en todo el período de muestreo, seguidos por los árboles del T2, siendo T1 el que presenta los mayores porcentajes de infección y de defoliación (ver gráfica No. 8). Los árboles con mayor CDI total son los que presentaron mayores daños (Stone et al. 2003, Smith et al. 2005). Así, un árbol con todas sus hojas infectadas o totalmente defoliado tendrá un valor de CDI = 100.

Según lo establecido por Snowdon (2002) es de esperar que los árboles de T2 y T3 (con valores de CDI total de 86,63 % y 90,08 % respectivamente), desarrollen una respuesta tipo 1, en la cual la tasa de crecimiento luego de la infección, retomaría la tasa normal. El mayor número de hojas nuevas y sin infección estaría aumentando la tasa fotosintética, asegurando un correcto suministro de nutrientes. Sin embargo, el desarrollo de estas nuevas fomas habría captado mayor proporción de metabolitos determinando la menor altura de estos tratamientos. En el caso de T1 (CDI total

94,93 %) la respuesta sería de tipo 2, no compensando el crecimiento perdido quizás explicado por la alta defoliación e infección registrada en este tratamiento.



Gráfica No. 8: Evolución del CDI total

La mayor recuperación en crecimiento y cambio de hoja de los árboles con menor CDI total (T2 y T3) estaría relacionada con una mayor eficiencia fotosintética ya que las hojas son los puntos de reserva y de mayor actividad metabólica (Bargali y Singh, 1991). Consecuentemente, la defoliación e infección habrían disminuido la tasa fotosintética, ya que la tasa de asimilación de dióxido de carbono es inversamente proporcional al porcentaje de infección. Promoviéndose el catabolismo de la clorofila y de las proteínas cloroplásticas. (Pinkard y Mohammed, 2005).

El aporte exógeno de nutrientes, en especial boro, habría promovido la producción de brotes axilares. Manttiello et al. (2009) registraron un aumento en el porcentaje de materia seca de brotes y raíces (más del 100%) para árboles con fertilización boratada. Asimismo, Andrade et al. (1995) obtuvieron una relación lineal directa entre crecimiento y dosis aplicada de boro, revirtiendo en ocasiones la muerte apical en *Eucalyptus* sp. .

El estrés provocado por la disminución y la pérdida de área foliar podría aumentar la predisposición del árbol a otros ataques, como por ejemplo las plagas encontradas durante el ensayo (*Phoracantha* sp, *Gonipterus* sp. y *Ctenarytaina* sp.).

4.6 MACRO Y MICRONUTRIENTES EN HOJAS

En los cuadros No. 20 al 23, se presentan los valores de los análisis foliares para macronutrientes (% de la materia seca) y micronutriente (ppm) realizados durante el ensayo, no existiendo diferencias significativas entre ellos.

Cuadro No. 20: Valores de nitrógeno foliar

	Feb.	May.	Ago.
T1	2,08	2,23	2,21
T2	,1,87	2,01	2,11
T3	1,99	2,14	2,16

Cuadro No. 21: Valores de fósforo foliar

	Feb.	May.	Ago.
T1	0,13	0,15	0,16
T2	0,11	0,16	0,15
T3	0,12	0,14	0,15

Cuadro No. 22: Valores de potasio foliar

	Feb.	May.	Ago.
T1	0,57	0,68	0,71
T2	0,54	1,04	0,74
T3	0,53	0,91	0,73

Cuadro No. 23: Valores de boro foliar

	Feb.	May.	Ago.
T1	35	26	41
T2	44	32	41
T3	41	44	39

Los niveles críticos para la especie en estudio son: Nitrógeno, 1,2 a 1,8%; Fósforo, 0,08 a 0,12% y Potasio de 0,6 a 0,8 % (Zamalvide y Ferrando, 2010). Boardman et al., citados por Ferrando y Zamalvide (2010) establecieron como rango para el boro 30 a 50 ppm. En los análisis foliares se observó que ningún nutriente está por debajo de los niveles críticos sugeridos por estos autores, siendo el potasio quien está en el límite recomendado. Según Schumacher y Winckler (2001), las hojas tienen el mayor contenido de nitrógeno y fósforo comparados con otros órganos del árbol. Dicha concentración se ve influenciada por varios factores, como las condiciones de sitio, edad, posición de las hojas en el dosel, época del año, infección, etc.

Los análisis foliares realizados al final del ensayo (agosto) mostraron un aumento en los niveles de nitrógeno y fósforo. Esta tendencia se observó también para el potasio lo cual revela que el suelo continuó suministrando estos nutrientes en forma adecuada.

4.7 MACRO Y MICRONUTRIENTES EN EL SUELO

Cuadro No. 24: Análisis de suelo

	pH		%	ppm	meq/100g suelo			
	H₂O	KCL	M.O	P	Ca	Mg	K	Na
S/F	4,4	3,6	4,5	7	1,2	0,53	0,19	0,36
C/F	4,6	3,7	3,8	9	1,8	0,71	0,22	0,37

Los resultados de los análisis para el pH del suelo no reflejaron diferencias entre los sitios que recibieron fertilización (T3) y el testigo (T1). Si bien no hubo diferencias significativas entre los demás parámetros evaluados, T3 mostró un descenso en la materia orgánica (% MO) y un aumento en el resto de los minerales.

Al comparar estos resultados con los citados por Zamalvide y Ferrando (2010) para suelos de la zona 2 (ver cuadro No. 2, pág. 9) surgieron ciertas diferencias:

1. Hay una acidificación (pH medio en H₂O), de 0,6 y 0,4 unidades para el T3 y para el T1 respectivamente.
2. El T1 presenta un aumento del % MO mientras el T3 no difiere del promedio
3. Tanto el Ca, Mg y K presentan un valor muy inferior al citado por dicho autor para este tipo de suelo.
4. El contenido de P es superior en los suelos del ensayo.

Los contenidos de P en el Uruguay son bajos, el valor elevado en análisis de suelo como el observado en el cuadro No. 24, deriva de fertilizaciones anteriores. La mineralización de la materia orgánica es la responsable del aporte de P en formas asimilables. La mayoría de los suelos forestados presentan valores medios a altos de K intercambiable (Zamalvide y Ferrando, 2010).

5. CONCLUSIONES

Se aisló *Teratosphaeria nubilosa* (= *Mycosphaerella nubilosa*) a partir de hojas infectadas, afectando tejido juvenil y adulto. Los árboles de *E. globulus* ssp *globulus* demostraron gran susceptibilidad (CDI infección mayor al 50 %) al ataque de *Teratosphaeria nubilosa*, independientemente del tratamiento al que pertenecían.

El crecimiento en altura y diámetro de referencia no presentó diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados (T2 y T3), pero sí hubo diferencias significativas a favor del testigo (registrando mayor crecimiento).

El rebrote de hojas nuevas estimulado por la fertilización en T2 y T3 junto a la pérdida de hojas infectadas determinó menor CDI de infección respecto a T1. El menor CDI de defoliación en T3 sugiere una mayor persistencia y recambio de hojas jóvenes.

Según el CDI total, el tratamiento testigo presentó mayor porcentaje de infección y defoliación. A su vez la fertilización logró disminuir la incidencia del ataque de *Teratosphaeria nubilosa* y promovió la generación de mayor cantidad de rebrotes.

Los contenidos de macro y micronutrientes en hojas y suelo no fueron limitantes para el crecimiento de los árboles, permaneciendo dentro del intervalo de suficiencia para la especie. No hubo diferencias significativas entre tratamientos.

