

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INCIDENCIA DE DIFERENTES FACTORES EN LA MANIFESTACIÓN DE  
SINTOMATOLOGÍA DE CANCROSIS POR *CERATOCYSTIS SPP.* EN  
*EUCALYPTUS SPP.* EN PLANTACIONES DEL ESTE DEL PAÍS

por

Gustavo Javier PERERA MARTÍNEZ

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2016

Tesis aprobada por:

Director:

.....  
Ing. Agr. Graciela Romero  
.....

.....  
Ing. Agr. Luis Gallo  
.....

.....  
Ing. Agr. Alejandro Castromán  
.....

Fecha: 5 de julio de 2016.

Autor:

.....  
Gustavo Javier Perera Martínez

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primera instancia a mi familia y a la familia Bravo – González, por el apoyo incondicional brindado durante el transcurso de este trabajo y a lo largo de toda la carrera.

En segundo lugar agradezco al grupo de profesionales que trabajaron directa o indirectamente conmigo en el desarrollo del trabajo, a la Ingeniera Agrónoma Graciela Romero, Ingeniero Agrónomo Alejandro Castromán, Ingeniero Agrónomo Luis Gallo, funcionaria Danila Balbi, Ingeniero Agrónomo Marcelo Ferrando, Licenciada Sully Toledo, bachilleres Carlos Perdomo y Belén Moreno y a todo el personal de biblioteca.

Importante recordar además a aquellas personas que empezaron siendo colegas, pasaron a ser compañeros y terminaron siendo soporte de mil batallas y amigos de la vida; aquellas que siempre estuvieron brindando su amistad y apoyo incondicional en todo momento; y aquellas que estuvieron en las diferentes etapas de la carrera y que ahora me apoyan desde otro lugar.

La última mención es para la institución UdelaR y en particular a la Facultad de Agronomía por permitirme ser parte de esta casa, y brindarme el privilegio de disfrutar de una carrera hermosa y llena de satisfacciones.

Los agradecimientos siempre son complicados porque es muy difícil plasmar en pocas líneas el grupo humano que participó en todo este proceso, por eso doy un gracias general a todos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. NOMBRE DE LA ENFERMEDAD .....	3
2.2. AGENTE CAUSAL .....	3
2.3. TAXONOMÍA .....	4
2.4. DESCRIPCIÓN DEL PATÓGENO.....	5
2.5. DISTRIBUCIÓN .....	7
2.6. HISTORIA DE DISPERSIÓN .....	8
2.7. SÍNTOMAS .....	9
2.7.1. <u>Eucalyptus</u> .....	9
2.7.2. <u>Otras especies</u> .....	11
2.8. CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES.....	12
2.8.1. <u>Condiciones predisponentes para Eucalyptus</u> .....	14
2.8.2. <u>Nutrientes importantes que aumentan la susceptibilidad</u> .....	14
2.8.2.1. Rol del calcio.....	14
2.8.2.2. Rol del boro en las plantas. ....	19
2.9. FORMAS DE DISPERSIÓN .....	21
2.9.1. <u>Natural</u> .....	21
2.9.2. <u>Antropogénica</u> .....	22
2.9.3. <u>Vectorizada por insectos</u> .....	22
2.9.4. <u>Características de los órdenes, familias y subfamilias mencionadas para Uruguay</u> .....	23
2.9.5. <u>Principales insectos asociados</u> .....	24
2.9.5.1. <i>Xyleborinus saxesenii</i> .....	24
2.9.5.2. <i>Xyleborus ferrugineos</i> . ....	25
2.9.5.3. <i>Hylurgus ligniperda</i> .....	26
2.9.5.4. <i>Orthotomicus erosus</i> .....	27
2.9.5.5. <i>Platypus sulcatus</i> .....	29
2.10. PREVENCIÓN Y CONTROL .....	30
2.10.1. <u>Medidas culturales</u> .....	30
2.10.2. <u>Resistencia de los hospederos</u> .....	30
2.10.2.1. <i>Eucalyptus</i> .....	30
2.10.2.2. Otras especies.....	31
2.10.3. <u>Control químico</u> .....	32

2.10.4.	<u>Control biológico</u> .....	33
2.11.	<b>PÉRDIDAS</b> .....	33
2.11.1.	<u>Eucalyptus</u> .....	33
2.11.2.	<u>Otras especies</u> .....	34
2.12.	<b>ESPECIES DE EUCALYPTUS</b> .....	34
2.12.1.	<u>Eucalyptus dunnii</u> .....	34
2.12.1.1.	Morfología .....	34
2.12.1.2.	Distribución natural.....	35
2.12.1.3.	Condiciones climáticas y edafológicos .....	35
2.12.1.4.	Madera.....	35
2.12.2.	<u>Eucalyptus globulus</u> .....	36
2.12.2.1.	Morfología .....	36
2.12.2.2.	Distribución natural.....	36
2.12.2.3.	Condiciones climáticas y edafológicos .....	36
2.12.2.4.	Madera.....	37
2.12.3.	<u>Eucalyptus maidennii</u> .....	37
2.12.3.1.	Morfología .....	37
2.12.3.2.	Distribución natural.....	38
2.12.3.3.	Condiciones climáticas y edafológicos .....	38
2.12.3.4.	Madera.....	38
2.12.4.	<u>Eucalyptus benthamii</u> .....	38
2.12.4.1.	Morfología .....	38
2.12.4.2.	Distribución natural.....	39
2.12.4.3.	Condiciones climáticas y edafológicos .....	39
2.13.	<b>MADERA DE CALIDAD</b> .....	39
2.13.1.	Aserrado .....	40
2.13.2.	Debobinado .....	41
2.13.3.	Faqueado .....	41
2.13.4.	Otros productos derivados de la madera .....	41
3.	<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b> .....	43
3.1.	<b>CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO</b> .....	43
3.1.1.	<u>Ubicación</u> .....	43
3.1.2.	<u>Superficie</u> .....	43
3.1.3.	<u>Geología</u> .....	44
3.1.3.1.	Terreno Nico Pérez .....	44
3.1.3.2.	Formación Valentines .....	45
3.1.4.	<u>Suelos</u> .....	45
3.1.4.1.	Unidades de Suelo.....	45
3.1.4.2.	Grupos CONEAT.....	47
3.1.5.	<u>Clima</u> .....	49
3.1.5.1.	Temperatura .....	49
3.1.5.2.	Precipitaciones .....	50

3.1.5.3. Vientos .....	52
3.1.6. <u>Especies plantadas e historia</u> .....	53
3.2. TRABAJO DE CAMPO.....	54
3.2.1. <u>Obtención de muestras madera</u> .....	54
3.2.2. <u>Obtención de muestras foliares y de suelo</u> .....	57
3.3. TRABAJO DE LABORATORIO .....	58
3.3.1. <u>Realización de cámara húmeda</u> .....	58
3.3.2. <u>Siembra en medio de cultivo</u> .....	58
3.3.3. <u>Análisis foliares</u> .....	59
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	60
4.1. CARACTERÍSTICA DE LOS CRECIMIENTOS.....	60
4.1.1. <u>Resultados de crecimiento</u> .....	62
4.1.2. <u>Crecimiento de Trichoderma spp</u> .....	62
4.2. PRESENCIA DE GALERÍAS .....	64
4.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....	64
4.3.1. <u>Temperatura media</u> .....	65
4.3.2. <u>Precipitaciones</u> .....	65
4.3.3. <u>Viento</u> .....	66
4.3.4. <u>Análisis conjunto de variables climáticas</u> .....	68
4.4. ANÁLISIS FOLIARES.....	69
4.4.1. <u>Conclusiones en base a trabajos de laboratorio</u> .....	70
4.4.2. <u>Conclusiones en base a observaciones de campo</u> .....	71
4.5. ANÁLISIS DE SUELO.....	71
4.6. MONITOREO POST PLANTACIÓN.....	73
4.6.1. <u>Medidas culturales y re fertilización</u> .....	73
4.6.2. <u>Aplicación pasta cicatrizante</u> .....	73
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	76
5.1. CONSIDERACIONES FINALES .....	77
6. <u>RESUMEN</u> .....	78
7. <u>SUMMARY</u> .....	79
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	80
9. <u>ANEXOS</u> .....	94

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Gráfica No.	Página
1. Temperatura media mensual registrada en el predio. ....	65
2. Precipitaciones mensuales. Período enero 2014-julio 2015. ....	66
3. Vientos máximos y promedios por mes. ....	67
4. Análisis de factores climáticos en conjunto. ....	68
Imagen No.	
1. Estructuras de <i>Ceratocystis fimbriata</i> .....	6
2. Mapa mundial de distribución. ....	7
3. Representación esquemática de la lesión .....	10
4. Representación esquemática de cancro en <i>E. grandis</i> .....	11
5. Detalle de pared primaria y laminilla media. ....	17
6. Detalle de células vegetales con diferentes concentraciones de calcio. ....	18
7. Unión de moléculas por ion borato .....	19
8. Estructura química del complejo bis-diol-borato (borato diester) .....	20
9. Adulto de <i>Xyleborinus saxesenii</i> .....	25
10. Adulto de <i>Xyleborus ferrugineos</i> . ....	26
11. Adulto de <i>Hylurgus ligniperda</i> .....	27
12. Adulto de <i>Orthotomicus erosus</i> .....	28
13. Adulto de <i>Platypus sulcatus</i> .....	29
14. Ubicación del predio. ....	43
15. Superposición de Hoja D4 de Carta geológica del Uruguay, escala 1:500.000. ....	44
16. Unidades de suelo presentes en el área. Superposición de carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Escala 1:1.000.000 .....	45
17. Grupos de Suelos CONEAT presentes en el Predio. ....	47
18. Isotermas de Uruguay, serie histórica 1961-1990. ....	50
19. Isoyetas de Uruguay, serie histórica 1961-1990. ....	51
20. Isolíneas de intensidad del viento de Uruguay, serie histórica 1961-1990. ....	52
21. Especies plantadas, superficie y edad. ....	53
22. Podas realizadas y planificadas. ....	54
23. Localización de las muestras obtenidas. ....	55
24. Árboles sintomáticos y obtención de muestras. ....	56
25. Escala visual de crecimiento. ....	60
26. Estructuras típicas del patógeno. ....	61
27. Crecimiento de <i>Trichoderma</i> .....	63

28. Cancros con aplicación de pasta cicatrizante.....	74
29. Cancro con aplicación de pasta cicatrizante 10 días después. ....	75

Tabla No.

1. Resumen condiciones para cada localidad del ensayo.....	13
2. Resultado del crecimiento muestras.....	62
3. Resultados del crecimiento de las muestras según tipo de suelo .....	62
4. Resultados del análisis foliar. Calcio y boro.....	69
5. Resultado del análisis de suelo.....	72

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector forestal está jugando un papel relevante en el agro, al punto que sus exportaciones ya figuran entre las más importantes; no obstante, enfrenta algunos problemas (Tommasino, 2014).

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. Es así que en los 24 años comprendidos entre 1988 y 2012 el Producto Interno Bruto (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% (Tommasino, 2013).

En los últimos tres años el sector forestal, se posicionó entre los tres sectores más importantes de exportaciones de Uruguay y a partir de este año con la puesta en marcha de Montes del Plata y la ampliación para UPM, seguramente se ubique como el principal exportador de la economía uruguaya (Pou, 2013).

La SPF (2011), menciona que los principales géneros plantados con destino industrial-exportador, son *Eucalyptus* y *Pinus*, y dentro de estos géneros las especies que predominan son *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*, recientemente *Eucalyptus dunnii*, *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*. Los centros de plantación de estas especies son bien característicos; *E. globulus* se planta en el litoral este del país (Lavalleja, Maldonado, Rocha, Canelones), principalmente con destino celulósico. *E. grandis* se concentra en el litoral Noreste, y Noroeste del país (Tacuarembó, Rivera, Paysandú, Rio Negro), con objetivos celulósicos y de la industria manufacturera de madera de calidad. *E. dunnii* no tiene un centro característico, y esta plantada en todo el país, con fines celulósicos. Las dos especies de *Pinus*, se plantan en el litoral Noreste y Noroeste (Rio Negro, Paysandú, Rivera, Tacuarembó), principalmente destinados a madera de calidad.

Las especies de *Eucalyptus* son en su mayoría nativas de Australia, pero han sido plantadas en los trópicos y parte del Hemisferio sur, debido al gran rango de adaptabilidad a diferentes ambientes y condiciones climáticas, que hacen de ellas especies de alto potencial de rendimiento y de forma muy rápida. Van Wyk et al. (2012). Wingfield et al., Roux y Wingfield, citados por Van Wyk et al. (2012) asocian este éxito en parte, a la separación que tiene el hospedero, de sus plagas y enfermedades. Pérez (2014) concuerda con la afirmación anterior, pero además agrega que se ha generado

una nueva etapa, en la que se dan dos situaciones, que él llama: “*Nuevos encuentros*” y “*Re-encuentros*”. En los nuevos encuentros se asocia un patógeno con un huésped nuevo, o que aún no se conocía que podía ser afectado; y en los re-encuentros se manifiesta la enfermedad que se conocía en el lugar de origen, pero que por razones de separación geográfica, no había aparecido en el huésped en ese nuevo lugar donde se encontraba cultivada.

La amenaza potencial de plagas y patógenos para la sostenibilidad de las plantaciones de eucalipto en zonas donde no son nativas es grande y en consecuencia de la preocupación sustancial a las industrias forestales a nivel mundial (Antiguo et al., Wingfield et al., citados por Van Wyk et al., 2012).

Bajo esta preocupación es que los seguimientos de evolución de síntomas y relevamiento de nuevas enfermedades, se realizan casi continuamente o de forma bastante regular. Entre los patógenos encontrados, *Ceratocystis fimbriata* se cita como uno de los principales, generando graves problemas en Brasil, la República del Congo, Uganda y Uruguay (Laia et al. , Roux et al., Barnes et al., citados por Van Wyk et al., 2012).

Pérez (2014), elabora una lista de las principales enfermedades que generan daños de importancia en Uruguay y en la que aparece el marchitamiento vascular por *Ceratocystis spp.* como una de ellas.

- Podredumbre radicular
- Roya (*Puccinia psidii*)
- Tizón apical (*Erwinia psidii*)
- Mancha foliar bacteriana
- Mancha foliar por *Mycosphaerella*
- Cancro o muerte descendente por *Botryosphaeria*
- **Marchitamiento vascular por *Ceratocystis***
- Cancro por *Coniothyrium*
- Cancro por *Inocutis*

*Ceratocystis fimbriata*, la especie tipo del género, fue descrita originalmente en boniato, en 1890 por Halsted (CABI, 2015b).

En Uruguay, no se había encontrado enfermedad hasta el año 2003, cuando Barnes et al., la reportaron a partir de muestras de árboles de *E. grandis* que aparecieron con síntomas en el año 2001, en el departamento de Rivera.

En este contexto de investigación y conocimiento de la enfermedad es que se realizará este trabajo, que se centrará en describir las condiciones que hacen favorable y las especies más susceptibles al desarrollo de la misma, en base a datos de laboratorio y observaciones de campo realizadas en el Este del país.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. NOMBRE DE LA ENFERMEDAD

Dependiendo del lugar y del huésped que esté afectando, la enfermedad recibe diferentes denominaciones.

Dentro de la larga lista Bayer (2014), menciona: mal del machete del cacao, mal del machete del café, marchitez de chupones, pudrición negra de la batata, cáncer del cafeto, necrosis del tronco del cacao.

El Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente (2014), lo cita como cancro del plátano.

Cancro negro de *Syngonium*, cancro negro de aspen, putrefacción negra de camote, putrefacción negra de taro, tizón de mango, moho podredumbre del caucho, llaga macana de cacao; mal de choroní de cacao, muerte súbita de citrus; necrosis del tronco del cacao; secamiento de los cítricos son mencionados por CABI (2015a).

Pérez (2014), menciona a la enfermedad para *Eucalyptus*, como marchitamiento vascular por *Ceratocystis*.

Reyna y Pérez (2014), la denominan marchitamiento por *Ceratocystis* y Romero<sup>1</sup> lo denomina cancrrosis por *Ceratocystis*.

### 2.2. AGENTE CAUSAL

*Ceratocystis fimbriata* Elliot & Hasten, (estado teleomorfo o sexual) pero previamente fue conocida la enfermedad con los sinónimos de *Ceratostomela fimbriatum* Elliot, *Ophiostoma fimbriatum*, Melin and Nannfeldt, *Sphaeronema fimbriatum*, Sacc. *Endoconiophora fimbriata*, Davinson (Clark y Moyer, 1988).

En sentido estricto el género *Ceratocystis* presenta a *Thielaviopsis* como anamorfo con conidiogénesis enteroblástica basado por análisis de secuencias de ARNr, anteriormente *Chalara* (Corda) Rabenh, era considerado el anamorfo (Upadhyay, Paulin et al., citados por Pérez, 2009).

En análisis de parsimonia, cuatro especies de *Chalara* (*Ch. ovoidea*, *Ch. thielavioides*, *Ch. populi*, and *Ch. elegans*), se ubicaron cercanas a las especies de *Ceratocystis* (*C. fimbriata*, *C. coerulescens*, *C. paradoxa* y *C. moniliformis*), mostrando

---

<sup>1</sup> Romero, G. 2015. Com. personal.

un cierto parecido. Pero el nombre *Chalara* no parece ser adecuado para las especies anamorfos afines a *Ceratocystis*.

El género *Thielaviopsis* es enmendado, y todas las especies de *Chalara* afines a *Ceratocystis* son transferidas a *Thielaviopsis*.

*Thielaviopsis* puede producir o no, aleuroconidia gruesa y oscura, en cadenas o individualmente, en la punta de la hifa. *Chalara* por su parte la produce a través de anillos de phialides, en cadena, cilíndricas, pudiéndose volver oscuras y gruesas o quedarse hialinas. Cuando esto se observa, el teleomorfo corresponde a *Ceratocystis*. (Paulin-Mahady et al., 2002)

### 2.3. TAXONOMÍA

- Dominio: *Eukaryota*
  - Reino: *Fungi*
  - Phylum: *Ascomycota*
  - Subphylum: *Pezizomycotina*
  - Clase: *Sordariomycetes*
  - Subclase: *Hypocreomycetidae*
  - Orden: *Microascales*
  - Familia: *Ceratocystidaceae*
  - Género: *Ceratocystis*
  - Especie: *Ceratocystis fimbriata*
- CABI (2015a)

Nombre Taxonómico:

1. *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst., Bulletin of the New York Agricultural Experimental Station: 14 (1890)

2. *Ceratostomella fimbriata* (Ellis & Halst.) J.A. Elliott, Phytopathology 13: 56 (1923) [MB#252160]

3. *Endoconidiophora fimbriata* (Ellis & Halst.) R.W. Davidson, Journal of Agricultural Research 50 (10): 800 (1935)

4. *Ophiostoma fimbriatum* (Ellis & Halst.) Nannf. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift 32: 408 (1934)

5. *Sphaeronaema fimbriatum* (Ellis & Halst.) Sacc. Sylloge Fungorum 10: 216 (1892)

(International Mycological Association, 2015)

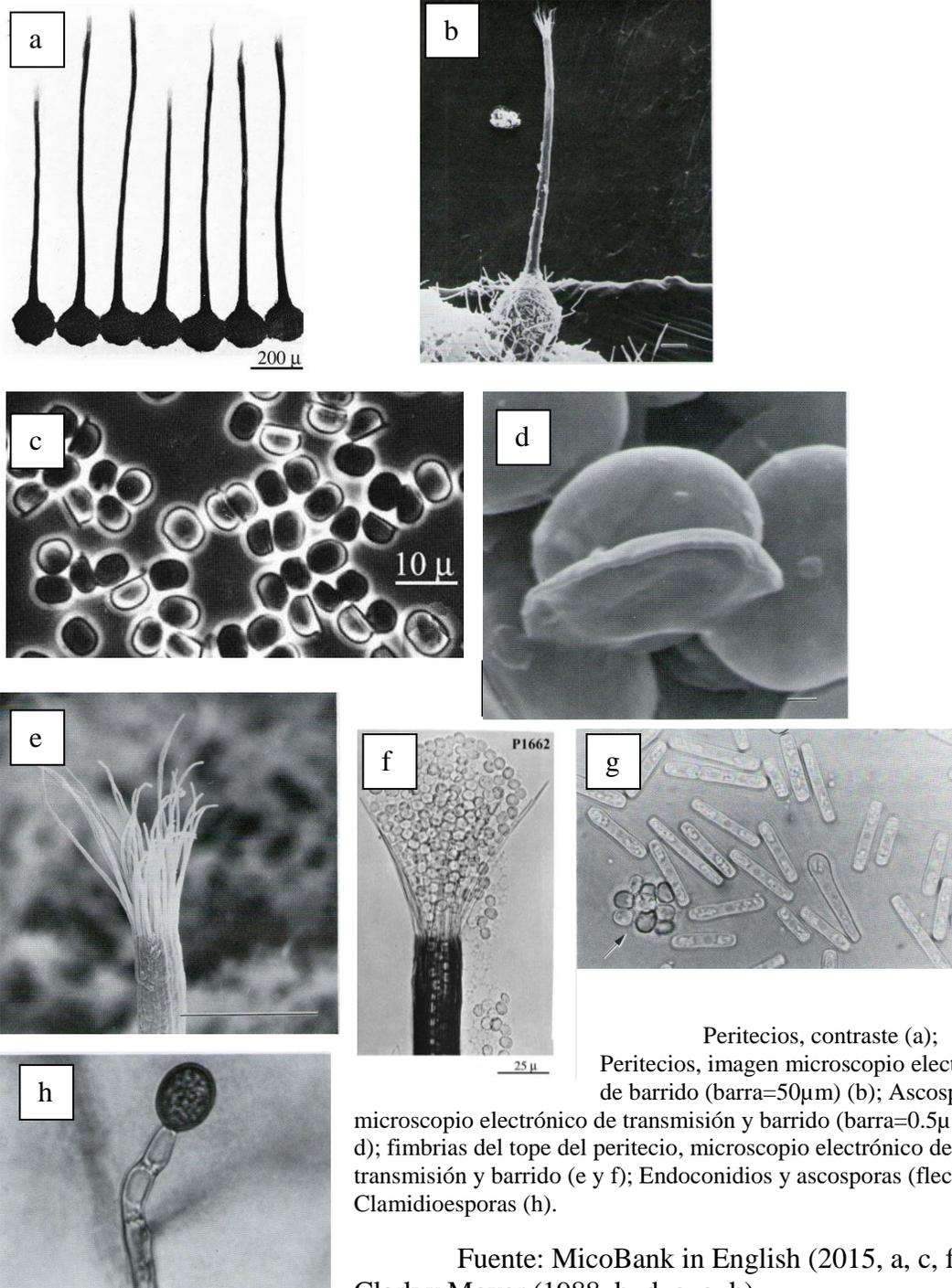
## 2.4. DESCRIPCIÓN DEL PATÓGENO

*C. fimbriata* es normalmente halotalico (auto fértil) y fácilmente produce peritecios en tejidos enfermos y en medios de cultivos comunes como papa agar dextrosa. Estos peritecios están a nivel superficial o parcialmente incrustados en el sustrato. (Clark y Moyer, 1988). De color café, café oscuro a negro según Upadhyay, citado por Pérez (2009), o marrones oscuros a negros (CABI, 2015a) o solo negros (Clark y Moyer, 1988). El diámetro oscila desde 140-220  $\mu\text{m}$  y un cuello de 900  $\mu\text{m}$  de largo (Clark y Moyer, 1988), 130-200  $\mu\text{m}$  de diámetro y el cuello de 800  $\mu\text{m}$  de largo (CABI, 2015a). En la punta del cuello se encuentran un número variable de fimbrias que oscilan de 50 to 90  $\mu\text{m}$  de largo.

Las ascosporas son hialinas, con forma de sombrero, de 4.5-8  $\mu\text{m}$  de largo 2.5-5.5  $\mu\text{m}$  ancho, no septadas y lisas, y con una vaina gelatinosa adherida a un lado (Clark y Moyer, 1988).

Esta especie también forma otros 2 tipos más de esporas, asexuales. Los endoconidios, de forma cilíndrica y 3-7 ancho \* 7-37  $\mu\text{m}$  de largo. Generalmente son hialinas, aseptadas y se encuentran en forma individual o en cadenas de hasta 20. El hongo también produce conidios de paredes gruesas (aleuroconidia) conocidos algunas veces como clamidioesporas. Estas son de color marrón pálido a marrón oliva, de forma globosa (6-13\*9-18  $\mu\text{m}$ ), con paredes suaves y que se encuentran de forma individual o en cadenas cortas (Clark y Moyer, 1988).

Imagen 1. Estructuras de *Ceratocystis fimbriata*



Peritecios, contraste (a);  
 Peritecios, imagen microscopio electrónico  
 de barrido (barra=50µm) (b); Ascosporas,  
 microscopio electrónico de transmisión y barrido (barra=0.5µm) (c y  
 d); fimbrias del tope del peritecio, microscopio electrónico de  
 transmisión y barrido (e y f); Endoconidios y ascosporas (flecha) (g);  
 Clamidioesporas (h).

Fuente: MicoBank in English (2015, a, c, f),  
 Clark y Moyer (1988, b, d, e, g, h)

## 2.5. DISTRIBUCIÓN

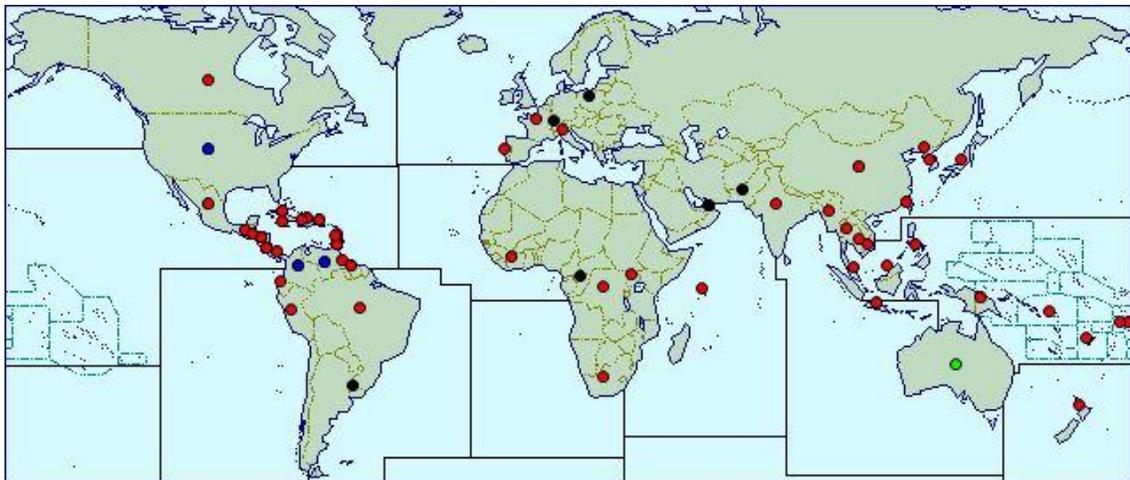
La enfermedad, se encuentra presente en todos los continentes pero principalmente en las zonas tropicales, afectando a diferentes especies.

