

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y SANIDAD EN UNA PLANTACIÓN DE
Eucalyptus maidenii EN FUNCIÓN DEL AGREGADO DE FERTILIZANTES
CON Y SIN BIOESTIMULANTES**

por

Joaquín BROCCO SILVA

Pablo Matías MARTÍNEZ KREMER

Juan Eduardo OTEGUI OLGUIN

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2015**

Tesis aprobada por:

Director:
Ing. Agr. (MSc) Graciela Romero

.....
Ing. Agr. (MSc) Marcelo Ferrando

.....
Ing. Agr. Ramiro Suárez

Fecha: 26 de marzo de 2015

Autores:

.....
Joaquin Brocco

.....
Pablo Matías Martínez Kremer

.....
Juan Eduardo Otegui Olgúin

AGRADECIMIENTOS.

Queremos expresar nuestro mayor agradecimiento a todo el cuerpo docente del departamento de producción forestal, en especial a nuestros tutores de tesis Graciela Romero y Marcelo Ferrando quienes demostraron su disponibilidad, profesionalismo, apoyo y brindaron sus conocimientos para llevar adelante este trabajo y lograr finalizar nuestras carreras.

Agradecemos profundamente a la Lic. Sully Toledo por su gran ayuda, amabilidad y dedicación total en su trabajo.

Ing. Agr. Ramiro Suarez gracias por su ayuda y presencia en el trabajo

Pablo: personalmente agradezco en especial a Gustavo, Miriam, Pamela, flia. Bidart y a toda mi familia por darme la posibilidad y el apoyo para llevar adelante esta carrera y lograr obtener mi título profesional, siendo este el mejor regalo que me hayan podido dar. Así que simplemente gracias por todo, a ellos y a los amigos que siempre estuvieron. En forma muy especial quiero agradecer a Lucía por ser una gran persona, por sus sacrificios, por creer en mí y darme su apoyo incondicional en todo momento, por lo que solo tengo palabras de agradecimiento hacia vos, te quiero. Quiero agradecer también y dedicar este logro a la memoria de mi abuelo Toto por su enseñanza, entrega, dedicación y por ser un ejemplo de persona.

Juan: en primer lugar quiero agradecer a mi familia quienes hicieron posible obtener mi título profesional, brindándome su apoyo incondicional en todo momento. A Déborah por estar a mi lado, apoyarme, y ayudarme a cumplir esta meta. Quiero agradecer a todos mis amigos y compañeros que me acompañaron a través de la carrera y me desearon lo mejor en todo momento

Joaquín: En primer lugar, agradecer a mis padres, a mis abuelas, a mi tía y a mi novia por todo el esfuerzo realizado para ser posible mis estudios, por el incondicional apoyo en toda esta etapa y por guiarme en todo momento en mi formación personal y profesional. A mis compañeros de tesis Juan y Pablo, y a todos mis compañeros y compañeras de estudio, con quienes he compartido buenos momentos y horas de estudio.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	4
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	4
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1 LA FORESTACIÓN EN URUGUAY.....	5
2.1.1 <u>El sitio forestal</u>	6
2.2 EL GÉNERO EUCALYPTUS	7
2.2.1 <u>Eucalyptus maidenii</u>	8
2.2.2 <u>Mejoramiento genético</u>	10
2.3 ENFERMEDADES EN EUCALYPTUS EN URUGUAY	11
2.3.1 <u>Mancha foliar causada por el complejo Mycosphaerella:</u> <u>generalidades</u>	12
2.3.1.1 El genero Teratosphaeria.....	12
2.3.1.2 <i>Teratosphaeria nubilosa</i>	13
2.3.1.3 Ciclo de vida de <i>Teratosphaeria nubilosa</i>	13
2.3.1.4 Síntomas y signo de <i>Teratosphaeria nubilosa</i>	15
2.3.1.5 Daños ocasionados por <i>Teratosphaeria nubilosa</i>	16
2.3.1.6 Manejos de la enfermedad.....	17
2.3.2 <u>Phytophthora spp.</u>	19
2.3.2.1 <i>Phytophthora cinnamomi</i>	19
2.3.2.2 Ciclo de vida de <i>Phytophthora cinnamomi</i>	20
2.3.2.3 Síntomas y signo de <i>Phytophthora cinnamomi</i>	21
2.3.2.4 Daños de <i>Phytophthora cinnamomi</i>	21
2.4 ASPECTOS GENERALES DE LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS	22
2.4.1 <u>Fertilización</u>	26
2.5 BIOESTIMULANTES	29
2.5.1 <u>Generalidades</u>	30
2.5.2 <u>Complejos reguladores del crecimiento (Fithormonas)</u>	30

2.5.2.1 Auxinas	30
2.5.2.2 Giberelinas	31
2.5.2.3 Citoquininas	31
2.5.2.4 Otros reguladores del crecimiento: jasmonatos y salicilatos	32
2.5.3 <u>Sustancias húmicas</u>	33
2.5.4 <u>Complejos osmoprotectores y anti estrés: Glicinbetaína</u>	34
3 <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	36
3.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO.....	36
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO.....	36
3.3 PRODUCTOS EVALUADOS	36
3.3.1 <u>Superfosfato de calcio</u>	36
3.3.2 <u>Top-Phos®</u>	37
3.3.3 <u>Nitrofoska® Foliar SL</u>	38
3.3.4 <u>Fertileader®</u>	39
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	40
3.4.1 <u>Tratamientos</u>	41
3.5 EVALUACIONES REALIZADAS.....	43
3.5.1 <u>Variables ambientales</u>	43
3.5.2 <u>Análisis de suelo</u>	43
3.5.3 <u>Medidas dasométricas</u>	44
3.5.4 <u>Evaluaciones sanitarias e identificación de patógenos</u>	44
3.5.5 <u>Evaluación de nutrientes foliares</u>	46
3.5.6 <u>Análisis estadísticos de los datos</u>	46
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	48
4.1 FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN PLANTACIÓN CON O SIN BIOESTIMULANTES.....	48
4.1.1 <u>Medidas dasométricas</u>	48
4.1.2 <u>Concentración foliar de nutrientes a los 6 meses</u>	50
4.1.3 <u>Concentración foliar de nutrientes a los 12 meses</u>	52
4.1.4 <u>Enfermedades en plantación evaluados a los 6 y 12 meses</u> ...	52
4.1.4.1 Evaluación a los 6 meses.....	53
4.1.4.2 Evaluación a los 12 meses.....	54
4.2 TRATAMIENTOS FOLIARES	55
4.2.1 <u>Medidas dasométricas</u>	56
4.2.2 <u>Concentración de nutrientes foliares a los 12 meses</u>	56
4.2.3 <u>Daños por enfermedad a los 12 meses</u>	58
4.3 IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS	59
4.3.1 <u>Identificación de <i>Teratosphaeria nubilosa</i></u>	59

4.3.2 <u>Estudio de las variables ambientales</u>	61
4.3.3 <u>Identificación de <i>Phytophthora cinnamomi</i></u>	63
5. <u>CONCLUSIONES</u>	66
6. <u>RESUMEN</u>	68
7. <u>SUMMARY</u>	70
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	71

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Condiciones ecológicas de <i>Eucalyptus maidenii</i>	10
2.	Clasificación de nutrientes	23
3.	Rangos de concentración de nutrientes en hojas juveniles de <i>Eucalyptus globulus</i>	26
4.	Composición química del Superfosfato de calcio.....	37
5.	Composición química de Top-Phos®.....	38
6.	Composición química de Nitrofoska® Foliar SL	39
7.	Composición química de Fertileader®	40
8.	Condiciones ambientales en la zona del ensayo.....	43
9.	Resultados del análisis de suelo	44
10.	Altura y diámetro a la altura del piso promedio por tratamiento y estadísticas a los 6 y 12 meses	48
11.	Contenido de nutrientes en hojas a los 6 meses y resumen estadístico.....	50
12.	Contenido de nutrientes foliares a los 12 meses y resumen estadístico.....	53
13.	Estudio de la incidencia de patógenos y sobrevivencia	54
14.	Daños causados en la masa forestal	54
15.	Severidad de mancha foliar a causa de MLD	55
16.	Análisis de varianza y contrastes para las variables altura y diámetro a la altura del piso a los 12 meses	56
17.	Contenido promedio de nutrientes en hojas a los 12 meses y resumen estadístico	57
18.	Daños causados en la masa forestal a los 12 meses según tratamiento foliar aplicado	58
19.	Evaluación de severidad a los 12 meses según tratamientos foliares y % de plantas	59
20.	Ventanas adecuadas para el desarrollo optimo de <i>Teratosphaeria nubilosa</i>	63

Figura No.

1.	Distribución natural de <i>Eucalyptus maidenii</i>	7
2.	Distribución natural del género <i>Eucalyptus</i>	9
3.	Croquis explicativo del ensayo	42
4.	Camara húmeda realizada	46
5.	Sintomatología de deficiencia de fósforo	51
6.	Sintomatología de deficiencia de fósforo	51
7.	Sintomatología de deficiencia de fósforo	52
8.	Pseudotecios de <i>Teratosphaeria nubilosa</i>	60
9.	Pseudotecios de <i>Teratosphaeria nubilosa</i>	60
10.	Síntomas de la enfermedad a los 6 meses	60
11.	Síntomas de la enfermedad a los 6 meses	60
12.	Síntomas de la enfermedad a los 12 meses	61
13.	Síntomas de la enfermedad a los 12 meses	61
14.	Síntoma característico de <i>P. cinnamomi</i>	64
15.	Síntoma característico de <i>P. cinnamomi</i>	64
16.	Síntoma característico de <i>P. cinnamomi</i>	64
17.	Síntoma característico de <i>P. cinnamomi</i>	64
18.	Imágenes de microscopio de <i>P. cinnamomi</i>	65

Gráfico No.

1.	Condiciones de Humedad relativa y Temperatura	61
----	---	----

1 INTRODUCCIÓN

El sector forestal en Uruguay ha crecido gracias a la existencia de suelos propicios para el desarrollo comercial de madera y gracias a las políticas desarrolladas por sucesivos gobiernos que de manera diferente han fomentado dicha producción. Este crecimiento se puede observar en el anuario estadístico agropecuario de la DIEA (MGAP. DIEA, 2013), donde se indica que la superficie total de montes ha aumentado a 1.812.000 ha, de las cuales 962.000 ha corresponden a monte artificialmente implantado. Otra manera de visualizar el crecimiento del sector es mediante el producto interno bruto (PIB), en los 24 años comprendidos entre 1988 y 2012 el PIB total del agro creció 57%, a una tasa promedio anual de 1,9%; pero al comparar los subsectores constatamos que ese valor resulta de dos dinámicas totalmente diferentes: mientras el PIB conjunto de la agricultura y la ganadería aumentó 52%, con una tasa promedio anual de 1,8%, el aumento del PIB de la silvicultura fue de 180%, y tuvo una tasa de crecimiento anual largamente superior, de 4,4%. En concreto, en términos relativos, la silvicultura fue el sector que más contribuyó al aumento del PIB del agro uruguayo (MGAP. OPYPA, 2013).

El sector forestal se ha desarrollado con diversas especies, pero los dos géneros más utilizados son Pinus y Eucalyptus. En la actualidad este último está desplazando las plantaciones del género Pinus por cuestiones de mercado. Las características del género Eucalyptus que hacen factible su utilización son las siguientes: un mercado adecuado para los productos, buenas características pulpables, posibilidad de producir un volumen grande de madera en un ciclo corto, colonización de suelos pobres, deteriorados por erosión o agricultura, adaptación a las condiciones climáticas (Golfari 1985, Turnbull 2000). Por otra parte, entre los principales factores que pueden limitar el desarrollo adecuado de este género encontramos la escasa profundidad del suelo, el exceso de carbonatos o cloruros, la competencia con la vegetación, las heladas y la aridez estacional (FAO 1981, Gómez 2006).

Simeto et al. (2009a) mencionan que el incremento del área forestada en el país ha propiciado la aparición de nuevos patógenos y plagas. Esta es una tendencia que se observa a nivel mundial en países con plantaciones comerciales con especies exóticas, donde el número de plagas y enfermedades no registradas previamente constituyen una amenaza para el sector. El buen

desarrollo de especies como Pinus y Eucalyptus en regiones de las que no son originarias puede ser explicado en parte por la separación de estas especies forestales de sus enemigos naturales al ser trasladadas fuera de sus áreas de origen.

En este sentido, el complejo Mycosphaerella y en particular la especie *Teratosphaeria nubilosa* ha afectado gravemente a varias especies del género Eucalyptus a nivel mundial y existen más de 120 especies reportadas (Simeto et al., 2009a). En Uruguay desde la aparición de *Teratosphaeria nubilosa* en el año 2007, las plantaciones jóvenes de *E. globulus* y *E. maidenii* han sufrido severamente el daño causado por estos patógenos (Pérez et al. 2009, Balmelli et al. 2014). La enfermedad que provoca este patógeno es conocida como manchas foliar y es comúnmente denominada como perteneciente al complejo de Mycosphaerella, afecta principalmente al follaje juvenil, produciendo inicialmente manchas foliares y posteriormente defoliación (Hunter et al., 2009).

La pérdida de área foliar provocada por plagas y enfermedades afecta el crecimiento de los árboles y en determinadas circunstancias provoca mortalidad, lo cual disminuye la productividad de la plantación. Sin embargo, y a pesar de la gravedad del problema, la magnitud de las pérdidas provocadas por *T. nubilosa* en *E. globulus* y en *E. maidenii* aún no ha sido cuantificada en nuestro país (Balmelli et al., 2014). Simeto et al. (2009a) señalan que generalmente, las medidas de manejo sobre esta enfermedad se direccionan hacia la reducción de su impacto, ya que una vez que el patógeno se ha establecido en plantaciones forestales de gran escala las posibilidades de control son limitadas.

Velasco (1999) señala que la nutrición mineral de las plantas, considerada como un factor exógeno, es posible de manejar. Esta característica constituye un punto fundamental para hacer frente a las enfermedades. Los nutrientes influyen en el crecimiento, la predisposición, tolerancia y resistencia de las plantas a los patógenos. Las plantas que reciben una nutrición mineral balanceada son más tolerantes a las enfermedades; es decir, tienen mayor capacidad para protegerse de nuevas infecciones y de limitar las ya existentes, que cuando uno o más nutrientes son abastecidos en cantidades excesivas o deficientes, esto se traduce en un mejor desarrollo y rendimiento de la propia planta. Para obtener plantas con una adecuada nutrición es necesaria la

fertilización, dado que los suelos no son capaces de suministrar los nutrientes en cantidades y formas adecuadas para el desarrollo de las plantas. En Uruguay los suelos destinados a la forestación presentan baja fertilidad, y se considera que el fósforo es el nutriente mas limitante para la producción, además de esto como lo señalan Erro et al. (2012) los fertilizantes fosfatados comunes tienen una baja eficiencia dada la alta retención de los suelos. Los precios de los fertilizantes químicos son bajos por lo que su dosis aumenta y se genera un exceso de producto químico. Hoy en día esto es muy controversial y se han estudiado mucho los impactos negativos de la contaminación por aplicaciones excesivas de estos productos químicos. Esta discusión llevó a que se desarrollaran nuevos productos para contrarrestar estos efectos negativos. Russo y Berlyn (1991) señalan que es importante investigar métodos para aumentar la eficiencia de los fertilizantes o productos que brinden similares resultados. Considerando esto aparecen las variantes de utilizar fertilizantes protegidos y productos bioestimulantes.

Otra variante para obtener plantas con niveles nutricionales balanceados complementaria a la fertilización del suelo, es la fertilización foliar, esta técnica por lo general se realiza para corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de los macronutrientes tales como N, P y K, se reconoce que la fertilización foliar solo puede complementar, pero en ningún momento sustituir la fertilización al suelo (Salas, 2002). De igual manera, también se ha avanzado en el estudio y la utilización de bioestimulantes vía foliar, Saborío (2002) indica que el uso de bioestimulantes tanto foliar como al suelo se utilizan para activar o retardar procesos fisiológicos específicos, contrarrestar demandas energéticas, activar procesos de defensa natural contra patógenos, entre otras funciones. Russo y Berlyn (1991) señalan que la utilización de bioestimulantes produce una mejora en el potencial de crecimiento de la raíz, un mejor crecimiento de brotes y mejor resistencia a la tensión. Esta inducción de crecimientos, sobre todo la brotación lateral podría brindar una salida al ataque de enfermedades foliares.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos generales

En la presente investigación se estudiará el efecto de la nutrición y la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento y sanidad de una plantación de *Eucalyptus maidenii*, ubicada en la localidad de Cerro Colorado, Florida.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar: diámetro a la altura del piso y altura total de los árboles; estatus nutricional foliar de las plantas y estado sanitario, a los 6 y 12 meses de plantación en función de la fertilización al trasplante de fuentes fosfatadas con o sin bioestimulantes.
- Evaluar: diámetro a la altura del piso y altura total de los arboles; estatus nutricional foliar de las plantas y estado sanitario de la plantación a los 12 meses de plantación en función de la aplicación foliar o no de fertilizantes con o sin bioestimulantes a los 6 meses de plantación.
- Identificar a nivel de laboratorio los patógenos visualizados a nivel de campo, estudiar el desarrollo del complejo Mycosphaerella en función de las condiciones ambientales ocurridas.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 LA FORESTACIÓN EN URUGUAY

La forestación en Uruguay se desarrolló como resultado de la interacción entre dos factores: uno de naturaleza física, la existencia de suelos con aptitud forestal; y otro de naturaleza política, resultante de un marco legal específico propicio para incentivar la plantación e industrialización. Este marco legal incentivó la inversión y brindó seguridad a los inversores, dentro y fuera del sector agropecuario. La Ley Forestal y la Ley de Zonas Francas, ambas de 1987, y la Ley de Promoción y Protección de Inversiones de 1998 estimularon y dinamizaron las inversiones en la cadena, tanto en la fase primaria, como en la secundaria (Tommasino, 2013).

Observando los datos expresados en el anuario estadístico agropecuario de la DIEA (MGAP. DIEA, 2013) la superficie total de montes en el país habría aumentado a 1.812.000 ha, teniendo en cuenta que unas 962.000 ha corresponden a monte artificialmente implantado y las 850.000 ha restantes corresponden al monte nativo. En este sentido, los eucaliptos ocupan una superficie de 694.000 ha plantadas, siendo el *Eucalyptus globulus* la especie de mayor extensión en todo el territorio nacional con 350.000 ha afectadas (Uruguay XXI, 2011).

De acuerdo con los criterios establecidos por la DGF (Dirección General Forestal), se puede dividir al territorio del país en tres regiones de acuerdo al tipo de suelo, clima y distancia a los puntos de salida de la producción (Uruguay XXI, 2011).

La región Sur-Este, (Colonia, Flores, San José, Florida, Canelones, Montevideo, Lavalleja, Maldonado y Rocha), se caracteriza por una fuerte influencia marítima que evita la existencia de temperaturas extremas, determinando una mejor adaptación de las especies susceptibles a las mismas, tal como la especie *Eucalyptus globulus*. La principal finalidad de las plantaciones de esta zona es la producción de pulpa, por lo que el ciclo productivo es corto y no requiere gran manejo de podas y raleos (Uruguay XXI, 2011).