El aporte exógeno de nutrientes fue utilizado en la respuesta metabólica contra la infección y no para suplir deficiencias nutricionales.

La evolución posterior a la defoliación causada por MLD estuvo determinada por la severidad e intensidad del daño, así como también por el estado nutricional y la respuesta de defensa.

6. RESUMEN

El género *Eucalyptus* es atacado por un amplio número de enfermedades fúngicas foliares. Los géneros *Mycosphaerella* y *Teratosphaeria* son los causantes de la enfermedad conocida como Mancha de la hoja por *Mycosphaerella* (MLD: *Mycosphaerella Leaf Disease*). MLD se ve favorecida en sitios con estrés abiótico, así, la ocurrencia de temperaturas altas, condiciones de humedecimiento foliar, disponibilidad de agua y déficit de nutrientes, acrecientan los efectos de la enfermedad. Los síntomas son manchas pequeñas que pueden fusionarse formando manchas irregulares de mayor tamaño. MLD provoca una disminución del área fotosintetizadora y la posterior defoliación, esto ocasiona en la mayoría de los casos, la muerte prematura de la rama, facilitando el acceso de organismos patógenos. El objetivo de este trabajo fue la identificación de especies de *Mycosphaerella* y/o *Teratosphaeria* presentes en un plantación de *E. globulus* ssp. *globulus*, con dos tratamientos de fertilización, así como una cuantificación y descripción de los daños causados. El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento Montelemu I, Taurion S.A, predio perteneciente a RMK, Timberland Group, ubicado en Paso Real de Mansavillagra, en el período enero- setiembre del 2010. Para la cuantificación de la enfermedad se utilizó la metodología propuesta en: The Crown Damage Index (CDI), este índice tiene en cuenta la incidencia y gravedad de los daños de defoliación, necrosis y decoloración. Los productos utilizados fueron Wuxal doble 800 cc y Wuxal Ascofol 800 cc Se evaluaron tres bloques completos al azar con tres tratamientos y 16 repeticiones por tratamiento. El tratamiento 1(T1) corresponde al testigo (sin fertilizar), el tratamiento 2 (T2) recibió una dosis de Wuxal doble 750 cc y Wuxal Ascofol 750 cc. Al tratamiento 3 (T3) se le suministró una dosis de Wuxal doble 750 cc y Wuxal Ascofol 750 cc y una repetición a los veinte días. Para el análisis y las comparaciones de las medias de utilizo el test de Tukey. Aplicando el programa estadístico SAS versión 8.2. Se realizaron análisis de suelo y análisis foliares para macro y micronutrientes, no existiendo diferencias entre los tratamientos. Se identifico *Teratosphaeria nubilosa* (= *Mycosphaerella nubilosa*), infectando hojas juveniles y hojas adultas. No se detectaron diferencias significativas en la altura ni en el DAP de los tratamientos fertilizados. El T3 finaliza el ensayo con el mayor número de hojas sanas y con el menor porcentaje de defoliación. El T3 fue quien logró un menor CDI total, lo cual evidencia una mayor persistencia de las hojas infectadas y mayor rebrote de hojas nuevas. Este aumento el área foliar permitiría una rápida recuperación del crecimiento.

Palabras clave: *Mycosphaerella*; *Teratosphaeria*; CDI; MLD; Defoliación; Fertilización; *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*.

7. SUMMARY

The genus *Eucalyptus* is attacked by a large number of foliar fungal diseases. The genus *Mycosphaerella* and *Teratosphaeria* are causing the disease known as *Mycosphaerella* spot leaf (MLD: *Mycosphaerella* Leaf Disease). MLD is favored at sites with abiotic stress and the occurrence of high temperatures, leaf wetting conditions, water availability and nutrient deficiencies, enhance the effects of the disease. The symptoms are small spots that may merge to form larger blotches. MLD causes a decrease in photosynthesizing area and subsequent defoliation, these results in most cases, premature death of the branch, facilitating the access of pathogenic organisms. The aim of this study was the identification of *Mycosphaerella* species and/or *Teratosphaeria* present in a plantation of *E. globulus* ssp. *globulus*, with two fertilization treatments, as well as quantification and description of damage caused. The test was carried out in the establishment Montelemu I Taurion SA, property belonging to RMK, Timberland Group, located in Paso Real de Mansavillagra, Florida Department, Uruguay during January-September 2010.. For quantification of the disease, the methodology proposed in The Crown Damage Index (CDI), this index takes into account the incidence and severity of Defoliation damage, Necrosis and Discoloration. The products were double Wuxal 750 cc and Wuxal Ascofol 750 cc; three were evaluated randomized complete block with three treatments and 16 repetitions. Treatment 1 (T1) corresponds to the control (no fertilizer), treatment 2 (T2) received one dose of double Wuxal 750 cc and Ascofol Wuxal 750 cc. Treatment 3 (T3) received a dose of double Wuxal 750 cc and Wuxal Ascofol 750 cc and a repetition on the twentieth day. For analysis and comparisons of means using the Tukey test. Using SAS statistical software version 8.2. .Soil tests were conducted as well as leaf analysis for macro and micronutrients evaluations, results concluded with no differences between treatments. *Teratosphaeria nubilosa* was identified (= *Mycosphaerella nubilosa*) infecting juvenile leaves and mature leaves. No significant differences in height or the DAP treatments. The T3 end the trial with the largest number of healthy leaves and the lowest percentage of defoliation. The T3 was the one which achieved CDI, which shows a greater persistence of infected leaves and increased regrowth of new leaves. This increased leaf area would allow for rapid recovery of growth.

Keywords: *Mycosphaerella*; *Teratosphaeria*; CDI; MLD; Defoliation; Fertilization; *Eucalyptus globulus* ssp. *Globulus*.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G. 2007. Fitopatología. 2da. ed. México, Limusa. 856 p.
2. ALFENAS, A.; ZAUZA, A.; MAFIA, R; ASSIS, T. 2004. Clonagem e doenças do eucalipto. Viçosa, UFV. 243 p.
3. ALGORTA, G. 2009. Comportamiento de los principales clones comerciales de *E. globulus* frente al ataque de la *Mycosphaerella* .In: Día de Campo Forestal Zona Centro (2009, Durazno). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 17-20 (Actividades de Difusión no. 584).
4. ANDRADE, S.; DE BARROS, N.; FERREIRA, R.; TEIXEIRA J.; LEAL, P. 1995. Exigencia y distribución de boro en plantas de eucalipto. Bosque 16(1): 53-59.
5. BALMELLI, G.; SIMETO, S.; ALTIER, N.; NÚÑEZ, P.; GONZÁLEZ, W. 2008. Enfermedades foliares en *Eucalyptus globulus*; efectos sobre la mortalidad, el crecimiento y la incidencia de enfermedades del fuste al quinto año. In: Día de Campo Forestal en Zona Sureste (2008, Rocha). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 45-57 (Actividades de Difusión no. 542).
6. BARGALI, S.; SINGH, P. 1991. Aspects of productivity and nutrient cycling in an 8 year old *Eucalyptus* plantation in a moist plain area adjacent to Central Himalaya, India. Canadian Journal of Forest Research. 21:1365-1372.
7. BELLOTE, A.; FERREIRA. C. 1995. Nutrientes minerales y crecimiento de árboles abonados de *Eucalyptus grandis* en el Estado de São Paulo. Bosque. 16(1): 69-75.
8. BONILLA, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. In: Azcon-Bieto, J. Talon, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, España, Mc Graw-Hill. pp. 113-129.
9. BONOMELLI, C.; PEÑA, I.; SUAREZ, D. 2002. Contribución de las hojas en el proceso de reciclaje de N y P en *Eucalyptus* sp. Bosque. 23 (1): 61-77.