Santini y Crapetti, citados por Pérez (2009), mencionan la presencia de *Ceratocystis fimbriata* causando marchitamientos vasculares y canchros en América Central, Estados Unidos, Europa, India y Sudamérica.

Pese a que el hongo tiene un amplio rango geográfico, y diversas formas de asociación con los hospederos, algunos autores encontraron asociaciones específicas y clados nativos de ciertos lugares. Harrington, citado por Baker (2003), encontró una asociación específica y nativa de América del Norte y Sudamérica. Wingfield et al., citados por Baker (2003), encontraron una asociación similar para el sur de África.

Análisis genéticos de secuencias del rDNA y secuencias parciales del gen MAT-2 acoplamiento tipo, delimitan tres clados geográficos distintos dentro de *Ceratocystis fimbriata* centrados en América del norte, América Latina y Asia, respectivamente (Harrington, citado por Pérez, 2009)

Imagen 2. Mapa mundial de distribución.



Mapa mundial de distribución de la enfermedad. Nativo (puntos azules). Reportado como presente sin más detalles (puntos negros). Localizado (puntos rojos). Presente con más detalles (puntos verdes).

Fuente: CABI (2015a).

## 2.6. HISTORIA DE DISPERSIÓN

La forma de *Ceratocystis* relacionada a los álamos (*Populus spp.*) es muy abundante en Norte América. (CABI 2015a, EPPO 2015). También se encuentra en Polonia y recientemente en India, introducido muy probablemente en clones de Álamos e híbridos, que fueron introducidos en la década de los 70s (CABI, 2015a).

*Ceratocystis fimbriata* (Ell, y Halst.) Davidson f. platani Walter. Fue detectado por primera vez en Europa en 1972, en la costa del Mar Tirreno, provincia de Lucca (Italia); en 1974 aparece en Marsella (Francia) y en Barcelona, extendiéndose por la costa mediterránea española: Gerona, Tarragona, Valencia y pasando al interior, Cuenca (Fernández de Ana y Gil, Rupérez y Muñoz, citados por Cadahia, 1983).

Flinch (2010), coincide en que la afección es proveniente de EEUU, y que fue introducida con el embalaje de armamento durante la segunda guerra mundial, pero indica que habría comenzado en Francia. Para 1972 se detectó en Forte dei Marmi (Toscana, Italia) (Cristinzio et al., Vigouroux, EPPO, Panconesi, citados por Flinch, 2010).

La marchitez y cancro causado por *C. fimbriata* en *Eucalyptus* fue reportada por primera vez en híbridos de *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* en las cercanías de Bahía, Brasil (Ferreira et al., citados por Zauza et al., 2004).

Aislamientos de *Ceratocystis* provenientes de *Eucalyptus* de Bahía y Minas Gerais, mostraban relación genética con muestras obtenidas de mangos (Ferreira et al., citados por Ferreira et al., 2011), pero la agresividad de los aislamientos de los mangos es baja, e incluso los propios aislamientos provenientes de *Eucalyptus*, tienen diferente grado de agresividad sobre los diferentes clones de *Eucalyptus* (Baker et al., Harrington et al., Zauza et al., citados por Ferreira et al., 2011).

Reportes recientes indican que la enfermedad en *Eucalyptus*, en Uganda y Congo, probablemente fue introducida en clones provenientes de Brasil (Roux et al., Baker et al., citados por CABI, 2015a).

*Ceratocystis fimbriata* fue encontrado en plantaciones de *Eucalyptus* de Uruguay y Sud África (Barnes et al., Roux et al., Ferreira et al., citados por Ferreira et al., 2011), donde secuencias de ADN ribosomal conocidas, fueron similares con los aislamientos realizados en Bahía (Harrington et al., Ferreira et al., citados por Ferreira et al., 2011). Esto hace pensar que la introducción en estos países se realizó desde Brasil, a través de material clonado infectado, en hospederos alternativos o en la propia madera (Ferreira et al., van Wyk et al., citados por Ferreira et al., 2011).

## 2.7. SÍNTOMAS

### 2.7.1. *Eucalyptus*

Ferreira et al. (2006), observaron en brotes de tocones de banco clónales del sudeste de Bahía Brasil, lesiones oscuras continuas en zonas basales y discontinuas en zonas medias del vástago principal.

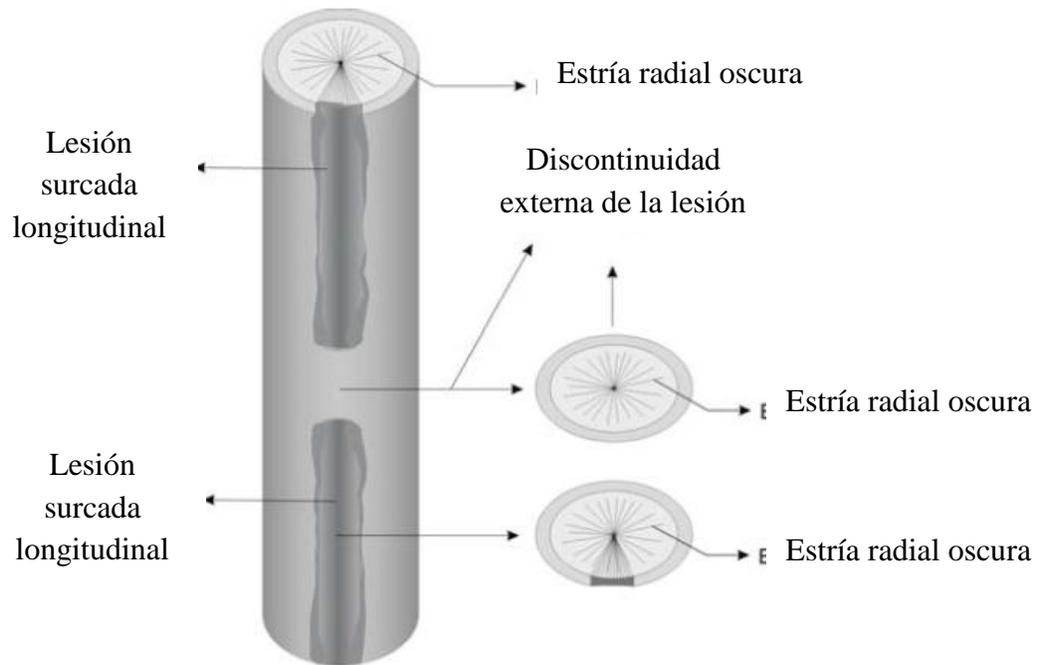
En plantas de vivero pueden observarse lesiones longitudinales de color negro en tallos y en algunos casos con borde rojizo (Reyna y Pérez, 2014).

En plántulas de 4 a 6 meses de edad, se observó marchitamiento en alguna rama. Con el paso del tiempo el marchitamiento progresó, afectando a toda la planta y llevándola a la muerte. Estos síntomas aparecieron en plantas aisladas o agrupadas, en sectores de terreno con características diferentes a las normales para las plantaciones forestales (Ferreira et al., 2006).

En plantaciones más grandes aparecen otros síntomas. Ferreira et al. (2006), mencionan una lesión longitudinal, de color marrón rojizo, basal ascendente en el tallo, que puede ser continua o discontinua y que se puede presentar desde el cuello hasta el vástago. Paulatinamente esa lesión se torna más larga, surcada, amorrugada y forma el cancro, con sus respectivos callos laterales.

Donde el cancro se vuelve discontinuo (externamente), si hacemos un corte transversal observaremos estrías (líneas) oscuras que se disponen radialmente sin llegar al cambium vascular ni a la corteza interna. Donde el cancro es continuo, si hacemos un corte transversal veremos las mismas estrías surgiendo de la medula, pero esta vez llegando a afectar el cambium y la corteza interna, lo que provoca la aparición en el exterior (Ferreira et al., 2006). El progreso ascendente de la enfermedad a través del parénquima medular es favorecido por el hecho que esta es la primera en morir naturalmente (Monteiro, citado por Ferreira et al., 2006).

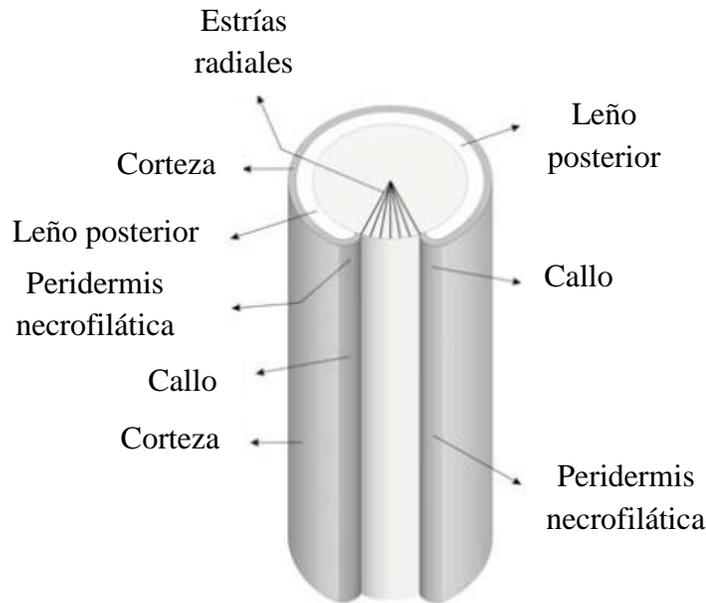
Imagen 3. Representación esquemática de la lesión



Representación esquemática de las lesiones longitudinales y sus respectivas secciones transversales, producidas por *Ceratocystis fimbriata* en *Eucalyptus grandis*.

Fuente: tomado y adaptado de Ferreira et al. (2006).

Imagen 4. Representación esquemática de cancro en *E. grandis*



Representación esquemática del síntoma de cancro por *Ceratocystis fimbriata* en *Eucalyptus grandis*.

Fuente: tomado y adaptado de Ferreira et al. (2006).

Según Ferreira, Ferreira y Milani, citados por Ferreira et al. (2006), si la lesión es en una porción elevada y en todo la circunferencia puede matar ese segmento terminal, provocando la aparición de brotes adventicios en la zona basal y media del tronco.

#### 2.7.2. Otras especies

Entre las principales enfermedades causadas por estos hongos están: marchitamientos vasculares, manchado de maderas, cancos y pudriciones radiculares en tallos y frutos (Kile, Marín y Wingfield, citados por Pérez, 2009)

*C. fimbriata* es patógeno primario xilófago. En arboles (*Theobroma*, *Mangifera*, *Prunus* y otros) la infección ocurre a través de heridas frescas (Giraldo, Viégas, Moller et al., citados por CABI, 2015a).

Este patógeno causa pudrición en las raíces de almacenaje de boniatos (*Ipomoea batata*) y en bulbos de *Colocasia esculenta*, marchitez en *Crotalaria juncea*, marchitez, cancos y muerte descendente en café (*Coffea arabica*), cacao (*Theobroma cacao*), mango (*Mangifera indica*), *Prunus spp*, *Gmelina arborea*, *Populus spp*, *Acacia*

*spp* y el árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*) (CAB International, citado por Zauza et al., 2004).

En cacao los primeros síntomas son marchitez y amarillamiento de las hojas y en ese momento el árbol en realidad ya está muerto. En un plazo de 2 a 4 semanas, la copa entera se seca, permaneciendo las hojas muertas pegadas al árbol por un tiempo (Ramírez, 2013).

Existen dos formas especiales de *Ceratocystis*, la forma *C. fimbriata* forma especial *platani* y forma especial *cacaofunesta*, la primera causado cancro en plátanos (Santini y Capretti, citados por Pérez, 2009) y la segunda causando marchitamiento vascular en cacao (Baker y Harrington, Engelbrecht et al., citados por Pérez, 2009).

En plátanos, el primer síntoma de ataque es la aparición de una pequeña depresión de color violeta en la corteza. En una etapa avanzada, se observan fragmentos de corteza que se desprenden que dejan abierta una ventana para otros colonizadores de corteza y madera, en su mayoría secundarios, por ejemplo *Fusarium spp*, *Pestalotia spp*, *Chondrostereum purpureum* o *Schizophyllum commune*. Internamente, un síntoma típico es la ocurrencia de manchas marrón azuladas dispuesta radialmente en la madera (Heinz, 2002).

## 2.8. CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES

*C. fimbriata* usualmente crece mejor desde temperaturas de 18°C hasta 28°C, siendo capaz de producir ascosporas en una semana (CABI, 2015a).

Galdámez, citado por De León (2012), en un estudio sobre mancha mohosa en hule, encontró que la mayoría de las especies de *Ceratocystis* proliferan entre 22 a 30°C.

Malaguti (1956) realizó un estudio donde compara el porcentaje de mortalidad y los días de incubación, de diferentes orígenes de *T. cacao*. Para eso toma localidades contrastantes de Venezuela. La siguiente tabla resume las condiciones climáticas principales en para cada lugar.

Tabla 1. Resumen condiciones para cada localidad del ensayo

Localidad	Precipitaciones promedio anuales (mm.)*	Altura (msnm.)	Temp. Promedio (°C)	Clasificación Climática**	Fuente ***
<b>Choroní</b>	1250	100	26-30	Muy cálido y poco lluvioso	1
<b>Rancho Grande</b>	1200-1900	1200	16-22	Fresco y moderadamente lluvioso	2
<b>Maracay</b>	900	450	25	Cálido y poco lluvioso	3
<b>Ocumare</b>	700-1200	34	26	Muy cálido y poco lluvioso	4

**Tabla 1.** Resumen condiciones para cada localidad del ensayo.

\*En todos los casos tienen una distribución concentrada entre los meses de mayo a octubre, con una estación seca marcada.

\*\*Propuesta por Silva (2010)

\*\*\* Datos climáticos presentados

Fuente: 1- Oviedo (2008), 2-3 Malaguti (1956), 4- Silva (2010).

El estudio mostró que en la “localidad” Rancho Grande, había un 23% menos de mortalidad que en Maracay y Choroní; y 19% menos que en Ocumare.

Se podría asociar el menor desarrollo de la enfermedad a las temperaturas más bajas y a la mayor cantidad de precipitaciones, que evitarían en cierta forma los períodos de déficit hídrico.

El mismo estudio demostró que el período de incubación fue más corto en los meses de junio a agosto, coincidiendo con el período lluvioso. Con esto se marca una asociación directa de la enfermedad con los períodos en los que hay excedente de precipitaciones.

CABI (2015a), resume para *Theobroma cacao* que la mayor severidad de la enfermedad se asocia a períodos de estrés, particularmente déficit hídrico (Spence, Malaguti, citados por CABI, 2015a) o precipitaciones excesivas (Malaguti, citado por CABI, 2015a).

En *Ipomoea*, el ataque se asocia a deficiencias de boro en el suelo (Hu et al., citados por CABI, 2015a).

En el árbol de hule (*H. brasiliensis* Muell, Arg), su proliferación se ve afectada por la temperatura, la humedad, el pH ácido y la provisión de oxígeno (De León, 2012).

#### 2.8.1. Condiciones predisponentes para *Eucalyptus*

Un experimento realizado para medir el nivel de patogenicidad de distintos aislamientos de *C. fimbriata* en diferentes híbridos de *Eucalyptus* medidos en varios años y en varias épocas del año; encontró que en épocas más frías hubo menor severidad de la enfermedad en todos los aislamientos e híbridos, lo que sugiere que las temperaturas más bajas perjudican al normal desarrollo de la enfermedad (Oliveira, 2010)

Como se mencionó anteriormente, la susceptibilidad del hospedero aumenta cuando se encuentran en suelos con algunas deficiencias o cuando los mismos no brindan las condiciones adecuadas para el desarrollo.

#### 2.8.2. Nutrientes importantes que aumentan la susceptibilidad

##### 2.8.2.1. Rol del calcio

Este elemento suele ser el catión más abundante en el complejo de intercambio del suelo, pero la proporción utilizable depende del grado de saturación. En numerosos suelos se encuentra fijado en el complejo coloidal y unido a los compuestos húmicos, llegando a ser entre 60-80% del total de los iones del suelo, aunque las raíces aprovechan menos del 3% del calcio disponible (Monge et al., 1994).

Dorkas (s.f.), menciona que las dicotiledóneas tienen un mayor requerimiento que las monocotiledóneas, registrándose que 0.5 - 2 % y 0.15 -0.5 % de la materia seca respectivamente, es correspondiente a este catión.

SQM (2016), señala que aproximadamente el 90% del calcio se encuentra en las paredes de la célula actuando como un factor de cohesión que consolida las células juntas y sostiene su estructura en los tejidos de la planta.

El mismo autor menciona tres funciones principales del calcio en las plantas:

1) Mantener la integridad de las membranas celulares siendo importante para el funcionamiento apropiado de mecanismos de absorción, así como para prevenir el escape de elementos fuera de las células.

2) Actuar en los centros de defensa de la planta detectando y reaccionando contra agentes de estrés externos.

3) Responsable de la cohesión entre las células y del sostén estructural en los tejidos de la planta.

Ferguson, citado por Monge et al. (1994), remarca que la escasez de calcio en las membranas incrementa su permeabilidad a ácidos y fenoles, los cuales pueden penetrar más fácilmente en el citoplasma y destruir o coagular enzimas de mitocondrias o de otras partículas subcelulares

En referencia al mismo tema Legge et al., citados por Monge et al. (1994), señalan que las interacciones entre los grupos fosfatos o las proteínas de las membranas celulares que son mediadas por el calcio influyen directamente en el tamaño de los poros que la atraviesan y también en la permeabilidad específica a los electrolitos.

Konno et al., citados por Monge et al. (1994), mencionan además que el principal papel fisiológico del calcio está relacionado con su capacidad de coordinación, posibilitando la formación de uniones intermoleculares reversibles. Los grupos R-COO- de las pectinas (polímeros del ácido poligalacturónico) se unen al Ca<sup>++</sup> para formar la sal correspondiente (pectato cálcico). Los tejidos deficientes en Ca<sup>++</sup> presentan un incremento en la actividad de la enzima poligalacturonasa que es la responsable de la degradación de las uniones mencionadas, provocando así el debilitamiento de las paredes celulares.

Se conoce que las plantas pueden presentar una defensa pasiva o preformada (preexistente) o una defensa activa o inducida, dinámica, si resultado de estructuras o sustancias producidas como respuesta a la penetración del patógeno (Cornide et al., Veitía, Malaguti, citados por Borrueal et al., 2006).

Dentro de la defensa pasiva se encuentran las barreras estructurales o físicas de las plantas y las barreras bioquímicas preformadas (compuestos fenólicos, saponinas, lenticinas, etc.).

Éstas barreras estructurales o físicas de las plantas se refieren a la presencia de pelos, cera cuticular, grosor de la cutícula y de la pared celular, composición de la pared celular, forma, tamaño y comportamiento de los estomas, lenticelas, tejido interno de la planta, suberificación; constituyendo así la primera línea de defensa de las plantas ante

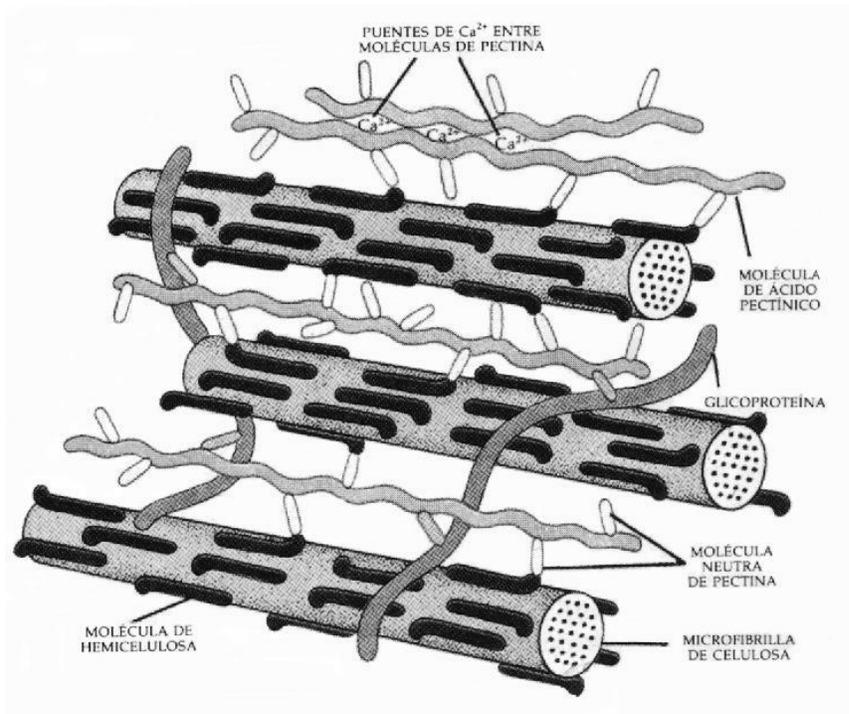
el ataque de los patógenos en su superficie (Veitía, Malaguti, Pápas, Altieri y Muñoz, citados por Borrueal et al., 2006).

Entonces se puede concluir con esto que si la pared celular está debilitada, existe un riesgo potencial alto para la penetración del patógeno.

Paralelamente se pueden comparar estos mecanismos de defensa con los descritos por la inmunología en células animales. Esta menciona la inmunidad específica como el estudio de las reacciones antígeno-anticuerpo, en las que el hospedero se hacía resistente a la enfermedad y al término determinaba una defensa beneficiosa para éste, inducida por el antígeno. El otro tipo es la no específica o innata, donde ante cualquier agente agresor, no varía la intensidad de su respuesta aunque se repita la agresión más de una vez (Castellanos et al., 2000).

Un ejemplo de respuesta específica es la inflamación, cuando los tejidos son lesionados por bacterias, traumatismo, toxinas, calor o cualquier otra causa el tejido dañado libera químicos, entre ellos histamina, bradiquinina y prostaglandinas. Estos químicos hacen que los vasos sanguíneos dejen escapar líquido hacia los tejidos, lo que causa la inflamación. Esto ayuda a aislar la sustancia extraña del contacto posterior con tejidos corporales y a su vez también atraen a los glóbulos blancos llamados fagocitos que se "comen" a los microorganismos y células muertas o dañadas (Dugdale, 2012).

Imagen 5. Detalle de pared primaria y laminilla media.

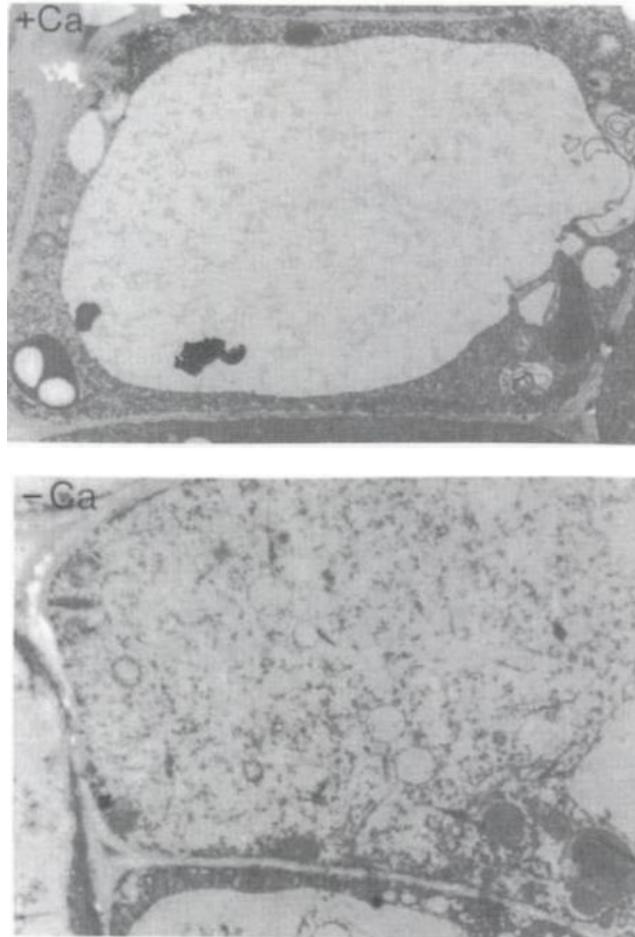


Conexiones de calcio entre moléculas de pectina.

Fuente: Flores y Vindas, citados por Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias (2014).

El rol fundamental principal del calcio en la estabilización e integridad en las plantas se ve reflejado por varias vías. Se demostró que las células deficientes en calcio incrementaban la permeabilidad de las membranas a los solutos, y en casos de deficiencias más agudas se perdía la integridad de las membranas y la compartimentación de las células (Goor, Hetch-Buchholz, citados por Marschner, 1995).

Imagen 6. Detalle de células vegetales con diferentes concentraciones de calcio



Arriba: célula con nivel adecuado de Ca. Abajo: célula con deficiencia. Se observa la diferencia en el grosor de la pared y la falta de compartimentación.

Fuente: Hetch-Buchholz, citados por Marschner (1995).

El calcio cumple una función importante como mensajero secundario. Este mecanismo está basado en los niveles bajos de Ca en el citoplasma y los niveles altos en los compartimentos (retículo endoplasmático, vacuola, apoplasto). Las señales del ambiente (luz, infecciones patogénicas, estrés mecánico y heridas) activan los canales de Ca incrementando los niveles de Ca citoplasmáticos (Tester, Felle, Robin et al., Atkinson et al., Rincon y Hanson, citados por Marschner, 1995). Este incremento activa unas proteínas llamadas calmodulinas (CaM) y proteínas dependientes de Ca-kinasas (CDPK) que generan una reacción en cadena (Marschner citado por Díaz et al., 2007); que finaliza por ejemplo con la formación de calosa (compuesto que sustituye a la celulosa con la finalidad de obstruir posibles vías de entrada de agentes externos) o la

producción de compuestos de bajo peso molecular con acción antimicrobial llamados fitoalexinas (Díaz et al., 2007).

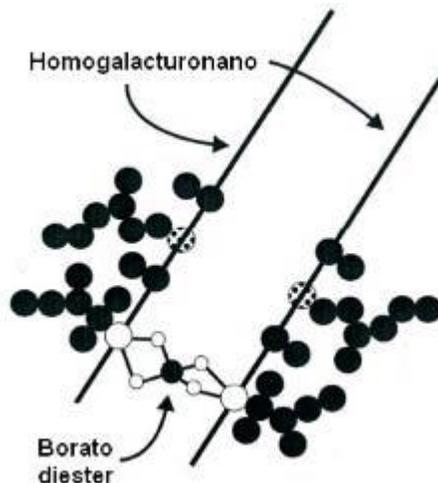
### 2.8.2.2. Rol del boro en las plantas

En la mayoría de los fluidos biológicos, el B existe principalmente como ácido bórico,  $B(OH)_3$  ( $\approx 96\%$ ), y una pequeña cantidad del anión borato,  $B(OH)_4^-$

Ambas formas reaccionan rápidamente para formar complejos con una variedad de azúcares y otros compuestos que contienen grupos cis-diol, generando ésteres de boratos cíclicos estables, y de aquí radica el fundamento de la esencialidad de este nutriente (Bolaños et al., citados por Malavé y Carrero, 2007).

