

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO CAUSADO POR *Coniothyrium zuluense*
EN *Eucalyptus grandis* E HÍBRIDOS

por

Santiago CORREA LUNA
Guillermo DOMATO
Esteban MORIS

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2007

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Graciela Romero

Ing. Agr. Juan Pedro Posse

Ing. Agr. Adriana Bussoni

Fecha: 08 de diciembre de 2007

Autores:

Santiago Correa Luna

Guillermo Domato

Esteban Moris

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a COLONVADE S.A., a la empresa URUPANEL, a la cátedra de estadística de la Facultad de Agronomía y a la Ing. Agr. Graciela Romero por la asistencia prestada para hacer posible este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
1.1 ORÍGEN DEL <i>Eucalyptus grandis</i>	1
1.2 PLANTACIONES DE <i>Eucalyptus grandis</i> EN EL URUGUAY.....	1
1.3 CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA MADERA.....	2
1.3.1 <u>Tableros contrachapados</u>	3
1.4 CANCRO CAUSADO POR <i>Coniothyrium zuluense</i>	5
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	7
2.1 GENERALIDADES DEL AGENTE CAUSAL.....	7
2.2 HUÉSPEDES.....	8
2.3 TAXONOMÍA.....	8
2.4 SINTOMATOLOGÍA.....	10
2.5 ETIOLOGÍA.....	10
2.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	11
2.7 ESTRATEGIA DE MANEJO.....	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	15
3.1 RODALES BAJO ESTUDIO.....	15
3.1.1 <u>Ensayo clonal de <i>Eucalyptus grandis</i></u>	15
3.1.2 <u>Plantación con <i>Trichoderma harzianum</i></u>	17
3.2 CARACTERÍSTICAS EVALUADAS.....	18
3.2.1 <u>Evaluación dasométrica</u>	18
3.2.2 <u>Evaluación sanitaria</u>	18
3.3 EVALUACION DEL DAÑO EN LOS PRODUCTOS DEL DEBOBINADO.....	 19
3.3.1 <u>Selección de árboles para apeo y procesado</u>	19
3.3.2 <u>Características de los árboles apeados</u>	20

3.3.3 <u>Procesado de las trozas</u>	22
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	24
4.1 EVALUACIÓN DASOMETRICA.....	24
4.2 EVALUACIÓN SANITARIA.....	25
4.2.1 <u>Ensayo clonal</u>	25
4.2.2 <u>Plantación con <i>Trichoderma harzianum</i></u>	31
4.2.3 <u>Cultivo del hongo</u>	36
4.3 SELECCIÓN DE ÁRBOLES PARA DEBOBINADO.....	37
4.3.1 <u>Ensayo clonal</u>	37
4.3.2 <u>Plantación con <i>Trichoderma harzianum</i></u>	39
4.3.3 <u>Plantación de <i>Eucalyptus grandis</i></u>	40
4.4 PROCESADO DE TROZAS.....	43
4.4.1 <u>Caracterización del daño en lámina</u>	44
4.4.2 <u>Efecto económico sobre la industria de los</u> <u>tableros contrachapados</u>	50
4.4.3 <u>Estrategias de manejo</u>	51
5. <u>CONCLUSIONES</u>	52
6. <u>RESUMEN</u>	53
7. <u>SUMMARY</u>	54
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	55
9. <u>ANEXOS</u>	

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Dimensiones de los árboles apeados, ensayo clonal.....	20
2. Dimensiones de los árboles apeados, plantación con <i>Trichoderma harzianum</i>	21
3. Dimensiones de los árboles apeados, plantación año 1995.....	21
4. Porcentaje de árboles con infección en el ensayo clonal.....	29
5. Porcentaje de individuos que presentan perdigonado, ensayo clonal.....	30
6. Porcentaje de árboles con infección en la plantación con <i>Trichoderma harzianum</i>	34
7. Porcentaje de individuos que presentan perdigonado según tratamiento.....	34
8. Número de láminas obtenidas por troza y porcentaje de daño en lámina.....	43
Figura No.	
1. Síntomas asociados a la infección por <i>Coniothyrium zuluense</i> , ensayo clonal.....	25
2. Síntomas de perdigonado, ensayo clonal.....	26
3. Síntomas de canchros dobles, ensayo clonal.....	27
4. Síntomas de canchros dobles, ensayo clonal.....	28
5. Tejido cicatricial en clon EG1.....	29
6. Síntomas de la infección por <i>Coniothyrium zuluense</i> en plantación con <i>Trichoderma harzianum</i>	32