10. BRUSSA, C. 1994. Eucalyptus; especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 314 p.
11. CALIFRA, A.; DURAN, A. 2010. Suelos de aptitud forestal: Criterios para selección, área de distribución, características morfológicas, físicas y químicas. In: Jornadas de Actualización Técnica: 10 Años de Investigación en Producción Forestal (2010, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 1-5.
12. CARNEGIE, A.; ADES, P.; KEANE, P.; SMITH, I. 1994. Variation in susceptibility *Eucalyptus globulus* provenances to *Mycosphaerella* leaf disease. Canadian Journal of Forest Research. 24: 1751- 1757.
13. _____.; _____.; _____.; _____. 1998. *Mycosphaerella* diseases of juvenile foliage in a eucalypt species and provenance trial in Victoria, Australia. Australian Forestry. 61(3): 190-194.
14. _____. 2007. Forest health condition in New South Wales, Australia, 1996–2005. II. Fungal damage recorded in eucalypt plantations during forest health surveys and their management. Australasian Plant Pathology. 36: 225–239.
15. _____.; ADES, P. 2002. The proportion of leaf spots caused by *Mycosphaerella cryptica* and *M. nubilosa* on *Eucalyptus globulus*, *E. nitens* and their F1 hybrids in a family trial in Tasmania, Australia. Australasian Mycologist. 21: 53–63.
16. CROUS, P. 1998. *Mycosphaerella* spp. and their anamorphs associated with leaf spot diseases of *Eucalyptus*. Mycological Memoir. 21: 170.
17. _____.; GROENEWALD, J.; MANSILLA, J.; HUNTER, G.; WINGFIELD, M. 2004. Phylogenetic reassessment of *Mycosphaerella* spp. and their anamorphs occurring on Eucalyptus I. Studies in Mycology. 50: 195-214.
18. _____.; WINGFIELD, M.; MANSILLA, J.; ALFENAS, A.; GROENEWALD, J. 2006. Phylogenetic reassessment of

Mycosphaerella spp. and their anamorphs occurring on *Eucalyptus*. II. Studies in Mycology. 55: 99–131.

19. _____.; BRAUN, U.; GROENEWALD, J. 2007. *Mycosphaerella* is polyphyletic. Studies in Mycology. 58: 1–32.
20. CHAVES, M.; PEREIRA, J. 2003. Respuestas de las plantas al estrés múltiple y la habilidad de enfrentarse a un ambiente cambiante. In: Reigosa, M.; Pedrol, N.; Sánchez, A. eds. La ecofisiología vegetal; una ciencia de síntesis. Madrid. Paraninfo. pp. 557 -601.
21. ECHEVERRIA, M.; SANCHEZ, J.; BAÑON, M. 2000. Auxinas. In: Azcon-Bieto, J.; Talon, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona. España, Mc Graw-Hill. pp. 305-324.
22. FAO. 1981 El Eucalyptus en la repoblación forestal. (en línea) Roma. pp. 1 – 50. Consultado feb. 2011. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC459S00.htm>
23. FERRANDO, M.; ZAMALVIDE, J. 2010. Fertilización boratada en Eucalyptus. In: Jornadas de Actualización Técnica: 10 Años de Investigación en Producción Forestal (2010, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp 55-59.
24. FREEMAN, J; POTTS, B.; VAILLANCOURT, R. 2008. Few mendelian genes underlie the quantitative response of a forest Tree, *Eucalyptus globulus*, to a natural fungal epidemic. Genetics Society of America. 178: 563-571.
25. GALLO, L. 2009. Mejoramiento genético forestal. Montevideo, Facultad de Agronomía. 28 p.
26. GLEN, M.; SMITH, A.; LANGRELL, S.; MOHAMME, C. 2006. Development of nested polymerase chain reaction detection of *Mycosphaerella* spp. and its application to the study of leaf disease in *Eucalyptus* plantations. Ecology and Epidemiology. 97: 132-144.
27. GODOY, A.; PAGÈS, M. 2004 Proteínas de respuesta al estrés hídrico. In: Reigosa, M.; Pedrol, N.; Sánchez, A. eds. La

ecofisiología vegetal; una ciencia de síntesis. Madrid. Paraninfo. pp. 791-831.

28. GOLFARI, L. 1985. Distribución regional y condiciones ecológicas de los eucaliptos cultivados en Argentina. Problemas inherentes. Centro de Investigaciones y Experiencias forestales. Publicación Técnica no. 1. 19 p.
29. HERNANDEZ, J.; DEL PINO, A.; ARRATE, G. 2010a. Cuantificación de la extracción y reciclaje de nutrientes en Eucaliptus. In: Jornadas de Actualización Técnica: 10 Años de Investigación en Producción Forestal (2010, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 20-24.
30. HERNÁNDEZ, J. 2010b. Evolución de parámetros químicos de suelo bajo forestación; acidez, bases, materia orgánica. In: Jornadas de Actualización Técnica: 10 Años de Investigación en Producción Forestal (2010, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 16-19.
31. HUNTER, G.; CROUS, P.; CARNEGIE, A.; WINGFIELD, M. 2008 *Teratosphaeria nubilosa*, a serious leaf disease pathogen of *Eucalyptus* spp. in native and introduced areas. *Molecular Plant Pathology*. 40: 1 -14.
32. LANDIS, T. 1989. Mineral nutrients and fertilization. In: Landis, T.; Tinus R.; Mcdonald, S.; Barnett, J. eds. The container tree nursery manual. Washington, D.C, USDA. Forest Service. pp. 1-67.
33. LUNDQUIST, J.; PURNELL, R. 1987. Effects of *Mycosphaerella* leaf spot on growth of *Eucalyptus nitens*. *Plant Disease*. 71: 1025 – 1029.
34. MAC GREGOR, J. 2010. Efecto de la fertilización foliar en *Eucalyptus globulus*. In: Jornadas de Actualización Técnica: 10 Años de Investigación en Producción Forestal (2010, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 53-56.
35. MADEIRA, M.; PEREIRA, J. 1995. Productivity, nutrient immobilization and soil chemical properties in a *Eucalyptus*

globulus plantation under different irrigation and fertilization regimes. *Water, Air and Soil Pollution*. 54: 621-634.

36. MANSILLA, P.; AGUÍN, O.; PINTOS, C.; OTERO, L. 2005. Ficha 37/05 (*Mycosphaerella nubilosa*). (en línea). Pontevedra, Servicio Agrario. Estación Fitopatológica do Areeiro. 20 p. Consultado dic. 2010. Disponible en <http://www.efa-dip.org/comun/.../37ok%20mycosphaerella.pdf>
37. MATTIELLO, E.; RUIZ, H.; DA SILVA, I.; DE BARROS, N.; LIMA, J.; BEHLING, M.; 2009 . Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. *Brasileira de Ciencia do Solo*. 33: 1281-1290.
38. MAXWELL, A. 2004. The taxonomy, phylogeny and impact of *Mycosphaerella* species on Eucalypts in South-Western Australia. Perth, Western Australia, Murdoch University. 249 p.
39. MONSALVE, J.; ESCOBARA, R.; ACEVEDO, M.; SÁNCHEZ, A.; COOPMANA, R. 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *Bosque*. 30(2): 88-94.
40. OTERO, L.; AGUÍN, O.; MANSILLA, P.; MONTENEGRO, D.; PINTOS, C.; 2006. Identificación de especies de *Mycosphaerella* en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* en Galicia. In: Congreso de la SEF (13º, 2006, Murcia, España). Actas. Pontevedra, Estación Fitopatológica do Areeiro. pp. 1-2. Consultado dic. 2010. Disponible en http://www.efa-dip.org/comun/publicaciones/posters/2006/2006_sef/Poster%20MYCOS%20murcia06%20modeloOK.pdf.
41. PARK, R.; KEANE, P. 1982. Three *Mycosphaerella* species from leaf diseases of *Eucalyptus*. *Transactions of the British Mycological Society*. 79: 95-100.
42. _____; _____; WINGFIELD, M.; CROUS, P. 2000. Fungal diseases of eucalypt foliage. In: Keane, P.; Kile, G.; Podger, F.; Brown, B. eds. 2000. *Diseases and pathogens of eucalypts*. Collingwood, Australia, CSIRO. pp. 153-239.