La primera molécula enlazada por borato identificada en el reino de las plantas es la ramnogalacturonano II (RGII), un componente péctico de la pared celular estable en condiciones fisiológicas, la cual es un dímero donde el B une dos monómeros de RGII a través de un puente borato para proporcionar estabilidad a la matriz de la pared celular (O'Neill et al., citados por Malavé y Carrero, 2007).

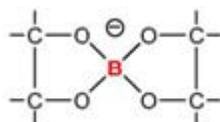
Imagen 7. Unión de moléculas por ion borato



Estructura del dímero B-RGII mostrando el puente borato entre los residuos apiosil de cada monómero homogalacturonano.

Fuente: O'Neill et al., Reuhs et al., Goldbach y Wimmer, citados por Malavé y Carrero (2007).

Imagen 8. Estructura química del complejo bis-diol-borato (borato diester)



Fuente: Malavé y Carrero (2007)

Diversos autores mencionan un gran número de funciones conocidas para el boro, por ejemplo Alarcón (s.f.) señala que frente a la deficiencia de boro se ve inhibida la síntesis de ADN y ARN. La alteración en la síntesis de ARN puede deberse a la esencialidad del boro en la síntesis de bases nitrogenadas como el uracilo. De esta forma los ribosomas no se pueden formar y en consecuencia, la síntesis de proteínas es afectada adversamente. Este proceso es fundamental en los tejidos meristemáticos de la raíz y brotes.

Se conoce que facilita el transporte de azúcares a través de la membrana formando un complejo azúcar-borato, como también ha sido demostrada la intervención directa del boro en la síntesis de sacarosa (donde se precisa uracilo) y almidón.

A nivel de tejidos la deficiencia de B provoca un oscurecimiento debido a una acumulación de compuestos fenólicos. En esta situación se ve impedida la oxidación de compuestos polifenólicos que conducen a la síntesis de lignina, por lo que las paredes celulares quedan debilitadas y a su vez la acumulación de compuestos fenólicos produce necrosis del tejido.

Römhheld y Marschner; Cakmak y Römhheld, citados por Ferrando (2010), señalan que dentro de las diversas funciones atribuidas al B en las plantas hay dos claramente definidas: la síntesis de la pared celular y la integridad de la membrana plasmática.

Power y Woods, citados por Ferrando (2010), indican además que el B juega un papel clave en el desarrollo, la elongación celular, y la integridad estructural de las paredes celulares, resintiéndose el normal desarrollo ante su deficiencia. El B proporciona uniones cruzadas entre los polisacáridos de la pared celular, otorgándole estructura (importante para la extensión de la célula, regulación del transporte de H<sup>+</sup>, retención del Ca<sup>+2</sup> celular, y control de la producción de lignina después de la extensión de la célula). Las uniones del B son flexibles, permitiendo la extensión de la pared celular, la cual se interrumpe cuando ocurre una deficiencia.

Además de las funciones citadas, en los árboles el B es fundamental para la cicatrización de heridas o rajaduras de la corteza, por lo que su deficiencia favorecerá la infección por hongos (Malavolta et al., Silveira et al., citados por Ferrando, 2010), algunos de los cuales pueden causar importantes pudriciones en el duramen, con la consecuente debilidad estructural y aumento de quebraduras por viento (Reali, citado por Ferrando, 2010).

Por otra parte una correcta nutrición en boro facilita la resistencia a un gran número de enfermedades fúngicas, bacterianas, diversas virosis e incluso a insectos, al parecer por que el boro promueve la síntesis de leucocianidina que actúa como sustancia inmunológica. También mejora la resistencia a factores climáticos por ejemplo al daño por heladas (Marschner, 1995).

## 2.9. FORMAS DE DISPERSIÓN

### 2.9.1. Natural

La matriz gelatinosa en donde son exudadas las ascosporas de *C. fimbriata*, no es soluble en agua pero si en aceite y lactofenol (Bondoni, citado por Engelbrecht, 2004); por su parte Whitney y Blauel, citados por Engelbrecht (2004), reportan que se dio dispersión efectiva usando agua o resina de *Pinus contorta*.

Esta matriz gelatinosa ubicada en la punta del peritecio, es una adaptación para la dispersión por medio de insectos; las esporas se adhieren fácilmente a los exoesqueletos de los insectos (Engelbrecht, 2004).

Malloch y Blackweel, citados por Engelbrecht (2004), agregan que la forma cóncava de las ascosporas, permite mejor adherencia a los insectos y entre ellas, facilitando el transporte a largas distancias.

Los insectos que atacan a los arboles afectados producen galerías en su interior, y sacan el aserrín y excretas a través de un orificio; estos residuos pueden ser transportados por el agua y el viento, diseminando la enfermedad (Baker et al., Engelbrech et al., Ocasio et al., citados por Fermino et al., 2013).

El contenido químico de la matriz gelatinosa no se conoce, pero se cree que inhibe la germinación de forma inmediata, para generar una ventana de tiempo hasta la llegada al hospedero (Webster y Butler, citados por Engelbrecht, 2004) y también cumple la función de proteger las esporas de la desecación y rayos ultravioletas.

La forma asexual (aleuroconidia) puede sobrevivir en el suelo por largos períodos de tiempo. Accordi, citado por Soulioti et al. (s.f.), señalan que puede

sobrevivir más de 105 días a temperaturas de  $-17^{\circ}\text{C}$ , pero no sobrevive si las temperaturas son del entorno de  $40^{\circ}\text{C}$ .

La forma aleuroconidia está presente en el suelo en combinaciones con aserrín o en excrementos de insectos, sobre todo si previo a la instalación de los *Eucalyptus* hubo una plantación infectada del mismo género o hubo un huésped que pudiese albergar al patógeno (Ferreira et al., 2013).

Engelbrecht (2004), también sostiene la importancia de los cultivos previos y dice. “*C. fimbriata* coloniza las heridas y vive de forma necrotrófica en una variedad de plantas herbáceas y leñosas, causando marchitamiento, canchros, podredumbres de raíz y decoloración vascular”.

De manera natural, en plátanos, el hongo se puede transmitir por contacto entre raíces, por lo que el patógeno puede infectar árboles sanos (Accordi, citado por Flinch, 2010).

#### 2.9.2. Antropogénica

Se conoce que bulbos, raíces de almacenamiento, partes de vegetales y plantas ornamentales, pueden albergar el patógeno (Engelbrech y Harrington, citados por Harrington, 2013).

Las especies del complejo *C. fimbriata* se mueven fácilmente con germoplasma infectado, suelo infectado o en herramientas de poda (Ploetz et al., 2013).

A partir del transporte de suelo contaminado o con madera usada de contenedor o embalaje, la dispersión puede darse a grandes distancias (CABI, 2015a).

La transmisión mecánica, se vuelve muy importante en los viveros. Plantas madres, vastagos injertados, y esquejes enraizados contaminados, terminan contaminando al resto o dispersos en zonas muy amplias (Harrington, 2013).

Plantines clónales de *Eucalyptus* infectados mostraron ser importantes transportadores de la enfermedad a nuevas regiones con suelos de baja o nula cantidad de inóculo, como suelos con pasturas previas (Ferreira et al., 2010).

#### 2.9.3. Vectorizada por insectos

La mayoría de las especies de *Ceratocystis*, se han notificado asociadas a dispersión con insectos (Leach, Franke - Grossmann, Griffin, citados por Whitney y Blauel, 1972). Los mismos autores mencionan que varias especies de *Ceratocystis* se han aislado directamente desde varios escarabajos de la corteza.

Al Adawi et al., Ribeiro, Wingfield et al., citados por Ploetz et al. (2013), mencionan que algunos escarabajos de corteza son responsables de la diseminación del patógeno, mientras que Goitía y Rosales, Kannan y Subarah, citados por Ploetz et al. (2013) sugieren también a los escarabajos de ambrosía como responsables.

En poblaciones naturales de *P. orientalis* en Grecia se ha encontrado la presencia de *Platypus cylindrus* y *Xyleborus saxesenii*, típicos coleópteros perforadores xilófagos (Soulioti et al., citados por Flinch, 2010).

Ejemplos se tienen con los barrenillos de la ambrosía portadores de hongos, de las familias *Platypodidae* y *Scolytidae*. Se han señalado los daños producidos por *Platypus sulcatus* Chap. en Argentina y Uruguay (FAO, 1981).

Para América Latina, Firmino et al. (2013), mencionan al orden *Coleóptera* y dentro de este a la subfamilia *Scolytinae* y *Platipodinae*, como principales vectores.

Para Uruguay Bolazzi (2014) menciona a *Hylurgus lingiperda* y *Orthotomicus erosus* como vectores de numerosas *Ceratocystis spp.*; y Reyna y Pérez (2014) mencionan al orden *Coleóptera* y dentro de este orden a la subfamilia *Scolytinae* y a la familia *Nitidulidae* como una posible vía de dispersión del patógeno.

Gómez (2014), menciona que las especies más frecuentes de escolítidos de ambrosía son *Xyleborinus saxesenii* y *Xyleborus ferrugineos*.

#### 2.9.4. Características de los órdenes, familias y subfamilias mencionadas para Uruguay

Bentancourt (2008) resume para el orden coleóptera, que consiste de insectos pequeños a muy grandes, con aparato bucal masticador, protórax libre y bien desarrollado, mesotórax reducido. Las alas anteriores modificadas en élitros y no funcionales para el vuelo, las posteriores membranosas, en reposo plegadas debajo de las anteriores, pero éstas si son funcionales para el vuelo, aunque a veces son ausentes. Tienen metamorfosis completa.

La subfamilia *Scolytinae* se caracteriza porque los adultos son de tamaño pequeño (1.5-3 mm), con coloración variable (desde marrón claro a negro). Presentan un cuerpo robusto y cilíndrico, con tegumento esclerosado. El rostro es no desarrollado, con ojos arriñonados, antenas geniculadas, masa antenal en forma oval, formada por la fusión de varios segmentos. Los élitros son terminados en un marcado declive, presentando tubérculos o dentículos (Gómez, 2014).

Los miembros que componen la subfamilia *Scolytinae* viven en el tejido de plantas herbáceas, arbustivas y leñosas muertas, lesionadas, suprimidas o en proceso de decaimiento. También son comúnmente encontrados en tocones y fustes de árboles

recientemente derribados (Furniss y Carolin, Wood, Wood y Bright, citados por Burke y Cibrian-Tovar, 2012).

Los miembros de la familia *Nitidulidae* son comúnmente conocidos como Nitidúlidos. Miden de 1 a 7 mm de longitud. El cuerpo generalmente es oval y deprimido. La coloración varía de pardo a negra a veces con manchas llamativas; en algunas especies la coloración es variable y posee reflejos metálicos. Las antenas tienen 11 segmentos con los tres últimos formando una maza. El pronoto es transversal y con frecuencia rectangular. Los tarsos son de cinco segmentos con el cuarto muy pequeño, y rara vez son de cuatro segmentos. En la mayoría de los casos los élitros están truncados y dejan parte del abdomen expuesto (Bentancourt y Scatoni, 2010).

#### 2.9.5. Principales insectos asociados

##### 2.9.5.1. *Xyleborinus saxesenii*

El adulto femenino es cilíndrico, compacto, de color marrón a negro, de 2.5 mm de largo y 0.8 mm de ancho. El protórax y élitros son brillantes y casi sin pelos. Los machos, son de 1.5 mm de largo y 0.7 mm de ancho, de color más claro, y con forma un poco más convexa

Los hospederos para los que se mencionan son muy variados. Hosking (1979), menciona que en nueva Zelanda se registró ataque de este insecto en más de 30 especies de nativas y exóticas de madera dura y blanda.

Gómez (2014), señala que en Uruguay se han observado para este insecto y para *Xyleborus ferrugineos*, en *Allocasuarina cunninghamiana*, *Eucalyptus grandis*, *E. dunnii*, *E. teriticornis*, *E. camaldulensis*, *Pinus taeda* y *Pinus elliotii*

La aparición de adultos es de setiembre a marzo, pero el pico ocurre entre noviembre y diciembre, porque durante los tiempos fríos los adultos permanecen agrupados dentro del nido esperando el primer día cálido. La actividad máxima de vuelo se da entre los 26-29°C, con un máximo de 32°C y un mínimo de 21°C.

Las hembras inician los nidos en árboles talados recientemente hasta unos meses, árboles moribundos o hasta muertos. Los huevos son depositados por un lapso de 12 semanas en el túnel principal, que luego será modificado por los padres, para que las larvas se muden un par de veces hasta llegar a completar la madurez (Hosking, 1979).

Imagen 9. Adulto de *Xyleborinus saxesenii*



Adulto de *Xyleborinus saxesenii*.

Fuente: Forestry Images (2015b).

#### 2.9.5.2. *Xyleborus ferrugineos*

Las hembras de *X. ferrugineus* son de cuerpo cilíndrico, de 2 a 3.3mm de longitud, color café rojizo. Declive elitral aplanado, con pendiente moderada; en la base de la interestría I hay uno o dos gránulos pequeños; en la parte media del declive en la interestría III se encuentra un denticulo prominente y puntiagudo que sirve para reconocer con facilidad a esta especie. El macho es más pequeño que la hembra, de 1.8mm de longitud (Cibrián et al., citados por Rángel et al., 2012).

Con respecto al ciclo de vida y hábitos, se presentan múltiples generaciones por año, con estados sobrepuestos. La fluctuación poblacional de *X. ferrugineus* mostró de manera general poblaciones sin alguna estacionalidad marcada, aunque con tendencia a un mayor número de organismos en periodos de precipitación y alta humedad (Rángel et al., 2012).

Sólo las hembras son capaces de volar, los machos no debido a que éstos no pueden desplegar sus alas.

Las hembras viven de manera comunal, haciendo galerías multi-ramificadas. Introducen hongos ambrosiales, los cuales colonizan la madera y se reproducen en ella, las estructuras de reproducción se forman en la luz de las galerías y constituyen el alimento para adultos y larvas; dichas larvas viven libremente dentro del sistema de galerías, sin estar en nichos especiales. Cuando maduran pupan en el interior de las galerías y los nuevos adultos salen por los orificios de entrada de las madres. Son

insectos sub-sociales en donde hay reproducción por partenogénesis. Existe una baja producción de machos (Cibrián et al., citados por Rángel et al., 2012).

Imagen 10. Adulto de *Xyleborus ferrugineos*.



Adulto de *Xyleborus ferrugineos*.

Fuente: Forestry Images (2015c).

#### 2.9.5.3. *Hylurgus ligniperda*

El nombre común es escolítido europeo de los pinos. Los adultos miden de 5-6 mm de longitud, el cuerpo es alargado y cilíndrico. Y la coloración es pardo oscuro casi negra con pubescencia pardo rojiza. El protórax es amplio y tiene forma cónica con abundantes puntuaciones finas y una línea media lisa; los élitros son punteados, sin estrías claramente marcadas y abundante pubescencia en el extremo posterior.

En Uruguay fue introducida desde Europa.

Los hospederos son Los *Pinus spp*. Si bien se observa con frecuencia, atacando árboles decadentes, muertos o caídos es por esta razón que se considera como plaga teniendo una escasa incidencia económica en el país.

En el invierno los adultos permanecen agrupados debajo de la corteza, durante la primavera las hembras abandonas los sitios de refugio en busca de árboles para colonizar, una vez en el árbol la hembra labra una pequeña galería que será la cámara nupcial. Tras la cúpula la hembra labra otra galería en donde pondrá los huevos. Las larvas cuando emergen cavan sus propias galerías, que al principio son perpendiculares a la galería materna y luego se vuelven sinuosas y largas. Las larvas atraviesan 4 estadios

para luego pupar en una pequeña cámara pupal. Los adultos emergen perforando la corteza (Bentancourt y Scatoni, 2010).

Imagen 11. Adulto de *Hylurgus ligniperda*



Adulto de *Hylurgus ligniperda*.

Fuente: Mercado (2010).

#### 2.9.5.4. *Orthotomicus erosus*

El adulto es de 2 a 4 mm de largo, color desde marrón a negro, élitros estriados; las estrías están formadas por series de gruesas puntuaciones. Declive elitral bruscamente truncado con 4 o 5 dientes triangulares acentuados, siendo el segundo superior el mayor de ellos.

Afecta principalmente a árboles que presentan estrés, desequilibrio fisiológico o debilitamiento en general, siendo los géneros *Pinus*, *Cedrus* y *Abies*, los predilectos.

*Orthotomicus erosus* es una especie polígama en la que el macho realiza el orificio de entrada y la cámara nupcial, donde a través de la emisión de la feromona agregativa acudirán varias hembras para ser fecundadas.

La hembra realiza la puesta en una galería subcortical, depositando los huevos, que son esféricos, de medio milímetro de diámetro, aspecto gelatinoso y blanquecino, a ambos lados en unas celdillas que excava para este fin.

Estas hembras comenzarán las galerías maternas o de ovoposición, una por cada hembra depositando entre 30 y 60 huevos separados entre sí de 1 a 3 mm en unas celdillas tapadas con serrines.

Los machos son los encargados en la retirada de los serrines y deyecciones de la hembra de las galerías. Para facilitar esta función, la naturaleza ha dotado a estos insectos de unas escotaduras en sus élitros para arrastrar el detritus con más facilidad.

Una vez eclosionados los huevos, las larvas comienzan a comer con avidez realizando nuevas galerías subcorticales que interrumpirán el paso de la savia a los árboles. Al cabo de unas semanas, generalmente tres, las larvas alcanzan su estado ninfal, para realizar la pupación y convertirse en adultos inmaduros. Estos adultos se alimentarán durante unos días hasta adquirir su maduración sexual y volver a comenzar el ciclo biológico.

Las épocas de más actividad serán los meses de primavera y verano donde los adultos invernantes después de un aumento progresivo de las horas de sol y de la recuperación de temperaturas, comenzarán su ciclo reproductivo (Bernal, 2011).

Imagen 12. Adulto de *Orthotomicus erosus*



Adulto de *Orthotomicus erosus*.

Fuente: Valley (2015).

#### 2.9.5.5. *Platypus sulcatus*

El nombre común que recibe este insecto es Platipo.

Los adultos miden de 8 a 9 mm de longitud. Tienen coloración uniforme parda oscura casi negra. La cabeza es rugosa y el protórax casi tan ancho como largo y más bien liso, los élitros son estriados con ápices dentados.

Los hospederos son muy variados, incluyendo álamos, casuarinas, eucaliptos, fresnos, manzano, olmos, perales y plátanos.

Ataca árboles en pie, donde las parejas de adultos labran un sistema de galerías intercomunicadas, horizontalmente y en un mismo plano; se comunican con el exterior por un único orificio en la corteza. Las paredes de las galerías se encuentran teñidas de negro a causa del hongo que cultivan como forma de alimento.

Presentan una sola generación anual, donde los adultos vuelan desde noviembre a febrero. Los machos son los encargados de buscar huéspedes apropiados y de comenzar la perforación, para aguardar el arribo de la hembra. Luego de la cópula es la hembra la que continúa la galería y de inmediato empieza a crecer el hongo que servirá de alimento para las larvas. Las larvas pasan 4 de sus 5 etapas alimentándose de este hongo, para luego pupar. Luego de alcanzada la madurez abandonan el árbol por el mismo orificio inicial y único (Bentancourt y Scatoni, 2010).

Imagen 13. Adulto de *Platypus sulcatus*



Adulto de *Platypus sulcatus*.

Fuente: Bentancourt y Scatoni (2010).

## 2.10. PREVENCIÓN Y CONTROL

### 2.10.1. Medidas culturales

En primera instancia, la principal medida es prevenir la entrada del hongo. Si el hongo ya está instalado, se recomienda la corta y quema de las ramas o los árboles con síntomas, siempre y cuando el sistema radicular este saludable (Batista et al., citados por Firmino, 2011). En caso de que las raíces estén afectadas o se sospeche que lo están; Himelix y Fox, Wilson y Lester, citados por Firmino (2011), recomiendan romper los ligamientos entre los árboles saludables y los denominados “*centro de infección*”.

Reyna y Pérez (2014), recomiendan eliminar todo aquel material que se sospeche infectado, en especial en viveros donde la enfermedad ha provocado la muerte de plantas, para minimizar la probabilidad de enviar al campo plantines con infecciones asintomáticas.

Programar las intervenciones silvícolas que generan heridas (ej. podas) para los meses de menor temperatura y con menor actividad de insectos vectores (Reyna y Pérez, 2014)

Para el caso de maderas en el que el problema principal es el manchado, se han probado aislamientos no pigmentados. Por ejemplo para *Pinus spp.* se obtuvo un aislamiento incoloro de *C. adiposa* que tuvo buenos resultados previniendo el manchado en madera recién cortada, pero no en la protección de heridas (Croan, Morín et al., citados por Firmino, 2011)

El uso de porta injerto resistente es un método de control en Mango (*Mangifera indica*; Firmino, 2011).

Ferreira et al., Zauza et al., Goncálves-Rosado, citados por Harrington (2013), mencionan la idea del manejo integrado, que incluya medidas como la inclusión de material resistente en áreas con la enfermedad presente, limpieza de herramientas, eliminación de plantas enfermas en vivero, generar un mapa de riesgo, similar a lo que se ha hecho para otras especies.

### 2.10.2. Resistencia de los hospederos

#### 2.10.2.1. *Eucalyptus*

La selección y plantación de genotipos resistentes es la forma más eficiente de control de enfermedades en el eucalipto (Zauza et al., citados por Mafía et al., 2011).

Reyna y Pérez (2014), remarcan la importancia del uso de germoplasma resistente, especialmente en zonas donde se conoce la presencia de inoculo de este patógeno, como es el caso de replantaciones de zonas afectadas.

Un estudio realizado por Fermino et al. (2013), encontraron especies e híbridos de *Eucalyptus*, con un grado de resistencia a la enfermedad, que es promisorio y que está en estudio. Detalla además, que las especies que mejor se comportaron fueron *E. urophylla* (dos clones), *E. grandis* (un clon), *E. saligna* (dos clones) y también uno de los clones híbrido entre *E. grandis* y *E. urophylla*.

Mafia et al. (2011), encontraron que *E. saligna* presentó la mayor proporción de genotipos resistentes, con aproximadamente el 90% en uno de los orígenes estudiados y 80% en otro, con plantas de fenotipo moderado a altamente resistente. Para *E. tereticornis* aproximadamente el 90% de los genotipos se ubicó en estas mismas clases. En *E. urophylla* y *E. camaldulensis*, hubo una gran variabilidad dependiendo de las procedencias.

Zauza et al., citados por Rosado (2009), sostienen que existe una gran variabilidad en la resistencia a la enfermedad, pero esta misma autora encontró que es posible seleccionar *Eucalyptus spp.* resistentes a *Ceratocystis spp.* y estimó que la heredabilidad de esta característica se ubica entre 50 y 59%.

#### 2.10.2.2. Otras especies

Resistencia al patógeno fue detectada en Cacao (*Theobroma cacao*) y en Café (*Coffea arabica*), siendo una información altamente valiosa para el control de la enfermedad (Domínguez et al., Izquierdo, Zuluaga, citados por Tumura et al., 2012).

Existen indicios de una aparente relación entre la presencia de compuestos polifenólicos en las hojas del cafeto (*Coffea spp.*) y el grado de resistencia o susceptibilidad a la “Llaga Macana”, producida por *Ceratocystis fimbriata* (Zuluaga et al., 1971).

En plátano (*Platanus spp.*), cuando se obtienen híbridos entre individuos susceptibles y resistentes, es posible encontrar individuos altamente resistentes al cancro provocado por *C. platani*. (Vigoroux y Olivier, citados por Rosado, 2009). Genotipos resistentes a *C. platani* acumulan mayor concentración de fitoalexinas que los genotipos susceptibles (El Modafar et al., citados por Rosado, 2009); y se cree que una proteína producida por el hongo incita a la producción de estos compuestos (Alami et al., citados por Rosado, 2009).

La capacidad de los hospederos para neutralizar las toxinas generadas por el hongo con la función de necrosar células (esencial para el patógeno), puede constituir un mecanismo importante de resistencia (Pazzagli et al., citados por Rosado, 2009)

### 2.10.3. Control químico

Las sustancias químicas no proveen resultados satisfactorios en prevenir o curar la enfermedad. Los tratamientos externos aunque sean efectivos contra el hongo no lo son con la enfermedad, pues esta se encuentra en las células de conducción de la madera, en el interior (CABI, 2015b). El control químico es una práctica inviable, pues como la entrada del patógeno se da por heridas de la planta, habría que realizar las aplicaciones regularmente por lo que sería impráctico y muy costoso (Guerrero, citado por Firmino, 2011).

Pese a la inviabilidad del uso de esta práctica existen algunos autores que mencionan algunos ejemplos y recomendaciones. El pentaclorofenato de sodio se constató que tenía efecto en madera recién cortada, y por este motivo se usó por décadas en Canadá, hasta que por causas ambientales se eliminó del mercado (Byrne et al., Morín, citados por Firmino, 2011)

Las medidas para su control deben estar encaminadas a proteger las heridas causadas al árbol y desinfectar las herramientas mediante fungicidas como benomyl (Benlate 4 g/l), tiabendazol (Mertect 4 cm<sup>3</sup>/l) y carbendazím (Derosal 4 g/l) (Ospina et al., 2006).

De Vay et al., citados por Harrington (2013), recomiendan el cubrimiento de la heridas de poda u otras heridas, con fungicida, para prevenir la infección con *C. variispora* y otras *Ceratocystis spp.* Walter, citado por Harrington (2013), recomienda además pintar con Fenilmercurio nitrato, para matar al patógeno si ya hubiese colonizado. Pero este producto no se usa hace mucho tiempo por su alta toxicidad.

De forma preventiva, para evitar la marchitez del Roble, se han probado inyecciones bajo tierra de triazoles, pero con resultados no muy satisfactorios (Harrington, 2013).

En *Platanus spp.*, la aplicación de ácido jasmónico indujo la producción y acumulación de fitoalexinas, al igual que cuando se inoculó con el patógeno o con la molécula inductora (Clerivet y Alami, citados por Rosado, 2009).

Rojas (2008), en estudios hechos sobre plantas de café, encontró que ningún aislamiento es tolerante al 2- tiocianometiltio benzotiazol (TCMTB), la mayoría de aislamientos requiere de 10- 100 ppm para inhibir tanto un 50 como un 90% del crecimiento.