7. Perdigonados en plantación con <i>Trichoderma harzianum</i>	33
8. Aspecto del cultivo del hongo a los 8 días de realizado.....	36
9. Clon EG1.....	37
10. Clon GU25.....	38
11. <i>Trichoderma harzianum</i> , tratamiento 1.....	39
12. <i>Trichoderma harzianum</i> , tratamiento 5.....	39
13. Plantación de <i>Eucalyptus grandis</i> , primer árbol apeado.....	40
14. Plantación de <i>Eucalyptus grandis</i> , segundo árbol apeado.....	41
15. Infección por <i>Coniothyrium zuluense</i> en tejidos jóvenes.....	42
16. Cancro en tejido joven y bolsa de kino asociada al cancro.....	42
17. Daño en lámina.....	44
18. Daños en lámina.....	45
19. Daños en lámina.....	46
20. Daño por <i>Coniothyrium zuluense</i> (perdigonado), en el cilindro residual del proceso de debobinado.....	47
21. Asociación de la sintomatología en campo con el daño en lámina en un clon <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	48
22. Asociación de la sintomatología en campo con el daño en lámina en <i>Eucalyptus grandis</i>	49

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ORÍGEN DEL *Eucalyptus grandis*

El *Eucalyptus grandis* tiene un área de distribución natural muy grande (costa oriental de Australia entre los 15° y 33° de latitud sur), ocupando principalmente las áreas costeras del sur de Queensland y norte de Nueva Gales del Sur y aisladamente en el centro y norte de Queensland.

La precipitación media anual oscila entre 1000-3500 mm. Tiene un régimen de precipitaciones monzónico (lluvias en verano e inviernos secos), lo que hace que sea una especie exigente de altas precipitaciones en verano.

Al tener un área de distribución natural tan grande el clima es muy variado; al norte de Australia el clima es tropical sin ocurrencia de heladas y al sur el clima es templado con ocurrencia de heladas. En la mayor área de distribución de esta especie, la temperatura media máxima del mes más cálido oscila entre 24°-30°C y la temperatura media mínima del mes más frío oscila entre 3°-8°C.

Los sitios apropiados para plantación son zonas semitropicales con precipitaciones anuales de 1000 mm o más, y zonas templadas con precipitaciones anuales de 700 mm o más. Requiere suelos profundos, arenosos, bien drenados (no soporta condiciones de anegamiento). Es una especie sensible a las heladas y al déficit hídrico.

1.2 PLANTACIONES DE *Eucalyptus grandis* EN URUGUAY

En Uruguay, la plantación a gran escala de *Eucalyptus grandis* y de otras especies forestales de rápido crecimiento comenzó a principios de la década de los 90.

De acuerdo a las estadísticas de la División Forestal del MGAP, se há forestado bajo el régimen de la ley forestal cerca de 800 mil hectáreas, de las cuales el *Eucalyptus grandis* ocupa aproximadamente unas 200 mil há.

Se ha plantado *Eucalyptus grandis* en la zona litoral abarcando principalmente los departamentos de Paysandú, Río

Negro y Soriano; y en la zona centro norte (Durazno, Tacuarembó y Rivera) en suelos formados sobre areniscas, profundos, donde se han obtenido los mayores índices de crecimiento de esta especie.

1.3 CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA MADERA

La madera del *Eucalyptus grandis* es de color rosado brillante. La densidad de la madera seca al aire oscila entre 0,48 y 0,64 gr/cm³ y es ligeramente liviana y suave comparada con la de otras especies de *Eucalyptus*. El *Eucalyptus grandis* es una especie de rápido crecimiento, y su madera es de fácil trabajabilidad y de muy buenas propiedades mecánicas.

El procesamiento industrial de la madera está muy ligado a la materia prima de la cual se dispone. Tradicionalmente en el país las plantaciones de *Eucalyptus grandis*, al igual que los otros eucaliptos, no recibían manejo alguno. Los primeros proyectos con *Eucalyptus grandis* estaban destinados principalmente a la obtención de trozas para la producción de pulpa de celulosa.

El desarrollo de la industria trajo aparejado la demanda de madera para uso sólido de alta calidad. Esto impulsó el manejo de las plantaciones considerando desde un principio el destino final de las mismas.

Actualmente, las plantaciones de *Eucalyptus grandis* son sometidas a un manejo intensivo, donde las podas y raleos se convirtieron en prácticas indispensables, cuyo objetivo es la producción de rollos de gran diámetro y con una alta proporción de madera libre de nudos.

Al presente, la producción de madera de *Eucalyptus grandis* está enfocada mayoritariamente a la industria del aserrío (pallets, elaboración de muebles, aberturas, madera para cajas, etc...). También es utilizada en la fabricación de tableros, industria de celulosa y papel y usos tradicionales como obtención de postes, columnas y leña.