La región Centro-Norte, (Artigas, Rivera, Tacuarembó, Durazno, Cerro

Largo y Treinta y Tres), se caracteriza por la presencia de heladas en invierno y temperaturas más elevadas durante el verano, y por el predominio de suelos arenosos, siendo propicio para el desarrollo de las especies *Eucalyptus grandis* y *Pinus spp.*. El principal destino de la producción de madera es la transformación mecánica (Uruguay XXI, 2011).

Por último, la región Litoral-Oeste (Salto, Paysandú, Río Negro y Soriano), también se caracteriza por la presencia de heladas y suelos franco arenosos a arenosos. En esta zona coexisten plantaciones de diferentes especies como Salicáceas, Eucalyptus y Pinus. Estos dos últimos géneros tienen un rendimiento levemente menor en esta zona respecto a la zona norte. El principal destino de la madera es la producción de pasta de celulosa (Uruguay XXI, 2011)

2.1.1 El sitio forestal

De acuerdo con Prodan et al. (1997), los elementos básicos que determinan el rendimiento y crecimiento de los rodales son: la productividad del sitio y el aprovechamiento que hace el rodal de la potencialidad del sitio.

Prodan et al. (1997) expresan que la calidad de sitio se define como la capacidad de un área determinada para el crecimiento y desarrollo de una determinada especie, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar. El conocimiento de la calidad de sitio es fundamental principalmente para la elección de los mejores sitios y para plantar la especie apropiada en el lugar adecuado. En relación a esto Gallo (2012) señala que el éxito productivo de las especies forestales dependerá de las condiciones climáticas donde se implantara, y la similitud con la región de origen permite una mejor adaptación de las especies forestales.

En el mundo, los suelos forestales en comparación con los suelos agrícolas generalmente presentan bajos niveles de fósforo disponible y boro (Judd et al., 1996). Los suelos de prioridad forestal en Uruguay presentan una gran aptitud para el desarrollo de especies del género Eucalyptus. Sin embargo, son considerados marginales para la producción agrícola, debido a su baja fertilidad, u otras limitantes (rocosidad o pedregosidad asociada). Químicamente se trata de suelos ácidos a muy ácidos, con bajos niveles de

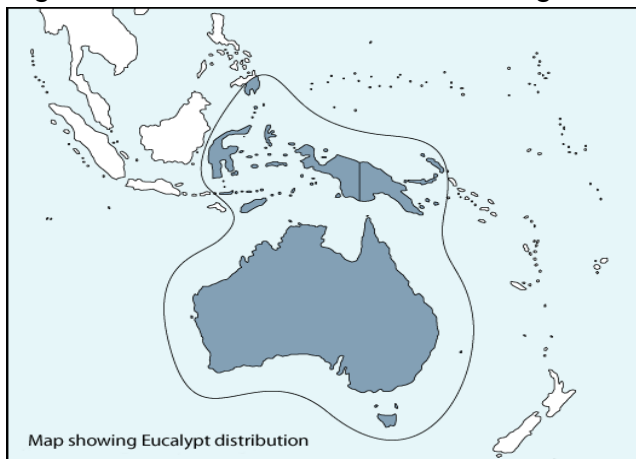
bases, texturas medias a livianas, bajos contenidos y formas “frágiles” de materia orgánica y frecuente presencia de aluminio intercambiable. Esto determina una baja disponibilidad de nutrientes. Esta baja oferta de nutrientes por parte del suelo se contrapone a una relativamente alta demanda por parte de las especies (Hernández 2010, Ferrando y Zamalvide 2010). A estos suelos se los podría clasificar, a nivel de grandes grupos, como Luvisoles, Acrisoles, Brunosoles y Argisoles, tratándose a su vez de suelos ácidos a muy ácidos, con bajos niveles de bases, texturas medias a livianas, bajo contenido de materia orgánica y por lo tanto baja fertilidad (Zamalvide y Ferrando, 2010).

2.2 EL GÉNERO *EUCALYPTUS*

Según FAO (1981) los eucaliptos son de origen austro-malayo, extendiéndose su distribución natural desde los 7° N a 43°39´ S.

El género comprende unas 950 especies pertenecientes a la familia *Myrtaceae*, mayoritariamente nativas y endémicas de Australia, solo unas pocas especies se extienden desde su distribución natural hacia territorios inusuales como ser al norte de Oceanía y sur de Asia; Papúa Nueva Guinea y Timor, sur de Indonesia y sur de Filipinas (FAO 1981, Golfari 1985, Granados y López 2006, Slee et al. 2006). La posición de opérculo (solo o doble) cubriendo los brotes florales, y la falta de pétalos distingue a los *Eucalyptus* dentro de la familia *Myrtaceae* (Hill, citado por Granados y López, 2007)

Figura No. 1. Distribución natural del género *Eucalyptus*.



Fuente: Slee et al. (2006).

Los Eucalyptus están adaptados a una gran diversidad de hábitats, desde el nivel del mar hasta los 2300 metros de altura. Además de la particular adaptación a suelos con bajo contenido de nutrientes, casi todas las especies tienen, en mayor o menor grado, gran capacidad de adaptación (plasticidad) a las diversas condiciones del suelo y del clima (FAO, 1981). En Australia se los puede encontrar en zonas de abundantes precipitaciones como también se pueden encontrar algunos ejemplares en el desierto. Existen cerca de 900 especies de este género que se han adaptado a casi todos los entornos (Slee et al., 2006). En Uruguay, Zamalvide y Ferrando (2010) indican que los Eucalyptus han presentado un buen crecimiento y adaptación a las condiciones edafoclimáticas del país. Granados y López (2007) marcan que la gran capacidad de adaptación ha contribuido a que sean consideradas las especies forestales de mayor interés.

Por otra lado, los eucalyptus tienen como características favorables la posibilidad de producir un volumen grande de madera en un ciclo corto, capacidad de recuperación ante la acción negativa del fuego, sequía y ramoneo, colonización de suelos pobres, deteriorados por erosión o agricultura irracional y poder de transformación de formaciones vegetales, de escaso valor económico o selvas subtropicales degradadas, en montes productivos de fácil manejo (Golfari, 1985).

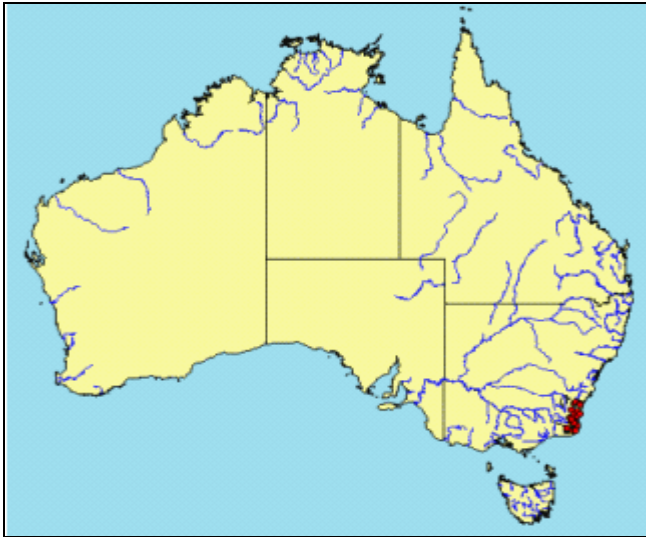
2.2.1 *Eucalyptus maidenii*

Según Brussa (1994) *Eucalyptus maidenii* es conocido vulgarmente como eucalipto blanco o maiden's gum. En cuanto a su morfología, este autor señala que es un árbol de fuste recto con follaje péndulo de textura media a gruesa. Corteza caduca en fajas largas, ritidoma crema, gris y pardo rojizo en partes más viejas, a veces persistentes en la base. Las primeras hojas juveniles son opuestas, mientras las hojas adultas son alternas. Posee 7 flores agrupadas en inflorescencias simples, axilares, sobre pedúnculos achatados. Florece en invierno y comienzos de primavera. Los frutos son sésiles o muy cortamente pedicelados, subglobosos o obcónicos; disco exserto, convexo; 2 anillos muy marcados; 3-4 valvas salientes.

Naturalmente, *Eucalyptus maidenii* se localiza en las regiones central-este y sur de Australia, sobre pendientes de la Gran Cadena Divisoria

orientadas al mar en Nueva Gales del Sur meridional y nordeste de Victoria (FAO, 1981). En Uruguay fue introducido por A. Lussich entre 1897 y 1900, poblando dos sectores del bosque de Punta Ballena, uno en terrenos bajos arenosos (alcanzando un menor desarrollo) y otro en suelos pedregosos, profundos (alcanzando un excelente estado vegetativo) (Brussa, 1994).

Figura No. 2. Distribución natural de *Eucalyptus maidenii* en Australia.



Fuente: Slee et al. (2006).

Según Gómez (2006) los sitios más aptos para *Eucalyptus maidenii* son de relieve ligeramente ondulado que poseen suelos bien drenados, profundos, neutros a ligeramente ácidos y libres de salinidad y alcalinidad sódica; mientras que los sitios menos aptos presentan limitaciones en su drenaje (desde moderado a imperfecto), profundidades someras menores de 75 cm, pH ligeramente alcalino (mayor de 7,5), salinidad moderada (mayor de 4 dS/cm) y texturas finas (más finas que franco arcillosas). En relación a esto, FAO (1981) indica que esta especie no requiere necesariamente suelos fértiles, son inadecuados los suelos calcáreos, de escasa profundidad, compactados, impermeables o mal drenados, esta especie además ha demostrado que puede adaptarse a condiciones de sequía estival más rigurosas que las que se presentan en sus ambientes de distribución natural.

Cuadro No. 1. Condiciones ecológicas de *Eucalyptus maidenii*.

Temperatura media (°C)	Mínima	-4
	Máxima	23-27
Heladas anuales		20-80
Precipitaciones anuales (mm)		800-1200
Déficit hídrico anual (mm)		< 30
Altitud (msnm)		200-900
Latitudes		34-39°S
Drenaje natural del suelo		Bueno

Fuente: adaptado de Golfari (1985), Brussa (1994).

Es una especie de muy rápido crecimiento y productora de madera de alta densidad y de usos varios (papel, madera de aserrío, tableros de partículas) y de muy buen crecimiento (Gómez, 2006). Las plantaciones de esta especie corresponde a una solución a la oferta de fibra corta de maderas blancas, con ello se busca superar las limitaciones que imponen los ecosistemas naturales a la expansión del *E. globulus* en el resto del país (MGAP. DGF, 1994).

Según Balmelli et al. (2014) esta especie es utilizada por algunas empresas como sustitución de *E. globulus*, dada la gran susceptibilidad de esta última especie al ataque de *T. nubilosa*. Sin embargo, en un estudio realizado por este autor sobre la susceptibilidad de ambas especies al ataque de *T. nubilosa* concluyeron que el daño registrado en *E. maidenii* sugiere que esta especie, desde el punto de vista de sustituir a *E. globulus*, es una alternativa riesgosa y poco efectiva cuando se dan condiciones ambientales para la ocurrencia de infecciones severas de *T. nubilosa*.

2.2.2 Mejoramiento genético

Los mejoradores forestales han explorado durante décadas algunos métodos que permitan incrementar la productividad, a través de la selección de los mejores genotipos en cuanto a forma y volumen de los árboles y aprovechado los procesos evolutivos que se manifiestan en las procedencias, fundamentalmente los caracteres de adaptabilidad (Ipinza et al., 2000).

La domesticación y mejora genética implica una secuencia repetida de selecciones y cruzamientos a favor de las características de interés, esta

mejora se genera mediante el cambio en la frecuencia de los genes. De esta manera se aumenta la proporción de árboles deseables en las sucesivas generaciones (Ipinza et al., 2000).

El éxito de un programa de mejoramiento genético depende de la disponibilidad de suficiente variabilidad genética en la población para seleccionar objetivos específicos y conocer como la población es ordenada y estructurada (Ipinza et al., 2000). Según López (2010), gran parte de la variación entre especies puede ser aprovechada mediante la selección de aquellas especies o procedencias que mejor se expresen para cierta característica de interés. Se puede obtener una cierta ganancia genética aprovechando la variación familiar e individual existente dentro de cada una de esas procedencias.

El mejoramiento genético como herramienta para aumentar la tolerancia a enfermedades y plagas en especies forestales es ampliamente reconocido a nivel mundial. La elección de una adecuada fuente de semilla es la estrategia más sencilla y de más bajo costo para mejorar el estado sanitario de una plantación. Sin embargo, para lograr una mejora continua de la tolerancia a enfermedades y plagas deben utilizarse otras estrategias de mejoramiento genético como la selección y clonación de individuos tolerantes o la selección y cruzamiento de genotipos resistentes. En todos los casos el éxito estará determinado principalmente por la variación genética en tolerancia a las diferentes enfermedades que exista en la población (Balmelli et al., 2004).

2.3 ENFERMEDADES DE EUCALYPTUS EN URUGUAY

En el país la gran mayoría de las plantaciones comerciales de Eucalyptus son puras. Granados y López (2007) señalan que los bosques compuestos por una sola especie son muy vulnerables al ataque de plagas, enfermedades y a la invasión de las malezas. En consecuencia, hay que poner en práctica costosas medidas para mantener la productividad de la plantación.

Si bien las condiciones ambientales del Uruguay son favorables para un excelente desarrollo y crecimiento del eucalipto, existen claras evidencias del aumento de las problemáticas sanitarias en los últimos años que han afectado el rendimiento esperado. Un ejemplo evidente es la mancha foliar causada por

Mycosphaerella spp. y *Teratosphaeria* spp., denominada Mycosphaerella leaf disease (MLD) (Alonso et al., 2012). Otro caso que se registra con cierta frecuencia es el de *Phytophthora* y *Phytium*, integrantes comunes de nuestra micota edáfica, ambos son los principales causantes de muerte en plantaciones jóvenes al Sur del Río Negro, en donde existen suelos con horizontes pesados o líticos (FAO, 2006).

2.3.1 Mancha foliar causada por el complejo Mycosphaerella: generalidades

Según Pérez et al. (2009a), el complejo Mycosphaerella integra unos de los principales grupos de patógenos que afectan actualmente las plantaciones de eucalipto, especialmente plantaciones jóvenes.

Los agentes causales de MLD pertenecen al Reino Fungi, Filum *Ascomycota*, Clase *Dothideomycete*, Orden *Capnodiales* (Simeto et al., 2009b).

Crous et al. (2007) realizaron un estudio sobre la filogenia de este complejo, concluyendo que el mismo es polifilético y abarca miles de nombres. Es por esto que tanto *Mycosphaerella* spp. como *Teratosphaeria* spp. son capaces de producir MLD en Eucalyptus.

2.3.1.1 El género *Teratosphaeria*

Pertenece a la División Eumycota dado que forma micelio; produce grupos de 8 ascosporas sexuales en el interior del asca, por lo que se incluye en la Subdivisión Ascomycotina (Agrios, 2007). Dentro de la clase *Dothideomycete* pertenece al orden *Capnodiales*, incluido en este orden se encuentran las familias *Mycosphaerellaceae* y *Teratosphaeriaceae* (Crous et al. 2007, Simeto et al. 2009b, Hunter et al. 2009)

Desde su aparición en el país durante el año 2007 (Pérez et al., 2009b) las plantaciones jóvenes de *E. maidenii* y *E. globulus* han sufrido severos daños (Hunter et al. 2009, Balmelli et al. 2014).

Teratosphaeria presenta pseudotecios superficiales, globulosos, uniloculares, papilados, que generalmente se encuentran situados en un estroma de células marrones pseudoparenquimales. Frecuentemente presenta

pseudoparafisis, subcilíndricos y ramificados. Las ascas de este patógeno son fasciculadas, con 8 esporas, bitunicadas, frecuentemente con endotúnica de varias capas. Las ascosporas son de forma elipsoides a obovoides, presentando un solo septo, hialinas, algunas de color marrón pálido, con frecuencia cubiertas por una vaina mucoide (Crous et al., 2007).

2.3.1.2 *Teratosphaeria nubilosa*

Es un patógeno primario de muchas especies del género *Eucalyptus*, entre las que se encuentra *E. maidenii* (Hunter et al., 2009).

Según Hunter et al. (2009) los pseudotecios pueden desarrollarse sobre la cara abaxial de las hojas ó en menor medida sobre ambas caras, presenta ascomas negros, globosos volviéndose errumpentes, ascas sin paráfisis, fasciculadas, bitunicadas, obovoide a elipsoidales, rectas o curvadas, con ocho ascosporas, ascosporas hialinas, lisas, pared delgada, recta o ligeramente curvada, obovoide con extremos obtusos, generalmente uniseptadas, ligeramente estrechada en el septo medio, adelgazándose hacia ambos extremos, la germinación de las ascosporas es de tipo F, germinando desde ambos extremos, los tubos germinales crecen paralelos al eje largo de la espóra con distorsión de la células primarias de las ascosporas.

Pérez et al. (2009b) señalan que en otoño de 2007 se constató la defoliación más severa constatada en el país en la especie *E. globulus*, mediante aislamientos e identificaciones y comparación de secuencias de ADN constataron que el agente causal de tal daño fue *Teratosphaeria nubilosa*.

Pérez et al. (2009b) realizaron un estudio genético de la población de *T. nubilosa* presente en Uruguay y concluyeron que el patógeno estaría representado por un único genotipo que habría ingresado en forma reciente, dispersándose rápidamente por todo el país.

2.3.1.3 Ciclo de vida de *Teratosphaeria nubilosa*

El ciclo de la enfermedad comienza con la llegada de las estructuras reproductivas (ascosporas o conidios) a las hojas susceptibles del huésped. Estas estructuras pueden llegar de plantaciones vecinas infectadas o restos de

hojas infectadas de ciclos anteriores. Estas estructuras son diseminadas principalmente por viento en los periodos de alta humedad relativa (Mansilla et al., 2005).

Mediante experimentos en cámaras de ambientes controlado Cheah y Hartill (1987) demostraron que la presencia de humedad libre fue el factor más importante en determinar la liberación de ascosporas, siendo la temperatura un factor de influencia secundario. Sin embargo, las ascosporas no fueron capaces de liberarse cuando la temperatura fue menor a 10°C o cuando se elevó por encima de los 30°C. Park y Kean (1982) también indican que la liberación de ascosporas requiere una humedad relativa cercana a la saturación y la temperatura óptima para *T. nubilosa* es de 25°C.

Cheah y Hartill (1987) realizaron un estudio sobre la liberación de ascosporas de una especie de *Mycosphaerella*, en este estudio observaron que la mayoría de las ascosporas fueron atrapadas durante el verano y otoño, mientras que el número de ascosporas se redujo después de la llegada del invierno.

Park y Kean (1982) indican que las hojas más susceptibles a la infección son aquellas que se encuentran totalmente expandidas, además señalan que en observaciones de campo las hojas se infectaron 2-3 meses después de la expansión de la yema. Del mismo modo, en estudios realizados por Park, citado por Hunter et al. (2009), demostró que las hojas jóvenes en expansión de *E. globulus* (con menos de 46 días de edad), fueron particularmente susceptibles a *T. nubilosa*. Luego de ese período de tiempo las hojas de eucalyptus se vuelven progresivamente más resistentes a la infección como resultado de la deposición de compuestos resistentes.

Pocas horas después de que las ascosporas se han depositado en las superficies de las hojas, germinan para formar tubos germinales, los cuales se diversifican y penetran por los estomas. La germinación de ascosporas de *T. nubilosa* en la superficie de la hoja se produce entre 3 y 30 ° C, con una temperatura óptima de 20 ° C, requiriéndose agua libre para este proceso (Park y Keane, 1982).