#### 2.10.4. Control biológico

En el control biológico hay discrepancia en cuanto a autores que sostienen que es poco viable y otros que muestran resultados alentadores.

Varios experimentos con *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*, ambos conocidos por su poder antagonista contra *C. fimbriata in vitro*, no dieron los resultados deseados en el campo (Turchetti y Panconesi, Mutto Accordi, citados por CABI, 2015a)

La acción necrotrófica de algunos hongos en contra de *C. fimbriata*, es conocida, pero no hay reportes de uso como micoparásito para controlar la enfermedad (Panconesi, citado por CABI, 2015a)

Castro y Rivillas, citados por Rojas (2008); en un ensayo en el cual realizaron la deshierba de plantas de Café, aplicaron 0.17 ml del fungicida Derosal (12 ml/l) en el sitio de corte y 0.17 ml/corte de Tricho-D (10 g/l) en otras plantas cortadas; y encontraron que la incidencia de la enfermedad en campo fue de un 9.1% al aplicar Derosal, 6.8% con Tricho-D y 44.4% en el testigo. Tricho-D es una formulación del hongo antagonista *Trichoderma harzianum*.

### 2.11. PÉRDIDAS

#### 2.11.1. Eucalyptus

EL crecimiento de los árboles es afectado significativamente variando acorde al nivel de severidad de la enfermedad. Hay diferencias en diámetro a la altura del pecho, altura total y volumen individual.

Las pérdidas de volumen encontradas fueron del orden de 65 a 87%, dependiendo del nivel de severidad.

Simulaciones de cocción mostraron que la madera infectada necesitaba un 75.2% más de componente alcalino, en comparación con la madera sana, con la consecuencia de un decrecimiento de 13.7% en el rendimiento de pulpa (Mafía et al., 2013).

Fernández et al. (2014), en un estudio sobre los efectos en producción y calidad de madera y carbón; también encontró una reducción en el volumen del árbol, mientras que el contenido de lignina y extractivos aumentaba, y el de holocelulosa disminuía. Las pérdidas en volumen se asocian al mayor gasto energético para la biosíntesis de lignina y extractivos, con la función de defensa ante patógenos.

Estos daños pueden ser explicados por las alteraciones fisiológicas que sufre la planta, a consecuencia del ataque del patógeno.

Alteraciones negativas fueron encontradas en el potencial hídrico foliar de plantas susceptibles inoculadas en el progreso de la enfermedad. La asimilación neta de carbono, conductancia estomática, tasa transpiratoria, rendimiento cuántico de la reacción fotoquímica y la tasa de transporte lineal de electrones, fueron significativamente menores en plantas susceptibles 25 días después de ser inoculadas.

La biomasa seca de la parte aérea y del sistema radicular fue menor en las plantas susceptibles inoculadas en comparación con los demás tratamientos (susceptibles no inoculadas, resistentes inoculadas y resistentes no inoculadas). A su vez el porcentaje de tejido enfermo fue significativamente mayor en las plantas susceptibles inoculadas (Milagre, 2014).

El mismo autor sugiere, que el estrés hídrico causado por la colonización del sistema vascular por parte del hongo es lo que lleva a una reducción del potencial hídrico foliar y la consiguiente disminución de la conductancia estomática. Esta disminución a su vez es la que reduce la tasa de fotosíntesis y de transpiración de la planta.

#### 2.11.2. Otras especies

Las pérdidas pueden ser de orden económico, social, ambiental, etc. Al ser un patógeno que ataca a tanta cantidad de hospederos es imposible detallarlas para cada uno de ellos. Como ejemplo se detallaran un par.

Castro et al. (2003), encontraron que la reducción de la población en plantaciones de café, por muerte de plantas, fue en promedio de 950 árboles/ha, cifra que correspondió al 13,5% de la población promedio por hectárea.

En plantaciones de *Theobroma*, el hongo ha matado al menos un 50% de los árboles en algunos sitios (Idrobo, citado por CABI, 2015b).

### 2.12. ESPECIES DE *EUCALYPTUS*

#### 2.12.1. *Eucalyptus dunnii*

##### 2.12.1.1. Morfología

Árbol de fuste recto, follaje denso, péndulo. Corteza persistente en la base del tronco, escamosa, castaño grisácea, en el resto del tronco caduca en fajas largas. Ritidoma grisáceo crema.

Las primeras hojas son opuestas, las juveniles son opuestas o sub opuestas, pecioladas, ovales a elípticas (4-10 x 3-7 cm), ápice agudo mucronado, base cordada o redondeada, verdes, netamente discoloras.

Las hojas intermedias son alternas, pecioladas, oval-lanceoladas o ampliamente lanceoladas (12-30 x 4-6.5 cm), ápice agudo acuminado, con la base redondeada a amplia cuneada; verdes y ligeramente discoloras.

Las hojas adultas son alternas, pecioladas, lanceoladas (10-20 x 2-4 cm), ápice agudo, acuminado, base cuneada, levemente discoloras a concoloras, nervaduras secundarias oblicuas.

Flores dispuestas en inflorescencias simples, axilares, con pedúnculos achatados, en número de siete. Botones florales ovoides (0.7 x 0.3 cm), con pedicelos (0.5 cm) angulosos, opérculo levemente rostrado, más largo que el hipántio. La floración se da a fines de primavera y en verano.

Los frutos son hemisféricos (0.6 x 0.6 cm) con disco convexo, notorio, exserto, 3 o 4 valvas salientes, que son anchas y fuertes.

#### 2.12.1.2. Distribución natural

Crece en una pequeña área en la región central-este de Australia (28°-30° 15'S), en zonas continentales principalmente, desde 300 a 750 m sobre el nivel del mar.

#### 2.12.1.3. Condiciones climáticas y edafológicos

El clima del lugar responde al tipo templado, con un promedio de temperaturas máximas de 27-30°C y mínimas de 0-3°C, con hasta 60 heladas por año. Las precipitaciones son estivales, en el orden de 1000-1750 mm/año (Boland et al., citados por Brussa, 1994).

Crece en suelos con alta fertilidad, buena capacidad de retención de agua y buena aireación, siendo muy sensible a las condiciones de anegamiento (Kelly, Chippendale y Johnston, Boland et al., citados por Brussa, 1994).

#### 2.12.1.4. Madera

El duramen es de color amarillento, de poca durabilidad, densidad de 800 kg/m<sup>3</sup> seco al aire. Usado normalmente para construcciones livianas (Boland et al., citados por Brussa, 1994)

## 2.12.2. *Eucalyptus globulus*

### 2.12.2.1. Morfología

Árbol de gran tamaño, con hojas péndulas y follaje de textura media a gruesa. Corteza caduca en fajas largas. Ritidoma crema, grisáceo y castaño.

Primeras hojas y juveniles, opuestas, sésiles, sobre tallos de sección cuadrangular, pruinosos; elípticas u oval-elípticas (7-15 x 4-10 cm), ápice obtuso o abruptamente mucronado, base cordada, amplexicaules, glaucas discoloras.

Las hojas intermedias son alternas, pecioladas, lanceoladas (20-30 x 3-6 cm), ápice agudo acuminado, base redondeada, verde concoloras.

Hojas adultas alternas, pecioladas, falcadas (10-25 x 2-3,5 cm), ápice agudo acuminado, base amplia, cuneada, verdes concoloras y nervaduras secundarias oblicuas.

Las flores son solitarias o excepcionalmente agrupadas de a 2 o 3, sésiles o con corto pedúnculo. Botones florales ovoides (1.5-2.5 x 1.5-1.8 cm), pruinosos, con cuatro costillas muy marcadas; opérculo umbonado, verrucoso, de menos largo que el hipántio. Florece a fines de otoño e invierno.

Frutos sésiles, obcónicos a subglobosos (1-2 x 1.5-2.3 cm), con cuatro costillas; disco plano o convexo, a nivel o algo exserto, definiendo lobos que cubren parcialmente las valvas, situadas éstas más o menos a nivel.

### 2.12.2.2. Distribución natural

Natural de la región sur de Australia, incluida Tasmania (37°-43°30´) en localidades costeras (Brussa, 1994), mayormente en los 20km más próximos con algunas excepciones que superan los 70 km de la costa (Boland et al., 2006). Con altitudes desde el nivel del mar hasta 450 m (Brussa, 1994).

### 2.12.2.3. Condiciones climáticas y edafológicas

El clima es templado-frío uniforme, con temperaturas máximas de 18-24°C y mínimas de 0-7°C, con un máximo de 50 heladas anuales. Las precipitaciones son principalmente invernales, del orden de 600-1400 mm en el año (Boland et al., 2006).

Los suelos en los que crece de buena forma, son los arcillosos y limosos (Kelly, Chippendale y Johnson, citados por Brussa, 1994) pero se adapta bien a suelos costeros o pedregosos, con buen drenaje (Brussa, 1994).

#### 2.12.2.4. Madera

Duramen de color marrón amarillento, de textura abierta, grano comúnmente entrecruzado; de durabilidad moderada. La densidad de árboles de plantaciones es de alrededor de 500-740 kg/ m<sup>3</sup>.

El uso más común es para pulpa de celulosa y papel pero se usa también como postes, pilotes, durmientes de ferrocarril y construcciones livianas a pesadas.

#### 2.12.3. *Eucalyptus maidennii*

##### 2.12.3.1. Morfología

Árbol alto a muy alto, que usualmente llega a 30-45 m de altura, y en casos excepcionales hasta 75m (Boland et al., 2006). Fuste recto con follaje péndulo de textura media a gruesa. Corteza caduca en fajas largas, ritidoma crema, gris y pardo rojizo en algunas partes más viejas, a veces persistente en la base.

Primeras hojas y juveniles son opuestas, sobre tallos de sección cuadrangular, sésiles, elípticas u oval-elípticas (5-15 x 4-10 cm), ápice obtuso o mucronado, base cordada, amplexicaules, glaucas, discoloras.

Las hojas intermedias son alternas, pecioladas, lanceolada- falcadas a falcadas (15-30 x 2.5-5 cm), ápice agudo, acuminado, base cuneada, ocasionalmente oblicua, verdes concoloras.

Las hojas adultas son alternas pecioladas, falcadas (15-25 x 2-2.5 cm), ápice agudo acuminado, base cuneada amplia, verdes, concoloras, nervaduras secundarias oblicuas.

Las inflorescencias son simples, en número de 7 (ocasionalmente de 11 y raramente de 3), sobre pedúnculos achatados; botones florales clavados-truncados a ovoides (0.8-1.2 x 0.5-0.7 cm), angulosos, sésiles o muy cortamente pedicelados, opérculo umbonado, verrucoso o liso, mucho más corto y en general más ancho que el hipántio. Florece en invierno y comienzos de primavera.

Los frutos son sésiles o muy cortamente pedicelados, subglobosos a obcónicos (0.5-1.1 x 0.5-0.8 cm; disco exserto, convexo; anillos muy marcados; valvas (3-4) salientes.

#### 2.12.3.2. Distribución natural

Ubicado en la región central-este de Australia (34°45´-37°30´), en áreas costeras escarpadas, entre los 200 y 900 m de altitud (Brussa, 1994).

#### 2.12.3.3. Condiciones climáticas y edafológicas

El clima es templado-frío, con máximas de 23-25°C y mínimas 0-4°C, y con 20-80 heladas por año. Las lluvias son del orden de 800-1200mm anuales, distribuidas uniformemente (Boland et al., 2006).

Presenta preferencia por suelos húmedos pesados, pero es muy plástico en cuanto a requerimientos edáficos (Kelly, Chippendale y Johnston, citados por Brussa, 1994).

#### 2.12.3.4. Madera

Duramen color marrón claro con tintes rosados, textura gruesa y homogénea, grano usualmente entrelazado, medianamente duro y con durabilidad moderada.

Albura susceptible al ataque de *Lyctus spp.*

La densidad se ubica entre 805-1070 kg/m<sup>3</sup>. Los usos tradicionales son similares a las de la especie *Eucalyptus globulus spp. globulus*.

#### 2.12.4. *Eucalyptus benthamii*

##### 2.12.4.1. Morfología

Árbol moderadamente alto, con promedio de altura de entre 25-35 m.

Primeras hojas, opuestas, sésiles, las primeros 2-4 pares son elípticas a ovadas (1.5 x 0.5 cm), mientras que el resto son ovadas (2.5-5 x 1.5-3.5 cm), amplexicaules, discoloras.

Las hojas juveniles son opuestas, sésiles, anchas oblongas-ovadas hasta elípticas (3-9 x 2-4 cm) base amplexicaule hasta redondeada, verde azulada, concoloras.

Las hojas intermedias son opuestas a sub opuestas, sésiles hasta cortamente pecioladas, lanceoladas, concoloras.

Las hojas adultas son alternas, largamente pecioladas, lanceoladas (8-23 x 1.2-2.7 cm), finas, color verde a ligeramente azulado y brillante.

Inflorescencias simples, axilares, con 7 flores; pedúnculos cilíndricos de hasta 0.8 cm de largos; cortamente pedicelados. Los capullos son ovoides a clavados, a veces presentando pruina.

Los frutos son hemisféricos a acampanados (0.3-0.5 x 0.4-0.6 cm), ligeramente pruinosos cuando son inmaduros; disco estrecho, ligeramente convexo y más o menos a nivel. Presentan 3-4 valvas algo exsertas.

#### 2.12.4.2. Distribución natural

Se encuentran naturalmente en una región pequeña de la costa este de New South Wales. Precisamente al sureste de Sídney en las riveras del río Nepean y sus afluentes (33°36'48.29" S – 150°41'54.83" E). Las alturas en las que se ubica van desde 60-230 m.

#### 2.12.4.3. Condiciones climáticas y edafológicas

El clima presente meses cálidos y meses fríos, con máximas de 27-29°C y mínimas de 2-3°C, con una incidencia de heladas moderada. Las precipitaciones son del orden de 750-850mm por año, distribuidos principalmente en verano.

Los suelos en los que mejor se desarrolla la especie, son los bancos de ríos, tierras planas adyacentes o de baja pendiente, con un alto porcentaje de arcilla, que a veces se encuentra en buena cantidad hasta 0.5-1m de profundidad, lo que lo vuelve de buenas aptitudes agrícolas (Boland et al., 2006).

### 2.13. MADERA DE CALIDAD

La calidad de la madera se define en cuanto al uso que tome. Es por esta razón que una madera puede ser de mala calidad para un uso pero de excelentes condiciones para otro.

Sin embargo el concepto “madera de calidad” que nos importa para este trabajo, surge a partir del decreto de ley 38/008 del año 2008.

Este decreto establece en su artículo 1° “*A los efectos de lo dispuesto por el Artículo 2° de la ley No. 18245, de 27 diciembre de 2007, se entiende por proyecto de Madera de Calidad los calificados como Bosques de Rendimiento que fueran sometidos a sistemas de manejo con podas y raleos para la obtención de madera libre de nudos,*

*con el objetivo final de aserrado, debobinado o faqueado, y que en el corte final tengan entre 100 y 450 árboles por hectárea y más de 15 años de plantados. La madera producto del manejo y parte de la cosecha final podrá tener cualquier destino pero en cosecha final la madera con fines aserrables o de producción de chapas no podrá ser inferior al 20% de la cosecha total. Se asimila a esta categoría la madera producto de aquellos calificados como Bosques Protectores Artificiales”.* (MGAP, 2008.)

El artículo 2° de la ley No. 18245 mencionado en el decreto 38/008 establece “*Lo dispuesto en el artículo 1° de esta ley no regirá para los bosques incluidos en los proyectos de madera de calidad definidos por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, ni para los bosques naturales declarados protectores de acuerdo al artículo al artículo 8° de la ley 15939, de 28 de diciembre de 1987, los que mantendrán la actual exoneración a la contribución inmobiliaria rural.*”

Artículo 1° de la ley 18245: “*Exceptuase la exoneración dispuesta por el numeral 1) del artículo 39 de la ley No.15939, de 28 de diciembre de 1987, a la contribución inmobiliaria rural.*”

Literal 1 del artículo 39 de la ley No. 15939: “*Estarán exentos de todo tributo nacional sobre la propiedad inmueble rural y de la contribución inmobiliaria rural.*”

### 2.13.1. Aserrado

El diccionario de la Real Academia Española, define al aserrado como la acción de aserrar. Aserrar por su parte lo define como la acción de cortar o dividir con la sierra.

Faropa<sup>2</sup>, establece dos grandes categorías de aserraderos para nuestro país. Los pequeños, son unidades fijas o portátiles constituidas por una sierra principal circular, un sencillo carro porta troncos y una canteadora doble accionadas por un motor de gasolina o diésel y manejadas por uno o dos trabajadores.

Los de gran escala, son estructuras permanentes, disponen de equipos mucho más elaborados y especializados y pueden emplear a más de 1000 trabajadores.

La industria del aserrado en Uruguay está dominado por pocas empresas, que trabajan tanto con *Pinus spp*, como con *Eucalyptus spp.*; y han logrado un aprovechamiento muy elevado de la madera que entra a la planta de procesamiento. Pou (2013) señala para un aserradero de *Eucalyptus spp.*, que del 100 % que entra, un 35% termina como madera aserrada, un 16% destinado a pulpa de celulosa y 49% destinado a biomasa.

---

<sup>2</sup> Faropa, C. 2014. Com. personal

Estos datos distan un poco de los observados en la recorrida del grupo forestal de 2014 por la empresa URUFOR, donde se corroboró un rendimiento en madera aserrada mayor al 50%. Esta empresa cuenta con uno de los aserraderos más modernos y grandes del mundo para *Eucalyptus grandis*.

Por su parte, De Ibarbure señala rendimientos finales de madera aserrada en relación a la madera entrante, del orden del 55%, para *Pinus taeda*<sup>3</sup>.

#### 2.13.2. Debobinado

Es una técnica de aserrado por la cual se obtienen láminas de madera de poco espesor, que serán utilizadas posteriormente de diferentes maneras. Esta técnica consiste en la colocación de las trozas en una máquina que las girará a alta velocidad contra una cuchilla. El producto obtenido es una lámina delgada de un largo variable, que será cortada, secada y utilizada de diferentes maneras (Confemadera, 2011).

Esta industria en Uruguay está dominada por Weyerhaeuser. Ésta obtiene como productos finales tableros contrachapados, destinados a la industria de la construcción fundamentalmente.

#### 2.13.3. Faqueado

El faqueado en algunas ocasiones se lo nombra como sinónimo o junto con el debobinado. Son actividades en las que se obtienen láminas delgadas de madera, pero en el faqueado, se obtienen chapas y no una lámina continua. Con las chapas se logran diseños decorativos particulares que con el debobinado a veces no. También se pueden fabricar tableros contrachapados y demás productos al igual que con las láminas obtenidas del debobinado (UNLP, 2013).

#### 2.13.4. Otros productos derivados de la madera

Quagliotti (2014), cita una lista de productos de derivados de la madera.

- Madera laminada y encolada
- Tableros de chapa laminada (madera micro laminada LVL)
- Tablero de partículas (aglomeradas con resinas)
- Tablero de virutas orientadas (OSB)
- Tableros de fibras de densidad media (MDF)

---

<sup>3</sup> De Ibarbure, H. 2014. Com. personal.

- Tableros de fibras aislantes
- Tableros de fibras duros
- Madera laminada en tiras
- Madera laminada en virutas orientadas.

Pese a que la tecnología a nivel mundial existe desde hace bastante tiempo, en Uruguay no se ha desarrollado de buena manera la producción de este tipo de productos. Pero no dejaría de ser una alternativa para un proyecto de madera de calidad.

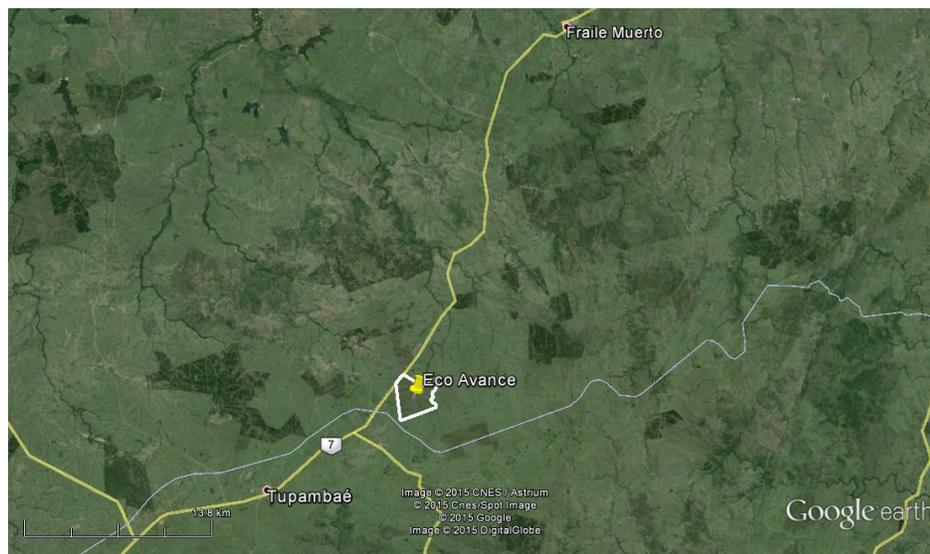
### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO

##### 3.1.1. Ubicación

El trabajo de campo se realizó en el predio Eco Avance, que es gestionado por la empresa Pike Consultora Forestal S.R.L (Pike&Co), en el departamento de Cerro Largo. Eco Avance se encuentra ubicada a 13 km al Noreste de Tupambaé y a 33 km al Suroeste de Fraile Muerto, Sobre la Ruta Nacional No. 7. Con entrada por el Km. 319 de ruta 7.

Imagen 14. Ubicación del predio.



Ubicación del predio. Se marcan las localidades de Tupambaé y Fraile Muerto para una mejor orientación.

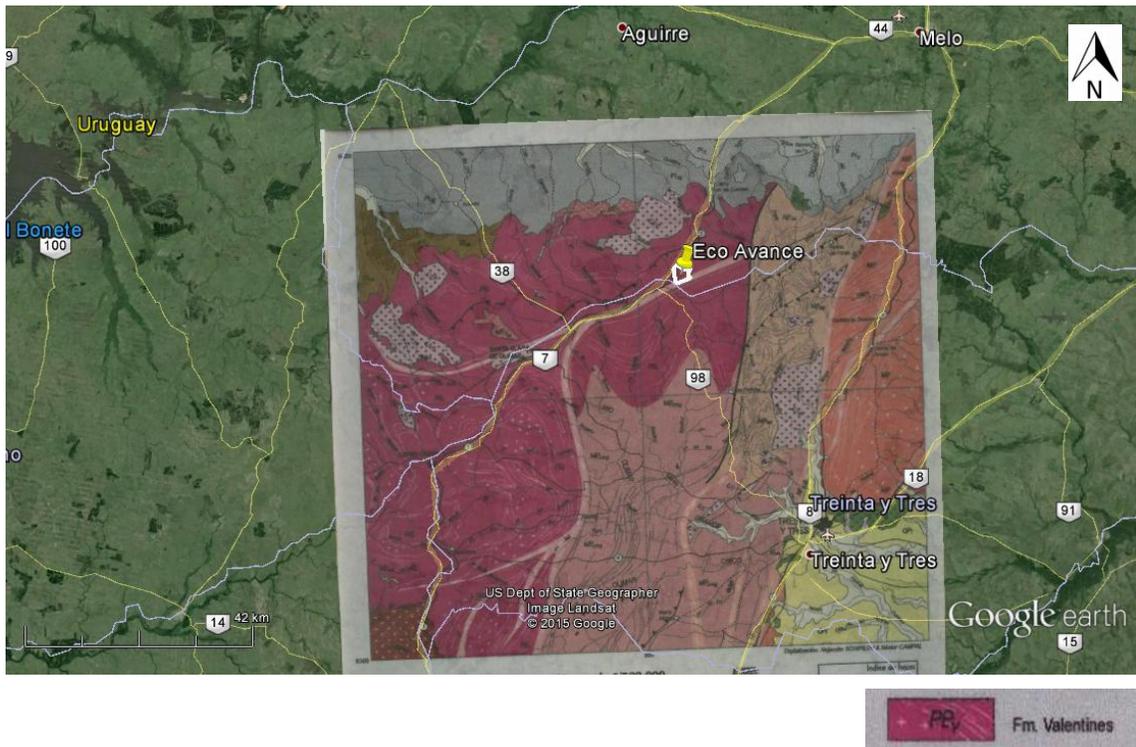
##### 3.1.2. Superficie

La superficie que ocupa el predio es de 645 ha, de las cuales 495 están forestadas, ocupando de esta manera 76.7% de las superficie.

### 3.1.3. Geología

El predio Eco Avance, donde se realizó el estudio, se encuentra ubicado en la Formación Valentines, dentro del Terreno Nico Pérez.

Imagen 15. Superposición de Hoja D4 de Carta geológica del Uruguay, escala 1:500.000



#### 3.1.3.1. Terreno Nico Pérez

Este terreno fue separado por Bossi y Campal (1991) del “Zócalo Cuenca del Río de la Plata”, por presentar diferencias claras con el Terreno Piedra Alta y la existencia de un límite de primer orden correspondiente a la mega transcurrencia Sarandí del Yí – Piriápolis.

En la concepción actual agrupa a la formación Valentines y sus intrusiones, a los metamórficos de la unidad operacional “Complejo Metamórfico Grencilliano” con intrusiones post-metamórficas, y al Grupo Arroyo del Soldado. Dentro del Terreno se

encuentran además metamórficos de bajo grado al NW de Minas de Corrales (Bossi et al., 1998).

### 3.1.3.2. Formación Valentines

Se define actualmente como integrada por metamorfitos de grado alto y medio-alto correspondientes a una secuencia volcano sedimentaria que incluye: gneisses, piroxenitas, cuarcitas ferrificas, calizas marmóreas y granitoides de edad diversa.

Todas estas litologías pueden aparecer afectadas por cizallamiento definiéndose entonces desde cataclasitas a ultramilonitas. En el área de Santa Clara y Sur de Tupambaé muestran un rumbo ENE y afectan todas las litologías del área con excepción de los granitos intrusivos de Santa Clara y Molles de Lechiguana.

La formación Valentines está afectada como mínimo por tres grandes eventos deformacionales: el primero es anterior a la intrusión del batolito de Illescas, el segundo posterior a dicho granito ya que lo afecta y anterior a la sedimentación Vendiana, que se apoya sobre el granito deformado; el tercero pliega la plataforma Vendiana afectando a toda la unidad (Bossi et al., 1998)

### 3.1.4. Suelos

#### 3.1.4.1. Unidades de Suelo

Imagen 16. Unidades de suelo presentes en el área. Superposición de carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Escala 1:1.000.000





Como se observa en la imagen 12 en el predio se encuentran dos unidades de suelos diferentes. Según MAP. DSF (1976), las unidades son Cerro Chato y Sierra de Polanco.