43. PERDOMO, C; BARBAZAN, M. 1999. Nitrógeno. Montevideo, Facultad de Agronomía. 71 p.
44. PÉREZ, C.; FROS, D.; ALTIER, N.; PEREZ, G.; WINGFIELD, M.; BLANCHETTE, R. 2009a. Identificación de especies fúngicas asociadas a manchas foliares y canchros en *Eucalyptus*. In: Jornada Técnica, Protección Forestal (2009, Tacuarembó). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 19-24 (Actividades de Difusión no. 567).
45. _____; WINGFIELD, M.; ALTIER, N.; BLANCHETTE, R. 2009b. Mycosphaerellaceae and Teratosphaeriaceae associated with Eucalyptus leaf diseases and stem cankers in Uruguay. Forest Pathology. 39: 349–360.
46. PÉREZ, G.; HUNTER, G.; SLIPPERS, B.; PÉREZ, C.; WINGFIELD, B.; WINGFIELD, M.J. 2009. *Teratosphaeria (Mycosphaerella) nubilosa*, the causal agent of Mycosphaerella leaf disease (MLD), recently introduced into Uruguay. European Journal of Plant Pathology 125: 109-118.
47. PINKARD, E. 2003. Physiological and growth responses related to pattern and severity of pruning in young *Eucalyptus globulus*. Forest Ecology and Management. 182: 231–245.
48. _____; MOHAMMED, C. 2005. Photosynthesis of *Eucalyptus globulus* whit Mycosphaerella leaf disease. New Phytologist. 170:119-127.
49. ROMERO, G. 1995. Enfermedades en *Eucalyptus* en Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 7 p.
50. _____. 2004. Enfermedades forestales en el Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 47 p.
51. SCHUMACHER, M.; WINCKLER, M. 2001. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii* . Ciência Florestal (Santa Maria). 11(1): 45-53.

52. SEGURA, J. 2000. Citoquininas. In: Azcon-Bieto, J.; Talon, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, España, Mc Graw-Hill. pp. 343-360.
53. SIMETO, S. 2008. Enfermedades foliares causadas por especies de *Mycosphaerella*. In: Día de Campo Forestal en Zona Sureste (2008, Rocha). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 38-44 (Actividades de Difusión no. 542).
54. _____.; BALMELLI, G.; MARTÍNEZ, G.; TORRES, D. 2009. *Teratosphaeria Nubilosa* (Cooke) Crous & Braun, agente causal de manchas necróticas y defoliación en *Eucalyptus* spp. Revista INIA. 20:51- 52.
55. SMITH, A.; PINKARD, E.; STONE, C.; BATTAGLIA, ; MOHAMMED C. 2005. Precision and accuracy of pest and pathogen damage assessment in young eucalypt plantations. Environmental Monitoring and Assessment. 111: 243–256.
56. _____. 2006. The developement of strategies for the management and research of foliar pathogens on Eucalypt plantations; using *Mycosphaerella* as a case of study. (en línea). Tasmania, UTAS. s.p. Consultado dic. 2010. Disponible en <http://eprints.utas.edu.au/378/>.
57. SNOWDON P. 2002. Modeling type 1 and type 2 growth responses in plantations after application of fertilizer or other silvicultural treatments. Forest Ecology and Management. 163: 229-244.
58. STONE, C.; MATSUKI, M.; CARNEGIE, A. 2003. Pest and disease assessment in young eucalypt plantations; field manual for using the Crown Damage Index. (en línea). Canberra, Bureau of Rural Sciences. National Forest Inventory. Consultado dic. 2010. Disponible en <http://affashop.gov.au/PdfFiles/PC12783.pdf>.
59. TALON, M. 2000. Giberelinas. In: Azcon-Bieto, J.; Talon, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, España, Mc Graw-Hill. pp. 325-342.
60. TINAUT, M.; ESPINOSA, F. 2003. Jasmonatos y Salicilatos: fitohormonas clave en la reacciones de defensa de las plantas y de comunicación en el ecosistema. In: Reigosa, M. Pedrol, N.

Sánchez, A. eds. La ecofisiología vegetal; una ciencia de síntesis. Madrid, Paraninfo. pp. 633-724.

61. TISDALE, S.; NELSON, W. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, Montaner y Somon. 700 p
62. TUSET, R. 2009. Forestación para productores agropecuarios. Montevideo, Hemisferio Sur. 319 p.
63. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN FORESTAL GENERAL. 2008. Recurso forestal. (en línea). Montevideo. 15 p. Consultado feb. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,20,441,O,S,O,MNU;E;134;2:MNU>.
64. _____. _____.; FAO 2006. Plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos. Montevideo, FAO. pp. 112-164.
65. WINGFIELD M.; SLIPPERS, B.; HURLEY, B.; COUTINHO, T.; WINGFIELD, B.; ROUX, J. 2008. Eucalypt pests and diseases: growing threats to plantation productivity. Southern Forests. 70:139–144.
66. ZAMALVIDE, J.; FERRANDO, M. 2010. Algunas consideraciones generales en relación al tema “Fertilización de Eucalyptus”. In: Jornadas de Actualización Técnica: 10 Años de investigación en Producción Forestal (2010, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 38-47.

9. ANEXOS

ANEXO I: Registro de las medidas dasométricas Medición de Febrero BLOQUE 1.

FILA1	T1	Nudos			Total verti.	CDI	CDI	CDI
		Libre	Mancha	Sana		mancha	Defoliación	Árbol
2,61	2,2	5	4	2	11	18,182	45,455	63,636
2,93	2,2	10	5	1	16	15,625	62,500	78,125
3,43	3,2	14	6	1	21	21,429	66,667	88,095
2,53	1,9	10	2	2	14	10,714	71,429	82,143
2,3	2,1	6	2	1	9	11,111	66,667	77,778
2,51	1,5	8	4	2	14	7,143	57,143	64,286
2,3	2,5	6	5	1	12	10,417	50,000	60,417
3,3	1,7	3	4	5	12	8,333	25,000	33,333
2,73	2	8	6	2	16	18,750	50,000	68,750
3,1	2,4	4	11	1	16	34,375	25,000	59,375
3,23	3,2	9	4	1	14	14,286	64,286	78,571
3,44	3	5	6	0	11	27,273	45,455	72,727
3,31	1,6	7	5	4	16	7,813	43,750	51,563
2,4	3,3	5	4	4	13	23,077	38,462	61,538
2	2,1	7	5	2	14	26,786	50,000	76,786
					CDI	17,021.	50,787	67,808
					PRO			