T. nubilosa emplea una estrategia de penetración indirecta, produciendo la infección a través de estomas en hojas juveniles, frecuentemente esta penetración se realiza dentro de las 24 horas de inoculación. Los tubos germinales a menudo producen ramificaciones pudiendo penetrar hasta 3 estomas. La penetración se produce en ambas superficies de las hojas pero más frecuentemente en la cara abaxial, donde se encuentra mayor densidad de estomas. No se observan apresorios pero la hinchazón de las hifas a menudo se producen dentro de los estomas y cavidades subestomaticas (Park y Keane, 1982).

Después de tres semanas de producirse la infección, pueden observarse los primeros síntomas de la enfermedad y en 10-12 semanas pueden visualizarse cuerpos fructíferos con ascosporas viables (Mansilla et al., 2005).

Según Balmelli et al. (2013) las condiciones ambientales predisponentes para esta enfermedad son frecuentes en nuestro país, esto determina que en plantaciones jóvenes exista un alto riesgo de infección. Tal situación genera que el sector forestal este buscando una mejora en la resistencia de la especie *E. globulus* frente a este patógeno, como también está buscando el remplazo por especies con características similares de pulpa pero con una mejor resistencia genética frente a la enfermedad.

2.3.1.4 Síntomas y signo de *Teratosphaeria nubilosa*

La infección comienza poco después de la plantación y los síntomas se hacen más notorios en primavera y durante el verano (Romero, 2013).

En un estudio realizado por Hunter et al. (2009) se verificaron las lesiones más comunes de este patógeno sobre *E. globulus*, *E. maidenii* y *E. dunii* en Uruguay. Las lesiones observadas presentaban color amarillo a marrón, en forma redonda a angular, con frecuencia se fusionan para formar manchas más grandes en toda la superficie de la hoja. A medida que envejecían, las lesiones se volvieron más oscuras y los pseudotecios se hicieron más visibles, especialmente, pero no exclusivamente, en la cara abaxial de las hojas. Los bordes de la lesión presentaron color rojizo y los márgenes de rojo púrpura.

Este hongo presenta estructuras de reproducción con forma globosa, color negro y tamaño muy pequeño. A simple vista se ven como puntos diminutos sobre las manchas, mayoritariamente en el envés de la hoja. Se encuentran sumergidas en el tejido del hospedero y a medida que la lesión envejece, emergen en la superficie. En su interior hay estructuras tipo saco (ascas) que contienen 8 esporas de origen sexual (ascosporas). Éstas son visibles sólo con microscopio Simeto et al. (2009b).

Generalmente la infección ocurre en árboles que están situados en sitios inadecuados por incidencia de factores inadecuados de suelo, drenaje, topografía, lo que se debe manejar en las primeras etapas de la plantación y adecuando los niveles nutricionales (Romero, 2013).

2.3.1.5 Daños ocasionados por *Teratosphaeria nubilosa*

Pinkard y Mohammed (2006) evaluaron el daño provocado por este patógeno respecto a la fotosíntesis máxima en hojas de *Eucalyptus globulus*, en esta investigación demostraron que efectivamente MLD redujo sustancialmente este parámetro. De igual manera Mansilla et al. (2005), Ballmelli et al. (2014) señalan que el daño provocado afecta de forma significativa al crecimiento del árbol y en determinadas circunstancias puede ocasionar la mortalidad. La disminución de la capacidad fotosintética producida por las lesiones necróticas de las hojas repercute directamente en el crecimiento y es especialmente grave en árboles que crecen en suelos pobres y en condiciones desfavorables.

Las repoblaciones son especialmente susceptibles al ataque de *T. nubilosa*, debido a que la infección se produce a través de hojas jóvenes con lo cual las lesiones se pueden extender rápidamente, al tratarse de árboles jóvenes su capacidad de resistir a la disminución en la capacidad fotosintética es menor, siendo mayor el efecto sobre el crecimiento y las posibilidades de muerte del árbol (Mansilla et al., 2005).

Balmelli et al. (2014) investigaron el daño de *T. nubilosa* en *E. globulus* y *E. maidenii* observando que ambas especies fueron muy afectadas por la enfermedad, siendo *E. globulus* el más afectado. La pérdida de crecimiento en DAP fue de 45% para *E. globulus* y 30% para *E. maidenii*. Los autores señalan

que este hecho sugiere que la mayor resistencia relativa de *E. maidenii* no está dada por una mayor proporción de follaje adulto (la precocidad de cambio de hoja fue más rápida para *E. globulus*), sino que estas diferencias se deben a características anatómicas y/o fisiológicas del follaje juvenil de *E. maidenii*.

2.3.1.6. Manejos de la enfermedad

La aplicación estratégica de fungicidas pueden proporcionar un medio para controlar el desarrollo de *T. nubilosa* a inicios y mediados de otoño y primavera, cuando las condiciones para la infección son optimas (Hunter et al. 2009, Alonso et al. 2012). Jacome et al. (1991) indican que los sistemas de predicción de la enfermedad son muy valiosos para determinar el momento más apropiado para la aplicación de fungicida. Carnegie y Ades (2002) realizaron un estudio sobre la aplicación de fungicidas como medida de control de *Mycosphaerella* en una plantación joven de *E. globulus* en el sur de Australia. Concluyendo que la combinación de un fungicida protector (clorotalonil) y un fungicida sistémico (benomil) fue eficaz para el control de la enfermedad causada por especies de *Mycosphaerella*. Los árboles rociados con estos fungicidas tuvieron significativamente menos enfermedades tanto en su follaje juvenil como adulto, y también menos defoliación de hojas juveniles que en las copas de los árboles no rociados. Sin embargo, una vez que la enfermedad se dispersa en la plantación es poco probable que la aplicación sea económicamente viable para las empresas forestales (Carnegie y Ades, 2002). De acuerdo con Hunter et al. (2009) ello también es perjudicial para el medio ambiente y por lo general están prohibidas por grupos que certifican las operaciones forestales, tales como Forest Stewardship Council (FSC).

Alonso et al. (2012) señalan que el uso de fertilizantes y de bioestimulantes podría acelerar el cambio de hoja juvenil a adulta y/o mejorar la resistencia de las plantas, y así reducir la incidencia de la enfermedad.

Balmelli et al. (2009) realizaron un estudio sobre fertilización con fósforo y boro en relación al nivel de daño foliar ocasionado por *T. nubilosa* en *E. globulus*. Los resultados indicaron que los árboles que no fueron fertilizados con fósforo a la implantación presentaron igual daño foliar que los árboles que fueron fertilizados, tanto con 55 como con 110 gramos de Supertriple, para el caso de boro tampoco se encontraron diferencias significativas para la variable

daño foliar. Esto sugiere que la fertilización con fósforo o boro al momento de la instalación del monte no es una medida que permita reducir el riesgo de daño por *T. nubilosa*.

Alonso et al. (2012) evaluaron diferentes productos (Fosfitos, quitosanos, extractos de algas marinas y fungicidas) como estrategia de manejo sobre el impacto de esta enfermedad, señalando en sus resultados parciales que se podría lograr un efecto positivo sobre el control de la enfermedad con la aplicación de algunos productos estimuladores del crecimiento y vigor de las plantas.

Hirigoyen (2011), encontró un menor Índice de Daño de Copa de asociado a nuevos rebrotes de hojas estimulado por la aplicación de una suspensión concentrada a base de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), con alto contenido de micronutrientes (Boro, Zinc y Manganeso), reguladores del crecimiento tales como auxinas, giberelinas, citoquininas y osmorreguladores como betaínas, producto considerado como bioestimulante natural. Con la aplicación de este bioestimulante logró disminuir la incidencia del ataque de *T. nubilosa* y promovió la generación de mayor cantidad de rebrotes.

Barboza (2013) evaluó el efecto de la aplicación de fuentes nutricionales con bioestimulantes (Top-Phos® y Fertileader®) frente a las aplicaciones químicas tradicionales (Superfosfato de calcio y Nitrofoska® Foliar SL), en el crecimiento inicial y comportamiento sanitario en plantaciones de *E. globulus*. Concluyendo que tanto fertilización tradicional como la aplicación de bioestimulantes no redundaron en mejoras importantes en el comportamiento sanitario frente a este tipo de patógeno. Cantera e Ihlenfeld (2014) evaluaron similares productos concluyendo que la aplicación foliar del bioestimulante Fertileader® y el fertilizante foliar Nitrofoska® generaron una leve mejora en el comportamiento sanitario frente a infecciones provocadas por este tipo de patógenos, así como en la supervivencia de los árboles, probablemente a causa del desarrollo de una estructura foliar más resistente y una recuperación más veloz frente a los daños.

El método considerado más eficaz para hacer frente a estas enfermedades es mediante el desarrollo de genotipos resistentes, siendo esta una medida de manejo costosa y a largo plazo (Carnegie y Ades 2002, Pérez et

al. 2009b, Manion, citado por Alonso et al. 2012).

La selección de especies de Eucalyptus menos susceptibles se ha utilizado para combatir la MLD en varios países después de graves epidemias (Hunter et al., 2009). En tal sentido, INIA tiene encaminado un programa de mejoramiento genético que actualmente se encuentra en el proceso de selección y clonación de materiales resistentes. Sin embargo, hasta la fecha, los resultados obtenidos sugieren que para *E. maidenii* la variabilidad genética es muy baja y por lo tanto las posibilidades de selección tanto por resistencia a *T. nubilosa* como por escape a la enfermedad son muy limitadas (Balmelli et al., 2013).

2.3.2 Phytophthora spp.

El género *Phytophthora* pertenece a la división Eumycota debido a que forma micelio; producen zoosporas, por lo que se incluye en la Subdivisión Mastigomycotina. Tienen un micelio alargado, producen zoosporas con dos flagelos en zoosporangios. Las esporas sexuales de reposo (oosporas) se forman por la fusión de gametos morfológicamente distintos; debido a esto se los incluye en la clase Oomycetes. Orden Peronosporales, dado a que los zoosporangios se forman en las puntas de las hifas y quedan libres, forman oosporas (Agrios, 2007).

Phytophthora es un patógeno del suelo, causante de muerte de plántulas (damping off) y plantas jóvenes. En el género Eucalyptus, se registra con cierta frecuencia la ocurrencia de muerte a causa de estos hongos del suelo correspondientes al grupo Oomycetes, como por ejemplo: *Phytophthora* y *Phytium*, estos se asocian a muerte de plántulas en vivero o de reciente plantación. Son integrantes comunes de nuestra micota edáfica, y también los principales causantes de muerte en plantaciones jóvenes al Sur del Río Negro cuando hay horizontes pesados o líticos. Pueden actuar en combinación con otros de patógenos de suelo como los del género *Fusarium* o con nematodos (FAO, 2006).

2.3.2.1 *Phytophthora cinnamomi*

Según Hardham (2005) *Phytophthora cinnamomi* es una seria amenaza para una amplia gama de especies de plantas de todo el mundo. Zentmyer

(1980) señala que existen aproximadamente 950 especies huésped, incluyendo cultivos de importancia económica, hortícola y forestal, entre los que se destacan, el roble, el pino y el eucaliptus. En Australia, *P. cinnamomi* no fue solo un problema en la agricultura y la horticultura, sino que también causó grandes daños en los ecosistemas naturales en el suroeste de dicho país.

Se cree que el agente patógeno se originó cerca de Papúa Nueva Guinea, pero ahora tiene una distribución mundial (Hardham, 2005).

2.3.2.2 Ciclo de vida de *Phytophthora cinnamomi*

El hongo inverna en forma de oosporas, clamidosporas o micelio en el suelo o en las raíces que ha infectado. En la primavera, las oosporas y clamidosporas germinan en forma de zoosporas, mientras que el micelio prosigue su desarrollo, produce zoosporangios que liberan zoosporas. Las zoosporas nadan en el agua del suelo e infectan las raíces de plantas susceptibles al entrar en contacto con ellas. El hongo forma más micelio y zoosporas durante los climas húmedos y moderadamente fríos y conduce la enfermedad a otras plantas (Agrios, 2007).

P. cinnamomi puede crecer saprofiticamente en el suelo durante largos períodos, capitalizando rápidamente en el advenimiento de condiciones favorables para esporular y producir un gran número de zoosporas, biflageladas asexuales. Las zoosporas móviles se sienten atraídos por los sitios de infección adecuados, donde se unen e invaden la planta. Dentro de unos pocos días, las hifas se ramifican a través de los tejidos de las plantas susceptibles, formando esporangios sobre la superficie de la planta y dispersando rápidamente el inóculo de la enfermedad (Hardam 2005, FAO 2006).

La penetración al huésped normalmente ocurre por los ápices de las raíces más finas o a través de heridas en la región del cuello. El micelio de *P. cinnamomi* crece a través del tejido de la raíz con crecimiento inter e intracelular, induciendo el colapso de protoplastos y la hidrólisis de la pared celular. El patógeno se extiende dentro de las raíces principales y puede rodear la base del tronco (Weste y Marks, 1987).

Las características del suelo actúan de diversas maneras para promover o suprimir el desarrollo de la enfermedad. Suelos arenosos, con baja fertilidad natural, poco profundos o con horizontes arcillosos impermeables que afectan el drenaje natural, son propicios para la enfermedad, y *P. cinnamomi* puede crecer saprofiticamente en estos suelos (Weste y Marks, 1987). Ante condiciones ambientales desfavorables, el hongo sobrevive en forma de oosporas, clamidosporas o micelio que puede una vez más iniciar nuevas infecciones cuando el suelo se encuentre húmedo y la temperatura sea favorable (Weste y Marks 1987, Hardham 2005, FAO 2006, Agrios 2007).

2.3.2.3 Síntomas y signo de *Phytophthora cinnamomi*

El principal síntoma es la pudrición de la raíz, las lesiones necróticas se forman en las raíces no suberizadas (Weste y Marks, 1987).

Este hongo penetra por el sistema radicular o por el cuello del árbol, y produce una lenta desecación del mismo. En árboles jóvenes se produce un cambio de color y muerte de las hojas desde el ápice hacia la base del árbol. Observando las raíces, se ve una o más raíces muertas y se puede apreciar que la pudrición avanza hacia el cuello (FAO, 2006).

El patógeno penetra en la epidermis y en la corteza; crece en el cilindro vascular, matando el floema y cambium; y se extiende a lo largo de las raíces (Weste y Marks, 1987). En la base del árbol, bajo la corteza, se puede observar líneas oscuras de tejido enfermo que ascienden por el fuste. Esto produce un bloqueo del flujo ascendente de agua y nutrientes, también se detiene al flujo descendente de savia elaborada (FAO, 2006). Los síntomas secundarios son similares a los de la sequía, las hojas quedan adheridas a las ramas y adquieren un aspecto seco, de coloración marrón, el árbol muere en pie con las hojas adheridas (Weste y Marks 1987, FAO 2006).

2.3.2.4 Daños de *Phytophthora cinnamomi*

El hongo es el causante de la maceración casi completa de todos los tejidos dentro del cilindro vascular excepto el metaxilema de raíces primarias y secundarias (Weste y Marks, 1987). También puede ocasionar canchales, muerte regresiva de ramas y brotes jóvenes (Weste y Marks 1987, Hardham 2005).

En plantación ataca preferentemente ejemplares jóvenes, en los que la infección inicial de una raíz puede matar el árbol (FAO, 2006)

2.4 ASPECTOS GENERALES DE LA NUTRICIÓN EN LAS PLANTAS

Las características químicas y microbiológicas son las que determinan el estado nutricional del suelo, donde los árboles han de encontrar una parte importante de los elementos minerales que necesitan (Lugo, citado por Acosta, 2008). Las mayores demandas nutricionales ocurren en la primera fase de crecimiento, desde el establecimiento hasta el cierre de copas, donde predomina la formación de follaje y tejidos jóvenes (Aparicio 2001, Acosta 2008).

Los macronutrientes son elementos constituyentes de biomoléculas estructurales y pueden actuar como osmolitos, por lo cual se encuentran en una proporción mayor dentro del vegetal. Otros elementos, pero que se presentan en cantidades mínimas, se denominan micronutrientes. La mayoría de los micronutrientes (elementos trazas u oligoelementos), son constituyentes enzimáticos; su denominación hace referencia a su baja concentración en el vegetal (Tislade y Nelson 1970, Bonilla 2000, Agrios 2007). Según Bonilla (2000) la movilidad de los nutrientes dentro de la planta es una información relevante, ya que en caso de visualizarse una deficiencia los síntomas aparecen, preferentemente, en hojas jóvenes o viejas, en función de la capacidad del nutriente para moverse por el floema.

Bonilla (2000), indica como norma general que los árboles que sufren una deficiencia nutricional presentan menor tolerancia a plagas y enfermedades. De acuerdo con Agrios (2007) la nutrición afecta la velocidad de crecimiento y la rapidez de los árboles para defenderse del ataque de patógenos, como lo señala Pinkard y Mohammed (2006) mantener un estado óptimo de nutrientes es quizás la opción silvícola más prometedora para la prevención de pérdidas de crecimiento luego de un ataque foliar.

Para que el funcionamiento metabólico de las plantas sea adecuado y su desarrollo óptimo, es necesario que los nutrientes se encuentren en equilibrio, interactuando en forma armónica, un exceso o déficit ocasiona

plantas débiles, susceptibles a plagas y enfermedades (Kolmans y Vásquez, 1996).

Cuadro No. 2. Clasificación de nutrientes

		Símbolo	Movilidad en planta		
			Inmóvil	Poco móvil	Móvil
MICRONUTRIENTES	Molibdeno	Mo		X	
	Níquel	Ni			X
	Cobre	Cu		X	
	Zinc	Zn		X	
	Manganeso	Mn		X	
	Boro	B	X		
	Hierro	Fe	X		
	Cloro	Cl			X
MACRONUTRIENTES	Azufre	S		X	
	Fosforo	P			X
	Magnesio	Mg		X	
	Calcio	Ca	X		
	Potasio	K			X
	Nitrógeno	N			X
	Oxigeno	O			
	Carbono	C			
	Hidrogeno	H			

Fuente: tomado y modificado de Dell et al. (2001), Romero y Marius (2002).

Zamalvide y Ferrando (2010) señalan que a pesar de que los suelos declarados de prioridad forestal están entre los suelos de menor fertilidad natural del país, la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes no sería un factor limitante para alcanzar altas producciones de eucaliptus. En términos generales es de esperar en nuestro país un menor número de nutrientes limitantes y cuando existan, se observará una respuesta con el agregado de dosis menores.

Zamalvide y Ferrando (2010) realizaron un estudio sobre el estado nutricional de plantaciones forestales comerciales de las principales zonas de producción del país, en esta investigación concluyeron que prácticamente en

ninguno de los sitios evaluados los nutrientes presentaron niveles limitantes claros que restrinjan el crecimiento de las plantaciones, aunque en algunos pocos casos aparecen en niveles bajos. Considerando los datos mediante el análisis DRIS señalan que ningún sitio de muestreo aparece con resultados asociados a deficiencias de macronutrientes, por otra parte señalan que el boro sería el nutriente con más probabilidad de ser limitante. Cabe destacar que en este estudio las plantaciones comerciales que se evaluaron fueron fertilizadas con fósforo en plantación.

Zamalvide y Ferrando (2010) indican que el hecho de realizar plantaciones en suelos provenientes de pasturas en campo natural tiene implicancia en el comportamiento de algunos nutrientes. En el caso del **nitrógeno**, al realizarse una roturación del suelo, se produce una importante mineralización de materia orgánica con liberación de gran cantidad de ese nutriente. Este proceso se concentrara en un tiempo corto por ser su materia orgánica frágil. Perdomo y Crucci (2010) evaluaron la respuesta en volumen de plantaciones forestales fertilizadas con distintas dosis de nitrógeno, concluyendo que ninguna de las plantaciones evaluadas presentó una respuesta positiva (en volumen) frente al agregado de diferentes dosis de este nutriente.