#### Unidad Cerro Chato

Los suelos dominantes de esta unidad son los Brunosoles Subéutricos Típicos y Háplicos, mientras que los suelos asociados son Litosoles Subéutricos Melánicos.

Los suelos Dominantes presentan un Horizonte A de 29 cm, de color pardo muy oscuro, textura franco arcillosa, bloques sub-angulares finos a muy finos, moderados a blandos con presencia común de raíces y una transición clara hacia el horizonte subyacente. A partir de los 29 cm y hasta los 43 cm de profundidad se encuentra un horizonte B o Bt, de color pardo oscuro, con moteado rojo amarillento abundante y comúnmente rojo oscuro. La textura es arcillosa, en bloques angulares finos, moderados, friables, con pocas raíces y una transición gradual hacia el horizonte C. El horizonte C comienza a partir de los 43 cm, de color pardo rojizo oscuro, rojo amarillento o amarillento pálido, de textura franco arcillosa, firme.

Este perfil descripto es el tipo, pero es importante marcar que el espesor de los horizontes puede variar en cortas distancias (MAP. DSF, 1976).

#### Unidad Sierra de Polanco

Los suelos dominantes de esta unidad son los Brunosoles Subéutricos Típicos y Háplicos, mientras que los suelos asociados los Litosoles Subéutricos Melánicos y Brunosoles Subéutricos Lúvicos. Generalmente se observan zonas de laderas ligeramente convexas, con pendiente que rondan el 10%.

Los suelos dominantes presentan un Horizonte A11 hasta los 14 cm, de color pardo grisáceo a pardo grisáceo oscuro en seco, con moteado pardo rojizo oscuro, común, pequeño y claro; la textura es franco arcillo arenosa, con estructura de bloques subangulares medios. La transición al horizonte A12 subyacente es gradual y plana.

El horizonte A12 se encuentra desde los 14cm hasta los 31cm de profundidad. De color pardo grisáceo muy oscuro a pardo grisáceo oscuro en seco. De igual textura y estructura que el horizonte A11. La transición en este caso es clara e irregular.

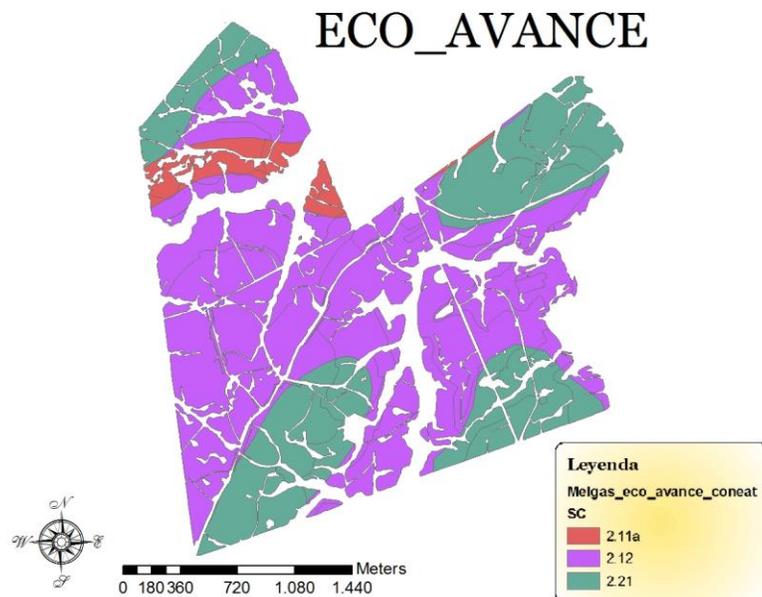
A partir de los 31 cm se encuentra el horizonte C, de color pardo a pardo oscuro y pardo amarillento oscuro, con moteados pardo amarillentos comunes. La textura es

franco arcillosa y su estructura en bloques angulares medios y gruesos; con películas de arcilla discontinuas (MAP. DSF, 1976).

### 3.1.4.2. Grupos CONEAT

Según el decreto 220/010 promulgado por el Poder Ejecutivo y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, el 14 de julio de 2010, los suelos de prioridad forestal son los grupos de clasificación CONEAT 2.11a, 2.12, 2.14, 5.01c, 5.02a, todos los 7, 07.1, 8.1, 8.02a, 8.02b, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.10, 8.11, 8.12, 8.14, 8.15, 8.16, 9.1, 9.2, 9.3, 9.42, 9.7, 9.8, 9.9, 09.2, 09.3, S09.10. Incluyéndose también los grupos de suelos 2.11b y 2.20, cuando el proyecto presentado complementa la producción forestal con la adecuada diversificación agrícola ganadera, los suelos 4.2, a condición de que sean utilizados en sistemas agroforestales y se ejecute un plan de recuperación de cárcavas y 07.2, 8.9, 8.13 y s09.11 en aquellos casos en que habiendo mediado solicitud de parte interesada ante la Dirección General Forestal del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, se hubiera determinado que el proyecto forestal presentado complementa la producción forestal con la adecuada diversificación agrícola o ganadera.

Imagen 17. Grupos de Suelos CONEAT presentes en el Predio.



Fuente: Castromán<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Castroman, A. 2015. Com. personal

En este croquis se observa que el suelo 2.12 es que ocupa mayor superficie, aproximadamente el 70% del área. En segundo lugar está el suelo 2.21, con aproximadamente el 25% del área y por último el suelo 2.11a, con el 5% restante.

#### Suelo 2.12

Son sierras no rocosas de relieve ondulado y ondulado fuerte, con afloramientos en general menores de 5% y pendientes variables entre 5 y 15%. Los suelos son Brunosoles Subéutricos Háplicos y Típicos, arenoso francos y francos, algunas veces arenosos franco gravillosos, superficiales a moderadamente profundos. Asociados a estos se encuentran Litosoles Subéutricos Melánicos arenoso-franco-gravillosos, a veces muy superficiales y pedregosos; y Brunosoles Subéutricos Lúvicos, francos o arenoso-franco. La vegetación es de pradera de ciclo predominantemente estival, con matorral y monte serrano asociado, en general en gargantas y zonas cóncavas. Ocupa grandes extensiones en los departamentos de Maldonado, Lavalleja, Oeste de Treinta y Tres y Suroeste de Cerro Largo. Los suelos de este grupo pertenecen a la unidad Sierra de Polanco (carta escala 1:1.000.000) y tienen un índice de Productividad de 83.

#### Suelo 2.11a

Son sierras rocosas con paisaje ondulado fuerte y pendientes de entre 5 y 20%. Los materiales geológicos están constituidos básicamente por rocas ígneas, metamórficas y algunas efusivas ácidas, y la rocosidad puede alcanzar niveles de hasta el 10%. En este grupo deben establecerse dos regiones con asociaciones de suelos diferentes.

La región Sur (Lavalleja, Maldonado, Rocha y Parte de Treinta y Tres) donde los suelos dominantes son Brunosoles Subéutricos Háplicos, arenoso franco gravillosos y franco gravillosos, superficiales y pedregosos. Asociados ocurren Brunosoles Subéutricos Típicos, francos, moderadamente profundos; y Litosoles Subéutricos Melánicos, arenoso gravillosos, pedregosos y muy superficiales, con afloramientos rocosos. Los Brunosoles ocupan el 70% del área.

En la región Norte (Cerro Largo y Norte de Treinta y Tres), los suelos dominantes son Inceptisoles Úmbricos, franco arenosos, gravillosos, a veces pedregosos, superficiales y moderadamente profundos, ácidos con tenores variables de aluminio. Asociados aparecen Litosoles Dístricos y Úmbricos, franco arenosos, gravillosos y ácidos. La vegetación es de pradera de ciclo estival con matorrales asociados.

Este grupo de suelos ocupa importantes áreas en la Sierra de Ríos, y entre Valentines Tupambaé y Treinta y Tres. El índice de Productividad es de 53.

## Suelo 2.21

El relieve es de colinas, con interfluvios convexos y pendientes entre 6 y 12 %. Los suelos son Brunosoles Lúvicos, franco y Argisoles Subéutricos Melánicos, francos, moderadamente profundos. Los Brunosoles se dan en las laderas convexas o planas mientras que los Argisoles se relacionan a la zona alta. Este padrón de suelos se da en el Sur de Treinta y Tres y Norte de Rocha, en tanto que el Sur de Rocha y Maldonado dominan los Brunosoles de texturas más finas y mayor fertilidad natural. Asociados a estos ocurren Brunosoles Lúvicos moderadamente profundos y accesoriamente Litosoles Subéutricos Melánicos, muy superficiales, en ambos casos asociados a áreas disectadas, entalladas o aproximadas a afloramientos rocosos. El material madre está compuesto por un débil manto de sedimentos limo arcillosos, sobre roca del basamento cristalino. La vegetación es de pradera estival. Ocupa áreas importantes al Oeste y Suroeste de Treinta y Tres, alrededores de Velázquez y sur de Maldonado. El índice de Productividad es de 105 (MGAP. DIRENARE, 1994).

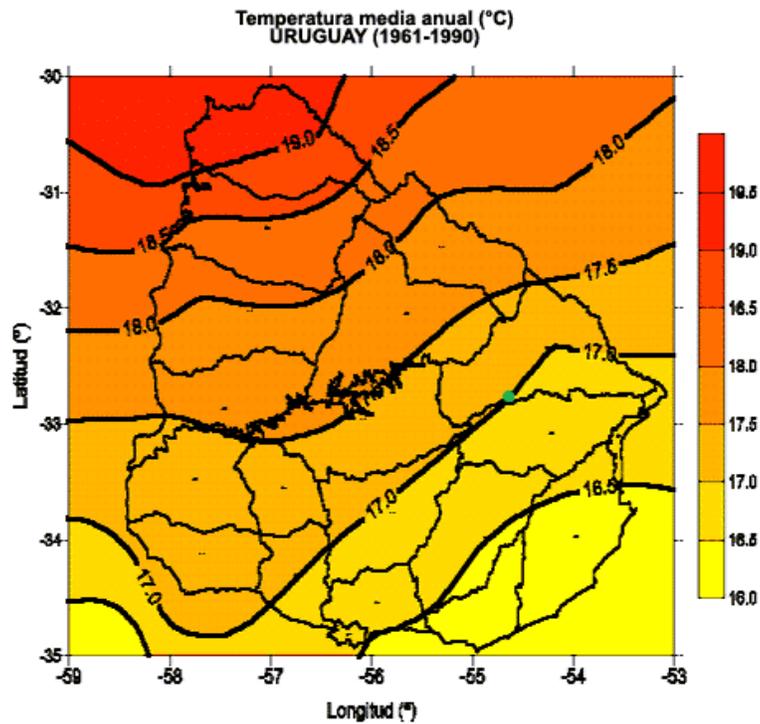
### 3.1.5. Clima

A partir de datos climáticos recolectados por la empresa Pike&Co, desde enero de 2014 hasta julio de 2015, se lograron valores medios de las principales variables que serán útiles para compararlos con datos históricos y para analizar el riesgo que podría haber para el desarrollo de la enfermedad.

#### 3.1.5.1. Temperatura

Los datos proporcionados por la empresa registraron una temperatura media para el período de estudio de 17.9°C. Este dato se desvía 0.9°C de la serie histórica 1961-1990 perteneciente a INUMET. Pero no es de extrañar que ésta diferencia se deba a que la serie está desactualizada 25 años, y esto implica que la tendencia al calentamiento global que se ha registrado en los últimos tiempos no esté contemplada.

Imagen 18. Isotermas de Uruguay, serie histórica 1961-1990.



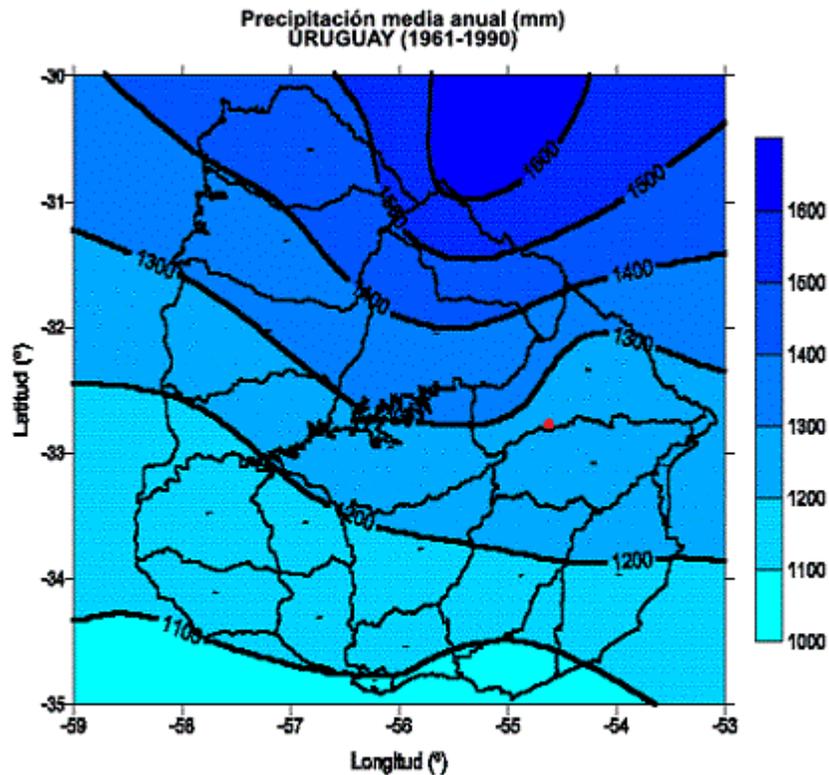
Fuente de datos: Dir. Nal. Meteorología

Temperatura media anual 1961-1990. Localización del predio Eco Avance (punto verde).

### 3.1.5.2. Precipitaciones

Las precipitaciones en el año 2014 tuvieron un acumulado de 1731mm, pero este dato hay que considerarlo con especial cuidado, ya que el año 2014 fue un año atípico en todo el país, donde las precipitaciones fueron más abundantes de lo normal. Lo normal es que se mantenga en la tendencia histórica entre 1200-1300mm.

Imagen 19. Isoyetas de Uruguay, serie histórica 1961-1990.



Fuente de datos: Dir. Nal. Meteorología

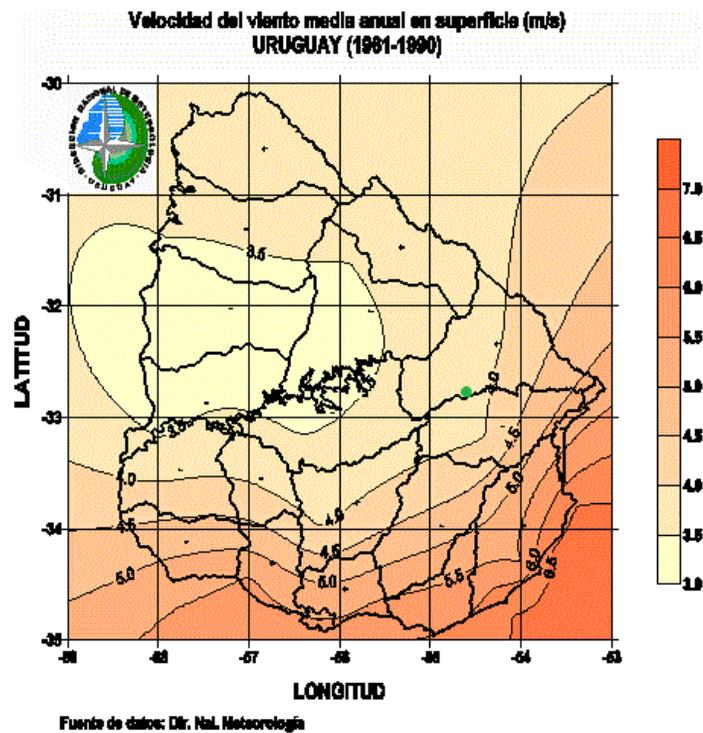
Precipitaciones medias anuales 1961-1990. Localización del predio Eco Avance (punto rojo).

Para el período enero 2014- julio 2015 se registró un acumulado anual de 2018 mm, con una media mensual de 110 mm. Según Severova (1997), las medias mensuales se ubican entre 60 mm y 140 mm para Rocha y Artigas respectivamente, siendo estos los dos datos más extremos. El predio donde se trabajó se ubica aproximadamente al medio de éstas dos ciudades, entonces es de suponer que la media también se ubique en el centro de la distribución, en el entorno de los 100mm. Esto demuestra que el registro para el periodo en estudio no se desvía demasiado de la media.

### 3.1.5.3. Vientos

La velocidad del viento promedio que registró la estación meteorológica de la empresa, se situó en 4.5 km/hora. Este dato no está tan alejado del dato de la serie histórica proporcionada por INUMET y si la analizamos en la escala de la fuerza de los vientos de Beaufort, ambos datos corresponden al nivel uno. EL nivel uno es aquel donde se presenta un viento ligero, donde se ven pequeñas olas en el mar pero sin espuma, y donde el humo indica la dirección del viento.

Imagen 20. Isolíneas de intensidad del viento de Uruguay, serie histórica 1961-1990

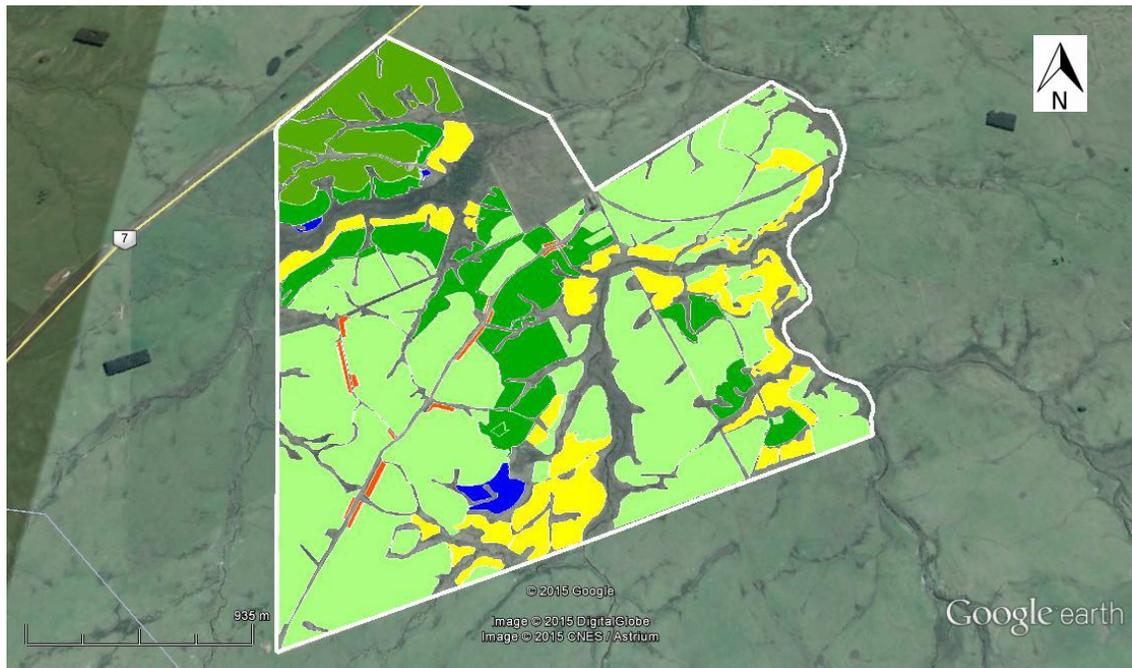


. Intensidad del viento de Uruguay, serie histórica 1961-1990. Localización del predio Eco Avance (punto verde).

Otro dato importante registrado en la estación meteorológica de la empresa es la velocidad máxima de los vientos, debido a las consecuencias que acarrearán sobre los árboles de la plantación. Se registró un pico de 116km/hora en el mes de abril de 2015.

### 3.1.6. Especies plantadas e historia

Imagen 21. Especies plantadas, superficie y edad.



Referencias. Especies plantadas, superficie y edad.

Color	Especie	Superficie efectiva (ha)	Año plantación/rebrote
Red	<i>E. globulus</i> *	2	Tallar 2011
Light Green	<i>E. maidennii</i>	230	Plantación 2011
Medium Green	<i>E. maidennii</i>	58	Plantación 2012
Dark Green	<i>E. maidennii</i>	78	Plantación 2013
Yellow	<i>E. dunnii</i>	123	Plantación 2011
Blue	<i>E. benthamii</i>	4	Plantación 2013

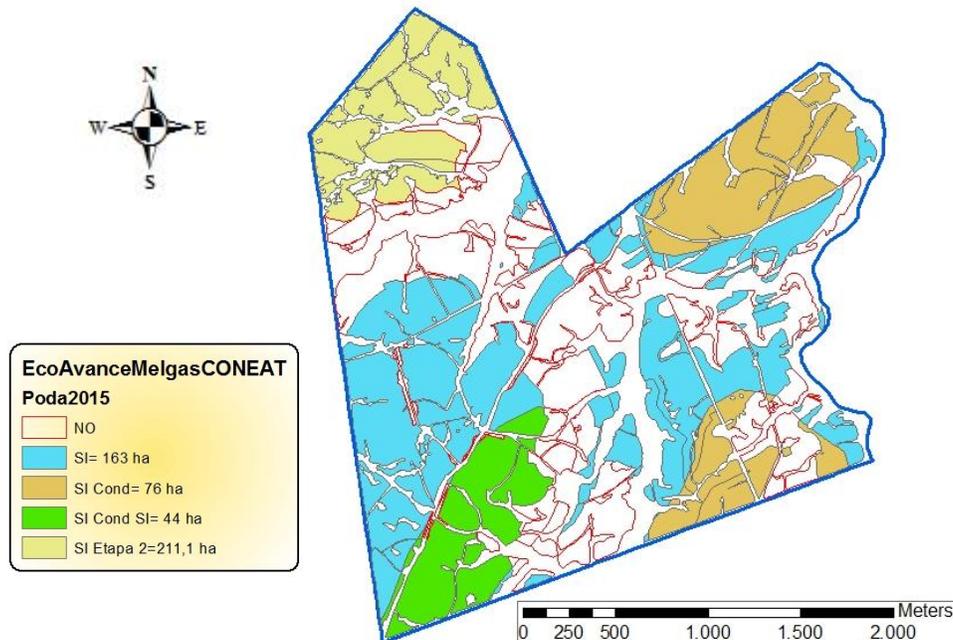
\*La superficie marcada como *E. globulus* corresponde a rebrotes perteneciente a las zonas donde se ubicaban las pilas de madera de la cosecha anterior.

Las características de cada una de las especies se detallaron en la revisión bibliográfica. Lo que no se explicó hasta ahora es que se trata de una replantación en donde la especie original era *E. globulus*, luego de la cosecha se quemaron los residuos, se plantó y en 2012 la plantación sufrió una fuerte helada que terminó con 140 ha. Ésta superficie es la que aparece con el color verde más oscuro en la imagen y que se replanto

en 2013. También se registró un ataque de *Erwinia psidii* (marchitamiento y muerte descendente) y *Pantoea ananatis* (muerte descendente) en el año 2013.

Como el predio tiene un objetivo de doble propósito, madera de calidad y pulpa de celulosa es que se hicieron algunos manejos que son importantes remarcar, porque podrían generar un potencial peligro de infección para las plantas heridas. Las áreas ya manejadas y a manejar se detallan en la imagen 20.

Imagen 22. Podas realizadas y planificadas



Área podada (celeste), resto de colores el área planificada a podar en el 2015, área no podada (no pintada). Fuente: Castromán<sup>4</sup>

Pese a que se podaron las áreas marcadas, estas no sufrieron daños pese a que se encontraba presente el inóculo en el campo, pudiéndose explicar porque los árboles ya habían adquirido una robustez adecuada o porque no se dieron condiciones favorables para el desarrollo del patógeno.

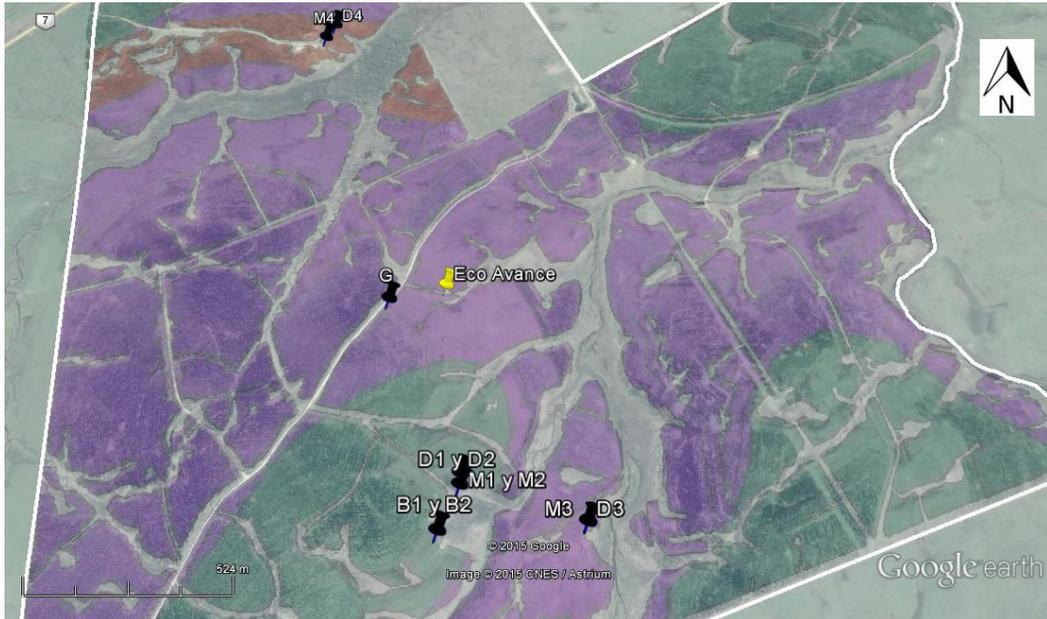
## 3.2. TRABAJO DE CAMPO

### 3.2.1. Obtención de muestras madera

El trabajo de campo en primera instancia consistió en la obtención de muestras, de aquellos árboles que presentaban síntomas de la enfermedad. El 25 de mayo de 2015

se obtuvieron secciones de corte transversal, de todas las especies presentes en el predio, y para cada grupo de suelo CONEAT, tal como se muestra en la imagen 19.

Imagen 23. Localización de las muestras obtenidas.



En verde: suelos 2.21; en rojo: suelos 2.11a; en violeta: suelos 2.12. G=*E. globulus*; D=*E. dunnii*; M=*E. maidennii*; B=*E. benthamii*. El número que acompaña a la letra indicadora de la especie, solo representa el orden de obtención de las muestras.