FILA1	T 2	Nudos				Total verti.	CDI	CDI	CDI
		Libre	Mancha	Sana	mancha		Defoliación	Árbol	
2,9	0,9	7	8	1	16	12,500	43,750	56,250	
2,99	2,7	14	4	2	20	5,000	70,000	75,000	
2,63	1,9	4	9	2	15	30,000	26,667	56,667	
2,3	1,5	5	6	2	13	11,538	38,462	50,000	
2,75	2,2	14	3	2	19	3,947	73,684	77,632	
2,57	2,2	14	5	4	23	5,435	60,870	66,304	
2,81	2,1	8	5	2	15	16,667	53,333	70,000	
1,58	0,8	9	3	2	14	10,714	64,286	75,000	
2,6	1,3	7	3	0	10	15,000	70,000	85,000	
2	0,12	8	3	0	11	6,818	72,727	79,545	
2,5	2,6	9	6	2	17	8,824	52,941	61,765	
2,71	2,1	6	8	4	18	11,111	33,333	44,444	
2,82	2,6	3	6	2	11	27,273	27,273	54,545	
2,81	2,5	6	3	1	10	15,000	60,000	75,000	
2,33	2,3	5	7	4	16	21,875	31,250	53,125	
2,48	1,6	6	6	5	17	17,647	35,294	52,941	
					CDI	13,709	50,867	64,576	
					PRO.				

FILA1 T 3

Altura (m)	Diámetro (cm)	Nudos			Total verti.	CDI		CDI Árbol
		Libre	Mancha	Sana		mancha	Defoliación	
2,53	2,4	3	8	3	14	14,286	21,429	35,714
1,34	0,7	4	7	1	12	14,583	33,333	47,917
2,62	2,3	5	10	2	17	44,118	29,412	73,529
2,82	2,4	4	14	1	19	55,263	21,053	76,316
2,1	1,4	8	4	2	14	14,286	57,143	71,429
X	0				0			
3,62	3,5	4	10	0	14	17,857	28,571	46,429
3,5	3,4	5	7	0	12	14,583	41,667	56,250
2,4	2,3	5	3	5	13	5,769	38,462	44,231
X	0				0			
x	0				0			
3,17	2,3	3	9	3	15	30,000	20,000	50,000
3,14	2,9	5	9	4	18	12,500	27,778	40,278
1,83	1	8	6	0	14	21,429	57,143	78,571
3,18	0	4	11	2	17	16,176	23,529	39,706
3,06	3	6	10	2	18	13,889	33,333	47,222

CDI
PRO. 21,134 33,296 54,430

FILA2 T 1

Altura (m)	Diámetro (cm)	Nudos			Total verti.	CDI		CDI Árbol
		Libre	Mancha	Sana		mancha	Defoliación	
1,5	0,8	4	3	4	11	6,818	36,364	43,182
2,9	2,4	12	4	0	16	12,500	75,000	87,500
3,64	3,6	8	7	1	16	32,813	50,000	82,813
X	0	0	0	0	0		0,000	0,000
4,9	2,4	11	1	0	12	0,833	91,667	92,500
2,6	1,8	10	5	1	16	23,438	62,500	85,938
2,5	2	7	7	1	15	23,333	46,667	70,000
3,76	3,1	12	2	0	14	7,143	85,714	92,857
3,32	2,8	10	7	0	17	20,588	58,824	79,412
2,85	2,5	10	5	0	15	25,000	66,667	91,667
2,64	2	9	4	0	13	3,077	69,231	72,308
2,67	2	8	7	2	17	10,294	47,059	57,353
1,8	0,6	3	1	4	8	3,125	37,500	40,625
1,6	0,8	5	6	0	11	40,909	45,455	86,364
2,45	1,5	7	8	0	15	26,667	46,667	73,333
2,57	2,1	8	9	3	20	22,500	40,000	62,500

CDI
PRO. 17,269 53,707 69,897

FILA2 T 2

		Nudos			CDI		CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol
3,94	0,9	5	5	3	13	9,615	38,462	48,077
X	0	0	0	0	0			
X	0	0	0	0	0			
1,7	1,8	8	10	4	22	22,727	36,364	59,091
2,86	2,4	7	8	2	17	11,765	41,176	52,941
2,8	3	6	11	1	18	6,111	33,333	39,444
2,68	2,1	7	10	1	18	5,556	38,889	44,444
2,83	2,8	9	8	3	20	10,000	45,000	55,000
2,1	1,4	8	8	3	19	10,526	42,105	52,632
2,7	2,5	5	8	1	14	14,286	35,714	50,000
2,66	2,2	11	7	2	20	17,500	55,000	72,500
3,57	3,3	12	12	2	26	4,615	46,154	50,769
2,81	2,2	13	6	0	19	3,158	68,421	71,579
2,84	2,7	9	6	0	15	10,000	60,000	70,000
2,67	2,1	10	7	0	17	10,294	58,824	69,118
2,2	1,4	6	9	3	18	12,500	33,333	45,833

CDI
PRO. 10,618 45,198 55,816

FILA2 T 3

		Nudos			Total	CDI	CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Libre	Mancha	Sana	nudos	mancha	Defoliación	Árbol
2,1	1,4	5	5	4	14	8,929	35,714	44,643
2,4	2	4	6	3	13	4,615	30,769	35,385
2,1	1,2	7	6	3	16	3,750	43,750	47,500
2,3	1,8	9	6	2	17	3,529	52,941	56,471
X	0	0	0	0	0			
X	0	0	0	0	0			
2,2	1,4	9	5	2	16	3,125	56,250	59,375
2,65	2,2	6	8	4	18	22,222	33,333	55,556
2,68	2,4	3	11	4	18	30,556	16,667	47,222
2,5	2	10	10	3	23	21,739	43,478	65,217
2,3	1,5	5	6	4	15	10,000	33,333	43,333
2,58	2	4	6	4	14	10,714	28,571	39,286
2,1	1,2	8	6	2	16	9,375	50,000	59,375
2,1	1,4	5	7	3	15	23,333	33,333	56,667
2,83	2,7	5	11	1	17	16,176	29,412	45,588
2	1,2	8	2	1	11	4,545	72,727	77,273

CDI
PRO. 12,329 40,020 52,349

FILA3 T 1

Altura (m)	Diámetro (cm)	Nudos			Total nudos	CDI mancha	CDI Defoliación	CDI Árbol
		Libre	Mancha	Sana				
2,94	2,5	3	7	4	14	12,500	21,429	33,929
3,31	3	8	8	0	16	12,500	50,000	62,500
2,7	2,3	5	8	0	13	30,769	38,462	69,231
2,99	2,6	7	6	2	15	20,000	46,667	66,667
X	0	0	0	0	0			
1,7	1,3	4	3	4	11	20,455	36,364	56,818
1,35	0,6	4	6	2	12	37,500	33,333	70,833
3,58	3,2	6	5	1	12	20,833	50,000	70,833
3,14	3,1	9	5	2	16	7,813	56,250	64,063
X	0	0	0	0	0			
3,08	3,7	4	6	0	10	15,000	40,000	55,000
3,4	3,2	8	8	1	17	11,765	47,059	58,824
3,58	3,2	9	2	0	11	9,091	81,818	90,909
3,1	3,4	9	3	0	12	12,500	75,000	87,500
3,5	2,2	12	5	0	17	14,706	70,588	85,294
2,7	3,8	9	6	1	16	28,125	56,250	84,375
3,52	2,2	13	2	0	15	6,667	86,667	93,333
CDI PRO.					17,348	52,659	70,007	