El **fósforo** es uno de los principales nutrientes que imponen restricciones a la productividad en las plantaciones de especies del género *Eucalyptus* en muchas partes del mundo (Mc Laughlin, citado por Graciano et al., 2004). Los contenidos naturales de este nutriente en nuestros suelos son bajos y la posible existencia de niveles medios o altos en los análisis de suelo, deriva de la residualidad de fertilizaciones anteriores. Los pocos casos observados de suelos forestados con niveles medios de fósforo se concentraban en los suelos de mayor aptitud agrícola. Por otro lado debe tenerse en cuenta que la mineralización de la materia orgánica puede estar aportando cierta cantidad de fósforo en forma asimilable (Zamalvide y Ferrando, 2010). Además de estas características, otro factor importante a considerar de este nutriente es la retención en los suelos, Tislade y Nelson (1970) señalan que los suelos con altos contenidos en arcillas (principalmente aquellos del tipo 1:1), óxidos de hierro y aluminio reaccionan con el fósforo para fijarlo en una forma muy ineficaz para el desarrollo de las plantas. Hernández y Zamalvide (1998) realizaron un estudio de retención de fósforo en diferentes zonas del

país, concluyendo que los suelos del Uruguay desarrollados a partir de materiales de basamento cristalino, basalto y sedimentos pelíticos grises mostraron los valores más altos de retención, esto refleja su baja disponibilidad para las plantas.

Según Tisdale y Nelson (1970), el contenido de **potasio** en los suelos es variable, pero muchos suelos contienen grandes cantidades de este nutriente. Zamalvide y Ferrando (2010) señalan que la mayoría de los suelos forestados en el país presentan contenidos medios a altos de potasio intercambiable, y que además la mayoría presenta una reserva significativa de este nutriente en formas no intercambiables.

El **boro** aparece más frecuentemente como deficiente en plantaciones sobre suelos desarrollados sobre Basamento Cristalino, siendo las deficiencias de este nutriente la más común entre los micronutrientes (Ferrando y Zamalvide, 2012). La poca retención en los suelos y movimiento interno muy dependiente de la transpiración, entre otros, dificultan la prevención y corrección de deficiencias (Ferrando y Zamalvide, 2010).

Según Barbazán (1998), el análisis foliar es importante para la determinación de la concentración de un nutriente en una muestra proveniente de una parte definida de la planta, muestreada en determinada etapa de su desarrollo. Su interpretación correcta permite identificar ciertas carencias en lo que a disponibilidad de nutrientes en suelo respecta. El análisis foliar es una herramienta clave para orientar recomendaciones de fertilización en individuos que permanecen en el suelo más de un ciclo productivo, como es el caso de la forestación. Judd et al. (1996) señala que la concentración de nutrientes en el follaje son importantes para la identificación de deficiencias nutricionales y desequilibrios, ya que son sensibles a cambios en la fertilidad del sitio. Según Barbazán (1998), en esta situación el análisis de suelo podría no ser suficiente, dado que no se dispone de una calibración ajustada que tenga en cuenta la exploración real del sistema radicular del árbol, el cual llega a extraer nutrientes desde capas profundas del suelo.

A modo de referencia dado a que no se encontró información específica de *E. maidenii*, se presenta los rangos de concentración de nutrientes esenciales en hojas para la especie *E. globulus* (Boardman et al., 1997).

Cuadro No. 3. Rangos de concentración de nutrientes en hojas juveniles de *Eucalyptus globulus*.

Unidad	Nutriente	Deficiente	Marginal	Adecuado	Alto
%	N	<1.0	1.7-2	2.0-2.8	
	P	<0.10	0.12-0.14	0.14-0,26	
	K	<0.4		0.8-1.2	
	Ca			0.4-1.3	
	Mg			0.10-0.22	
ppm	Cu	<2.5	<3	4.- 24	
	Zn	<10		15-50	
	Mn	<20		100-2000	
	Fe	<8	<74	30-700	
	B	<10		12.-50	100

Fuente: Boardman et al. (1997)

2.4.1 Fertilización

Los sistemas productivos con especies de rápido crecimiento, como los *Eucalyptus*, causan una translocación importante de nutrientes desde el suelo a la biomasa, que en parte desaparecen del sistema durante la cosecha (Gómez, 2006). Martino et al. (1997) destaca que rotaciones excesivamente cortas (7-8 años) implicarían una importante extracción de nutrientes del suelo, y la posibilidad del agotamiento de las reservas de algunos nutrientes del suelo en el mediano plazo. De acuerdo con Gómez (2006), la necesidad de fertilizar se debe a que no siempre el suelo es capaz de reponer todos los nutrientes que las plantas necesitan para un adecuado crecimiento.

La fertilización ideal debería hacerse de tal manera que se suministrara a la planta los nutrientes en la forma y cantidad que requieren en cada fase de su crecimiento. Pero esto no es fácil porque las necesidades nutricionales varían, cualitativamente y cuantitativamente, durante las distintas etapas de desarrollo (Jiménez, 1992).

Shaviv (2000) señala que las interacciones complejas entre las raíces de las plantas, los microorganismos del suelo, las reacciones químicas y las vías para la pérdida afectan la disponibilidad de nutrientes en el sistema suelo planta. La mayor parte de las transformaciones que sufren los nutrientes en el suelo son dependientes de la concentración. Esto implica que cualquier

suministro de nutrientes que excede la capacidad de absorción de la planta es probable que sufra determinados procesos que produzcan una disminución de su concentración en el suelo. Dichos procesos incluyen transformaciones inducidas por microbios (por ejemplo, la nitrificación, desnitrificación, inmovilización), reacciones químicas (por ejemplo, el intercambio, la fijación, la precipitación, la hidrólisis) y los procesos físicos (por ejemplo, la lixiviación, escorrentía, volatilización). Todos estos procesos afectan la eficiencia de utilización de nutrientes por las plantas, es muy importante considerar que un exceso en la oferta de nutrientes puede ocasionar problemas ambientales considerables.

Jiménez (1992) indica que las tecnologías de liberación lenta pueden ofrecer una solución a estas situaciones. La liberación controlada puede definirse como la transferencia lenta, moderada o gradual, de un material activo desde un sustrato de reserva a otro medio, con el fin de conseguir sobre el mismo una acción determinada. Con ello se consigue aumentar la eficiencia del material activo prolongando su acción en el tiempo, se reduce su impacto sobre aquellos otros medios a los que no va especialmente dirigido, se simplifica su dosificación, se evitan pérdidas por degradación, volatilización, lixiviación, etc. generando además una disminución de las exigencias o requerimientos de la plantas a fertilizar. González et al. (2007) también señala que la ventaja de usar fertilizantes de liberación lenta radica en que los nutrientes se encuentran protegidos, haciéndolo un material semipermeable, controlando la penetración de agua y la liberación de los nutrientes más solubles.

Los denominados productos recubiertos son fertilizantes convencionales, a cuyos granos se les ha dotado de una cubierta insoluble o poco soluble en agua. Se trata, en definitiva, de crear barreras físicas que reducen la velocidad de penetración de agua hacia el interior del grano y, con ello, la de liberación de la sal soluble. El agua disolvente accede al grano de fertilizante a través de los poros y grietas de la cubierta o de las que pueden formarse en el propio suelo, por acción de microorganismos. El gradiente de concentración entre la solución interna y externa –presión osmótica- moviliza las sales hacia el exterior del grano (Jiménez, 1992).

Sin embargo, a pesar de que estas tecnologías están disponibles en el mercado, la principal razón para su uso limitado es su alto costo, que puede ser

de tres a diez veces mayor que un fertilizante estándar convencional (Shaviv, 2000).

Por otra parte la fertilización es una práctica que necesariamente debe ser acompañada de una buena preparación del suelo y un adecuado control de malezas, de esta manera se podrán asegurar los máximos beneficios de la fertilización (Gómez, 2006). Existe información general sobre la respuesta positiva de Eucalyptus al agregado de nutrientes en los primeros 18 meses luego de la plantación, un factor a tener muy en cuenta es que esta respuesta no solo depende de la combinación de nutrientes aplicados sino que también de las características del suelo (Fisher y Binkley, citados por Graciano et al., 2004).

Los nutrientes que formarán la base del fertilizante a utilizar deberían ser determinados a través de análisis químico del suelo, y serán aquellos que se encuentren en cantidades restrictivas para la especie. Entre ellos se destacan el fósforo, boro, nitrógeno y potasio como elementos nutritivos que deberían participar en alguna proporción de la mezcla del fertilizante (González-Río et al., citados por Gómez, 2006).

Ferrando y Zamalvide (2012) señalan que en la forestación realizada en Uruguay las plantas son fertilizadas generalmente solo con nitrógeno y fósforo, aunque en situaciones de deficiencia también se utiliza boro. La fertilización se realiza en el momento de la plantación (Martino et al. 1997, Basurco et al. 2000).

Para el caso del **fósforo**, que se mueve lentamente en el suelo, debería ser localizado en la zona de desarrollo de las raíces (Tislade y Nelson, 1970), ya que su captación por las plantas depende de la exploración radicular y de la capacidad de producir finas ramificaciones de sus raíces (Martino et al., 1997). Con aplicaciones en bandas e incorporado al suelo se logra además disminuir la adsorción, precipitación y fijación, mediante la reducción del contacto con el suelo (Leite et al., 2009). Una estrategia para mejorar la eficiencia de aplicación de fertilizantes fosfatados tradicionales, puede ser la utilización de fertilizantes de liberación lenta, principalmente en suelos con alta capacidad de fijación de este nutriente (Aparicio, 2001).

Según Martino et al. (1997) el **nitrógeno** puede ser suministrado naturalmente a través de fijación no simbiótica y disuelto en el agua de lluvia. Estos dos procesos pueden llegar a ser cuantitativamente importantes en el caso de la forestación, ya que pueden equivaler a una importante proporción del nitrógeno contenido en la madera. Por otra parte, dada la naturaleza química de los residuos de los bosques, es esperable un alto grado de inmovilización de nitrógeno en la materia orgánica del suelo, lo cual podría inducir deficiencias de este nutriente.

Perdomo (2011) señala que la fertilización nitrogenada en Eucaliptus debe realizarse en base a análisis de suelo y planta, en los casos que se presentan situaciones de deficiencia. La existencia de otros nutrientes deficientes puede ocasionar una mala respuesta al agregado de este nutriente, es por esto que es necesario realizar los análisis pertinentes y asegurarse de que otros nutrientes no estén limitando esta respuesta.

Según Ferrando y Zamalvide (2010) el **boro** podría presentar bajos niveles de disponibilidad no solo por la falta en los suelos del Uruguay, sino también por condiciones ambientales que lo mantienen indisponible para la absorción de los árboles, como por ejemplo, una baja cantidad de agua disponible. Debido a esto, sería necesario evaluar una fertilización como método de prevención frente a dichas situaciones ambientales desfavorables. De acuerdo con Ferrando y Zamalvide (2012) la forma predominante de este nutriente en la solución del suelo es la de ácido bórico no disociado altamente soluble (en suelos con pH entre 5 y 9), es por esto que en suelos profundos y bien drenados, luego de períodos de abundantes lluvias, puede ser lixiviado en profundidad generándose posibles momentos de deficiencias.

2.5 BIOESTIMULANTES

El término bioestimulante se refiere a sustancias que a pesar de no ser en sí mismo un nutriente, un pesticida o un regulador de crecimiento, cuando se aplican en cantidades pequeñas generan un impacto positivo en la germinación, desarrollo, crecimiento vegetativo, floración, cuajado y/o el desarrollo de los frutos. Esta definición resulta poco específica y ello ha conducido a que en el mercado el término bioestimulante se utilice para describir una amplia gama de productos (que van desde extractos de plantas hasta extractos animales), y

combinaciones con otros de reconocida función, tales como nutrientes, vitaminas o reguladores de crecimiento (Saborío, 2002).

La bioestimulación apunta a brindar pequeñas dosis de compuestos activos para el metabolismo vegetal, de modo de generar un ahorro energético a la planta en momentos de estrés (Saborío, 2002).

2.5.1 Generalidades

Generalmente los bioestimulantes se aplican vía foliar pero también se aplican al suelo (Saborío, 2002). Según Sánchez y Franco (2006), la vía foliar se refiere a la aplicación externa de sustancias en baja concentración (generalmente menor al 0,25 %) bien sea para activar o retardar procesos fisiológicos específicos, además pueden en ocasiones incentivar la absorción de nutrientes. Por otro lado se ha buscado incentivar procesos de defensa natural contra patógenos como es el caso de sustancias con base en fosfonatos, ácido salicílico y boratos.

A continuación se mencionan los principales bioestimulantes a efectos de este trabajo: formulaciones a base de reguladores de crecimiento, sustancias húmicas y formulaciones a base de aminoácidos (entre los que se encuentra los precursores de glicinbetaina).

2.5.2 Complejos reguladores del crecimiento (Fithormonas)

El crecimiento de las plantas está bajo el control de un pequeño grupo de compuestos que en la naturaleza actúan como fitohormonas y a los que por lo general se les denomina reguladores del crecimiento. Actúan a concentraciones muy bajas, e incluso pequeñas variaciones en su concentración normal pueden desencadenar en las plantas modelos de crecimientos notablemente distintos. Los reguladores del crecimiento más importantes son las auxinas, giberelinas y citoquininas (Agrios, 2007).

2.5.2.1 Auxinas

Las auxinas desempeñan varias funciones en las plantas. Es requerida durante la elongación y diferenciación celular, la absorción de auxinas por la

membrana celular afecta también su permeabilidad; las auxinas producen un aumento general en la respiración de los tejidos vegetales y promueve la síntesis del ARN mensajero y por consiguiente, de las proteínas-enzimas y proteínas estructurales (Agrios, 2007). Según Saborío (2002), también están involucradas en diversos procesos fisiológicos tales como: respuesta a la luz y a la gravedad (tropismos), dominancia apical, senescencia, diferenciación de xilema y floema, diferenciación de yemas axilares y raíces, crecimiento de frutos, regeneración de tejido vascular y la inducción de raíces adventicias.

Nuevas evidencias mencionan a la auxina como un componente importante de la red de señalización hormonal involucrada en la regulación de las respuestas de defensa de las plantas frente a diversos patógenos biotróficos y necrotrofos (Bari y Jones, 2008).

2.5.2.2 Giberelinas

Según Saborío (2002) las giberelinas tienen actividad en los procesos de crecimiento del tallo, floración, germinación, dormancia, expresión sexual, senescencia, el amarre y crecimiento de los frutos y la partenocarpia. Son sintetizadas en semillas en desarrollo y en brotes en activo crecimiento.

La evidencia acumulada indica que las giberelinas y sus componentes de señalización juegan un papel importante en la regulación de las respuestas de defensa contra diversos patógenos biotróficos y necrotrofos. Sin embargo, el mecanismo de acción de las giberelinas en las respuestas de defensa es en gran parte desconocido y aún permanecen varias preguntas que responder (Bari y Jones, 2009).

2.5.2.3 Citoquininas

En 1964 Lethan aisló la primera citoquinina de plantas, la zeatina. La zeatina es la citoquinina con mayor actividad, pero existen otras citoquininas naturales como la adenina, la kihidrozeatina, entre otras (Saborío, 2002).

Al inhibir la degradación de las proteínas y de los ácidos nucleicos, las citoquininas inhiben el envejecimiento y además, pueden alcanzar su punto de máxima concentración al dirigir el flujo de aminoácidos y otros nutrientes por

toda la planta (Agrios, 2007).

En conjunto con auxinas participan en el control de la dominancia apical. Las auxinas son sintetizadas en el ápice caulinar y transportadas en sentido basípeto suprimiendo el crecimiento de las yemas laterales, por otra parte, las citoquininas, procedentes de la raíz, promoverían el rebrote de estas mismas yemas axilares, regulando así los parámetros de crecimiento del organismo (Segura, 2008).

2.5.2.4 Otros reguladores del crecimiento: jasmonatos y salicilatos

Estos reguladores del crecimiento, recientemente descubiertos han sido claves en las reacciones de defensa de las plantas ante el ataque de patógenos (Saborío, 2002).

Los jasmonatos, salicilatos y también el etileno, que conjunta o alternativamente según los casos, intervienen y controlan las cascadas de señalización intracelular (o de transmisión endocelular de la señal), cuyo resultado final es la inducción génica de proteínas de defensa o de enzimas que controlan la síntesis de diferentes compuestos del metabolismo secundario que las plantas producen para defenderse (Tinaut y Espinosa, 2003).

Una de las respuestas de defensa activas más efectivas frente al ataque de patógenos es la resistencia sistémica adquirida (RSA). La RSA implica la producción por la planta de una o varias señales móviles que están involucradas en la activación de los mecanismos de resistencia en partes no infectadas. Así, la infección predispone a la planta a resistir efectivamente ataques adicionales (Rangel et al., 2010).

La expresión de la mayor parte de los genes que codifican proteínas de respuesta (PR), puede ser inducida por la aplicación exógena de este tipo de precursores de fitohormonas (salicilatos, 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, PR-8 y PR-11 muestran actividad quitinasa, capaz de degradar los polisacáridos estructurales de las paredes de las hifas. Las PR-12 (defensas vegetales), la PR-13 (tionina) y las PR-14 (osmotinas) son producidas como respuesta a la necrosis foliar (Tinaut y Espinosa, 2003).

El ácido salicílico participa en procesos como la germinación de semillas, crecimiento celular, respiración, cierre de estomas, expresión de genes asociados a senescencia, respuesta a estrés abiótico y de forma esencial en la termogénesis, así como en la resistencia a enfermedades. Parece jugar un papel esencial en la ruta de transducción de señales que conduce a la activación de genes que codifican no solo para proteínas PR, sino también para el establecimiento de la respuesta hipersensible (RH), considerada como una muerte celular programada que se desarrolla para delimitar el área de infección de un patógeno, así como en la RSA (Rangel et al., 2010).

El ácido jasmónico y sus derivados, denominados jasmonatos, inicialmente fueron considerados como inhibidores del crecimiento. Sin embargo, a partir de la década de los 80's se encontraron otros efectos no menos importantes como el incremento de los rendimientos agrícolas en fresa, soja, caña de azúcar, papa, tomate, entre otros cultivos. Sin embargo, la función mejor documentada del ácido jasmónico es su papel regulador de la respuesta de defensa, que se inicia al producirse una herida en la planta, ya sea mecánica o por la acción de patógenos (Sánchez, 2008). Zacarías y Lafuente (2008) también señalan que los jasmonatos son compuestos activadores de genes involucrados en la resistencia de las plantas frente a patógenos, insectos y genes que codifican proteínas de reservas, presentes en el metabolismo de aminoácidos o relacionados con la transducción de señales. En este proceso, es importante destacar la importancia del ácido abscísico, el etileno y la corriente eléctrica en la transmisión de la señal desde la herida hacia los jasmonatos.

2.5.3 Sustancias húmicas

Las sustancias húmicas (SH) son compuestos orgánicos derivados de humus, provenientes de diferentes fuentes. Los ácidos húmicos y fúlvicos son componentes principales de las SH. La composición química de estos ácidos es compleja y varía en relación con la materia prima que se usa para su extracción (Singh, 2002).