Se buscaron árboles que presentaran al menos alguno de los síntomas descritos en la bibliografía. Con motosierra se apearon los árboles, y se cortaron secciones transversales de aproximadamente 1cm de grosor, se colocaron en una bolsa identificando la especie de la cual fue obtenida la muestra y las coordenadas de donde fue obtenida.

Imagen 24. Árboles sintomáticos y obtención de muestras.





Cancro longitudinal abierto (a; b; c). Cancro longitudinal cicatrizado (d). Muestra, corte transversal con manchas radiales típicas (e).

### 3.2.2. Obtención de muestras foliares y de suelo

La segunda parte consistió en la obtención de muestras foliares y de suelo, para posteriormente realizar análisis.

Las muestras de suelos se realizaron siguiendo las recomendaciones que emitió la el departamento de suelos de la Facultad de Agronomía, sobre la cantidad de muestras, la forma en que se deben obtener, y como preparar la muestra para enviar al laboratorio. La profundidad considerada para el estudio fueron 20cm, y se quería conocer más en profundidad la característica de los grupos CONEAT que se usaron como antecedentes, para separar la obtención de las muestras de madera; por esta razón es que se obtuvieron 3 muestras de suelo, una por cada uno de los grupos CONEAT.

Las muestras foliares se obtuvieron de árboles sintomáticos, sacando unas 20 hojas por árbol de diez árboles, siendo éstas hojas completamente desarrolladas (máxima estabilidad de la concentración de nutrientes), evitando hojas demasiado viejas y demasiado jóvenes.

Se obtuvo una muestra por cada especie y por cada grupo CONEAT.

El objetivo de la colecta de muestras foliares es detectar posibles deficiencias nutricionales, especialmente de boro. El boro se sabe que en cantidades insuficientes, retarda la cicatrización heridas, y una herida abierta es un riesgo potencial para la entrada del patógeno en estudio.

### 3.3. TRABAJO DE LABORATORIO

#### 3.3.1. Realización de cámara húmeda

Al día siguiente de obtenidas las muestras (cortes transversales sintomáticos) se les colocó un algodón humedecido a la misma bolsa donde se las colocó en el campo, a fin de proporcionar humedad suficiente a lo que sería la cámara húmeda. Al mismo tiempo se colocaron algunas muestras de cada bolsa en una bandeja con algodón humedecido con el objetivo de probar diferentes condiciones en un futuro. Se colocaron esas bolsas y bandejas en un ambiente oscuro y a 17.5°C.

Al cabo de una semana tanto las muestras de las bolsas como las de las bandejas presentaban crecimiento de micelio, color hialino a blanco; de todas formas se dejaron en las mismas condiciones 15 días más dando tiempo para que el patógeno pudiera continuar su crecimiento.

Tras los 15 días, se procedió a la elaboración de “**Sándwich de zanahoria**”, tal como se cita en la bibliografía. Cortando finas láminas de zanahoria, que se desinfectan por un minuto en alcohol 70%, y donde se coloca un fragmento de madera contaminada con el patógeno. También se colocó una lámina de zanahoria sobre las muestras de madera que obtuvimos del campo, buscando con esto estimular el crecimiento, en busca de peritecios, que servirían de signo del patógeno para su identificación.

Posteriormente, se procedió a cambiarle la temperatura y las condiciones de luz a las bandejas y a las bolsas. Tanto las bandejas como las bolsas con muestras pasaron a estar a una temperatura de 26°C. Las bandejas con exposición a luz las 24 horas y las bolsas en plena oscuridad.

#### 3.3.2. Siembra en medio de cultivo

De las muestras que presentaron crecimiento de micelio, se realizó un cultivo para cada especie, en un medio enriquecido de papa agar dextrosa. Con estos repiques se buscaba obtener un cultivo puro del hongo dónde fuese más fácil la observación del patógeno y su identificación.

Los medios de cultivos realizados estuvieron también en oscuridad y a 17.5°C durante 15 días, observándose crecimiento ya a la semana de cultivados.

A partir de los cultivos realizados y de las cámaras húmedas se extrajeron muestras, para observar bajo lupa binocular y microscopio óptico. En primera instancia se los comparó entre sí para constatar que era el mismo organismo. Una vez constatado

se observó en detalle bajo el microscopio y se lo comparó con la información bibliográfica disponible.

### 3.3.3. Análisis foliares

Para la realización de análisis foliares se pesó 1g de las muestras previamente secadas y molidas, y se colocaron en un crisol de porcelana previamente numerado en el fondo.

Luego se colocaron en una plancha eléctrica para quemar la muestra, hasta el punto que dejó de echar humo. De aquí se sacaron los crisoles y se los colocó en una mufla a 200°C por una hora y luego se elevó la temperatura a 500°C por 5 horas.

Luego de enfriadas la muestras, se le agregaron unas gotas de agua a las cenizas, solo para humedecer la muestra y evitar proyecciones con el agregado de ácido.

Se agregaron 5 ml de ácido clorhídrico al 20% y se pasaron estas cenizas disueltas a un aforado de 50 ml, llevando a volumen con agua des ionizada.

Posterior a esto se pasó un volumen necesario en un frasco de vidrio rotulado para analizar.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERÍSTICA DE LOS CRECIMIENTOS

Exceptuando las muestras de *E. globulus*, en todas las muestras hubo crecimiento de micelio. Hubo algunas muestras que tuvieron un crecimiento, notoriamente superior.

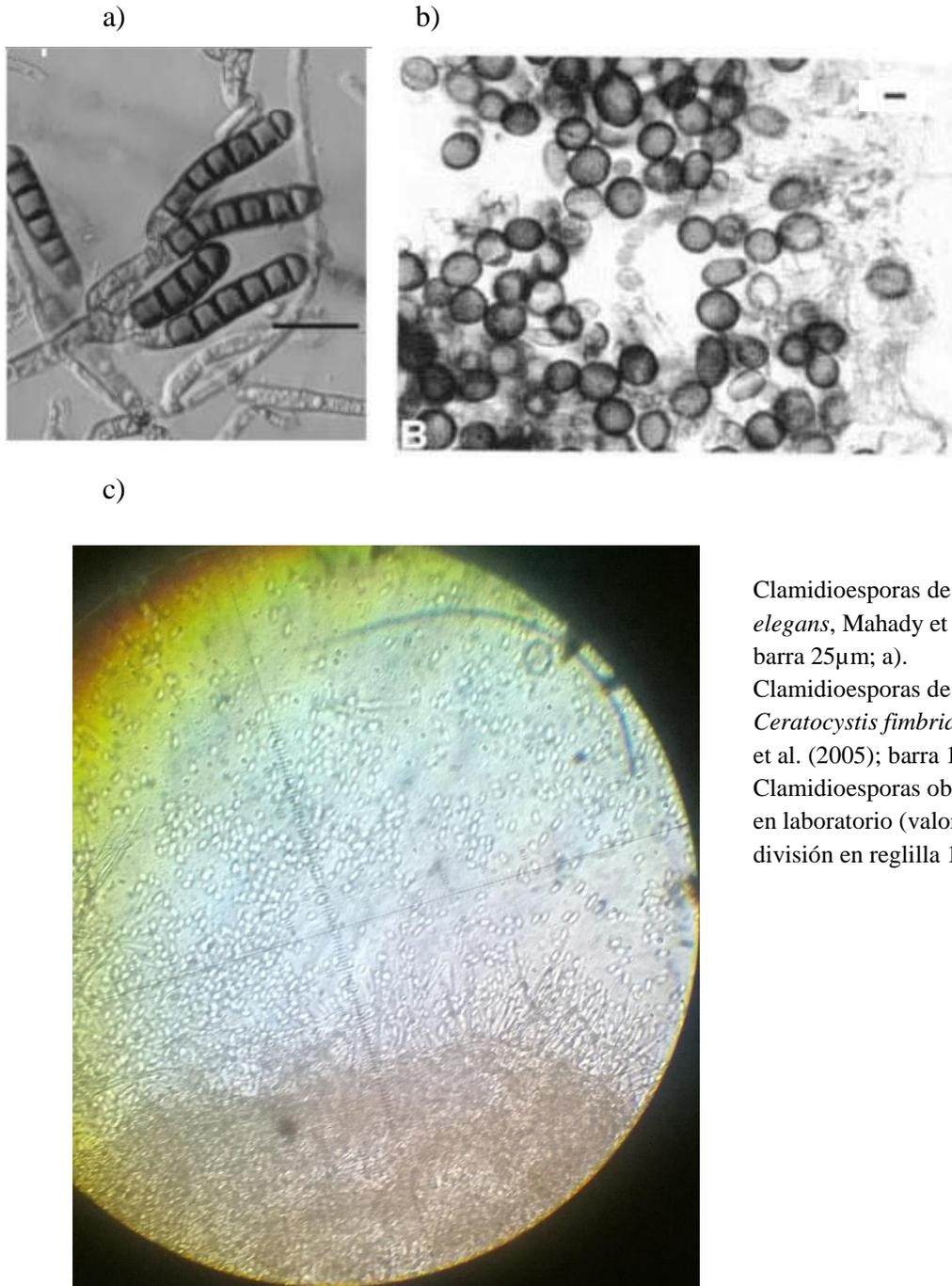
Para clasificar el crecimiento de micelio sobre las muestras y en los preparados, se elaboró una escala visual. Esta escala adopta cuatro niveles, que servirán para contrastar con los datos del análisis de suelo y foliares, buscando alguna posible asociación.

Imagen 25. Escala visual de crecimiento.



En todas las situaciones que se constató crecimiento, solo se observó crecimiento de micelio, y algunas aleuroconidias, producto del desarrollo de la forma asexual del patógeno, que en las observaciones de microscopio óptico se asemejaban a *Chalara elegans*. Según Paulin-Mahady et al. (2002), ésta se asocia a *Ceratocystis spp.* o a *Ceratocystis fimbriata* según Ferreira et al. (2005).

Imagen 26. Estructuras típicas del patógeno.



Clamidioesporas de *Chalara elegans*, Mahady et al. (2002); barra 25 $\mu$ m; a).  
Clamidioesporas de *Ceratocystis fimbriata* Ferreira et al. (2005); barra 10  $\mu$ m; b).  
Clamidioesporas observadas en laboratorio (valor de una división en reglilla 10  $\mu$ m); c).

#### 4.1.1. Resultados de crecimiento

Tabla 2. Resultado del crecimiento muestras.

Sin crecimiento	Crecimiento bajo	Crecimiento medio	Crecimiento alto
<i>E. globulus</i>	<i>E. dunnii</i> 4	<i>E. benthamii</i> 2	<i>E. dunnii</i> 2
<i>E. benthamii</i> 1		<i>E. maidennii</i> 4	<i>E. maidennii</i> 3
<i>E. dunnii</i> 1		<i>E. maidennii</i> 1	
		<i>E. maidennii</i> 2	
		<i>E. dunnii</i> 3	

Lo mismo sería lo que representa la tabla 2, pero en este caso ya se procesó la información y se nombraron por especie y el tipo de suelo del cual habían sido sacadas las muestras.

Tabla 3. Resultados del crecimiento de las muestras según tipo de suelo

Sin crecimiento	Crecimiento bajo	Crecimiento medio	Crecimiento alto
G <sub>1</sub> 2.12	D <sub>4</sub> 2.11a	B <sub>2</sub> 2.21	M <sub>3</sub> 2.12
B <sub>1</sub> 2.21		M <sub>4</sub> 2.11	D <sub>2</sub> 2.21
D <sub>1</sub> 2.21		M <sub>1</sub> 2.21	
		M <sub>2</sub> 2.21	
		D <sub>3</sub> 2.12	

Resultados del crecimiento de las muestras obtenidas. Las letras indican la especie de la muestra Ej. G= *E. globulus*. Los subíndices indican el número de muestra. Los números indican el tipo de suelo CONEAT del que fueron sacadas. Ej. 2.12 = CONEAT 2.12. Por Ej. D 2.21= *Eucalyptus dunnii* en suelos 2.21.

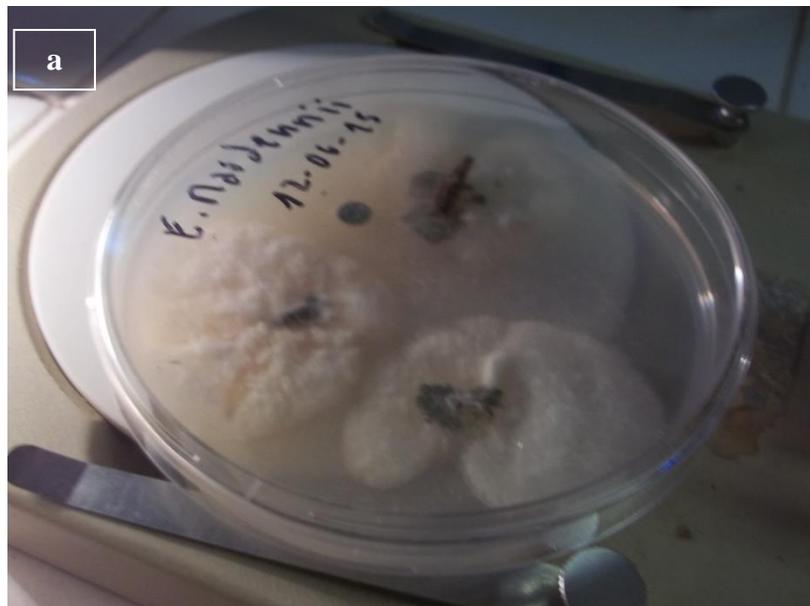
#### 4.1.2. Crecimiento de *Trichoderma spp*

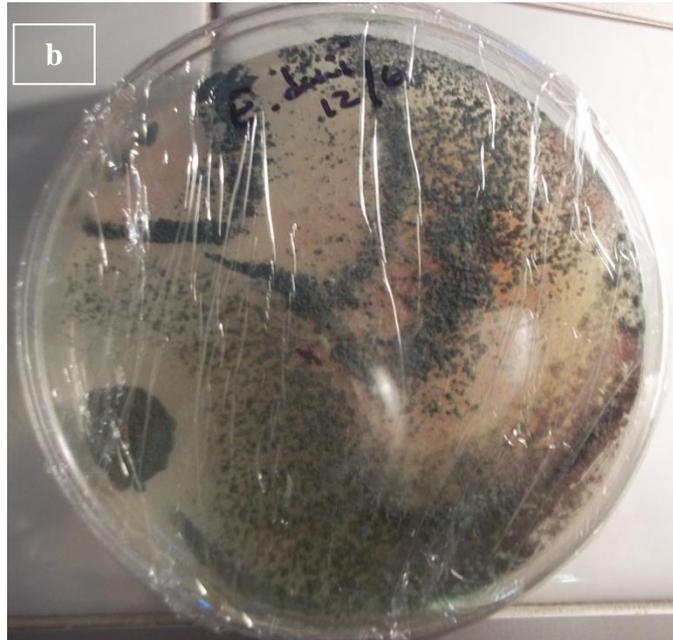
Tanto en las placas de Petri donde estaba cultivado *Ceratocystis fimbriata* como en las cámaras húmedas realizadas, se constató el crecimiento de *Trichoderma harzianum*. Este crecimiento fue en parte fortuito, debido a que en el laboratorio donde se realizó el cultivo, había un estudio sobre este organismo para su uso como biocontrolador de patógenos en el área forestal.

Pese a que se tomaron todas las precauciones de higiene y se siguieron todos los protocolos de inocuidad en el trabajo de laboratorio, los cultivos se contaminaron y se observó el crecimiento del controlador.

Se pudo observar en el transcurso de los días como en principio se desarrolló el patógeno, y luego comenzó a desarrollarse *Trichoderma spp* sobre éste, hasta el punto de llegar a predominar y lograr un control casi total.

Imagen 27. Crecimiento de Trichoderma.





Cultivo *Ceratocystis fimbriata* (blanco) y comenzando a desarrollarse *Trichoderma spp* (verde oliva) (a). Crecimiento de *Trichoderma spp.*, control total del patógeno. (b)

#### 4.2. PRESENCIA DE GALERÍAS

En ninguna de las especies se constató presencia de galerías, ni signos de presencia, de ninguno de los insectos citados como vectores de la enfermedad. La causa más lógica que explica la situación es que las visitas de campo se hicieron en principios de otoño y principios de invierno, lo cual no coincide con los picos de emergencia ni de vuelo de los insectos.

Para que sea posible la observación de galerías, presencia de insectos o signo de los mismos (excretas, aserrín, mudas), habría que hacer una visita a predio a partir de noviembre o diciembre, cuando hay más actividad.

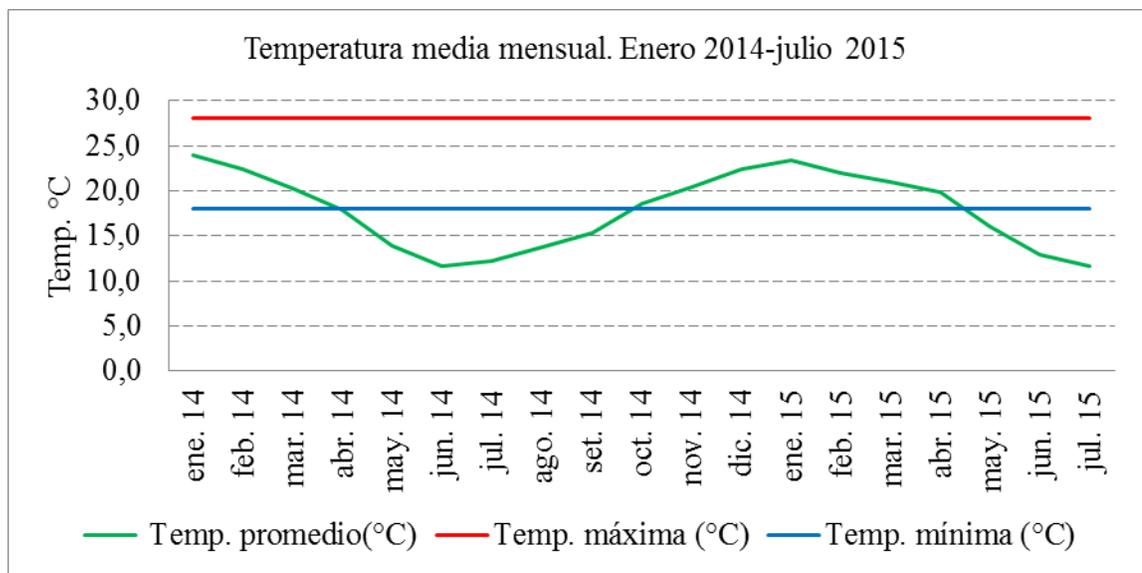
#### 4.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Algunos datos se presentaron anteriormente en la parte de materiales y métodos, pero en esta parte trabajaremos en detalle cada variable de las estudiadas.

#### 4.3.1. Temperatura media

La temperatura media del período se descompone detalladamente como indica la gráfica 1.

Gráfica 1. Temperatura media mensual registrada en el predio



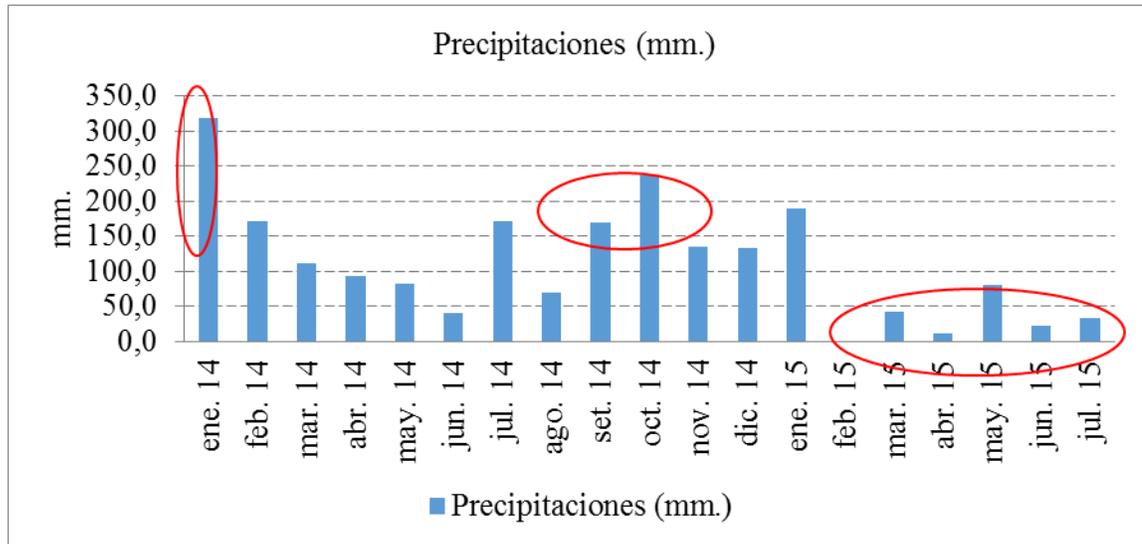
Temperatura media mensual, enero 2014-julio 2015. Temperatura promedio (verde). Temperatura máxima para el desarrollo del patógeno (rojo). Temperatura mínima para el desarrollo del patógeno (azul).

La gráfica 1, muestra que desde enero de 2014 se dieron dos períodos donde hubo condiciones de temperatura que se situaron en el rango donde se puede desarrollar el patógeno. Estos períodos son los comprendidos desde enero 2014 hasta abril 2014 y desde octubre 2014 hasta mediados de abril 2015.

#### 4.3.2. Precipitaciones

Las precipitaciones registradas mostraron la distribución que representa en gráfica 2

Gráfica 2. Precipitaciones mensuales. Período enero 2014-julio 2015



Precipitaciones mensuales, enero 2014-julio 2015. Precipitación mm/mensual (barras azules). Períodos críticos (óvalos rojos).

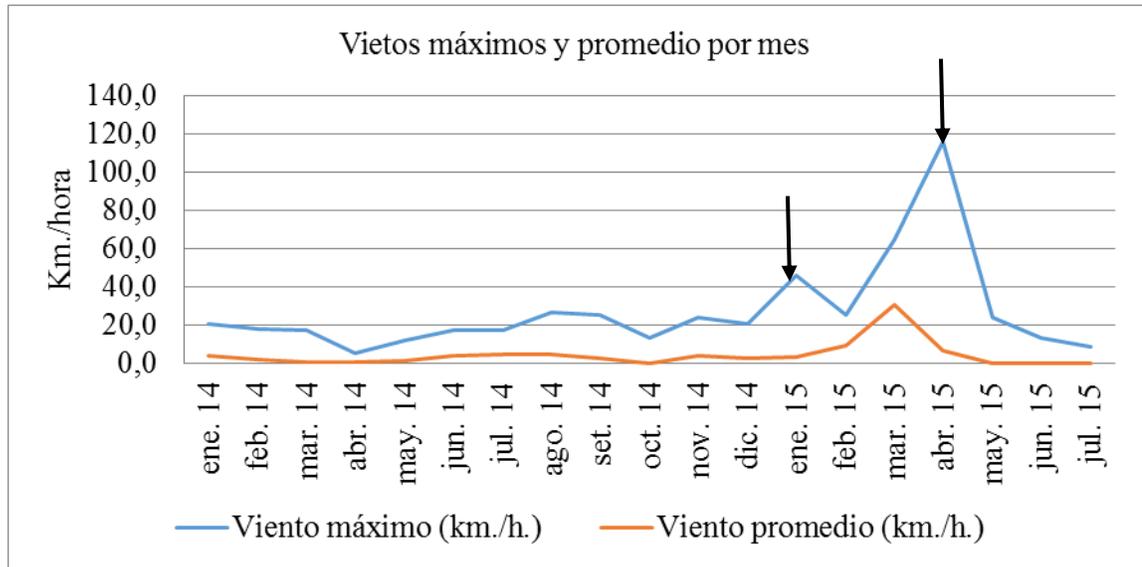
La distribución de las precipitaciones mantiene un patrón irregular entorno a una media, que como se mencionó anteriormente ronda en el entorno de 100 mm/mensuales.

En la bibliografía se menciona que los períodos de déficit hídrico o los períodos de exceso de lluvias, son factores que contribuyen al desarrollo del patógeno; en base a esto se identificaron 3 períodos críticos. El primer período es durante el mes de enero 2014 y quizás algo de febrero 2014, donde las precipitaciones fueron mayores de lo normal. El segundo periodo es durante los meses de setiembre y octubre 2014, donde también hubo precipitaciones superiores a los registros medios históricos. Y el tercer período se registró a partir febrero 2015 hasta el final de la medición, donde hubo un déficit hídrico muy importante y prolongado.

#### 4.3.3. Viento

Para *Ceratocystis spp.* la colonización del huésped se da a partir de heridas y/o vectorizada por insectos, tal cual se detalló en la bibliografía; entonces los episodios de viento fuerte donde se puedan producir lesiones son factor de importancia y que debe de estudiarse. La gráfica No. 3 muestra los valores máximos y promedios para el predio eco avance en el período de estudio.

Gráfica 3. Vientos máximos y promedios por mes



Vientos máximos y promedios por mes. Episodios críticos (flechas negras).

El viento registrado en abril 2015 (116 km/hora), si sitúa en la categoría 11 de la escala de Beaufort, que se define como “*tormenta violenta*” donde las olas del mar son excepcionalmente grandes, el mar se ve completamente blanco y la visibilidad es reducida. En tierra genera estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles.

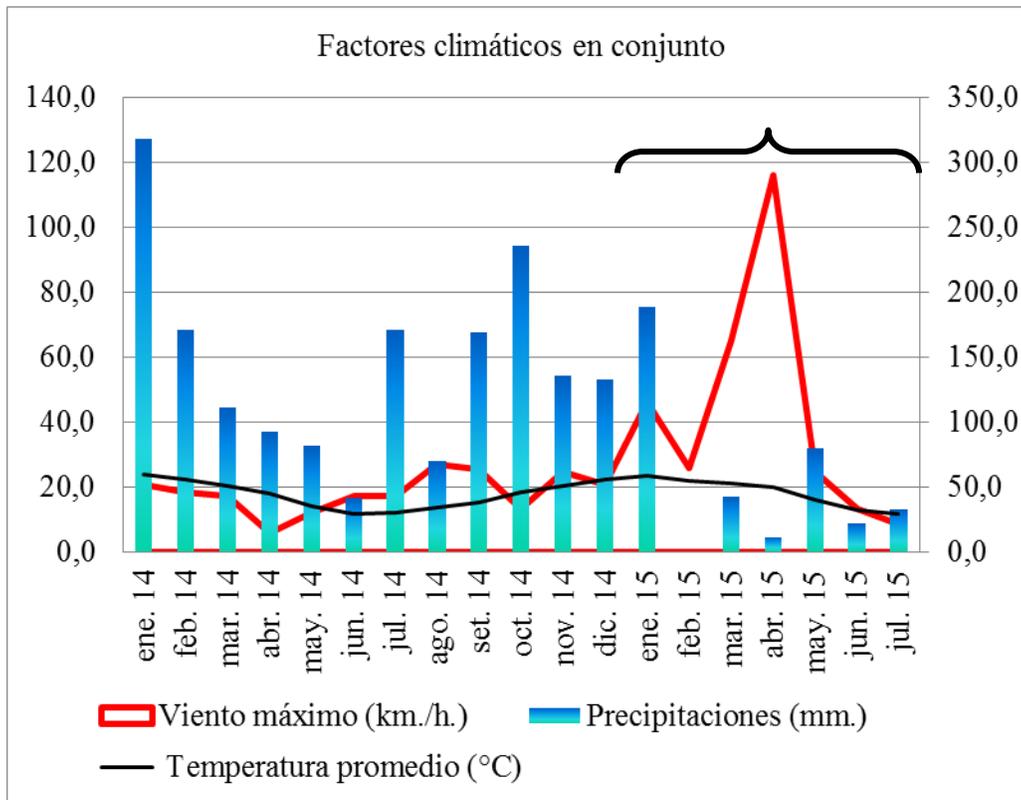
El episodio de enero 2015 (46.3 km/hora), se sitúa en la categoría 6 que se define como “**brisa fuerte**”, que es cuando se comienzan a formar olas grandes, crestas rompientes y espuma. En tierra se identifica esta escala cuando las ramas de los árboles comienzan a moverse y cuando se dificulta mantener abierto el paraguas.