FILA3 T 2

Altura (m)	Diámetro (cm)	Nudos			Total nudos	CDI mancha	CDI Defoliación	CDI Árbol
		Libre	Mancha	Sana				
0,7	0,5	7	5	0	12	31,250	58,333	89,583
2,3	2	8	5	0	13	28,846	61,538	90,385
X	0	0	0	0	0			
3,22	0,8	9	5	1	15	16,667	60,000	76,667
X	0	0	0	0	0			
1,33	0,8	3	4	4	11	9,091	27,273	36,364
2,7	2,5	5	2	4	11	4,545	45,455	50,000
X	0	0	0	0	0			
X	0	0	0	0	0			
X	0	0	0	0	0			
X	0	0	0	0	0			
1,6	1,3	4	3	6	13	11,538	30,769	42,308
3,18	3,1	12	5	0	17	7,353	70,588	77,941
1,5	2,5	1	2	6	9	11,111	11,111	22,222
X	0	0	0	0	0			
2,83	3,2	10	7	1	18	9,722	55,556	65,278
CDI PRO.					14,458	46,736	61,194	

FILA3 T 3

		Nudos			Total	CDI	CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Libre	Mancha	Sana	nudos	mancha	Defoliación	Árbol
2,2	1,9	4	6	2	12	5,000	33,333	38,333
X	0	0	0	0	0			
2,1	1,3	6	7	2	15	11,667	40,000	51,667
2,81	2,4	8	6	2	16	3,750		3,750
2,52	2,4	8	8	2	18	11,111	44,444	55,556
4,8	4,4	12	7	2	21	8,333	57,143	65,476
3,45	2,5	5	9	1	15	15,000	33,333	48,333
2,54	3,2	10	10	3	23	10,870	43,478	54,348
1,5	0,9	2	7	5	14	5,000	14,286	19,286
1,45	0,6	8	7	4	19	3,684	42,105	45,789
2,85	2,8	9	7	4	20	8,750	45,000	53,750
X	0	0	0	0	0			
1,25	0,6	5	5	4	14	8,929	35,714	44,643
X	0	0	0	0	0			
1,08	0,7	2	2	5	9	5,556	22,222	27,778
2,63	2,2	5	7	0	12	5,833	41,667	47,500
					CDI			
					PRO.	7,960	37,727	42,785

BLOQUE 2

		Nudos			Total	CDI	CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Libre	Mancha	Sana	verti,	mancha	Defoliación	Árbol
1,94	1	1	4	4	9	11,111	11,111	22,222
2,3	0,8	1	1	6	8	9,375	12,500	21,875
2,32	1,8	7	3	2	12	18,750	58,333	77,083
0	0	5	6	2	13	11,538	38,462	50,000
2,67	2	8	5	6	19	6,579	42,105	48,684
2,58	2,3	3	8	4	15	13,333	20,000	33,333
2,2	1,3	6	3	5	14	10,714	42,857	53,571
2,75	2,5	0	0	0				
0	0	11	5	3	19	6,579	57,895	64,474
4,8	3,4	7	3	0	10	7,500	70,000	77,500
0	0							
0	0							
0	0							
0	0							
2,77	2,6	8	3	3	14	5,357	57,143	62,500
					CDI			
					PRO.	10,084	41,041	51,124

FILA1 T 1		Nudos			CDI		CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol
1,32	0,6	3	5	1	9	27,778	33,333	61,111
2,56	2	10	7	2	19	18,421	52,632	71,053
3,4	2,8	4	11	4	19	14,474	21,053	35,526
3,6	3,2	6	12	2	20	15,000	30,000	45,000
3,5	3,6	11	8	1	20	20,000	55,000	75,000
2,28	3,4	9	6	0	15	10,000	60,000	70,000
3,2	1,8	8	4	0	12	16,667	66,667	83,333
0	0	0	0	0	0			
2,8	2,8	5	6	0	11	27,273	45,455	72,727
2,2	2,1	6	6	5	17	8,824	35,294	44,118
3,15	2,9	3	10	2	15	16,667	20,000	36,667
0	0	0	0	0	0			
2,1	1	12	4	2	18	5,556	66,667	72,222
2,3	1,3	3	6	3	12	25,000	25,000	50,000
1,3	1,2	4	4	3	11	18,182	36,364	54,545
					CDI			
					PRO.	17,218	42,113	59,331

FILA1 T 3		Nudos			CDI		CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol
2,25	1,8	3	3	5	11	6,818	27,273	34,091
3,3	2,9	3	8	4	15	13,333	20,000	33,333
2,1	1,5	1	4	7	12	16,667	8,333	25,000
3,3	0,8	6	3	6	15	5,000	40,000	45,000
1,18	1	9	4	6	19	5,263	47,368	52,632
1,68	1,1	5	3	4	12	6,250	41,667	47,917
3,7	4,7	5	7	0	12	5,833	41,667	47,500
0	0	0	0	0	0			
3,7	2,6	2	4	6	12	16,667	16,667	33,333
2,44	3,1	4	7	5	16	10,938	25,000	35,938
3,5	1,8	3	6	5	14	10,714	21,429	32,143
2,19	2,05	4	10	4	18	13,889	22,222	36,111
0	0	0	0	0	0			
1,8	0,6	9	2	5	16	3,125	56,250	59,375
1,2	1,6	5	8	5	18	22,222	27,778	50,000
					CDI			
					PRO.	10,517	30,435	40,952

FILA2 T 2		Nudos			CDI		CDI	CDI	Árbol
Altura (m)	Diametro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación		
2,44	1,9	5	5	6	16	7,813	31,250	39,063	
3,17	2,8	6	4	4	14	14,286	42,857	57,143	
2,18	1,5	6	3	3	12	12,500	50,000	62,500	
2,12	1,9	6	3	4	13	11,538	46,154	57,692	
2,34	1,8	3	3	5	11	6,818	27,273	34,091	
2,45	2	4	5	4	13	19,231	30,769	50,000	
3,08	2,6	6	5	4	15	16,667	40,000	56,667	
2,85	2,2	8	2	2	12	8,333	66,667	75,000	
2,73	2,2	3	4	4	11	9,091	27,273	36,364	
2,97	2,3	10	3	2	15	15,000	66,667	81,667	
2,93	2,8	9	5	2	16	16,250	56,250	72,500	
0	0	0	0	0	0				
2,73	0	0	0	0	0				
2,89	2	3	5	0	8	15,625	37,500	53,125	
2,3	2	6	12	0	18	16,667	33,333	50,000	
					CDI				
					PRO.	13,063	42,769	55,832	

FILA2 T 1		Nudos			CDI		CDI	CDI	Árbol
Altura (m)	Diametro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación		
2,23	1,5	7	3	2	12	6,250	58,333	64,583	
3,23	2,3	7	6	2	15	20,000	46,667	66,667	
3,29	2,5	5	8	2	15	26,667	33,333	60,000	
0	0	0	0	0	0				
3,75	3,7	7	8	2	17	35,294	41,176	76,471	
3,8	3,9	5	13	4	22	29,545	22,727	52,273	
0	0	0	0	0	0				
1,6	5	5	2	5	12	12,500	41,667	54,167	
1,65	1,8	2	1	7	10	7,500	20,000	27,500	
2,8	2,7	12	3	5	20	7,500	60,000	67,500	
2,18	1,5	6	2	4	12	8,333	50,000	58,333	
0	0	0	0	0	0				
2,04	1,5	3	3	4	10	15,000	30,000	45,000	
2,29	1,6	3	3	6	12	12,500	25,000	37,500	
					CDI				
					PRO.	16,463	38,991	55,454	