Algunas de las características importantes de las SH son la formación de complejos solubles o insolubles con iones metálicos y la interacción con

sustancias orgánicas y minerales. La expresión complejo órganomineral define entonces el resultado de una reacción (complexación) entre un anión complexante orgánico y un elemento mineral del suelo (Méndez, 2013).

Mora et al. (2009) señalan que los efectos de las SH sobre el desarrollo de las plantas podrían explicarse por la modificación en las concentraciones endógenas de los principales fitorreguladores y el equilibrio hormonal de la planta. La interacción de SH con ácidos orgánicos exudados por las plantas en la rizósfera, podría liberar estos fitorreguladores de la compleja estructura y quedar libres para interactuar con las células de la raíz.

Storino (2009), indica que la eficiencia de la fertilización fosfatada se ve reducida por los procesos de retrogradación del fósforo en el suelo hacia formas insolubles o no directamente disponibles para la absorción por parte del árbol. Diferentes estudios han comprobado la capacidad de los compuestos orgánicos para disminuir la incidencia de estos procesos, aumentando la disponibilidad del nutriente para el árbol.

Según Singh (2002), las SH aplicadas en el suelo pueden mejorar el balance nutricional, aprovechamiento de fósforo y micronutrientes. La aplicación foliar ayuda de una manera muy veloz en la corrección de las deficiencias nutricionales en las plantas, reducción de fertilizantes a aplicar, un aumento en el volumen de las raíces con mas pelos absorbentes y sobre todo un retorno económico muy aceptable.

2.5.4 Complejos osmoprotectores y anti estrés: Glicinbetaína

Cuando las plantas están expuestas a condiciones de estrés, se producen cambios metabólicos que resultan en modificaciones en los niveles de una variedad de metabolitos celulares (azúcares solubles, aminoácidos, ácidos orgánicos, poliaminas, y lípidos). Estas modificaciones se dan en respuesta al estrés abiótico y parecen estar asociados con una mayor capacidad para tolerar condiciones de estrés (Guy, citado por Chen y Murata, 2011).

Una clase de pequeñas moléculas conocidas como “solutos compatibles” incluyen a aminoácidos, como la prolina y compuestos cuaternarios de amonio, como glicinbetaína. Estos últimos son derivados de

precursores de aminoácidos (Sakamoto y Murata 2000, Chen y Murata 2011). Según Chen y Murata (2011), estos solutos son pequeños metabolitos orgánicos muy solubles en agua y no son tóxicos a altas concentraciones.

La acumulación de estos solutos en las células de las plantas resulta en una disminución del potencial osmótico y también en la mantención de absorción de agua y turgencia en las células, esto contribuye al mantenimiento de los procesos fisiológicos como la apertura estomática, fotosíntesis y crecimiento de la planta (Blum, 1996).

Además, la presencia de glicinbetaína podría ser necesaria para la expresión de ciertos genes sensibles al estrés, incluyendo aquellos importantes en la codificación de enzimas encargadas de la eliminación de especies reactivas del oxígeno (Chen y Murata, 2011).

Fichet (2009) señala que otros aminoácidos podrían ser promotores del crecimiento, catalogados como vigorizantes en períodos de estrés o de alta demanda de energía, como ser en el transplante de árboles, floración o cuajado de frutos y en la recuperación por estrés hídrico, heladas, granizos o ataque de plagas. Opciones de agregado de este tipo de aditivos serían la arginina (gran reserva de nitrógeno) o el triptófano (precursor del ácido indolacético).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en el departamento de Florida, localidad de Cerro Colorado, ruta nacional No. 7 sobre el kilómetro 158,8. El mismo se encuentra en el establecimiento “Arteaga”, perteneciente actualmente a Caja de Profesionales (33° 44.886'S; 55° 28.537'O), el padrón correspondiente es el 11894.

El ensayo consiste en una replantación de *Eucalyptus maidenii*, proveniente de semilla de procedencia Black Range, Australia. La plantación se realizó a comienzos de otoño de 2013, presenta un marco de 1,40m entre plantas y 3m entre hileras. En esta ocasión no se realizó reposición de fallas post-plantación, lo que ocasiona una incertidumbre sobre la causa de plantas faltantes.

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

La plantación se realizó sobre suelos de sierras originados de basamento cristalino, el terreno tiene una pendiente aproximada de 3%. La zona se caracteriza por la producción comercial de madera y se trata en su mayoría de terrenos con prioridad forestal.

La unidad de suelo correspondiente al ensayo es Sierra Polanco, la cual presenta como suelos dominantes Brunosoles Subéutricos Haplicos de textura arenoso franco; y como suelos asociados Brunosol Subéutrico Lúvico (Altamirano et al., 1976), siendo este último el que presenta características más similares al encontrado en el ensayo. Generalmente a estos suelos se los puede encontrar sobre laderas ligeramente convexas.

3.3 PRODUCTOS EVALUADOS

3.3.1 Superfosfato de calcio

Nombre comercial superfosfato simple o común, es una mezcla de P monocálcico $[\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$ y yeso (CaSO_4), contiene 16 a 22 % de P_2O_5 del cual aproximadamente el 90% es soluble en agua y se clasifica como

asimilable. La composición del producto se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 4. Composición química del Superfosfato de calcio

Análisis	Cantidad (%)
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	21
Fósforo Disponible (P ₂ O ₅)	20
Azufre (S)	12
Calcio (Ca)	20

3.3.2 Top-Phos®

La cartilla de producto realizada por la empresa Timac-Agro® señala que Top-Phos® es una gama de fertilizantes granulados que poseen la tecnología CSSP, la cual consiste en la protección del fósforo mediante la unión de este nutriente con moléculas orgánicas a través de un puente metálico. Este producto ofrece un fósforo protegido de cualquier tipo de retrogradación, mejora de la actividad de las raíces para una mejor absorción de nutrientes, promueve la vida en el suelo. Este incremento de la vida microbiana proporciona una mayor eficiencia del sistema suelo/planta.

Teóricamente esta tecnología, evitaría que el fósforo sea retenido en el suelo por parte de agentes como aluminio, calcio, hierro o diversas arcillas, quedando disponible para el vegetal a través de la reacción entre exudados de raíces (ácidos orgánicos o fitosideróforos) y el nuevo complejo fosfatado.

Se trata de un fertilizante sólido granulado complejo. La composición química del mismo se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 5. Composición química de Top-Phos®

Análisis	Cantidad (%)
Nitrógeno	2
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	24
Fósforo Disponible (P ₂ O ₅)	24
Azufre (S)	8
Calcio (Ca)	12

Timac-Agro® asegura que el producto contiene un factor estimulante de la vida microbiana, denominado como “Factor FT”, el cual estaría unido a la molécula orgánica (CSSP) y sería liberado en forma gradual de modo de evitar su descomposición inmediata. El factor FT permitiría generar entorno al gránulo una zona de gran fertilidad, volviendo disponibles para la planta un elevado número de nutrientes. Dicho factor tendría, a su vez, un efecto sobre la actividad microbiana circundante. La activación de fitohormonas y la mayor disponibilidad de nutrientes estimularían indirectamente las raíces de las plantas aumentando así el crecimiento de las mismas.

El factor estimulante sería un precursor de la síntesis de fitoreguladores que activan la vida microbiana (activador PNP-FT) y tendría un efecto positivo sobre la actividad enzimática del suelo, principalmente sobre las enzimas ureasa y fosfatasa, siendo precursor a su vez la síntesis de auxinas.

3.3.3 Nitrofoska® Foliar SL

Fertilizante foliar líquido que contiene macro y microelementos. La cartilla indica que estimula los procesos de crecimiento y desarrollo de los cultivos, activando el metabolismo y actividad fotosintética en hojas y promoviendo a nivel radicular, la absorción de los nutrientes en el suelo. La composición química del producto se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 6. Composición química de Nitrofoska® Foliar SL

Elemento	%
Nitrógeno	10
Fósforo	4
Potasio	7
Magnesio	0,2
Hierro	0,015
Cinc	0,0005
Manganeso	0,0015
Boro	0,002
Cobre	0,0025
Molibdeno	0,0003

En el producto se indica que su uso favorece la recuperación de los cultivos en condiciones adversas como sequía, granizo, heladas, y ataque de plagas.

3.3.4 Fertileader®

Nombre comercial Fertileader® Vital, es un fertilizante líquido a base de bioestimulantes. En la cartilla se menciona que contiene además de los nutrientes que se representan en el Cuadro No. 9, extractos de algas marinas capaces de actuar como fuente de aminoácidos y complejos anti-estresantes.

Cuadro No. 7. Composición química de Fertileader®

Elemento	Cantidad (%)
Nitrógeno	9
Fósforo	5
Potasio	4
Hierro	0,02
Cinc	0,05
Manganeso	0,1
Boro	0,05
Cobre	0,02
Molibdeno	0,01

El efecto bioestimulante estaría formado por tres componentes diferenciados: un complejo anti estrés formado a base de moléculas de Glicina y Betaína, un complejo hormonal constituido por citoquininas, auxinas y giberelinas, y por último, un agregado de nutrientes específicos (calcio, boro y molibdeno)

En el producto se indica que genera una mayor resistencia al estrés y daños causados por factores externos, aumento de la actividad radical y fotosíntesis intensa.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación estadística se emplearon dos diseños experimentales, un diseño de bloques completos al azar (6 meses) y un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas (12 meses). Para ambos diseños la unidad experimental considerada es la parcela y se considera como criterio único la significancia al 5% ($\alpha=0,05$).

A los 6 meses se evaluó fertilización al suelo diferenciándose los tratamientos Top-Phos® y Superfosfato de calcio.

El modelo utilizado se representa a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Siendo:

I= 1,2 (Top-phos®, Superfosfato de calcio)

J= 1,2 y 3 (bloque)

A los 12 meses se continuó la evaluación de Top-Phos® y Superfosfato de calcio y además se evaluaron las aplicaciones foliares con los productos Fertileader® y Nitrofoska® Foliar SL, diferenciándose tres tratamientos: sin aplicación, aplicación foliar de Fertileader® y aplicación foliar de Nitrofoska® Foliar LS a los 6 meses de plantación.

El modelo utilizado en esta segunda evaluación se representa a continuación.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + \delta_{ik} + B_j + \gamma_{jk} + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Siendo:

i=1, 2 (Top-phos®, Superfosfato de calcio)

j=1, 2, 4 (Testigo, aplicación de Fertileader®, aplicación de Nitrofoska® Foliar SL)

k=1, 2, 3 (Bloque)

3.4.1 Tratamientos

A los 6 meses se evaluaron los arboles fertilizados en la plantación con Top-phos® y Superfosfato de calcio aplicados al suelo. Las parcelas (parcelas grandes) en este caso consisten en un conjunto de 4 parcelas chicas en hileras que suman un total de 40 plantas. Los tratamientos en estas parcela consistieron en la aplicación de 70 gr de P₂O₅ por planta, utilizando en una parcelas Top-phos® y la otras Superfosfato de calcio en cada bloque. Es importante mencionar que a demás se le aplicó Ulexita como fuente de boro a todo el ensayo, a razón de 3 gr de boro por planta. De esta manera queda conformado el primer diseño experimental con 3 bloques (realizados para

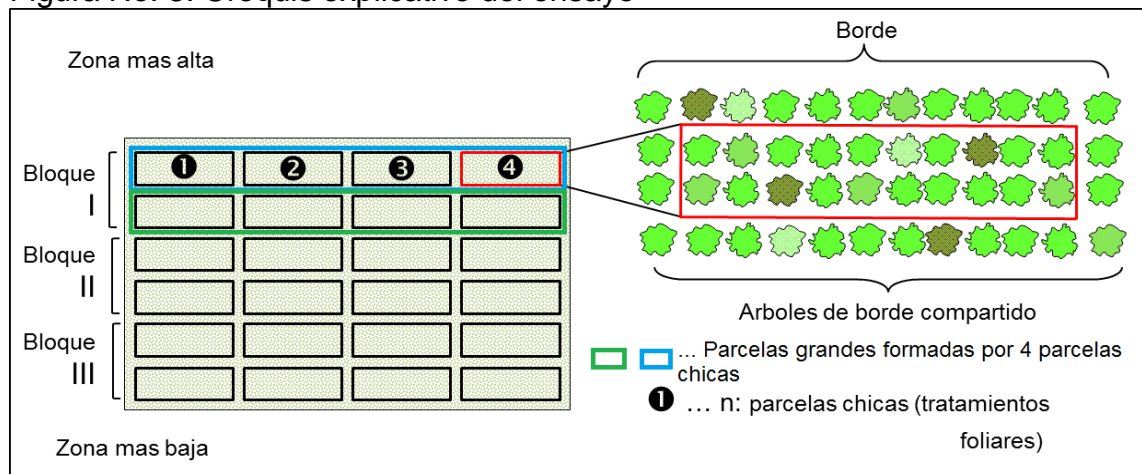
contemplar la variación de la pendiente del terreno), con ambos tratamientos por bloque constituyendo un total de 6 parcelas.

A los 6 meses se realizaron los tratamientos foliares, que consistieron en la aplicación con aspersion, de aproximadamente 150 ml de Fertileader® o Nitrofoska® Foliar SL por planta (según correspondiera al tratamiento), diluidos al 1% , dejando un testigo sin aplicación. Las parcelas (chicas) consistieron en 2 hileras de 10 plantas consecutivas (20 plantas). Estas parcelas chicas se aleatorizaron sobre las parcelas establecidas anteriormente (grandes) con los tratamientos Top-phos® y superfosfato de calcio. Este tratamiento foliar se evaluó a los doce meses de de la plantación.

Excepto por la fertilización, el resto de las prácticas agrícolas fueron realizadas de forma habitual por la empresa encargada del predio.

Entre cada parcela chica se dejó una planta de borde compartida, y entre cada parcela grande se dejo una hilera completa de plantas borde compartida. A continuación se representa un bosquejo del croquis del diseño.

Figura No. 3. Croquis explicativo del ensayo



3.5 EVALUACIONES REALIZADAS

3.5.1 Variables ambientales

Se midió la temperatura y humedad relativa del aire, mediante un dispositivo que registra los valores hora a hora. En el caso de las precipitaciones se utilizó como referencia los datos provenientes de la seccional 14^{ta} de Cerro Colorado-Florida. La información resumida se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 8. Condiciones ambientales en la zona del ensayo.

	Temperatura prom. Mensual (°C)	Humedad prom. Mensual (%)	Precipitación total Mensual (mm)
jun.-13	10,6	86,7	3
jul.-13	10,3	92,2	75
ago.-13	10,7	80,7	154
sep.-13	14,1	83,5	190
oct.-13	18,1	76,4	45
nov.-13	20	81,2	159
dic.-13	26	63,8	17
ene.-14	25,3	75,1	303
feb.-14	23	85,3	335
mar.-14	20,2	82,2	57
abr.-14	17,7	87	131
may.-14	16,3	95	88

3.5.2 Análisis de suelo

Previo a la instalación del ensayo se recolectaron muestras de suelo, a una profundidad de 20 cm, a fin de realizar los análisis químicos iniciales.

Las muestras se secaron en estufa durante 48 horas a 40°C, moliéndose hasta un tamaño de partícula menor a los 2 mm. Se midió el pH en agua (Van Lierop, 1990.) y KCl 1M por potenciometría (relación suelo/agua o suelo/KCl = 1/2,5). La materia orgánica, fue determinada atacando las muestras con dicromato de K y ácido sulfúrico en ausencia de calor exterior, para calcular así el contenido de carbono orgánico por titulación con sulfato ferroso (Walkley y Black, 1934).

La extracción de K, Na, Ca y Mg se realizó con acetato de amonio 1M bufferado a pH 7, determinándose luego por emisión (K y Na) y por absorción atómica (Ca y Mg) (Isaac y Kerber, 1971). El P asimilable se analizó por el método Bray-1 (Bray y Kurtz, 1945).

A continuación se presentan los datos obtenidos.

Cuadro No. 9. Resultados del análisis de suelo

Muestra	P	MO	pH		Ca	Mg	K	Na
	ppm	%	H ₂ O	KCl	meq/100g			
Cerro Colorado	4	4,22	5,08	4,26	5,10	1,96	0,30	0.63

3.5.3 Medidas dasométricas

Se realizaron dos evaluaciones de ensayo, a los 6 y 12 meses de plantación. Las medidas dasométricas tomadas fueron altura total de planta (cm) y diámetro a la altura del piso (mm).

En cada visita al ensayo de evaluación se completó una planilla con los datos de cada planta y variables dasométricas, luego se procesó la información y se obtuvieron los promedios por parcela de cada tratamiento para su posterior estudio estadístico.

Los instrumentos utilizados para determinar los valores de altura total y diámetro al cuello fueron cinta métrica y calibre respectivamente.

3.5.4 Evaluaciones sanitarias e identificación de patógenos

La evaluación sanitaria se llevó a cabo en igual momento que las mediciones dasométricas, en dos modalidades diferentes. A los 6 meses de plantación se evaluó la incidencia de MLD y *P. cinammomi*. A los 12 meses además de este parámetro también se realizó un estudio de severidad de MLD.

Para el cálculo de incidencia se consideró la proporción de plantas afectadas en relación a la cantidad de plantas vivas. Mientras que para la

severidad se utilizo la siguiente escala considerando el % de tejido foliar afectado:

1= sin síntomas de MLD; 2= 25%; 3= 50%; 4=75%; 5=100%

La identificación de los patógenos se llevo a cabo en el laboratorio forestal de Facultad de Agronomía. Se tomaron muestras que contenían síntomas del patógenos a identificar, se aislaron porciones de tejidos foliar y radical para observar estructuras reproductivas, en las cuales, de acuerdo a sus características, se identificaron los patógenos incidentes.

Para el caso de MLD se realizó una cámara húmeda, para la realización del mismo se recortaron porciones de tejido infectado con los síntomas característicos de la enfermedad. Estas muestras se colocaron en remojo en una solución de agua e hipoclorito de sodio por un período de 2 horas, posteriormente se volvieron a lavar las muestras con agua. A continuación se coloca papel secante previamente humedecido sobre una placa de Petri y se siembran las muestras de tejido infectado, posteriormente se etiqueta debidamente la placa de Petri y se cierra. Luego se coloca en una bolsa y se lleva a una cámara con temperatura controlada para que el hongo germine adecuadamente y posteriormente identificar las estructuras reproductivas del mismo.

Figura No. 4. Cámara húmeda realizada.



3.5.5 Evaluación de nutrientes foliares

Esta evaluación se realizó en dos modalidades: una cualitativa que consistió en la inspección visual de síntomas de deficiencia de nutrientes, estas deficiencias se registraron y estudiaron posteriormente; por otra parte se realizó un análisis cuantitativo, el cual consistió en un análisis foliar

Para el análisis foliar se recogieron muestras representativas de hojas juveniles desarrolladas de la porción superior del árbol y de cada uno de sus lados, una vez clasificadas las muestras por parcela se llevaron al laboratorio de suelos de Facultad de Agronomía para realizar los análisis pertinentes.