Ambos episodios son los que pudieron haber generado la ruptura de alguna rama o movimientos del árbol que generaran heridas a nivel radicular; y que por ende funcionara como posibles vías de entrada del patógeno.

Los episodios de tormenta violenta generan salpicadura y contribuyen a la dispersión del patógeno a rodales o árboles no contaminados.

#### 4.3.4. Análisis conjunto de variables climáticas

Gráfica 4. Análisis de factores climáticos en conjunto



Factores climáticos en conjunto. Periodo altamente riesgoso para el desarrollo de la enfermedad (llave negra). Viento máximo y temperatura promedio se leen en el eje izquierdo. Precipitaciones se leen en el eje derecho.

En la gráfica 4 vemos que hubo un período donde los tres factores estudiados fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad, enero 2015 – mayo 2015. En este período coincidieron temperaturas dentro del rango óptimo para el desarrollo, vientos fuertes que podrían generar heridas para la entrada del patógeno, y precipitaciones escasas que predisponen al árbol a una situación estrés y de vulnerabilidad.

Existen otros dos períodos que podrían ser riesgosos, el primero enero-febrero 2014 donde hubieron temperaturas dentro del rango, precipitaciones muy elevadas que favorecen la dispersión y colonización por parte del patógeno y hubieron vientos fuertes, aunque no tan marcados como en el período descrito anteriormente.

El período julio-diciembre 2014 tuvo condiciones de abundante precipitación y algunos picos de viento fuerte, pero la temperatura no fue adecuada, por lo que podemos

pensar que el riesgo es menor. De todas maneras este riesgo se puede ver acentuado con prácticas silvícolas comunes para esta época en proyectos de madera de calidad, como la poda. En el desarrollo de esta actividad se puede transmitir al patógeno de un árbol a otro en las herramientas de poda, si estas no son correctamente limpiadas.

#### 4.4. ANÁLISIS FOLIARES

Los análisis foliares se realizaron con el objetivo de identificar deficiencias de nutrientes en la planta que pudieran estar asociadas con la enfermedad. Como ya se explicó a lo largo de este trabajo la enfermedad necesita de heridas abiertas para su penetración y colonización, por lo que pese a que el análisis foliar se realizó de forma completa, solo centraremos el análisis en los nutrientes que intervienen directamente en la cicatrización de heridas y en el fortalecimiento celular.

Por esta razón el análisis se centrará en los niveles de boro y calcio, responsables de la cicatrización y el fortalecimiento y rigidez celular respectivamente. De todas maneras los demás elementos analizados ayudan a tener un panorama general del estado de la planta y serán presentados como ayuda al lector en la parte de anexos.

Tabla 4. Resultados del análisis foliar. Calcio y boro

Muestra	Ca (%)	B (ppm.)	Crecimiento
B 2.21	1.13	28	-Sin crecimiento -Medio
M 2.21	0.78	22	Medio
D 2.21	0.87	27	- Sin crecimiento - Alto
M 2.11	1.03	18	Medio
D 2.11	1.29	20	Bajo
M 2.12	0.65	19	Alto
G 2.12	1.33	20	Sin crecimiento
D 2.12	0.87	19	Medio

Resultado de análisis foliares para calcio y boro. Se agregó una cuarta columna con los resultados del crecimiento en cámara.

Sin crecimiento	Crecimiento bajo	Crecimiento medio	Crecimiento alto
G <sub>1</sub> 2.12	D <sub>4</sub> 2.11a	B <sub>2</sub> 2.21	M <sub>3</sub> 2.12
B <sub>1</sub> 2.21		M <sub>4</sub> 2.11	D <sub>2</sub> 2.21
D <sub>1</sub> 2.21		M <sub>1</sub> 2.21	
		M <sub>2</sub> 2.21	
		D <sub>3</sub> 2.12	

#### 4.4.1. Conclusiones en base a trabajos de laboratorio

La tendencia teórica llevaría a pensar que con datos altos de boro y calcio no se debería constatar enfermedad. La teoría muchas veces no se da en la práctica y la práctica muchas veces no se puede llevar a la teoría.

En primera instancia hay que aclarar que el crecimiento que se habla en la tabla 2, 3 y 4 no es crecimiento a campo si no que es crecimiento del micelio sobre las muestras obtenidas en el campo en condiciones de laboratorio.

El crecimiento tiene una tendencia a lo que explica la teoría. Vemos que a valores altos de B, como en G<sub>1</sub> 2.12, B<sub>1</sub> 2.21 y D<sub>1</sub> 2.21 asociados a valores medios o altos de Ca, hicieron que no hubiera crecimiento de micelio.

También observamos que valores intermedios de B como D<sub>4</sub> 2.11 pese a que está asociado a un valor alto de Ca, produjo crecimiento bajo.

En tanto al crecimiento medio encontrado en B<sub>2</sub> 2.21, M<sub>4</sub> 2.11, M<sub>1</sub> 2.21, M<sub>2</sub> 2.21 y D<sub>3</sub> 2.12 vemos que se asocia a niveles medios de B y medios a alto de Ca.

Pero estos resultados no son del todo consistentes si vemos los casos de B<sub>1</sub> 2.21 y D<sub>2</sub> 2.21. Estos resultados se pueden explicar por las condiciones en que se realizaron los ensayos de laboratorio, donde estas muestras podían haber sido contaminadas con inoculo de otra muestra, tal como se contaminó con *Trichoderma spp*, que finalmente serviría de controlador. La otra hipótesis sería que la enfermedad vino con material contaminado desde el vivero, y que para el análisis de laboratorio se obtuvo una muestra de una planta que había venido contaminada y de otra sana, y por eso la diferencia en el crecimiento.

Entonces si sacamos la repetición de estas dos muestras que presentaron los crecimientos medios y altos respectivamente, vemos que la tendencia que marca la teoría y que se encontró en el resto de las muestras se cumple. Y las muestras que presentaron crecimiento alto (M<sub>3</sub> 2.12) tienen asociados los valores de B más bajos y los valores de calcio de bajos a medios.

Otra conclusión importante parece ser que en el caso del B es como si existiera un valor crítico en el entorno de las 20 ppm, donde por encima de este valor no se observa crecimiento o es bajo y por debajo de este valor se observan crecimientos medios o altos.

Con respecto al calcio, si bien se sabe que es componente de las paredes celulares y que mejora la resistencia a la entrada de patógenos porque dificulta la ruptura de la misma, en este caso la asociación no es tan clara.

#### 4.4.2. Conclusiones en base a observaciones de campo

Las observaciones de campo, que se realizaron en las visitas de diagnóstico y de tratamiento posterior mostraban claramente una tendencia a que las plantas de *E. globulus* prácticamente no tenían incidencia del patógeno, al igual que las de *E. benthamii*. Ambos casos se pueden asociar a características propias de la especie, pero para el caso de *E. globulus* éste tiene mayor edad y a su vez aquí no hubo quemado de rastrojo (presencia de pilas de madera), de todos modos vemos en los análisis foliares que los niveles de B son altos para ambas especies.

Por su parte se observó que las especies que presentaban mayor cantidad de plantas afectadas eran *E. maidennii* y *E. dunnii* y que justo coincidieron con las especies que presentaron los crecimientos más altos en las cámaras húmedas.

En donde se sacaron las muestras de *E. dunnii* y *E. maidennii* del 1 al 3, fue donde se encontró el mayor ataque, lo que hizo pensar una posible asociación con las condiciones del suelo, que se analizará en el capítulo siguiente. Vemos además que los niveles de B que dieron los resultados más bajos, también fueron las muestras que presentaron los crecimientos más altos.

#### 4.5. ANÁLISIS DE SUELO

Si bien se tenía una idea general del tipo de suelo presente en cada lugar de las muestras, a partir de la información de CONEAT se decidió realizar un análisis complementario para profundizar puntualmente en los lugares donde se obtuvieron las muestras.

Tabla 5. Resultado del análisis de suelo

	MO	pH	P	Ca	Mg	K	Na
Muestra	%	agua	ppm	-----meq/100g -----			
2,11 a	3,1	5,98	17	4,07	1,02	0,28	0,14
2,12	4,0	5,21	5	4,46	2,24	0,18	0,23
2,21	3,9	5,25	4	4,32	1,97	0,23	0,17

Resultado del análisis de suelo para cada tipo de suelo CONEAT.

Estos resultados muestran unos cuantos aspectos interesantes, que junto a la información de CONEAT pueden derivar en medidas de manejo a futuro.

En la información CONEAT se describe que se trata de suelos arenosos, con gravillas y/o rocas, predominantemente livianos, lo que trae como consecuencia un lavado importante del boro, que es el nutriente de nuestro interés.

El análisis nos muestra que el nivel de materia orgánica medio si consideramos los tipos de suelo donde se obtuvieron las muestras. De todos modos el manejo apuntaría a mantener los niveles actuales y tratar de subir si fuera posible, ya que la materia orgánica es una fuente de boratos a la solución del suelo.

El pH directamente no dice mucho, pero indirectamente está mostrando que en los suelos 2.12 y 2.21, en los que el pH es cercano a 5, puede que presenten Al intercambiable, a diferencia del suelo 2.11a que tiene un pH más elevado. El suelo 2.11a probablemente no tenga Al intercambiable, puesto que los niveles de P son elevados en comparación a los otros dos, donde el Al intercambiable haría que este no esté fácilmente disponible.

Los niveles de K no son alarmantes si no que se encuentran en valores aceptables para la mayoría de los cultivos comerciales.

El resto de los nutrientes habría que monitorearlos puntualmente ante situaciones puntuales, y analizar las medidas necesarias para tomar si fuese necesario.

## 4.6. MONITOREO POST PLANTACIÓN

### 4.6.1. Medidas culturales y re fertilización

Conociendo las condiciones edafológicas del suelo, se pueden tomar un paquete de medidas que apunten a mejorar las condiciones y evitar futuras infecciones.

La primera medida apuntaría a mantener el nivel de materia orgánica, para mantener un aporte de boro a la solución del suelo. Esto se lograría dejando la mayor cantidad de residuo en el lugar luego de la cosecha y dejando que el tapiz vegetal natural cumpla su ciclo en el suelo, condición que no sucedió ya que los residuos fueron quemados antes de la plantación.

La segunda medida apuntaría al encalado para el caso de los suelos 2.21 y 2.12, debido a que los suelos ácidos generan un pobre desarrollo radicular y por ende una pobre exploración del suelo en busca de nutrientes y agua. De todas formas se sabe que es una práctica costosa y para la cual habría que analizar los costos y beneficios de realizarla.

Sumado a que la exploración del suelo tiende a ser pobre por la acidez, se dificulta aún más con la presencia de materiales rocosos. Por esta razón sería una buena medida la realización de subsolado profundo en las partes donde se pueda practicar, para de este modo mejorar la exploración del perfil del suelo. Mejorando la exploración no solo mejoramos la absorción de nutrientes si no que la posibilidad de afrontar de mejor manera los períodos de déficit hídrico, que como se vio, contribuyen en cierto grado al desarrollo de la enfermedad.

Por último, se recomendaría la re fertilización en períodos donde el árbol es juvenil, debido a que se observó que es en esta etapa donde las partes de la planta están más delicadas y susceptibles a heridas. Con una re fertilización estaríamos mejorando el estado general de la planta (vigor), y por ende las posibilidades para enfrentar al patógeno. Basado en muestreos y valorando cada nutriente adecuadamente, la re fertilización siempre que fuera posible debería incluir al boro como nutriente, ya que como se mencionó anteriormente el B es fundamental para la cicatrización de heridas o rajaduras de la corteza, por lo que su deficiencia favorecerá la infección por hongos.

### 4.6.2. Aplicación pasta cicatrizante

Dentro del paquete de medidas recomendadas para tomar se puso a prueba la aplicación de la pasta cicatrizante, cuya función sería proteger al árbol contra la entrada de patógenos mientras la herida está abierta.

Se hicieron dos aplicaciones, una consistía de la pasta de poda comercial a base de bitumen (42%), arcilla (10%) y agua para balancear. La otra aplicación fue una dilución en partes iguales de la pasta de poda comercial y una dilución con *Trichoderma spp.*

Se aplicaron sobre los canchros, en cada sitio y para cada especie las dos pastas; con el objetivo de probar la adherencia en el momento, la permanencia tras lluvias y por parte la empresa se analizará la efectividad del tratamiento.

El método de aplicación fue manual, con pincel, tratando de cubrir todo el canchro y con un excedente de algunos centímetros, para prevenir la contracción del producto tras la exposición a las condiciones ambientales.

Imagen 28. Cancros con aplicación de pasta cicatrizante.



Cancros con aplicación de pasta cicatrizante. Pasta comercial + *Trichoderma spp* (cintas amarillas). Pasta de poda comercial (cintas blancas).

Los resultados que se obtuvieron de la aplicación de la pasta son prometedores pues diez días después de aplicada, y con eventos de lluvias entre medio, la pasta se había logrado secar formando un sello perfecto para el cancro y por ende formaría un sello perfecto para las heridas provocadas por manejos silvícolas como la poda. A su vez al contener el antagonista *Trichoderma spp.* se lograría un control adicional para evitar la entrada del patógeno.

Imagen 29. Cancro con aplicación de pasta cicatrizante 10 días después.



Cancro con aplicación de pasta cicatrizante diez días después, se observa el sellamiento perfecto y la excelente adherencia.

El control de la efectividad para el tratamiento escapa al objetivo y tiempos de esta investigación, y por eso es que aquí solo se probó la adherencia de la pasta y la compatibilidad con el antagonista.

## 5. CONCLUSIONES

Si pensamos en el inicio de la investigación donde se quería conocer qué condiciones propiciaron el desarrollo de la enfermedad, podemos decir que hubo un momento potencialmente peligroso donde la temperatura fue favorable, los vientos fueron fuertes para generar heridas y las lluvias fueron deficitarias.

Con respecto al diagnóstico de la enfermedad, se pudo comprobar a nivel de laboratorio el crecimiento de clamidiosporas de *Ceratocystis fimbriata*, verificando el diagnóstico presuntivo acerca de la presencia de este patógeno.

En cuanto a las formas de dispersión, no quedó muy claro cómo llegó al predio. No se encontraron galerías, ni ningún signo de los insectos que son vectores de la enfermedad. Por lo que se supone que la enfermedad ingresó en el material genético utilizado o por contaminación en el aire (nubes).

Para el control de la enfermedad se encontró un antagonista que a nivel de laboratorio funciona muy bien, y para el cual se encontró un medio para su aplicación. De todos modos habría que evaluar la practicidad y costos del método para grandes extensiones. Habría que evaluar también el comportamiento y efectividad del antagonista a nivel de campo.

El paquete de medidas culturales a utilizar si bien se brindan en el trabajo, apuntan básicamente a tratamientos previos u cercanos a la plantación, por lo que no son aplicables a la plantación estudiada.

A modo de cierre se puede concluir que en Uruguay es una enfermedad que aún no es importante en cuanto a área y daños, debido a que se ubica en lugares puntuales del país y con daños que se limitan a la disminución del crecimiento en los primeros años.

Como medida de trabajo a futuro en cuanto a nivel país, se deberían intensificar los controles con el ingreso de material genético, no solo para este patógeno si no en general, para de esta forma poder mantener un estándar de calidad y sanidad, que es reconocido a nivel mundial, así como mapear adecuadamente los sitios forestales a plantar evitando los de Ph demasiado ácidos y limitaciones de tipo nutricional.

## 5.1. CONSIDERACIONES FINALES

Visto la evolución de la enfermedad en el bosque y visto que los resultados de la eficiencia en el control en campo no quedaron del todo claros, sería de gran utilidad plantear una investigación a futuro sobre éstos aspectos.

Como ya se tiene aislado el patógeno, la recomendación pasaría por hacer una inoculación programada sobre plantas sanas, en lo posible en los primeros estadíos que es donde se generan los mayores daños. Generaría un experimento controlado, donde hubiera un grupo de plantas testigo sin inocular, otras inoculadas y tratadas con el antagonista y otras inoculadas y sin tratar. De esta manera se podría observar claramente si hay efecto a nivel de campo.

## 6. RESUMEN

El creciente número de enfermedades y plagas que se están diagnosticando en el Uruguay es motivo de preocupación en autoridades e investigadores del sector. Es por esto que investigadores de la región se han centrado en diagnosticar y encontrar medidas de control para las nuevas amenazas que han ido surgiendo. Una enfermedad bastante nueva para Uruguay es la cancrrosis por *Ceratocystis fimbriata*. Por esta razón el objetivo de este trabajo era diagnosticar una enfermedad que apareció en un rodal del sureste del país y que presentaba los síntomas típicos de este patógeno. Para esto se obtuvieron muestras de árboles afectados y se colocaron en cámara húmeda en laboratorio, para provocar la aparición del signo; se analizaron las condiciones climáticas previas y se evaluó el nivel nutricional de las plantas a través de análisis foliares; se realizó un análisis de suelo para evaluar de forma paralela y ver si había alguna asociación con el tipo de suelo. Por último se evaluaron medidas de control y medidas culturales para la prevención. En el paquete de medidas que se recomiendan, se encuentra la utilización *Trichoderma harzianum* como antagonista natural, la re fertilización y el laboreo profundo, aunque se necesita más investigación.

Palabras clave: Cancro; *Ceratocystis fimbriata*; Cerro Largo; *Eucalyptus spp*; Pasta cicatrizante; Biocontrolador; *Trichoderma spp*.

## 7. SUMMARY

The growing number of diseases and pests that are being diagnosed in Uruguay is the cause of concern in authorities and researchers in the field. As a consequence of this, researchers in the region have been focusing on diagnosing and finding control measures for new threats that have been risen. A new disease to Uruguay is the canker by *Ceratocystis fimbriata*; because of this disease, the objective of this study was to diagnose an illness that appeared in a stand in the southeast of the country and presented the typical symptoms of this pathogen. As a result, samples were collected from affected trees and were placed in a moist chamber at laboratory to cause the appearance of the sign. Precedent climatic conditions were analyzed and the nutritional level of the plants was assessed through foliar analysis. A conducted soil analysis was made to evaluate in parallel and if there was any association with the type of soil was observed. Finally, the cultural measures for prevention and control measures were evaluated. The recommended measures are the use of *Trichoderma harzianum* as a natural antagonist, refertilization and deep tillage, although further research is necessary.

Key words: Canker; *Ceratocystis fimbriata*; Cerro Largo; *Eucalyptus spp*;  
Healing cream; Biocontroller; *Trichoderma spp*.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcón, A. L. s.f. El boro como nutriente esencial. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en [http://www.infoagro.com/hortalizas/boro\\_nutriente\\_esencial2.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/boro_nutriente_esencial2.htm)
2. Andina, D. s.f. Calcio y magnesio en el suelo. (en línea). s.n.t. 3 p. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en <http://edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/Calcio%20y%20Magnesio.pdf>
3. Baker, C. J.; Harrington, T. C.; Krauss, U.; Alfenas, A. C. 2003. Genetic variability and host specialization in the Latin American clade of *Ceratocystis fimbriata*. (en línea). *Phytopathology*. 93:1274-1284. Consultado 4 may. 2015. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO.2003.93.10.1274>
4. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 2005. Intersterility, morphology and taxonomy of *Ceratocystis fimbriata* on sweet potato, cacao and sycamore. (en línea). *Mycología*. 97 (1): 57-69. Consultado 2 may. 2015. Disponible en <http://www.mycologia.org/content/97/1/57.full>
5. Barnes. I.; Roux. J.; Wingfield. B. D.; O'Neill. M.; Wingfield. M. J. 2003. *Ceratocystis fimbriata* infecting *Eucalyptus grandis* in Uruguay. (en línea). *Australian Plant Pathology*. 32: 361-366. Consultado 2 may. 2015. Disponible en [http://www.fabinet.up.ac.za/publication/pdfs/136-2003\\_barnes\\_roux\\_wingfield\\_oneil\\_wingfield\\_austr\\_pl\\_path.pdf](http://www.fabinet.up.ac.za/publication/pdfs/136-2003_barnes_roux_wingfield_oneil_wingfield_austr_pl_path.pdf)
6. Bayer. 2014. Problemas biológicos. Cáncer de tallo. (en línea). San José, Costa Rica. s.p. Consultado 2 may. 2015. Disponible en [http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=241&cod\\_afleccion=15](http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=241&cod_afleccion=15)
7. Bentancourt, C. M. 2008. Manual de entomología. Montevideo, Facultad de Agronomía. 255 p.
8. \_\_\_\_\_; Scatoni. I. B. 2010. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto, 581 p.

9. Bernal, E. M. 2011a. *Orthotomicus erosus* woll., perforador de pinos; ciclo biológico, daños y métodos de control. (en línea). Red Foresta. Plagas y Enfermedades. Sanidad forestal. Ficha no. 6. s.p. Consultado 25 may. 2015. Disponible en <http://www.redforesta.com/blog/2011/02/08/orthotomicus-erosus-woll-perforador-de-pinos-ciclo-biologico-danos-y-metodos-de-control/>
  
10. \_\_\_\_\_. 2011b. Plagas y enfermedades de las masas forestales españolas. *Orthotomicus erosus*, perforador de pinos; control biológico, daños y métodos de control. (en línea). RedForesta. Cartilla no. 6. s.p. Consultado 25 jun. 2015. Disponible en <http://www.redforesta.com/wp-content/uploads/2011/02/FICHA-N6-ORTHOTOMICUS-EROSUS.pdf>
  
11. Boland, D. J.; Brooker, M. I. H.; Chippendale, G. M.; Hall, N.; Hyland, B. P. M.; Johnson, R. D.; Kleinig, D. A.; McDonald, M. W.; Turner, J. D. 2006. *Forest trees of Australia*. 5th. ed. Collinwood, Australia, CSIRO. 736 p.
  
12. Borrueal, M. C.; Hernández, Y.; Rivas, E. 2006. Mecanismos de resistencia de las plantas al ataque de patógenos y plagas. (en línea). *Temas*. 10 (29): 45-54. Consultado 4 set. 2016. Disponible en <http://ebook-kings.com/pdf/mecanismos-de-resistencia-de-las-plantas--15016854.html>
  
13. Bossi, J.; Ferrando, L.; Montaña, J.; Campal, N.; Gancio, F.; Schipilov, A.; Piñeiro, D.; Sprechman, P. 1998. *Carta geológica del Uruguay*. Montevideo, s.e. Escala 1:500.000. 96 p.
  
14. Brussa, C. A. 1994. *Eucalyptus*; especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 328 p.
  
15. Burke, A. F.; Cibrian-Tovar, D. 2012. New record of *Phloeocleptus caudatus* wood (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the state of Hidalgo, Mexico. (en línea). *Acta Zoológica Mexicana*. 28 (1): 215-217 Consultado 25 jun. 2015. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v28n1/v28n1a16.pdf>
  
16. CABI (Centre for Agriculture and Biosciences International, UK). 2015a. *Ceratocystis fimbriata* (Ceratocystis blight). (en línea).