FILA2 T 3		Nudos			CDI		CDI	CDI
Altura (m)	Diametro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol
1,98	1,4	2	5	6	13	9,615	15,385	25,000
2,47	1,9	8	5	3	16	15,625	50,000	65,625
2,9	2,5	3	7	3	13	13,462	23,077	36,538
1,97	1,2	4	2	6	12	4,167	33,333	37,500
0	0	0	0	0	0			
2,75	2,5	5	11	5	21	26,190	23,810	50,000
0	0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0			
1,8	1	4	5	9	18	6,944	22,222	29,167
2,35	1,8	1	4	6	11	9,091	9,091	18,182
2,33	2,2	6	3	4	13	5,769	46,154	51,923
2,5	2,1	4	3	5	12	12,500	33,333	45,833
2,76	2,3	7	4	4	15	6,667	46,667	53,333
2,9	2,2	3	5	4	12	20,833	25,000	45,833
2,7	2,3	3	4	2	9	11,111	33,333	44,444
					CDI			
					PRO.	11,831	30,117	41,948

FILA3 T 2		Nudos			CDI		CDI	CDI
Altura (m)	Diametro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol
0		0	0	0				
0	0	0	0	0	0			
2,78	2,3	8	3	2	13	17,308	61,538	78,846
2,86	2,7	10	6	4	20	15,000	50,000	65,000
3	2,5	7	6	5	18	8,333	38,889	47,222
3,1	2,5	5	2	0	7	7,143	71,429	78,571
3,6	3,4	9	5	4	18	6,944	50,000	56,944
2	3,9	10	5	4	19	13,158	52,632	65,789
3,5	3,5	11	7	3	21	16,667	52,381	69,048
2,4	1,4	6	6	4	16	18,750	37,500	56,250
2,55	1,6	5	6	4	15	20,000	33,333	53,333
3	2,5	4	10	4	18	13,889	22,222	36,111
0	0	0	0	0			0,000	0,000
3,25	3	9	5	4	18	6,944	50,000	56,944
3,06	3	6	7	3	16	10,938	37,500	48,438
					CDI			
					PRO.	12,923	42,879	54,808

FILA3 T 1		Nudos			CDI		CDI	CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación		Árbol
3,6	2,9	6	7	2	15	11,667	40,000		51,667
2,3	1,7	8	2	4	14	3,571	57,143		60,714
3,4	3,2	5	10	3	18	27,778	27,778		55,556
3,3	2,5	4	7	1	12	29,167	33,333		62,500
3,3	3,2	7	8	2	17	11,765	41,176		52,941
3,6	3,4	4	8	3	15	26,667	26,667		53,333
0	0	0	0	0	0				
2,87	1,2	5	2	0	7	21,429	71,429		92,857
2,3	2,8	2	7	2	11	47,727	18,182		65,909
2,53	3	6	8	3	17	35,294	35,294		70,588
2,57	2,5	4	7	2	13	26,923	30,769		57,692
2,4	1,7	3	6	1	10	30,000	30,000		60,000
2,75	2,6	4	2	2	8	12,500	50,000		62,500
1,8	1,5	8	4	3	15	13,333	53,333		66,667
1,8	1,2	9	3	2	14	5,357	64,286		69,643

CDI
PRO. 21,656 41,385 63,041

FILA3 T 3		Nudos			CDI		CDI	CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Libre	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación		Árbol
1,3	1,4	5	4	3	12	8,333	41,667		50,000
0	0	0	0	0	0				
2,7	1,8	5	3	6	14	5,357	35,714		41,071
0	0	0	0	0	0				
0	0	0	0	0	0				
0	0	0	0	0	0				
2,7	2,6	1	7	4	12	14,583	8,333		22,917
2,7	2,8	14	8	6	28	14,286	50,000		64,286
1,8	1,3	9	3	4	16	9,375	56,250		65,625
0	0	0	0	0	0				
2,6	2,8	2	3	3	8	3,750	25,000		28,750
2,9	2	7	6	6	19	3,158	36,842		40,000
2,3	2,6	8	6	6	20	3,000	40,000		43,000
3,15	2,9	4	8	5	17	11,765	23,529		35,294
3,3	2,4	12	5	6	23	5,435	52,174		57,609

CDI
PRO. 7,9041907 36,9509716 44,8551623

BLOQUE 3

FILA1	T 3	Nudos			Total verti,	CDI	CDI	CDI
		Altura (m)	Diametro (cm)	Desf.		Mancha	Sana	mancha
2,2	2,2	11	6	4	21	7,143	52,381	59,524
3,4	1,9	16	10	3	29	8,621	55,172	63,793
3,4	1,8	8	4	3	15	2,667	53,333	56,000
2,05	1,3	6	5	2	13	19,231	46,154	65,385
2,53	2,5	13	8	2	23	8,696	56,522	65,217
2,61	2,4	8	5	2	15	8,333	53,333	61,667
0	0	0	0	0	0			
2,43	2,2	7	7	2	16	21,875	43,750	65,625
2,7	1	3	6	4	13	34,615	23,077	57,692
2,02	1,9	4	9	3	16	5,625	25,000	30,625
2,45	2	6	5	2	13	9,615	46,154	55,769
2,57	2,8	6	5	0	11	11,364	54,545	65,909
2,56	1,5	6	11	1	18	15,278	33,333	48,611
					CDI			
					PRO.	12,755	45,230	57,985

FILA1	T 1	Nudos			Total verti,	CDI	CDI	CDI
		Altura (m)	Diametro (cm)	Desf.		Mancha	Sana	mancha
3	1,2	4	5	0	9	27,778	44,444	72,222
3,6	2,8	8	8	0	16	25,000	50,000	75,000
3,1	2,8	11	8	3	22	27,273	50,000	77,273
2,13	3	9	10	0	19	26,316	47,368	73,684
3,5	2,7	7	12	1	20	15,000	35,000	50,000
1,08	2,7	6	8	0	14	28,571	42,857	71,429
3,03	3,1	9	5	0	14	17,857	64,286	82,143
2,8	2,4	9	5	10	24	10,417	37,500	47,917
3,7	2,6	5	8	0	13	30,769	38,462	69,231
3,5	1,3	13	4	4	21	9,524	61,905	71,429
3,4	2,8	9	14	1	24	43,750	37,500	81,250
0	0	0	0	0	0			
3,6	1,5	8	7	0	15	23,333	53,333	76,667
3,4	2,4	6	7	2	15	35,000	40,000	75,000
0	0	0	0	0	0			
2,22	3	9	10	1	20	37,500	45,000	82,500
					CDI			
					PRO.	25,578	46,261	71,839

FILA1 T 2		Nudos			CDI		CDI	CDI
Altura (m)	Diametro (cm)	Desf.	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol
2,2	2,6	10	9	1	20	11,250	50,000	61,250
2,91	2,4	8	8	2	18	22,222	44,444	66,667
0	0	0	0	0	0			
1,8	1,2	8	4	1	13	15,385	61,538	76,923
2,02	1,5	10	6	1	17	8,824	58,824	67,647
2,67	2,3	5	8	1	14	14,286	35,714	50,000
2,87	2,1	12	5	2	19	13,158	63,158	76,316
2,57	1,9	7	5	1	13	19,231	53,846	73,077
2,46	1,7	5	3	0	8	9,375	62,500	71,875
2,22	1,5	8	5	1	14	8,929	57,143	66,071
3,03	2,3	5	5	0	10	25,000	50,000	75,000
2,5	1,8	5	6	1	12	25,000	41,667	66,667
2,35	1,9	7	5	0	12	10,417	58,333	68,750
2,14	1,7	5	6	1	12	25,000	41,667	66,667
2,84	1,9	10	9	3	22	20,455	45,455	65,909
					CDI			
					PRO.	16,324	51,735	68,058