En primer lugar se secaron las muestras a una temperatura controlada de 60°C por 48 horas. Una vez constatado el bajo nivel de humedad se prosiguió a su molienda hasta lograr un tamaño de partícula menor a 2 mm. A partir de estas muestras se llevó a cabo una digestión con 0.5 g de cada una con ácido sulfúrico y catalizador, para finalmente obtener los contenidos totales de nitrógeno, por el método de Kjeldahl (Bremmer y Mulvaney, 1982). Por otra parte se apartó 1 g de cada muestra y se llevó a mufla para obtener el

contenido de ceniza. Luego se hizo una dilución con ácido clorhídrico de las cenizas de la muestra para obtener los contenidos totales de fósforo, a través del método colorimétrico del Ácido Ascórbico (Murphy y Riley, 1962). Conjuntamente de otra porción de estas muestras se obtuvo el contenido de boro por el método colorimétrico de la Azometina-H (Malavolta et al., 1997). En lo que respecta a la evaluación de los niveles de calcio, hierro, magnesio, cinc, cobre y manganeso se realizó por Absorción Atómica. Por último el contenido de potasio se obtuvo por espectrometría de emisión (Isaac y Kerber, 1971).

3.5.6 Análisis estadísticos de los datos

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante Análisis de Varianza, realizándose contrastes ortogonales entre distintos tratamientos aplicados. Los análisis estadísticos se realizaron con los programas estadísticos INFOSTAT (versión 2012), SAS (versión, 2008).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN PLANTACIÓN CON O SIN BIOESTIMULANTES

A continuación se presentaran los resultados obtenidos de las medidas dasométricas (altura total de plantas y diámetro a la altura del cuello), concentración de nutrientes foliares a los 6 y 12 meses y los daños ocasionados en la masa forestal para los tratamientos Top-Phos® y Superfosfato de calcio.

4.1.1 Medidas dasométricas

En el siguiente cuadro se presenta la estadística y los valores promedios de altura y diámetro a la altura del piso de los tratamientos evaluados.

Cuadro No. 10. Altura y diámetro a la altura del piso promedio por tratamiento y estadísticas a los 6 y 12 meses

Tratamiento	Altura (cm)		Diámetro (mm)	
	6 meses	12 meses	6 meses	12 meses
Top-phos®	53	130	11	36
Superfosfato de calcio	52	126	10	34
Estadística				
CV %	12,1	13,8	15,1	11,3
Significancia	ns	ns	ns	ns

CV: Coeficiente de Variación
ns: diferencia no significativa al 5%

Los parámetros altura y diámetro a la altura del piso presentaron valores promedios mayores en ambas fechas de muestreo para el tratamiento con Top-Phos® sin llegar a ser significativos.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Barbosa (2013) en *Eucalyptus globulus* en el departamento de Rocha, no así con los encontrados por el mismo autor con la misma especie en el departamento de Lavalaja donde reporta diferencias significativas en diámetro a los 6 meses de

plantación. Cantera e Ihlenfeld (2014) utilizando la misma especie encontraron diferencias significativas para la variable diámetro a los 6 meses, considerando un $\alpha=0,05$, estos autores también señalan diferencias significativas en altura pero considerando un $\alpha=0,10$.

El crecimiento en altura se vio muy reducido considerando las alturas obtenidas por Balmelli et al. (2014) quien reporta que una variedad de polinización abierta de *E. maidenni* obtenida por INIA presentó alturas promedio de 275 cm a los 14 meses de plantación. Este hecho puede atribuirse a las condiciones de sitio, el suelo no era el indicado para la especie, además, se produjo un severo encharcamiento en verano de 2014 a causa de las excesivas precipitaciones y a las características de drenaje del suelo (mal drenado). Estos hechos pueden haber producido problemas radiculares, problemas en la absorción de nutrientes (desbalance nutricional) y problemas en la disponibilidad de los mismos. Como lo indica Ferrando et al. (2002) para el caso del fósforo, luego de un periodo de exceso hídrico y posterior disminución del contenido hídrico (50% de capacidad de campo), el contenido de fósforo asimilable disminuye considerablemente. En consecuencia posiblemente se hayan desarrollado plantas débiles y más susceptibles al ataque de enfermedades a causa de desbalances nutricionales. Por otra parte, Gómez (2006) indica que la fertilización es una práctica que necesariamente debe ser acompañada de una buena preparación del suelo y un adecuado control de malezas para asegurar los máximos beneficios de la fertilización. En el ensayo no se realizó un control de malezas post-plantación, esta situación puede estar perjudicando el crecimiento adecuado de la plantación debido a la competencia con la misma.

Los altos coeficientes de variación encontrados pueden explicarse por varios factores, entre ellos a que los individuos evaluados provienen de una fuente de semilla, lo que involucra una considerable variación genética entre individuos y por otra parte el efecto sitio mencionado anteriormente. Un coeficiente de variación alto implica que para que existan diferencias significativas entre tratamientos debe de existir una diferencia importante entre los mismos.

4.1.2 Concentración foliar de nutrientes a los 6 meses

En el siguiente cuadro se presenta la información obtenida de los análisis foliares realizados.

Cuadro. No. 11. Contenido de nutrientes en hojas a los 6 meses y resumen estadístico

Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	%					Ppm				
Top-phos®	1,60	0,14	0,54	0,14	0,63	30	5	185	132	19
Superfosfato de calcio	1,75	0,17	0,59	0,15	0,82	35	5	133	123	22
Estadística										
Significancia	0,015	ns	ns	ns	0,04	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	1,36	4,87	5,91	2,87	6,64	32,26	8,16	64,81	9,12	13,06

CV: Coeficiente de Variación

ns: diferencia no significativa al 5%

Considerando los rangos de nutrientes foliares mencionados por Boardman et al. (1997), se observa que la mayoría de los nutrientes estudiados se encontraron en niveles adecuados, salvo nitrógeno quien se encuentra en un nivel marginal en ambos tratamientos.

El análisis de varianza señala que existen diferencias significativas para dos nutrientes, nitrógeno y potasio. En ambos casos el tratamiento con Superfosfato de calcio reporta niveles más altos de concentración.

En este punto es importante mencionar que si bien en el producto Top-Phos® no se menciona que es una fuente de liberación controlada, el producto es muy semejante a una fuente de ese tipo. González et al. (2007) señalan que la ventaja de usar este tipo de fuente es que los nutrientes se encuentran protegidos por un material semipermeable, controlando la penetración de agua y la liberación de los nutrientes más solubles. A pesar de ello como se mencionó anteriormente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

En forma genérica no se encontraron diferencias significativas en todos los nutrientes, se visualizan niveles levemente superiores para el tratamiento Superfosfato de calcio, este hecho puede explicarse por el efecto dilución de

nutrientes, es decir, dado que los parámetros dasométricos (altura y diámetro a la altura del cuello) obtenidos en las plantas tratadas con Top-Phos® fueron levemente superiores, se produjo una dilución de nutrientes ligeramente superior debido al crecimiento mencionado.

Los coeficientes de variación de los micronutrientes presentan valores muy altos, en esta situación también debe tenerse en cuenta que la unidad utilizada (partes por millón) implica que pequeñas diferencias (miligramos) en el contenido foliar lleva a que se genere una variación importante de los datos.

Si bien la concentración foliar de fósforo no se encuentra en un nivel deficiente, a nivel de campo se visualizaron deficiencias muy marcadas del mismo. Este resultado puede explicarse por la metodología de obtención de las muestras. Las muestras se tomaron de hojas juveniles desarrolladas, ubicadas en la porción superior del árbol y de cada uno de sus lados. Como lo señalan (Dell et al. 2001, Romero y Marius 2002) el fósforo es un nutriente móvil y sus síntomas de deficiencia se observan en las hojas viejas del árbol. Esto implica que en las hojas muestreadas pudieran haber recibido fósforo desde hojas más viejas y por esto se encontraron niveles adecuados del nutriente.

A continuación se presentan imágenes representativas de la deficiencia de fósforo visualizadas a nivel de campo.

Figuras No. 5, 6 y 7. Sintomatología de deficiencia de fósforo





Síntomas característicos de deficiencia de fósforo, color purpura en hojas viejas y defoliación.

4.1.3 Concentracion foliar de nutrientes a los 12 meses

A continuacion se presenta el resultado de nutrientes foliares obtenidos y la estadística correspondiente a los 12 meses.

Cuadro. No. 12. Contenido de nutrientes foliares a los 12 meses y resumen estadístico

Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	%					Ppm				
Top-phos®	1,17	0,1	0,71	0,15	0,44	24	3	236	99	13
Superfosfato de calcio	1,23	0,11	0,75	0,16	0,46	27	4	186	73	15
Estadística										
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	9,49	9,68	10,87	9,88	13,51	20,9	39,68	48,5	34,73	13,36

CV: Coeficiente de Variación
 ns: diferencia no significativa al 5%

En análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas para ningún nutriente en ambos tratamientos. También se observa que los niveles promedios de nitrógeno, potasio y fósforo son marginales para ambos tratamientos según los rangos mencionados por Boardman et al. (1997).

En este escenario se visualiza una disminución general (excepto el manganeso y calcio) de los valores, respecto a la evaluación a los 6 meses. Esta disminución puede explicarse por efecto dilución, ya que al generarse un aumento importante en el crecimiento y dado que el suelo no es capaz de brindar un aporte suficiente de los nutrientes se genera una dilución importante de la concentración de nutrientes en las plantas.

4.1.4 Enfermedades en plantación evaluados a los 6 y 12 meses

A continuación se presenta la información recabada sobre la incidencia de agentes patogénicos y sobrevivencia a los 6 y 12 meses, en este último período además se presenta la información respecto al daño ocasionado por MLD en la masa forestal.

4.1.4.1 Evaluación a los 6 meses

A continuación se presenta un cuadro con los parámetros evaluados y el porcentaje de plantas afectadas.

Cuadro. No. 13. Estudio de la incidencia de patógenos y sobrevivencia

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Incidencia de MLD (%)	Plantas muertas a causa de <i>P. cinnamomi</i>
Top-Phos®	91,6	93,1	0
Superfosfato de calcio	93,7	86,4	0

En el cuadro se visualiza que las plantas tratadas con Superfosfato de calcio presentan valores más favorables frente a MLD y sobrevivencia, sin embargo, es importante aclarar que en esta instancia no es posible adjudicar beneficios de los productos en cuanto a la sobrevivencia dado que no fue posible evaluar el estado inicial de la plantación, para este ensayo no se realizó reposición de fallas y no hay certezas sobre las plantas faltantes. Por otra parte, la incidencia de MLD en la plantación se visualizó claramente a nivel de campo. Si bien las plantas tratadas con Superfosfato de calcio se ven menos afectadas, el efecto sitio y la variabilidad genética de las plantas puede estar afectando dicho resultado.

Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Cantera e Ihlenfeld (2014), donde las plantas tratadas con Top-Phos® presentaron mayor daño.

4.1.4.2 Evaluación a los 12 meses

A continuación se presentan la información recabada respecto a los parámetros evaluados a nivel de campo.

Cuadro. No. 14. Daños causados en la masa forestal

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Incidencia de MLD (%)	Plantas muertas a causa de <i>P. cinnamomi</i>
Top-Phos®	90,5	100	6
Superfosfato de calcio	89	100	13

En este cuadro se visualiza que la supervivencia fue muy similar entre tratamientos.

Las plantas tratadas con Top-Phos® presentaron menor número de muertes a causa de *P. cinnamomi*. Es importante mencionar que las condiciones fueron muy favorables para el desarrollo del patógeno.

Lo más importante a resaltar es que todas las plantas presentaban síntomas de daños causados por *T. nubilosa*. Como lo citan Balmelli et al. (2014) cuando las condiciones ambientales son muy favorables para el desarrollo de la enfermedad, *E. maidenni* sufre un daño muy severo y su utilización como remplazo de *E. globulus* puede no ser viable.

A continuación se presenta el estudio de severidad causada por MLD, considerando el % de plantas.

Cuadro. No. 15. Severidad de mancha foliar a causa de MLD

Tratamiento	Severidad				
	1	2	3	4	5
Top-Phos®	0%	1,8%	26,1%	21,7%	0%
Superfosfato de calcio	0%	0,8%	24,8%	24,8%	0%

En este cuadro se puede observar que la gran mayoría de las plantas presentaron una severidad de escala 3 y 4, esto significa un daño del tejido foliar afectado de 25-50% y 50-75% respectivamente. Además se puede observar que las plantas tratadas con Top-Phos® presentan valores levemente más favorables respecto a la severidad ocasionada.

4.2 TRATAMIENTOS FOLIARES

A continuación se presenta la información recabada sobre altura total de planta, diámetro a la altura del piso, concentración de nutrientes foliares a los 12 meses y daños ocasionados en la masa forestal para los tratamientos Testigo, Fertileader® y Nitrofoska® Foliar SL.

4.2.1 Medidas dasométricas

En el siguiente cuadro se presentan los resultados promedio, el análisis de varianza y los contrastes para las variables dasométricas.

Cuadro. No. 16. Análisis de varianza y contrastes para las variables altura y diámetro a la altura del piso a los 12 meses

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)
Testigo	121	34
Fertileader®	130	35
Nitrofoska® Foliar SL	134	36
Estadística		
CV%	15,17	11,37
Testigo vs resto	Ns	ns
Fertileader® vs Nitrofoska® Foliar SL	Ns	ns

CV: Coeficiente de Variación

ns: diferencia no significativa al 5%

Los promedios de altura y diámetro a la altura del piso de las plantas tratadas con Nitrofoska® Foliar SL presentan los mayores valores de crecimientos, seguidos por las plantas tratadas con Fertileader®, mientras que las plantas testigo reportan los menores crecimientos promedio. Sin embargo, el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas para ningún tratamiento. Similares resultados fueron obtenidos por Barbosa (2013) en la localidad de Velázquez, Rocha y Cantera e Ihlenfeld (2014) en Polanco, Lavalleja.

4.2.2 Concentración de nutrientes foliares a los 12 meses

En el siguiente cuadro se presentan los datos de nutrientes foliares obtenidos para los tratamientos foliares y la estadística correspondiente.

Cuadro. No. 17. Contenido promedio de nutrientes en hojas a los 12 meses y resumen estadístico

Tratamiento	N	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	%					Ppm				
Testigo	1,14	0,10	0,73	0,15	0,45	27	3	242	93	15
Fertileader®	1,22	0,11	0,74	0,16	0,45	26	3	190	83	13
Nitrofoska® Foliar SL	1,24	0,11	0,71	0,15	0,44	23	4	200	83	13
Estadística										
CV%	9,49	9,68	10,87	9,88	13,51	20,9	39,68	48,5	34,73	13,36
Testigo vs resto	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertileader® vs Nitrofoska® Foliar SL	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

CV: Coeficiente de Variación

ns: diferencia no significativa al 5%

En este cuadro se observa que la concentración de los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio se encuentra muy cercanos a un nivel de deficiencia, mientras los demás nutrientes presentan niveles adecuados, de acuerdo a los niveles citados por Boardman et al. (1997). Para el caso de nitrógeno, si bien las diferencias entre el testigo y el resto no son significativas, se puede visualizar niveles superiores en las plantas fertilizadas foliarmente, independientemente de la adicción o no de bioestimulantes.

Salas (2002) señala que la fertilización foliar se utiliza como complemento de la fertilización al suelo, para corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de los macronutrientes tales como N, P y K, se reconoce que la fertilización foliar solo puede complementar, pero en ningún momento sustituir la fertilización al suelo. Considerando esto podemos concluir que la deficiencia de los macronutrientes potasio y fósforo no mejoró por la aplicación de la fertilización foliar, sin embargo se puede observar niveles superiores de nitrógeno por la aplicación de los mismos. Por otra parte, podríamos esperar valores levemente inferiores para los tratamientos Fertileader® y Nitrofoska® Foliar SL debido a un mayor nivel de crecimiento promedio y al consecuente efecto dilución de nutrientes, sin embargo vemos que las plantas presentan valores bastantes similares y aun mayores en el caso de nitrógeno.

4.2.3 Daños por enfermedades a los 12 meses

A continuación se presenta un cuadro con los datos recabados respecto a los daños ocasionados en la masa forestal y la sobrevivencia de los individuos.

Cuadro. No. 18. Daños causados en la masa forestal a los 12 meses según tratamiento foliar aplicado.

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Incidencia de MLD (%)	Plantas muertas a causa de <i>P. cinnamomi</i>
Testigo	94,1	100	9
Fertileader®	96,8	100	7
Nitrofoska® foliar SRL	93,2	100	3

Las plantas tratadas con Fertileader® presentaron valores levemente más altos de supervivencia, este hecho podría atribuirse a los beneficios osmoprotectores del producto. Cantera e Ihlenfeld (2014) obtuvieron una mejora en la supervivencia a causa de la aplicación de Fertileader® y Nitrofoska foliar SRL.

Considerando las muertes ocasionadas por *P. cinnamomi*, se puede observar una tendencia de mayor resistencia a la misma, a favor de las plantas fertilizadas foliarmente.

Como en el análisis de los productos Top-Phos® y Superfosfato de calcio a los 12 meses de plantación, el 100% de las plantas presento síntomas de *T. nubilosa*. A continuación se presenta el estudio de la severidad de este patógeno, considerándose el % de plantas.

Cuadro. No. 19. Evaluación de severidad a los 12 meses según tratamientos foliares y % de plantas.

Tratamiento	Severidad				
	1	2	3	4	5
Testigo	0%	0%	53%	47%	0%
Fertileader®	0%	0%	44%	56%	0%
Nitrofoska® Foliar SL	0%	0%	59%	41%	0%

En este cuadro se observa que para los 3 tratamientos foliares evaluados a los 12 meses, la totalidad de las plantas presentan escalas de severidad de 3 y 4, el tratamiento Fertileader® presentan mayor número de plantas con síntomas de escala 4, mientras que las plantas testigo y las tratadas con Nitrofoska® Foliar SL presentan mayor número de plantas con síntomas de escala 3. Esto sugiere que las aplicaciones foliares no contribuyeron en una mejora significativa de las plantas frente al daño ocasionado por *T. nubilosa*. Cantera e Ihlenfeld (2014) sin embargo observaron una mejora en la resistencia al patógeno luego de aplicaciones foliares de nutrientes con y sin bioestimulantes.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS

4.3.1 *Teratosphaeria nubilosa*

Se pudo constatar la presencia de *T. nubilosa* sobre las lesiones de las hojas muestreadas. Los síntomas se correspondían con los característicos del complejo MLD, manchas foliares circulares de 4 a 9 mm de diámetro, capaces de visualizarse en ambas caras de la hoja, coalescentes en manchas de mayor tamaño, con bordes circulares e irregulares de coloración más oscura, esta descripción coincide con la mencionada por Hunter et al. (2009).

A nivel de microscopio sobre las manchas foliares se observaron pseudotecios globosos de color negro en tamaños variables correspondiéndose con las estructuras de reproducción de la especie según lo describen Simeto et al. (2009).

Figura No. 8, 9. Pseudotecios de *Teratosphaeria nubilosa*



En las muestras incubadas a nivel de laboratorio se pudieron observar micelios de coloración blanca, grisácea y tonalidades verdosas. Las ascosporas recolectadas en esta etapa presentaron micelio hialino uniceptado con bordes regulares, presentando un tamaño aproximado de 10 a 12 μ de largo por 3 a 5 μ de ancho. Esta descripción concuerda con las mencionadas por Crous et al. (2007), Hunter et al. (2009).

A continuación se presentan imágenes de los síntomas de la enfermedad a los 6 y 12 meses postplantación.

Figura No. 10, 11. Síntomas de la enfermedad a los 6 meses



En estas imágenes podemos observar manchas foliares iniciales capaces de visualizarse en ambas caras de las hojas.