- Wallingford, Oxfordshire. s.p. Consultado 02 may. 2015.  
Disponible en <http://www.cabi.org/isc/datasheet/12143>
17. \_\_\_\_\_. 2015b. *Ceratocystis platani* (Canker stain of plane). (en línea). Wallingford, Oxfordshire. s.p. Consultado 18 jun. 2015.  
Disponible en <http://www.cabi.org/isc/datasheet/12144>
  18. Cadahia, D. 1983. Nuevos problemas fitosanitarios. (en línea). Boletín de Servicio de Plagas. 9:275-285. Consultado 8 may. 2015.  
Disponible en <http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-09-02-275-285.pdf>
  19. Castellanos, R.; Guevara, M.; Robinson, R.; Vázquez, L. 2000. Respuestas inmunes innata y adaptativa. (en línea). *Medisan*. 4 (2): 64-74. Consultado 4 set. 2016. Disponible en [http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol4\\_2\\_00/san10200.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol4_2_00/san10200.pdf)
  20. Castro, B. L.; Duque, H.; Montoya, E. C. 2003. Pérdidas económicas ocasionadas por la llaga macana del cafeto. (en línea). *Canicafé*. 54 (1): 63-76. Consultado 19 jun. 2015. Disponible en <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/272/1/arc054%2801%29063-076.pdf>
  21. Clark, C. A.; Moyer, J. A. 1988. *Compendium of sweet potatoes diseases*. St. Paul, MN, The American Phytopathological Society. 74 p.
  22. Confemadera, ES. 2011. Vivir con madera; chapas y tableros contrachapados, parte 2. (en línea). Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. 1 video. Consultado 30 ago. 2015.  
Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=mRKhuxHTPNA>
  23. De León, M. C. 2012. Análisis epidemiológico de *Ceratocystis fimbriata* en respuesta a la aplicación de fungicidas al panel de pica en el cultivo de hule; Coatepeque, Quetzaltenango. (en línea). Licenciatura en Ciencias Agrícolas con énfasis en Cultivos Tropicales. Coatepeque, Guatemala. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 40 p. Consultado 8 jun. 2015. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2012/06/17/deLeon-Marvin.pdf>

24. Díaz, A.; Cayón, G.; Mira, J. J. 2007. Metabolismo del calcio y su relación con la mancha de madurez del fruto de banano; una revisión. (en línea). *Agronomía Colombiana*. 25 (2): 280-287. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/1803/180320296010/index.html>
  
25. Donoso, C. B. 1961. Estudio morfológico y pruebas de patogenicidad de varias cepas de *Ceratocystis fimbriata* Ell. & Halst. (en línea). Turrialba, Costa Rica, IICA. 59 p. Consultado 8 jun. 2015. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9817E/A9817E.PDF>
  
26. Dugdale, D. C. 2012. Respuesta innata. (en línea). Baltimore, Universidad de Maryland. Centro Médico s.p. Consultado 4 set. 2016. Disponible en <http://umm.edu/health/medical/spanishency/articles/respuesta-inmunitaria>
  
27. Engelbrecht, C. J. 2004. Host specialization, intersterility, and taxonomy of populations of *Ceratocystis fimbriata* from sweet potato, sycamore, and cacao. (en línea). Ames, Iowa, USA, Iowa State University. 209 p. Consultado 16 may. 2015. Disponible en <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1934&context=rtid>
  
28. FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. (en línea). Roma. 790 p. Consultado 29 jun. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ac459s.pdf>
  
29. Fernandes, B. V.; Vinha, A. J.; Furtado, E. L.; Andrade, H. B. 2014. Damage and loss due to *Ceratocystis fimbriata* in eucalyptus wood for charcoal production. (en línea). *BioResources*. 9(3):5473-5479. Consultado 24 abr. 2016. Disponible en [https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes\\_09/BioRes\\_09\\_3\\_5473\\_Fernandes\\_ZFA\\_Damage\\_Losses\\_C.%20fimbriata\\_Eucalyptus\\_Charcoal\\_5594.pdf](https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_09/BioRes_09_3_5473_Fernandes_ZFA_Damage_Losses_C.%20fimbriata_Eucalyptus_Charcoal_5594.pdf)
  
30. Ferrando, M. G. 2010. Fertilización de Eucalipto con boro. Efecto sobre los contenidos foliares. (en línea). Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 67 p. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/1808/1/0050fer.pdf>

31. Ferreira, E. M.; Harrington, T. C.; Thorpe, D. J.; Alfenas, A. C. 2010. Genetic diversity and interfertility among highly differentiated populations of *Ceratocystis fimbriata* in Brazil. (en línea). *Plant Pathology*. 59:721-735. Consultado 24 abr. 2016. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3059.2010.02275.x/full#b18>
32. Ferreira, F. A. 2006. Sintomatología da murcha de *Ceratocystis fimbriata* em Eucalipto. (en línea). *Revista Árvore*. 30(2): 155-162. Consultado 14 may. 2015. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622006000200001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000200001&lng=en&nrm=iso)
33. Ferreira, M. A.; Harrington, T. C.; Gongora, C. C.; Mafía, R. G.; Zauza, E. A. V.; Alfenas, A. C. 2013. Spatial-temporal patterns of *Ceratocystis* wilt in eucalyptus plantation in Brazil. (en línea). *Forest Pathology*. 43:153-164. Consultado 15 may. 2015. Disponible en <http://www.public.iastate.edu/~tcharrin/EucSpatialFP.pdf>
34. Firmino, A. C. 2011. Caracterización de aislamientos de *Ceratocystis* spp., evaluación de resistencia clonal de *Eucalyptus* y sensibilidad de este hongo a diferentes fungicidas. (en línea). Butucatu, São Paulo, Brasil, UNESP. Facultad de Ciencias Agronómicas. 50 p. Consultado 17 jun. 2015. Disponible en [http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105384/firmino\\_ac\\_dr\\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105384/firmino_ac_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
35. \_\_\_\_\_.; Tozze Junior, H. J.; Gava de Souza, I. C.; Furtado, E. L. 2013. Resistance of *Eucalyptus* genotypes to *Ceratocystis* spp. (en línea). *Scientia Forestalis*. 41 (98):165-173. Consultado 16 may. 2015. Disponible en <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr98/cap02.pdf>
36. Flinch, J. M. R. 2010. El chancro colorado del plátano *Ceratocystis fimbriata* sp. Platani afectaciones en Girona. (en línea). *Parjap*. 61:6-10. Consultado 8 may. 2015. Disponible en <http://aepjp.azurewebsites.net/images/pdf/revista/parjap-61.pdf>

37. Forestry Images. 2015a. Images of insect forest pests. (en línea). Athens, The University of Georgia. Warner School of Forestry and Natural Resources. s.p. Consultado 7 jul. 2015. Consultado 7 jul. 2015. Disponible en <http://www.forestryimages.org/browse/subthumb.cfm?sub=4071&Start=1&display=60&sort=2>
38. \_\_\_\_\_. 2015b. Fruit-tree pinhole borer (*Xyleborinus saxeseni*). (en línea). Athens, The University of Georgia. Warner School of Forestry and Natural Resources. s.p. Consultado 21 jun. 2016. Consultado 7 jul. 2015. Disponible en <http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5460996>
39. \_\_\_\_\_. 2015c. Ambrosia beetle (*Xyleborus ferrugineus*). (en línea). Athens, The University of Georgia. Warner School of Forestry and Natural Resources. s.p. Consultado 21 jun. 2016. Consultado 7 jul. 2015. Disponible en <http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5329077>
40. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, ES. 2014. Coníferas. (en línea). Zaragoza. 3 p. (Boletín de Avisos Fitosanitarios Forestales). Consultado 2 may. 2015. Disponible en [http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/AgriculturaGanaderia/Genericas-AGMA/01\\_Publicaciones\\_AGMA/BoletinAvisosFitosanitariosForestales/BOLETIN\\_FITOSANITARIO\\_FORESTAL\\_201402.pdf](http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/AgriculturaGanaderia/Genericas-AGMA/01_Publicaciones_AGMA/BoletinAvisosFitosanitariosForestales/BOLETIN_FITOSANITARIO_FORESTAL_201402.pdf)
41. Goitía, W.; Rosales, C. L. 2001. Relación entre la incidencia de escolítidos y la necrosis del cacao en Aragua, Venezuela. (en línea). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). 62: 65-71. Consultado 19 may. 2015. Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/A2116E/A2116E.PDF>
42. Gómez, D. 2014. Reconocimiento a campo de plagas y enfermedades forestales. Escarabajos de ambrosía. (en línea). INIA. Cartilla No. 24. s.p. Consultado 29 jun. 2015. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3376/1/Cartilla-24-Forestacion-2014.pdf>

43. Harrington, T. C. 2013. Vascular diseases; Ceratocystis diseases. (en línea). In: Gonthier, P.; Nicolotti, G.; Giordano, L. eds. Infectious forest diseases. Wallingford, Oxfordshire. pp. 230-249. Consultado 8 jun. 2015. Disponible en [https://books.google.com.uy/books?id=\\_YtcBAAAQBAJ&pg=PA255&lpg=PA255&dq=The+rate+of+progress+and+destructiveness+of+canker+stain+of+plane+trees&source=bl&ots=9GWzCO9wQT&sig=XiU\\_\\_7cyQawN5frWLz6zNUMnaGs&hl=es&sa=X&ei=B1VentOcWkgwTsjIG4Bw&ved=0CEQQ6AEwBQ#v=onepage&q=The%20rate%20of%20progress%20and%20destructiveness%20of%20canker%20stain%20of%20plane%20trees&f=false](https://books.google.com.uy/books?id=_YtcBAAAQBAJ&pg=PA255&lpg=PA255&dq=The+rate+of+progress+and+destructiveness+of+canker+stain+of+plane+trees&source=bl&ots=9GWzCO9wQT&sig=XiU__7cyQawN5frWLz6zNUMnaGs&hl=es&sa=X&ei=B1VentOcWkgwTsjIG4Bw&ved=0CEQQ6AEwBQ#v=onepage&q=The%20rate%20of%20progress%20and%20destructiveness%20of%20canker%20stain%20of%20plane%20trees&f=false)
44. Hausner, G.; Reid, J.; Klassen, G. R. 1993. On the subdivision of *Ceratocystis* s.l., based on partial ribosomal DNA sequences. (en línea). Canadian Journal of Botany. 71: 52 -63. Consultado 3 may. 2015. Disponible en [http://www.researchgate.net/profile/Georg\\_Hausner/publication/235772458\\_On\\_the\\_subdivision\\_of\\_Ceratocystis\\_s.l.\\_based\\_on\\_partial\\_ribosomal\\_DNA\\_sequences/links/0c96051db90f67b627000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Georg_Hausner/publication/235772458_On_the_subdivision_of_Ceratocystis_s.l._based_on_partial_ribosomal_DNA_sequences/links/0c96051db90f67b627000000.pdf)
45. Heinz. B. 2002. Tree diseases and disorders; causes, biology, and control in forest and amenity trees. Oxford, Oxford University Press. 252 p.
46. Hosking. G. P. 1979. A keyhole ambrosia beetle, *Xyleborinus saxeseni* (en línea). Forest and Timber Insects in New Zealand. no. 39: s.p. Consultado 29 jun. 2015. Disponible en <http://www.nzffa.org.nz/farm-forestry-model/the-essentials/forest-health-pests-and-diseases/Pests/Xyleborinus-saxeseni>
47. ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica, CR). 2009. Efecto de diferentes cepas de *Trichoderma* sobre *C. fimbriata*. (en línea). Heredia. 3 p. Consultado 6 jul. 2015. Disponible en [http://www.icafe.cr/icafe/cedo/documentos\\_textocompleto/informes\\_investigaciones/3535.pdf](http://www.icafe.cr/icafe/cedo/documentos_textocompleto/informes_investigaciones/3535.pdf)
48. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2015. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 12 nov. 2015. Disponible en <http://www.meteorologia.com.uy/ServCli/caracteristicasClimaticas>

49. Lombardero, M. J.; Fernández de Ana Magán, F. J. 1997. New pinhole borers on Eucalyptus in Gálica (NW of Iberian peninsula). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*. 23 (2): 177-188. Consultado 25 jun. 2015. Disponible en [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_plagas%2FBSVP-23-02-177-188.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-23-02-177-188.pdf)
50. Mafía, R. G.; Alfenas, A. C.; Ferreira, E. M.; Breda, D. E. 2011. Método de seleção e identificação de fontes de resistência à murcha do eucalipto causada por *Ceratocystis fimbriata*. (en línea). *Revista Árvore*. 35 (4): 817-824. Consultado 10 jun. 2015. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v35n4/a07v35n4>
51. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Zauza, E. A. V.; Silva, J. F.; Colodette, J. L. 2013. Impact of *Ceratocystis* wilt on eucalyptus tree growth and cellulose pulp yield. (en línea). *Forest Pathology*. 43 (5): 379-385. Consultado 10 ago. 2015. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/efp.12041/full>
52. Malaguti, G. 1956. La necrosis del tronco del cacao en Venezuela. (en línea). *Agronomía Tropical*. 5 (4): 207-226. Consultado 8 jun. 2015. Disponible en [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at0504/pdf/at0504\\_malaguti.pdf](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at0504/pdf/at0504_malaguti.pdf)
53. Malavé, A.; Carrero, P. E. 2007. Desempeño funcional del boro en las plantas. (en línea). *UDO Agrícola*. 7 (1): 1-14. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?cg07002>
54. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de suelos. (en línea). Montevideo. Escala 1:1.000.000. Consultado 28 feb. 2016. Disponible en <http://www.cebra.com.uy/renare/media/Carta-de-reconocimiento-de-Suelos-del-Uruguay-1.1.000.000-imprimir-A0.pdf>
55. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 1979a. Carta de reconocimiento de suelos. (en línea). Montevideo. t.3, pt. 1, 140 p. Consultado 28 feb. 2016. Disponible en [http://www.cebra.com.uy/renare/media/apendice\\_1\\_rv.pdf](http://www.cebra.com.uy/renare/media/apendice_1_rv.pdf)

56. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 1979b. Carta de reconocimiento de suelos. (en línea). Montevideo. t.3, pt. 2, p. irr. Consultado 28 feb. 2016. Disponible en [http://www.cebra.com.uy/renare/media/apendice\\_II\\_rv.pdf](http://www.cebra.com.uy/renare/media/apendice_II_rv.pdf)
57. Marqués, A. 2013. Identificação de genes diferencialmente expressos em híbridos de Eucalyptus inoculados com isolados de Ceratocystis fimbriata. (en línea). Diamantina, Minas Gerais, Brasil, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 71 p. Consultado 17 jun. 2015. Disponible en [http://acervo.ufvjm.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/341/1/ariadne\\_marques.pdf](http://acervo.ufvjm.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/341/1/ariadne_marques.pdf)
58. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. (en línea). Amsterdam, Academic Press. 901 p. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en [https://books.google.com.uy/books?id=phnp-H1XeBkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.uy/books?id=phnp-H1XeBkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
59. Mercado, J. E. 2010. Bark Beetle Genera of the United States. (en línea). Fort Collins, Colorado, USA, Colorado State University. Center for Plant Health Science and Technology, and Rocky Mountain Research. s.p. Consultado 21 jun. 2016. Disponible en <http://idtools.org/id/wbb/bbgus/gallery.php>
60. Meseses, G. 2008. Estudio de aislamientos del hongo fitopatógeno del Café Ceratocystis fimbriata. (en línea). Cartago, Costa Rica, Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 91 p. Consultado 6 jul. 2015. Disponible en <http://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/543>
61. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2008. Decreto 38/008. (en línea). Montevideo. 1 p. Consultado 10 abr. 2016. Disponible [http://archivo.presidencia.gub.uy/sci/decretos/2010/07/mgap\\_294.pdf](http://archivo.presidencia.gub.uy/sci/decretos/2010/07/mgap_294.pdf)
62. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2010. Decreto 220/10. (en línea). Montevideo. 2 p. Consultado 12 nov. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,dgf,dgf-legislacion,O,es,0,#!>

63. \_\_\_\_\_. DIRENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Recursos Naturales Renovables, UY).1994. Grupos de suelos; índices de productividad CONEAT. (en línea). Montevideo.182 p. Consultado 22 may. 2016. Disponible en [http://www.cebra.com.uy/renare/media/CONEAT\\_Grupos\\_e\\_-\\_Indices.pdf](http://www.cebra.com.uy/renare/media/CONEAT_Grupos_e_-_Indices.pdf)
64. MicoBank. 2015. Fungal database; nomenclature and species banks. (en línea). Utrecht, The Netherlands. s.p. Consultado 3 may. 2015. Disponible en <http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?Link=T&TargetKey=14682616000002126&Rec=8707>
65. Milagre, J. C. 2014. Alterações fisiológicas resultantes da infecção de *Ceratocystis fimbriata* em *Eucalyptus* spp. (en línea). Viçosa, Minas Gerais, Brasil, Universidad Federal de Viçosa. 27 p. Consultado 17 jun. 2015. Disponible en [http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/12591/Monografia\\_Jocimar%20Caiafa%20Milagre.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/12591/Monografia_Jocimar%20Caiafa%20Milagre.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
66. Monge, E.; Val, J.; Sanz, M.; Blanco, A.; Montañés, L. 1994. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. (en línea). Anales de la Estación Experimental Aula Dei. 21(3): 189-201. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en <http://digital.csic.es/bitstream/10261/4247/1/analesv.21n.3-1995-pp189.pdf>
67. Oliveira, L. S. 2010. Agresividad de aislamientos de *Ceratocystis fimbriata* en clones de *Eucalyptus* spp. (en línea). Viçosa, Minas Gerais, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. 18 p. Consultado 17 jun. 2015. Disponible en [http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2872/181364\\_c.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2872/181364_c.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
68. Ospina, C. M.; Hernández, R. J.; Rodas, C. A.; Urrego, J. B.; Godoy, J. A.; Aristizábal, F. A.; Osorio, O. I.; Riaño, N. M. 2006. El eucalitpo; *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. (en línea). Manizales, CO, Cenicafé. 51 p. Consultado 19 jun. 2015. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/publications/eucalipto.pdf>

69. Oviedo, E. 2008. El estado Aragua, cuna de dos culturas distintas con un objetivo común; el turismo. (en línea). Caracas, Venezuela, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Humanidades y Educación. Escuela de Comunicación Social. 159 p. Consultado 8 jun. 2015. Disponible en [http://saber.ucv.ve/xmlui/bitstream/123456789/1780/1/TESIS\\_Edixandra%20Oviedo.pdf](http://saber.ucv.ve/xmlui/bitstream/123456789/1780/1/TESIS_Edixandra%20Oviedo.pdf)
70. PaDIL, AU. 2015. Pest and diseases image library; Xyleborus. (en línea). s.l. s.p. Consultado 24 abr. 2016. Disponible en <http://www.padil.gov.au/pests-and-diseases/search?sortType=ScientificName&viewType=Details&pageSize=10&queryText1=Xyleborus&queryType1=scientificname>
71. Paulin-Mahady, A. E.; Harrington, T. C.; Doug, M. 2002. Phylogenetic and taxonomic evaluation of Chalara, Chalaropsis, and Thielaviopsis anamorphs associated with Ceratocystis. (en línea). Micología. 94 (1): 62–72. Consultado 20 jun. 2015. Disponible en <http://www.public.iastate.edu/~tcharrin/62.pdf>
72. Pérez, C. A. 2014. Enfermedades del eucalipto. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 41 p.
73. Pérez, O. A. 2009.; Balmelli, G. 2014. Caracterización molecular e histopatología de hongos Ophiostomatoides asociados al pino de las alturas (*Pinus hartwegii* Lindl). (en línea). Texcoco, México, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas Campus Montecillo. 106 p. Consultado 3 may. 2015. Disponible en [http://www.cm.colpos.mx/2010/images/tesis\\_p/hidrociencias/resumen/tesis\\_caracterizacion.pdf](http://www.cm.colpos.mx/2010/images/tesis_p/hidrociencias/resumen/tesis_caracterizacion.pdf)
74. Pou, R. 2011. Agenda Forestal 2011. Montevideo, Uruguay, Siglo Comunicación. 139 p.
75. \_\_\_\_\_.2012. Uruguay Forestal 2012; plantaciones, industrias, servicios. (en línea). Montevideo. 20 p. Consultado 30 ago. 2015. Disponible en <http://www.uruguayforestal.com/informes/uruguay%20forestal%202012.pdf>

76. \_\_\_\_\_. Agenda Forestal 2013. Montevideo, Uruguay, Siglo Comunicación. 148 p.
77. Ploetz, R. C.; Hulcr, J.; Wingfield, M. J.; Wilhem de Beer, Z. 2013. Destructive tree diseases asociated with ambrosia and bark beetles; black swan events in tree pathology? (en línea). Plant Disease. 95(7): 856-872. Consultado 24 abr. 2016. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-01-13-0056-FE>
78. Quagliotti, S. 2014. Productos compuestos derivados de la madera. Montevideo, Facultad de Agronomía. 91 p.
79. Ramírez, E. I.; Adaniya, B. A. 2009. Propuesta para el manejo de cacao orgánico. (en línea). Lima, Fundación Conservación Internacional. 92 p. Consultado 14 may. 2015. Disponible en [http://www.conservation.org/global/peru/publicaciones/Documents/Propuesta\\_de\\_manejo\\_de\\_cafe\\_organico.pdf](http://www.conservation.org/global/peru/publicaciones/Documents/Propuesta_de_manejo_de_cafe_organico.pdf)
80. Rángel, R.; Pérez, M.; Sánchez, S.; Capello, S. 2012. Fluctuación poblacional de *Xyleborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleóptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. (en línea). Biología Tropical. 60 (4): 1577-1588. Consultado 7 jul. 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44925088014>
81. Reyes, H.; Capriles. L. 2000. CACAO en Venezuela. Enfermedades de mayor importancia económica en el cultivo. (en línea).Caracas, Chocolates El Rey. 272 p. Consultado 4 may. 2015. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/23271157/Cacao-REYES#scribd>
82. Reyna, R.; Pérez, C. A. 2014. Marchitamiento por *Ceratocystis*. Reconocimiento a campo de plagas y enfermedades forestales. INIA. Cartilla no. 38:1-2.
83. Rosado, C. C. 2009. Genética dá resistênciã á murcha de *Ceratocystis* (*Ceratocystis fimbriata*) em *Eucalyptus* spp. (en línea). Viçosa, Minas Gerais, Brasil, s.e. 56 p. Consultado 10 jun. 2015. Disponible en <http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/genetica%20e%20melhora%20mento/2009/233215f.pdf>

84. Sanfuentes, E. 2012. Patologías del eucalipto en Brasil. (en línea). Concepción, Universidad de Concepción. 59 p. Consultado 15 may. 2015. Disponible en [http://www.corma.cl/\\_file/seminarios/documento/esanfuentespresentacion-patologias-del-eucalipto-en-brasil-silvotecna-2012.pdf](http://www.corma.cl/_file/seminarios/documento/esanfuentespresentacion-patologias-del-eucalipto-en-brasil-silvotecna-2012.pdf)
85. Severova, V. 1997. Clima del Uruguay. (en línea). Montevideo, s.e. s.p. Consultado 12 nov. 2015. Disponible en [http://www.rau.edu.uy/uruguay/geografia/Uy\\_c-info.htm](http://www.rau.edu.uy/uruguay/geografia/Uy_c-info.htm)
86. Silva, G. A. 2010. Tipos y subtipos climáticos de Venezuela. (en línea). Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Geografía. 69 p. Consultado 8 jun. 2015. Disponible en [http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/31158/3/trabajo\\_ascenso\\_2010.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/31158/3/trabajo_ascenso_2010.pdf)
87. SPF (Sociedad de Productores Forestales, UY). 2011. El sector forestal en el Uruguay. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 38 p. Consultado 2 may. 2015. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~forestal/Archivos/Sector%20Forestal%20Uruguayo%20marzo%202011.pdf>
88. SQM. 2016. Calcio. (en línea). Santiago, s.e. s.p. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en <https://www.sqm.com/eses/productos/nutricionvegetaldeespecialidad/informacionpornutrientes/calcio.aspx#tabs-1>
89. Tommasino, H. 2013. Cadena forestal madera; desempeño reciente y desafíos. (en línea). Anuario OPYPA 2013: s.p. Consultado 24 abr. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypapublicaciones/ANUARIOS/Anuario2013/material/pdf/11.pdf>
90. \_\_\_\_\_. 2014. ¿Cómo mejorar la cadena forestal uruguaya? (en línea). Anuario OPYPA 2014: s.p. Consultado 24 abr. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/OpypaPublicaciones/ANUARIOS/Anuario2014/pdf/analisis/Tommasino%20Annunziatto%20-%20C%C3%B3mo%20mejorar%20la%20cadena%20forestal%20uruguaya.pdf>

91. Tumura, K. G.; De Pieri, C.; Furtado, E. L. 2012. Murcha por *Ceratocystis* em eucalipto; avaliação de resistência e análise epidemiológica. (en línea). *Summa Phytopathologica*. 38 (1): 54-60. Consultado 16 jun. 2015. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-54052012000100009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052012000100009)
92. UNCU. FCA (Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias, AR). 2014. Botánica I. (en línea). Cuyo. 9 p. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en [http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/21820/mod\\_resource/content/1/Apunte%20Pared%20Celular%20Bot%C3%A1nica%20I%20FCA-UNCU%202014%20.pdf](http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/21820/mod_resource/content/1/Apunte%20Pared%20Celular%20Bot%C3%A1nica%20I%20FCA-UNCU%202014%20.pdf)
93. Valley, S. 2015. Images; adult *Orthotomicus erosus*. (en línea). s.l., Oregon Department of Agriculture. 23 p. Consultado 24 abr. 2016. Disponible en <http://www.invasive.org/browse/autthumb.cfm?aut=73534>
94. Van Wyk, M.; Roux, J.; Nkuekam, G. K.; Wingfield, B. D.; Wingfield, M. J. 2012. *Ceratocystis eucalypticola* sp. nov. from Eucalyptus in South Africa and comparison to global isolates from this tree. (en línea). *IMA Fungus*. 3(1): 45–58. Consultado 2 may. 2015. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3399102/>
95. Whitney, H. S.; Blauel, R. A. 1972. Ascospore dispersion in *Ceratocystis* spp. and *Europhium clavigerum* in conifer resin. (en línea). *Mycología*. 64:410-414. Consultado 24 abr. 2016. Disponible en [http://nofc.cfs.nrcan.gc.ca/bookstore\\_pdfs/23761.pdf](http://nofc.cfs.nrcan.gc.ca/bookstore_pdfs/23761.pdf)
96. Zuluaga, V. J.; Valencia, A. G.; González, J. 1971. Contribución al estudio de la naturaleza de la resistencia del café a *Ceratocystis fimbriata*. (en línea). *Canicafé*. 22 (2): 43-68. Consultado 16 jun. 2015. Disponible en [http://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras\\_publicaciones/revista\\_cenicafe/publicaciones\\_prediccion\\_de\\_la\\_erodabilidad\\_en\\_algunos\\_suelos\\_de\\_ladera\\_de/P637](http://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/revista_cenicafe/publicaciones_prediccion_de_la_erodabilidad_en_algunos_suelos_de_ladera_de/P637)

## 9. ANEXOS

Conceptos técnicos.

**Potencial hídrico foliar:** es la energía potencial que posee una masa de agua. Es la suma de los potenciales osmótico, de presión, gravitacional y de matriz.

**Asimilación neta de carbono:** conversión de moléculas inorgánicas de dióxido de carbono en moléculas orgánicas sencillas.

**Conductancia estomática:** medida relacionada al grado de apertura de los estomas.

**Tasa transpiratoria:** velocidad de transpiración. Cantidad de agua evaporada por unidad de tiempo

**Tasa de transporte linear de electrones:** cantidad de producto formado sobre la cantidad de fotones absorbidos.

**Rendimiento cuántico de la reacción fotoquímica:** medida relacionada al rendimiento cuántico. Indica velocidad de la reacción, fotosíntesis.

**Mucronado:** que remata en punta abrupta (en un mucrón).

**Acuminado:** largamente agudo, terminado en punta larga.

**Rostrado:** que remata en punta a modo de pico, picudo, que tiene rostro.

**Pruinoso:** revestimiento céreo tenuísimo, blanquecino y formado por pequeños gránulos, de la cutícula de algunos tallos, hojas, frutos, etc., que les da un aspecto harinoso o glauco.

**Amplexicaules:** dicho de un órgano, que abraza al tallo.

**Falcada:** que tiene forma curva y aplanada como una hoz.

**Clavada:** con forma de clava o porra, ensanchándose gradualmente hacia el ápice, que es redondeado

**Gneisses:** roca de metamorfismo regional de muy diverso origen, típicamente de estructura bandeada de composición cuarzo, feldespatos, piroxenos, anfíboles, micas y opaco

**Piroxenitas:** es de color pardo-oscuro, notablemente pesada y compacta, sin el menor indicio de cavidad alguna. De esta pasta monótona destacan cristalitos negros de augita de un milímetro.

**Ultramilonitas:** roca de falla del grupo de las milonitas caracterizada por presentar un porcentaje en matriz superior al 90%.

**Escala de la fuerza de los vientos de Beaufort:** medida empírica para la intensidad del viento, basada principalmente en el estado del mar, de sus olas y la fuerza del viento