FILA2 T 3		Nudos			CDI		CDI	CDI
Altura (m)	Diametro (cm)	Desf.	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol
2,8	2,2	5	4	3	12	8,333	41,667	50,000
2,97	2,6	8	8	3	19	10,526	42,105	52,632
2	1,3	5	5	3	13	19,231	38,462	57,692
3,4	3,2	8	7	2	17	20,588	47,059	67,647
2,89	2,2	9	7	2	18	19,444	50,000	69,444
1,85	2,2	8	7	2	17	20,588	47,059	67,647
2,5	1,2	12	2	3	17	2,941	70,588	73,529
1,8	1,1	4	8	8	20	20,000	20,000	40,000
0	0	0	0	0				
2,29	1,6	14	5	1	20	6,250	70,000	76,250
2,77	2,2	10	5	1	16	15,625	62,500	78,125
2,79	2,5	9	5	0	14	8,929	64,286	73,214
3,01	2,3	5	9	2	16	14,063	31,250	45,313
3,79	2,2	5	5	2	12	10,417	41,667	52,083
					CDI			
					PRO.	13,610	48,203	61,814

FILA2 T 1		Nudos			CDI		CDI	CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Desf.	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol	
3,79	2,8	6	10	1	17	29,412	35,294	64,706	
3,6	3,1	6	11	0	17	32,353	35,294	67,647	
2,1	1,6	7	7	1	15	11,667	46,667	58,333	
2,31	1,6	8	1	3	12	2,083	66,667	68,750	
3,51	3	5	9	2	16	14,063	31,250	45,313	
3,6	2,9	9	7	3	19	18,421	47,368	65,789	
3,23	2	5	7	3	15	23,333	33,333	56,667	
3	1,9	7	8	0	15	13,333	46,667	60,000	
2,7	2,2	9	4	1	14	14,286	64,286	78,571	
2,07	1,3	6	4	4	14	7,143	42,857	50,000	
3,35	0,6	5	4	4	13	7,692	38,462	46,154	
1,9	3	9	7	1	17	20,588	52,941	73,529	
3,8	0	0	0	0	0				
1,88	3,5	10	10	1	21	23,810	47,619	71,429	
1,7	1,8	8	6	1	15	20,000	53,333	73,333	
					CDI				
					PRO.	17,013	45,860	62,873	

FILA2 T 2		Nudos			CDI		CDI	CDI	CDI
Altura (m)	Diámetro (cm)	Desf.	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol	
2,13	1,7	10	4	2	16	6,250	62,500	68,750	
2,21	1,5	10	9	2	21	21,429	47,619	69,048	
1	0,8	2	7	1	10	35,000	20,000	55,000	
2,13	2	11	6	4	21	7,143	52,381	59,524	
1,2	0,9	3	3	4	10	7,500	30,000	37,500	
1,5	1,7	11	9	2	22	4,091	50,000	54,091	
2,74	2,2	13	5	2	20	6,250	65,000	71,250	
0	X	0	0	0	0				
1,6	0,8	2	2	4	8	6,250	25,000	31,250	
2,16	1,5	7	7	3	17	20,588	41,176	61,765	
1,6	1,5	4	10	2	16	31,250	25,000	56,250	
2,76	2,6	10	11	1	22	12,500	45,455	57,955	
3,46	2,9	14	11	2	27	10,185	51,852	62,037	
3,1	2,6	12	7	3	22	7,955	54,545	62,500	
2,4	1,7	5	8	4	17	11,765	29,412	41,176	
					CDI				
					PRO.	13,440	42,853	56,293	

FILA3 T 3		Nudos			CDI		CDI	CDI	Árbol
Altura (m)	Diámetro (cm)	Desf.	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación		
2,77	2	7	4	0	11	9,091	63,636	72,727	
3,4	2,9	8	6	0	14	21,429	57,143	78,571	
3,25	3,3	10	5	1	16	15,625	62,500	78,125	
3,5	2,2	11	5	1	17	7,353	64,706	72,059	
1,4	3,2	4	5	1	10	5,000	40,000	45,000	
2,81	2,2	9	9	0	18	5,000	50,000	55,000	
1,6	0,7	12	4	1	17	5,882	70,588	76,471	
2,89	3,2	10	8	2	20	10,000	50,000	60,000	
2,73	2,9	12	6	0	18	8,333	66,667	75,000	
2,75	1,1	7	5	0	12	10,417	58,333	68,750	
2,71	2,3	6	8	0	14	5,714	42,857	48,571	
3,5	2,2	10	5	1	16	7,813	62,500	70,313	
3,6	1	7	9	1	17	13,235	41,176	54,412	
2,98	2,6	4	7	0	11	6,364	36,364	42,727	
2,18	1,3	6	3	4	13	5,769	46,154	51,923	
					CDI				
					PROM.	9,135	54,175	63,310	

FILA3 T 1		Nudos			CDI		CDI	CDI	Árbol
Altura (m)	Diametro (cm)	Desf.	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación		
2,2	1,8	8	3	1	12	6,250	66,667	72,917	
2,5	2,4	6	4	0	10	20,000	60,000	80,000	
2,3	2,6	5	4	1	10	20,000	50,000	70,000	
2,4	1	9	8	2	19	10,526	47,368	57,895	
2,5	1,2	7	7	2	16	32,813	43,750	76,563	
3,73	2,2	8	5	2	15	25,000	53,333	78,333	
2,6	1,8	2	4	5	11	27,273	18,182	45,455	
2,7	1,9	3	4	2	9	22,222	33,333	55,556	
1,6	0,7	4	9	1	14	32,143	28,571	60,714	
3,5	2,5	6	7	3	16	21,875	37,500	59,375	
3,04	2,6	6	4	2	12	16,667	50,000	66,667	
2	1,2	4	9	2	15	15,000	26,667	41,667	
2	1,8	6	12	3	21	28,571	28,571	57,143	
2,97	2,7	5	4	2	11	18,182	45,455	63,636	
					CDI				
					PROM.	21,180	42,100	63,280	

FILA3 T 2		Nudos			CDI		CDI	CDI
Altura (m)	Diametro (cm)	Desf.	Mancha	Sana	Total verti,	mancha	Defoliación	Árbol
1,4	2	4	10	2	16	15,625	25,000	40,625
1,65	2,8	6	5	2	13	19,231	46,154	65,385
1,65	2,4	6	7	3	16	10,938	37,500	48,438
2,79	2,9	6	8	2	16	25,000	37,500	62,500
1	0,6	4	2	2	8	12,500	50,000	62,500
2,41	2,5	2	8	2	12	33,333	16,667	50,000
2,6	2,6	8	6	0	14	10,714	57,143	67,857
2,44	2	4	4	2	10	10,000	40,000	50,000
2,4	2,6	7	10	1	18	27,778	38,889	66,667
3,2	2,4	4	5	4	13	9,615	30,769	40,385
0	0	0	0	0				
2,64	2,9	10	7	2	19	9,211	52,632	61,842
0	0	0	0	0				
2,28	3,5	8	10	1	19	13,158	42,105	55,263
2,63	2,4	4	8	3	15	26,667	26,667	53,333
2,9	1,7	6	3	2	11	6,818	54,545	61,364
					CDI			
					PROM.	16,471	39,684	56,154