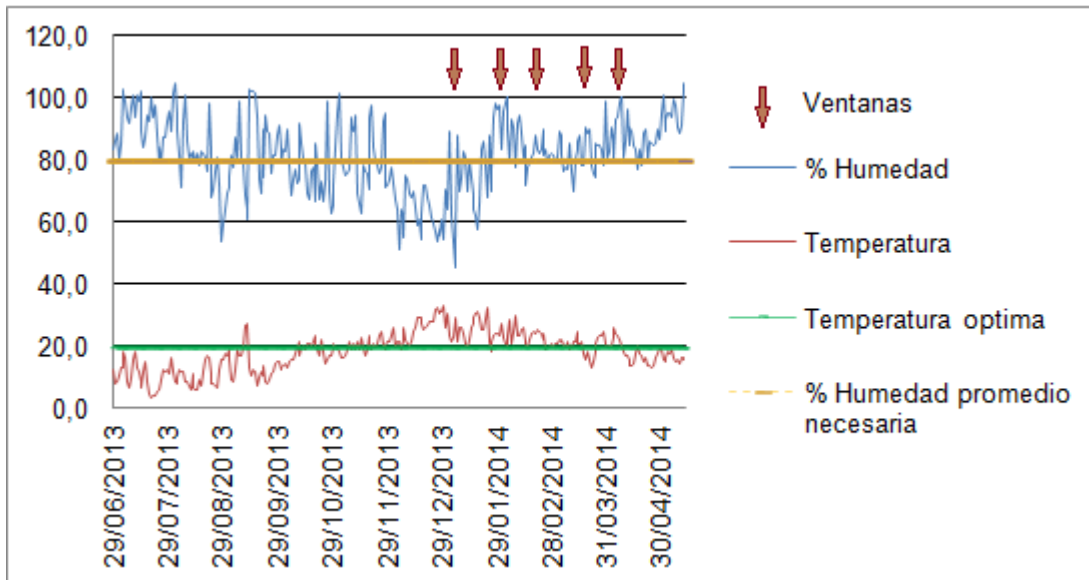
Figura No. 12, 13. Síntomas de la enfermedad a los 12 meses



4.3.2 Estudio de las variables ambientales

A continuación se presentan las condiciones ambientales ocurridas durante el período de evaluación.

Gráfico No. 1. Condiciones de humedad relativa y temperatura.



En este gráfico se representan las variables ambientales y las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad. Como lo indica Park y Keane (1982) la germinación de ascosporas de *T. nubilosa* en la superficie de la hoja se produce entre 3 y 30°C, con una temperatura óptima de 20°C; también requiere de un % de Humedad cercano a la saturación y agua libre para la infección. En este caso se consideró la humedad y temperatura promedio por día.

En el siguiente cuadro de modo más preciso se presentan las ventas ocurridas durante la investigación para el desarrollo óptimo de la enfermedad. Consideraron por lo menos 3 días sucesivos con horas consecutivas de humedad mayor a 80% y temperaturas medias de 20 °C.

Cuadro. No. 20. Ventanas adecuadas para el desarrollo óptimo de *Teratosphaeria nubilosa*.

Ventanas	Fecha de inicio	Fecha de culminación
1	03/07/2013	08/07/2013
2	08/07/2013	15/07/2013
3	12/09/2013	18/09/2013
4	07/11/2013	12/11/2013
5	26/01/2014	31/01/2014
6	31/01/2014	04/02/2014
7	04/02/2014	09/02/2014

Otro factor importante a considerar es la alta fuente de inóculo. El cultivo previo (dado que es una reforestación) fue de *E. globulus*, especie altamente susceptible al patógeno, esto implica que en la zona existe una gran fuente de inóculo.

Considerando esto y las precipitaciones ocurridas en esos meses podemos decir que las condiciones ambientales fueron muy favorables para el desarrollo de la enfermedad, lo que se vio claramente en la alta incidencia y severidad de *T. nubilosa* en la masa forestal, sobre todo en la segunda fecha de muestreo.

Como se expuso en el punto 4.2.2 es posible adjudicar cierto beneficio a la fertilización foliar, aunque el análisis de varianza reporta que no existen diferencias significativas para ninguno de los 3 tratamientos. A pesar de esto, las dosis y momentos de aplicación podrían ajustarse de mejor manera, por ejemplo aplicarlos en los períodos de óptimo desarrollo del patógeno que se ilustran anteriormente, de esta manera podríamos estudiar mejor la respuesta de la plantación a la fertilización foliar con y sin bioestimulantes.

4.3.3 Identificación de *P. cinamomii*

Para el caso de este patógeno no se realizaron estudios exhaustivos. A nivel de campo se pudo observar los síntomas característicos del daño ocasionado por este patógeno, además, fue posible constatar el aroma a alcohol característico que presentan las raíces afectadas por el patógeno. A

continuación se presentan imágenes representativas del daño.

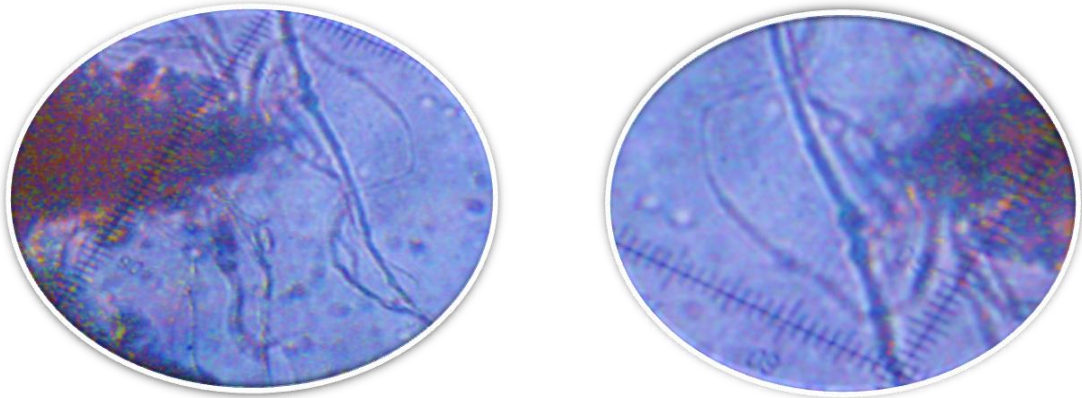
Figura No. 14, 15, 16, 17. Síntoma característico de *P. cinnamomi*



En estas imágenes se puede observar la característica muerte descendente causada por *P. cinnamomi*. En la imagen superior izquierda se comienzan a visualizar los síntomas de marchitez descendentes en la planta, en la siguiente imagen (derecha) se visualiza una planta completamente marchita dentro de la plantación. La siguiente imagen corresponde a una planta completamente marchita (abajo izquierda) y la última imagen representa la característica raíz con pudrición.

En el microscopio se pudo visualizar micelio cenocítico hialino continuo, con presencia de protuberancias, característico de *P. cinnamomi*.

Figura No. 18. Imágenes de microscopio de *P. cinnamomi*



5 CONCLUSIONES

Considerando la fertilización fosfatada al suelo, el crecimiento en altura total de planta y diámetro a la altura del piso de *Eucalyptus maidenii* no presento diferencias significativas para los tratamientos de fertilización fosfatada con y sin bioestimulantes en ninguno de los dos momentos de evaluación.

La concentración foliar de nutrientes reporto diferencias significativas para los nutrientes potasio y nitrógeno a los 6 meses de evaluación, ambos nutrientes reportaron valores más altos para el tratamiento Superfosfato de calcio. Estas diferencias no fueron significativas a los 12 meses.

En la primera evaluación, las concentraciones foliares de nutrientes se encontraron dentro de niveles adecuados, a excepción del nitrógeno. Asimismo a nivel de campo se observaron severos síntomas foliares de deficiencia de P. En la segunda medición los niveles nutricionales disminuyeron en forma general, y los macronutrientes nitrógeno potasio y fósforo se encontraron en niveles marginales. Este hecho se puede atribuir al efecto dilución de los nutrientes. A nivel de campo se continuó observando una deficiencia de fósforo severa.

En lo que respecta a la sanidad, Se observo una mayor sobrevivencia de plantas tratadas con Superfosfato de calcio a los 6 meses, a los 12, la sobrevivencia fue muy similar en ambos tratamientos. No se observaron muertes a causa de *P. cinnamomi* a los 6 meses. A los 12 meses las parcelas tratadas con Top-Phos® exhibieron menor número de muertes. Por otra parte, La incidencia de *T. nubilosa* en la primera evaluación fue menor en las plantas tratadas con Superfosfato de calcio y en la segunda evaluación, todas las plantas independientemente del tratamiento, presentaron síntomas de la enfermedad. En esta última instancia la severidad fue mayor en las parcelas tratadas con Superfosfato de calcio.

Teniendo en cuenta los tratamientos foliares, si bien no se observaron diferencias significativas en los parámetros morfológicos, las parcelas que recibieron algún tipo de fertilización foliar mostraron valores promedio superiores al testigo. La concentración foliar de nutrientes tampoco reporto diferencias significativas, aunque las plantas que recibieron aplicaciones de

Fertileader® y Nitrofoska® Foliar SL presentaron una concentración de nitrógeno superior.

Se observó mayor sobrevivencia en las plantas tratadas con Fertileader® seguido por las plantas testigo y en menor porcentaje Nitrofoska® Foliar SL. Las parcelas que recibieron algún tipo de fertilización foliar presentaron menores muertes a causa de *P. cinnamomi*, las parcelas con menor número de muertes fueron las tratadas con Nitrofoska® Foliar SL. Por otro lado, la incidencia de MLD fue de 100% independiente de los tratamientos. El estudio de severidad señaló que las parcelas tratadas con Fertileader® presentaron mayor severidad de daño, seguidos por las parcelas testigo y Nitrofoska® foliar SL respectivamente.

A nivel de laboratorio se pudo constatar la presencia de *T. nubilosa* como patógeno causante del complejo MLD. El estudio de las condiciones ambientales indicó que se produjeron condiciones muy favorables para el desarrollo de la especie, reportándose 7 ventanas para el desarrollo óptimo del patógeno durante la investigación.

Por último, también se pudo constatar a nivel de laboratorio la presencia del patógeno *P. cinnamomi*.

6 RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto de la nutrición y la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento y sanidad de una plantación de *Eucalyptus maidenii*, ubicada en la localidad de Cerro Colorado, Florida. Para ello se evaluaron distintos productos comerciales con o sin bioestimulantes, aplicados al suelo (Top-Phos® Vs Superfosfato de calcio) y en forma foliar (Fertileader® Vs Nitrofoska® Foliar SL). A los 6 y 12 meses post-plantación, se evaluaron parámetros morfológicos (altura total de planta y diámetro a la altura del cuello), la concentración foliar de nutrientes y sanidad de las plantas (sobrevivencia, incidencia y severidad del complejo *Mycosphaerella* e incidencia de *Phytophthora cinnamomi*). En forma complementaria al estudio del daño ocasionado por el complejo MLD, se evaluó el efecto de las condiciones climáticas ocurridas durante el periodo de evaluación. Considerando las parcelas que tuvieron algún tipo de fertilización fosfatada, no se registraron diferencias significativas en los parámetros morfológicos en ambas fechas de muestreo. Sin embargo, la aplicación de Superfosfato de calcio redundó en mayores concentraciones foliares de potasio y nitrógeno a los 6 meses de evaluación. Estas diferencias no fueron significativas a los 12 meses. Si bien a nivel de campo se observaron severos síntomas foliares de deficiencia de fósforo, las concentraciones foliares en la primera evaluación se encontraron dentro de los niveles adecuados. En la segunda evaluación los contenidos foliares de nutrientes disminuyeron en forma general, y los macronutrientes nitrógeno, potasio y fósforo se encontraron en niveles marginales. A nivel de campo se continuó observando una sintomatología severa de deficiencia de fósforo. Los tratamientos foliares no presentaron diferencias significativas para los parámetros morfológicos ni para la concentración foliar de nutrientes, sin embargo aquellas parcelas que recibieron algún tipo de fertilización foliar reportaron valores favorables, destacando una mayor concentración de nitrógeno. En lo que respecta a la sanidad, se observó una mayor sobrevivencia de plantas tratadas con Superfosfato de calcio a los 6, mientras a los 12 meses la supervivencia fue muy similar. No se observaron muertes a causa de *P. cinnamomi* a los 6 meses, a los 12 meses las plantas tratadas con Top-Phos® exhibieron menores muertes a causa de este patógeno. Por otra parte, la incidencia de MLD en la primera evaluación fue menor en las plantas tratadas con Superfosfato de

calcio, a los 12 meses todas las plantas independientes del tratamiento presentaron síntomas de la enfermedad. En la segunda medición se pudo constatar que el tratamiento Superfosfato de calcio presentó mayor % de plantas con severidades de escala mayor. Considerando los tratamientos foliares, se observó mayor sobrevivencia en las plantas tratadas con Fertileader® seguido por las plantas testigo y en menor porcentaje Nitrofoska® Foliar SL. Las parcelas que recibieron algún tipo de fertilización foliar presentaron menores muertes a causa de *P. cinnamomi*, las parcelas con menor número de muertes fueron las tratadas con Nitrofoska® Foliar SL. Por otro lado, la incidencia de MLD fue de 100% independiente de los tratamientos. El estudio de severidad señaló que las parcelas tratadas con Fertileader® presentaron mayor % de plantas con síntomas más severos de la enfermedad, seguidos por las parcelas testigo y Nitrofoska® foliar SL respectivamente. A nivel de laboratorio fue posible reconocer la presencia de los patógenos *Teratosphaeria nubilosa* (patógeno perteneciente al complejo MLD) y *Phytophthora cinnamomi*.

Palabras claves: *Eucalyptus maidenii*, *Mycosphaerella spp.*; *Teratosphaeria spp.*; *Phytophthora spp.*; Fertilización; Bioestimulantes.

7 SUMMARY

This research aimed to study the effect of nutrition and application of bio-stimulants on the growth and health of a *Eucalyptus maidenii* plantation, located in Cerro Colorado, Florida. To do this, various commercial products were evaluated with or without biostimulants applied to the soil (Top-Phos® vs calcium superphosphate) and at leaf (Fertileader® vs Nitrofoska® Foliar SL). At 6 and 12 months post-planting, were evaluated morphological parameters (total plant height and diameter at the neck), foliar concentration of nutrients and plant health (survival, incidence and severity of *Mycosphaerella* complex and incidence of *Phytophthora cinnamomi*). As a complement to the study of the damage caused by the MLD complex, the effect of weather conditions that occurred during the evaluation period, in the development of various diseases was evaluated. As a complement to the study of the damage caused by the MLD complex, the effect of weather conditions that occurred during the evaluation period was evaluated. Considering the plots that had some kind of phosphate fertilization, no significant differences were observed in the morphological parameters in both sampling dates. However, the application of calcium superphosphate resulted in higher foliar nitrogen and potassium concentrations at 6 months of evaluation. These differences were not significant at 12 months. While field-level severe foliar symptoms of phosphorus deficiency were observed, foliar concentrations in the initial evaluation were within appropriate levels. In the second evaluation foliar nutrient contents decreased in general, and the macronutrients nitrogen, potassium and phosphorus are found in marginal levels. At the field level will continue observing severe phosphorus deficiency symptoms. Foliar treatments were not significantly different for morphological or for foliar nutrient concentration parameters, but those plots that received some form of foliar fertilization reported favorable values, emphasizing a higher concentration of nitrogen. With regard to health, enhanced survival of plants treated with Superfosfato de calcio at 6 months was observed, while at 12 months the survival was very similar. No deaths were observed due to *P. cinnamomi* at 6 months, at 12 months Top-Phos® treated plants also exhibited lower deaths due to this pathogen. Moreover, the incidence of MLD in the first assessment was lower in plots treated with Superfosfato de calcio, at 12 months all plants independent of the treatment showed symptoms of the disease. In the second measurement it was found that Superfosfato de calcio treatment had higher % of plants with larger scale severities. Considering foliar treatments,

higher survival was observed in plots treated with Fertileader® followed by plants control and lesser percentage of plants treated with Nitrofoska® Foliar SL. Plots that received some type of foliar fertilization showed lower deaths from *P. cinnamomi*, plots with fewer deaths were treated with Nitrofoska® Foliar SL. On the other hand, the incidence of MLD was 100% independent of the treatments. The study of severity indicates that plots treated with Fertileader® had higher% of plants with more severe symptoms of the disease, followed by the control plots and Nitrofoska® Foliar SL respectively. A laboratory scale was possible to recognize the presence of pathogens *Teratosphaeria nubilosa* (pathogen belonging to the complex MLD) and *Phytophthora cinnamomi*.

Keywords: *Eucalyptus maidenii*; *Mycosphaerella spp.*; *Teratosphaeria spp.*; *Phytophthora spp.*; Fertilization; Bioestimulantes.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, C. 2008. Evaluación de una fertilización en *Eucalyptus globulus* Labill. aplicada en la etapa de máxima acumulación nutritiva. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 64 p.
2. Agrios, G. 2007. Fitopatología. 2a. ed. México, Limusa. 856 p.
3. Alonso, R.; Soria, S.; Lupo, S.; Bettucci, L.; Pérez, C. 2012. Alternativas químicas para el manejo de manchas foliares en *Eucalyptus globulus*. In: Jornada Técnica, Protección Forestal (2012, Tacuarembó). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. p. 13 (Actividades de Difusión no. 703).
4. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimientos de suelos del Uruguay; clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
5. Aparicio, J. 2001. Rendimiento y biomasa de *Eucalyptus nitens* con alternativas nutricionales para una silvicultura sustentable en un suelo rojo arcilloso. Tesis Magíster en Ciencias. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 234 p.
6. Balmelli, G.; Marroni, V.; Altier, N.; García, R. 2004. Potencial de mejoramiento genético para el manejo de enfermedades en *Eucalyptus globulus*. Montevideo, INIA. 44 p. (Serie Técnica no. 143)
7. _____; Simeto, S.; Perdomo, C.; Zamalvide, J.; Ferrando, M. 2009. Efecto de la fertilización con N, P y B en el nivel de daño de *Mycosphaerellas* en *Eucalyptus globulus*. In: Seminario Técnico de Sanidad Forestal (2009, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 43-47 (Actividades de Difusión no. 594).
8. _____; _____; Torres-Dini, D.; Castillo, A.; Altier, N.; Pérez, G.; Mac Gregor, J.; Peverelli, A.; Diez, J. J. 2013. Mejoramiento genético en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii* por

resistencia a *Teratosphaeria nubilosa*. (en línea). In: Jornada Técnica de Protección Forestal (5ª., 2013, Tacuarembó). Avances de investigación en plagas y enfermedades forestales. Montevideo, INIA. pp. 55-65 (Serie Técnica no. 209). Consultado 16 set. 2014. Disponible en http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/st%20209_2013.pdf

9. _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; Núñez, P.; Rodríguez, F.; González, W.; Pérez, G.; Diez, J. 2014. Efecto del daño de *Teratosphaeria nubilosa* sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii* al año de iniciada la infección. In: Jornada Técnica de Protección Forestal (6ª., 2014, Montevideo). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 73-84 (Serie Técnica no. 213)
10. Barbazán, M. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 27 p. Consultado 2 oct. 2014. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/AnPlantas.pdf>
11. Barboza, F. 2013. Efecto de la fertilización y aplicación de bioestimulantes en el desarrollo inicial de plantaciones de *Eucalyptus globulus* sobre suelos de Lavalleja y Rocha. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 48 p.
12. Bari, R.; Jones, J. D. 2009. Role of plant hormones in plant defence responses. (en línea). *Plant Molecular Biology*. 69(4): 473-488. Consultado 23 dic. 2014. Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1007/s11103-008-9435-0#page-1>
13. Basurco, F.; Noriega, M.; Romeral, L.; Toval, G. 2000. Ensayos de fertilización localizada en masas clonales de *Eucalyptus globulus* en el momento de la plantación en la provincia de La Coruña. Pontevedra, Centro de Investigación y Tecnología de ENCE. 5 p.
14. Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*. 20: 135-148.

15. Bray, R. H.; Kurtz, L. T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*. 59:39-45.
16. Bremner, J. M.; Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen-total. *In*: Page, A. L. ed. *Methods of soil analyses*. 2nd. ed. Madison, WI, ASA/SSSA. pp. 595-624 (Agronomy monograph no. 9).
17. Brussa, C. A. 1994. *Eucalyptus* ; especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 328 p.
18. Boardman, R.; Cromer, R.N.; Lambert, M.J.; Webb, M.J. 1997. Forest plantations. *In*: Reuter, D. J.; Robinson, J. B. eds. *Plant analysis, an interpretation manual*. 2nd. ed. Collingwood, CSIRO. pp. 505-561.
19. Bonilla, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. *In*: Azcón-Bieto, J.; Talón, M. eds. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona, España, Mc Graw-Hill. pp. 113-129.
20. Cantera, B.; Ihlenfeld, S. 2014. Efecto de la fertilización y aplicación de bioestimulantes en el desarrollo inicial de plantaciones de *Eucalyptus globulus* sobre suelos de Lavalleja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
21. Carnegie, A. J.; Ades, P. K. 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. (en línea). *Australasian Mycologist*. 21: 53–63. Consultado 19 dic. 2014. Disponible en <http://www.australasianmycology.com/pages/pdf/21/2/53.pdf>
22. Cheah, L. H.; Hartill, W. F. 1987. Ascospore release in *Mycosphaerella cryptica* (Cooke) Hansford. (en línea). *European Journal of Forest Pathology*. 17(3): 129-141. Consultado 16 ene. 2015. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0329.1987.tb00738.x/abstract?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+be+disrupted+on+20th+Dec+from+10%3A00->

[14%3A00+GMT+%2805%3A00-09%3A00+EST%29+for+essential+maintenance.](#)

23. Chen, T.; Murata, N. 2011. Glycinebetaine protects plants against abiotic stress: mechanisms and biotechnological applications. (en línea). *Plant, Cell and Environment*. 34: 1-20. Consultado 27 may. 2014. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2010.02232.x/pdf>
24. Crous, P.; Braun, U.; Groenwald, J. 2007. *Mycosphaerella* is polyphyletic. (en línea). *Studies in Mycology*. 58: 1 – 32. Consultado 17 nov. 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061614601172>
25. Dell, B.; Malajczuk, N.; Xu, D; Grove, T. S. 2001. Nutrient disorders in plantation eucalypts. Canberra, Australia, ACIAR. 188 p.
26. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1981. El Eucalyptus en la repoblación forestal. (en línea). Roma. pp. 1 - 50. Consultado 8 may. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC459S00.htm>
27. _____. 2006. Manual de campo; plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay. Proyecto PCT/URU/3002". Apoyo a la defensa y protección de las plantaciones forestales en el Uruguay. (en línea). Montevideo, Uruguay, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. p. 167. Consultado 20 ago. 2014. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~forestal/cursos/proteccion/Fao%20Manual%20de%20Campo.pdf>
28. Ferrando, M.; Mercado, G.; Hernández, J. 2002. Dinámica del hierro y disponibilidad de fósforo durante períodos cortos de anaerobiosis en los suelos. *Agrociencia* (Montevideo). 6:1-9.
29. _____.; 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.

30. _____.; _____. 2012. Aplicación de boro en eucalipto; comparación de fuentes. (en línea). Revista Árvore. 36(6): 1191-1197. Consultado 5 nov. 2014. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622012000600020&script=sci_arttext
31. Fichet, T. 2009. Bioestimulantes; bienvenidos al fruto-culturismo. (en línea). Santiago de Chile, s.e. pp. 1-2. Consultado 20 oct. 2014. Disponible en <http://www.freshplaza.es/article/18590/Bioestimulantes-Bienvenidos-al-Fruto-Culturismo>
32. Gallo, L. 2012. Mejoramiento genético forestal. Montevideo, Facultad de Agronomía. 29 p.
33. Golfari, L. 1985. Distribución regional y condiciones ecológicas de los eucaliptos cultivados en la Argentina; problemas inherentes. Buenos Aires, CIEF. 20 p. (Publicación Técnica no. 1).
34. Gómez, C. 2006. Detección de limitantes nutrientes en eucalyptus a través de ensayos en macetas. (en línea).s.n.t. pp.1-4. Consultado 8 abr. 2014. Disponible en http://www.monografias.com/trabajos38/limitantes_nutritivos/limitantes-nutritivos.shtml
35. González, H. M.; Hernández, D. M. I.; Dupeyrón, M. D.; Rieumont, B. J.; Rodríguez, A. C.; Cuesta, E.; Sardiña, C. 2007. Síntesis y comportamiento de un material polimérico aplicado como recubrimiento en un fertilizante de liberación controlada. (en línea). Revista Iberoamericana de Polimeros. 8:275-286. Consultado 8 dic. 2014. Disponible en <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/SEP07/gonzalez.pdf>
36. Graciano, C.; Goya, J.; Caldiz, D. 2004. Acumulación y distribución de materia seca en Eucalyptus globulus (Labill.) plantado en macetas con tres tipos de suelo y fertilizado con fósforo. (en línea). Ecología Austral. 14 (1): 53-63. Consultado 13 ago. 2014. Disponible en

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2004000100007

37. Granados, D.; López, G. 2007. Fitogeografía y ecología del género *Eucalyptus*. (en línea). Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 13 (2): 143-156. Consultado 25 oct. 2014. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/629/62913208.pdf>
38. Hardham, A. R. 2005. Phytophthora cinnamomi. (en línea). Molecular Plant Pathology. 6(6): 589-604. Consultado 3 oct. 2014. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1364-3703.2005.00308.x/full>
39. Hernández, J.; Zamalvide, J. P. 1998. Procesos de retención de fósforo por los suelos evaluados a través de parámetros de suelo y planta. Agrociencia (Montevideo). 1 (2): 48-63.
40. _____. 2010. 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.
41. Hirigoyen, A. 2011. Evaluación del daño causado por la mancha foliar (*Teratosphaeria nubilosa*) en *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, bajo dos tratamientos de fertilización. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 61 p.
42. Hunter, G. C.; Crous, P. W.; Carnegie, A. J.; Wingfield, M. J. 2009. *Teratosphaeria nubilosa*, a serious leaf disease pathogen of *Eucalyptus* spp. in native and introduced areas. Molecular Plant Pathology. 10 (1): 1-14.
43. Ipinza, R. 2000. Modelo básico de mejora genética. (en línea). In: Domesticación y mejora genética de raulí y roble. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. Instituto Forestal. pp. 197- 213. Consultado 14 nov. 2014. Disponible en http://www.researchgate.net/publication/249747227_Domesticacion_y_Mejora_genetica_de_rauli_y_roble

44. Isaac, R. A.; Kerber, J. D. 1971 Atomic absorption and flame photometry; techniques and uses in soil, plant and water analysis. *In*: Walsh, L. M. ed. Instrumental methods for analysis of soil and plant tissues. Madison, WI, SSSA. pp. 17-37.
45. Jacome, L. H.; Schuh, W.; Stevenson, R. E. 1991. Effect of temperatura and relative humidity on germination and germ development of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. (en línea). *Phytopathology*. 81: 1480–1485. Consultado 8 dic. 2014. Disponible en http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n12_1480.pdf
46. Jiménez, S. 1992. Fertilizantes de liberación lenta. Madrid, ES, Mundi-Prensa. 146 p.
47. Judd, T. S.; Attiwill, P. M.; Adams, M. A. 1996. Nutrient concentration in Eucalyptus; a synthesis in relation to differences between taxa, sites and components. *In*: Attiwill, P.M.; Adams, M. eds. Nutrition of Eucalyptus. Collingwood, AU, CSIRO. pp. 123–153.
48. Kolmans, E.; Vásquez, D. 1996. Manual de agricultura ecológica; una introducción a los principios básicos y su aplicación. (en línea). Managua, Nicaragua, MAELA-SIMAS. 157 p. Consultado 9 dic. 2014. Disponible en <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2188/14592.pdf>
49. Leite, P. B.; Álvarez, V. V. H.; Barros, N. F.; Neves, J. C. L.; Guarçoni, M. A.; Zañão Júnior, L.A. 2009. Níveis críticos de fósforo para eucalipto, em casa de vegetação, em função da sua localização no solo. (en línea). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 33: 1311-1322. Consultado 10 dic. 2014. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a24.pdf>
50. López, G. A. 2010. Domesticación y cultivo del Eucalipto. (en línea). Centro de Investigación Forestal ENCE. Boletín del CIDEU. nos. 8-9: 83-95. Consultado 12 dic. 2014. Disponible en http://www.academia.edu/4704965/Domesticacion_y_cultivo_del_eucalipto

51. Malavolta, E.; Vitti, G. C.; De Oliveira, S. A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 319 p.
52. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Estadísticas Agropecuarias, UY). 2013. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). Montevideo. 270 p. Consultado 10 set. 2014. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,754,O,S,0,MNU;E;27;9;MNU>
53. _____. DGF (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General Forestal, UY). 1994. Uruguay; Proyecto Regional de Alternativas para la Inversión Forestal. (en línea). Washington, D. C., OEA. 209 p. Consultado 8 dic. 2014. Disponible en <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea20s/oea20s.pdf>
54. _____. _____. 2012. Estadísticas y mercado. Recurso forestal. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 20 nov. 2014. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,dgf,dgf-principal,O,es,0>
55. Mansilla, P.; Aguíñ, O.; Pintos, C.; Otero, L. 2005. *Mycosphaerella nubilosa* (Cooke) Hansford. (*Mycosphaerella nubilosa*). (en línea). Pontevedra, Servicio Agrario. Estación Fitopatológica do Areeiro. 20 p. (Ficha 37/05). Consultado 21 may. 2014. Disponible en <http://www.efa-dip.org/comun/publicaciones/FTecnicas/Download/37ok%20mycosphaerella.pdf>
56. Martino, D.; Bennadji, Z.; Fossati, A.; Pagliano, D.; van Hoff, E. 1997. La forestación con eucaliptus en Uruguay; su impacto sobre los recursos naturales y el ambiente. Montevideo, INIA. 24 p. (Serie Técnica no. 88).
57. Méndez, A. R. 2013. Evaluación de la actividad microbiana presente en el suelo, en respuesta a la aplicación del abono orgánico compost y su efecto en la producción de pastos. Cayambe-Ecuador 2012. (en línea). Tesis Ingeniero Agropecuario. Quito, Ecuador.

Universidad Politécnica Salesiana (sede Quito). 133 p. Consultado 12 dic. 2014. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

58. Mora, Ma. V.; Bacaicoa, E.; Zamarreño, A.; Garnica, M.; García-Mina, J. Ma. 2009. Relationships among the growth promoting action of a purified humic 2 acid and its effects on the nutritional status and hormonal balance of 3 cucumber plants cultivated in hydroponics. (en línea). *In*: Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal (13^a, 2009, Zaragoza). Trabajos presentados. Zaragoza, Ministerio de Ciencia e Innovación. CSIC. Estación Experimental de Aula Dei. s.p. Consultado 12 mar. 2014. Disponible en <http://www.eead.csic.es/sevf09/04.html>
59. Murphy, J. Y.; Riley, J. P. 1962. A modified single solution methods for determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* .27:31-36.
60. Park, R. F.; Keane, P. J. 1982. Leaf diseases of Eucalyptus associated with *Mycosphaerella* species. (en línea). *Transactions of the British Mycological Society*. 79(1): 101-115. Consultado 21 nov. 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153682801952>
61. Perdomo, C. 2011. Respuesta a la fertilización nitrogenada y detección de otras deficiencias nutricionales en *Eucalyptus globulus* y *E. grandis*. (en línea). *In*: Día de Campo Forestal en Zona Sureste (2011, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1-4 (Actividades de Difusión no. 644). Consultado 16 oct. 2014. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/112935020511161051.pdf>
62. Perdomo, C.; Crucci, M. 2010. Respuesta de plantaciones de eucaliptos a la fertilización nitrogenada. *In*: Jornadas de Actualización Técnica; 10 Años de investigación en Producción Forestal (2010,

Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp.48- 54.

63. Pérez, G.; Fros, D.; Altier, N.; Perez, G.; Wingfield, M.; Blanchette, R. 2009a. Identificación de especies fúngicas asociadas a manchas foliares y canchros en *Eucalyptus*. (en línea). In: Jornada Técnica, Protección Forestal (2009, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 19-24 (Actividades de Difusión no. 567). Consultado 12 oct. 2014. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14432290409100546.pdf>
64. _____.; Hunter, G.; Slippers, B.; Pérez, C.; Wingfield, B.; Wingfield, M. 2009b. *Teratosphaeria* (*Mycosphaerella*) *nubilosa*, the causal agent of *Mycosphaerella* leaf disease (MLD), recently introduced into Uruguay. (en línea). *European Journal of Plant Pathology*. 125(1): 109-118. Consultado 23 oct. 2014. Disponible en http://www.fabinet.up.ac.za/publication/pdfs/231-2009_perez_et_al_ejpp.pdf
65. Pinkard, E.; Mohammed, C. 2006. Photosynthesis of *Eucalyptus globulus* with *Mycosphaerella* leaf disease. (en línea). *New Phytologist*. 170(1): 119-127. Consultado 18 jun. 2014. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2006.01645.x/full>
66. Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. *Mensura forestal*. (en línea). San José, CR, IICA, 561 p. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible no. 1). Consultado 20 dic. 2014. Disponible en <http://books.google.com.uy/books?id=0BfaTECpREEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
67. Rangel, G.; Castro E.; Beltran, E.; Reyes H.; García, E. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas*. 12(2): 90- 95.
68. Romero, G.; Marius, N. 2002. Deficiencias de nutrientes en eucalyptus. Montevideo, Facultad de Agronomía. 9 p.

69. _____. 2013. Enfermedades forestales en el Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 55 p.
70. Saborio, F. 2002. Bioestimulantes en la fertilización foliar; principios y aplicaciones. *In*: Meléndez, G.; Molina, E. eds. Memorias del Laboratorio de Suelos y Foliars. San José, Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. pp. 107-124.
71. Sánchez, F. E. 2008. Jasmonatos; compuestos de alto valor para la agricultura. Parte I. Actividad biológica y ruta biosintética del ácido jasmónico en plantas. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 42(1-3): 51-59.
72. Sánchez, M. I.; Franco, H. C. 2006. Manejo de la fertilización foliar y Bioestimulantes. (en línea). Madrid, s.e. s. p. Consultado nov. 2014. Disponible en <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=179040>.
73. Segura, J. 2008. Citoquininas. *In*: Azcón-Bieto, J.; Talón, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, España, Mc Graw-Hill. pp. 421-444.
74. Shaviv, A. 2000. Advances in controlled release fertilizer. (en línea). *Advanced Agronomy*. 71: 1-49. Consultado 18 dic. 2014. Disponible en <http://tx.technion.ac.il/~agrengr/agr/members/shaviv/Advances%20in%20CRF.PDF>
75. Simeto, S.; Balmelli, G.; Martínez, G.; Torrez, D. 2009a. La enfermedad causada por *Micosphaerella spp.* y *Teratosphaeria spp.*; una seria amenaza a la plantación de *Eucalyptus globulus* en Uruguay. *Revista INIA*. no.20: 48-50.
76. _____.; _____.; _____.; _____. 2009b. *Teratosphaeria Nubilosa* (Cooke) Crous & Braun, agente causal de manchas necróticas y defoliación en *Eucalyptus spp.* *Revista INIA*. no. 20: 51- 52.
77. Singh, B. K. 2002. Fertilización foliar de cultivos con ácidos húmicos. (en línea). *In*: Seminario de Capacitación sobre Fertilización Foliar;

Principios y Aplicaciones (2002, San José, CR). Conferencias. San José, CR, UCR. CIA. pp.101-106. Consultado 17 nov. 2014.

Disponible en

<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf#page=104>

78. Slee, A.; Brooker, M.; Duffy, S.; West, J. 2006. ELUCID Eucalypts of Australia. (en línea). 3rd. ed. Victoria, AU, Centre for Plant Biodiversity Research (CPBR). s.p. Consultado 22 oct. 2014. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/samples/euclid/sample/html/learn.htm#evolution>
79. Storino, F. 2009. Efectos de la aplicación de distintos tipos de fertilizantes órgano-fosfatados sobre el sistema suelo-planta. Tesis Master en Agrobiología ambiental. Navarra, España. Universidad Pública de Navarra. 60 p.
80. Tinaut, M.; Espinosa, F. 2003. Jasmonatos y salicilatos; fitohormonas clave en las 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.
81. Tisdale, S.; Nelson, W. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, Montaner y Simón. 700 p.
82. Tommasino, H. 2013. Cadena forestal madera; desempeño reciente y desafíos. (en línea). Anuario OPYPA 2012: 213-224. Consultado 15 nov. 2014. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypapublicaciones/ANUARIOS/Anuario2013/material/pdf/11.pdf>
83. Turnbull, J. W. 2000. Economic and social importance of eucalypts. (en línea). In: Keane, P. J.; Kile, G. A.; Podger, F. D ; Brown, B. N. eds. Diseases and pathogens of eucalypts. AU, CSIRO, Collingwood . pp. 1-9. Consultado 15 nov. 2014. Disponible en <http://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=PENpGhQ1gmgC&oi=fnd&pg=PA1&dq=turnbull+2000%2B+economic+and+social+i>

[mportance+of+eucalyptus%2Bdiseases+and+pathogens+of+eucalyptus&ots=0hkR3KyKqU&sig=Izif1NonCQjc-DyDbWwPFf5QGS8#v=onepage&q=turnbull%202000%2B%20economic%20and%20social%20importance%20of%20eucalyptus%2Bdiseases%20and%20pathogens%20of%20eucalyptus&f=false](http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.py.25.090187.001231?journalCode=phyto)

84. Uruguay Siglo XXI. 2011. Sector Forestal; oportunidades de inversión en Uruguay. (en línea). Montevideo. pp. 1-36. Consultado 13 nov. 2014. Disponible en http://issuu.com/uyxxi/docs/sector_forestal_-_uruguay_xxi_-_201
85. Van Lierop, W. 1990. Soil pH and lime requirement determinations. In: Westerman, R. I. ed. Soil testing and plant analysis. Madison, WI, SSSA. pp. 73-126 (SSSA Book Series no. 3).
86. Walkley, A.; Black, T. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37:29-38.
87. Weste, G.; Marks, G. C. 1987. The biology of *Phytophthora Cinnamomi* in australasian forests. (en línea). Annual Review of Phytopathology. 25 (1): 207-229. Consultado 12 set. 2014. Disponible en <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.py.25.090187.001231?journalCode=phyto>
88. Zacarías, L.; Lafuente, M. T. 2008. Etileno, ácido abscísico y otros reguladores del desarrollo. In: Azcón-Bieto, J., Talón, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. Madrid, McGraw Hill Interamericana. pp. 445-465.
89. 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.
90. Zentmyer, G. A. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. St. Paul, MN, USA, American Phytopathological Society. cap. 10, 96 p.