1.3.1 Tableros contrachapados

En los últimos años se registraron inversiones importantes en la industria de los tableros contrachapados. URUPANEL S.A. fue la empresa pionera, y en la actualidad se instaló la empresa "Los Piques" filial de Weyerhaeuser con el mismo objetivo.

Se trata de un producto nuevo a nivel nacional y de alto valor agregado. Hasta el momento de aparición de estas empresas no había antecedentes de Uruguay en el mercado internacional de tableros.

Los tableros contrachapados ("Plywood") se obtienen de la superposición de láminas o chapas delgadas de madera, previamente encoladas, sometidas a temperatura y presión.

Estos tableros se componen de un número impar de láminas, por lo menos tres, dispuestas de forma tal que la orientación de las fibras de dos láminas consecutivas se crucen entre sí formando un ángulo recto.

Estas láminas se obtienen por debobinado, en espesores de 1 a 4 mm. El paso siguiente es cortar las láminas. Después de secado en horno y aplicado el adhesivo, las láminas se ubican con sus fibras en forma perpendicular con las láminas adyacentes y son prensadas.

La disposición de las láminas en forma perpendicular permite compensar las tensiones internas del material, haciendo que el tablero resultante presente propiedades análogas en contracción y resistencia en dos sentidos perpendiculares entre sí.

De esta forma prácticamente se eliminan las variaciones dimensionales (contracción e hinchamiento), obteniéndose así paneles resistentes y con alta estabilidad estructural.

En el país, la fabricación de estos tableros se hacen en base a eucaliptos (*Eucalyptus grandis*) y pinos (particularmente *Pinus taeda*).

En "Los Piques", los tableros contrachapados producidos son de 2,44 m largo x 1,22 m de ancho.

Se trabaja con tres espesores de tableros: 15, 18 y 22 mm. Los tableros de 15 mm y 18 mm están compuestos por cinco láminas, los de 22 mm por siete láminas.

La composición de los tableros varía, desde tableros compuestos en su totalidad de eucalyptus, tableros cuyo interior es de eucalyptus y las caras de pinos, a tableros en que se alternan láminas pino y eucalyptus.

La unión entre láminas se puede hacer por medio de distintos tipos de adhesivos, aunque la elección de los mismos se hace en función del uso final previsto. En general se usan adhesivos de tipo sintético. En URUPANEL se utiliza como adhesivo resina fenólica.

Los tableros se utilizan actualmente en la elaboración de muebles, revestimientos, embalajes y en la construcción: (material para encofrado de hormigón, muros, ciellorrasos, etc...). Los mismos pueden ser aptos para su utilización tanto en interiores como en exteriores.

Los problemas sanitarios que puedan ser una amenaza para esta industria deben ser tenidos en cuenta para minimizar su incidencia. De no ser así, estos pueden afectar seriamente la calidad de la materia prima con consecuencias adversas en los rendimientos y en la calidad del producto final.

1.4 CANCRO CAUSADO POR *Coniothyrium zuluense*

El cancro por *Coniothyrium zuluense* M.J. Wingfield, Crous & T.A. Coutinho, es una de las enfermedades más serias que han surgido en plantaciones comerciales de *Eucalyptus spp.* durante el curso de la década pasada. Su aparición en Sudamérica es considerablemente preocupante (Wingfield, 2000).

Coniothyrium zuluense, es un hongo que se ve favorecido por las altas temperaturas y precipitaciones, condiciones que ocurren comúnmente en los departamentos de Rivera y Paysandú, áreas aparentemente más calurosas en verano y donde especies susceptibles como el *Eucalyptus grandis* se propagan extensivamente (Wingfield, 2000).

La infección por *Coniothyrium zuluense* ha sido descrita en otros países como limitante para el uso forestal del *Eucalyptus grandis*.

Dado que en el país ya hay plantadas 200.000 hectáreas y se sigue plantando con esta especie, se considera de sumo interés contar con la evaluación económica del daño que este patógeno ocasiona a nivel de sus productos forestales.

El presente estudio se realiza en dos predios forestales pertenecientes a la empresa COLONVADE S.A., ubicada en la ruta nacional n° 5, Km. 456, departamento de Rivera.

Se trabajó en esta empresa debido a que fue la que detectó el problema en el año 2002 en sus plantaciones de 1995 y debido a que esta enfermedad la favorecen condiciones de alta temperatura y precipitaciones las cuales se dan más al norte del país.

Evaluar el daño ocasionado por *Coniothyrium zuluense* reviste especial importancia ya que perjudica la calidad y por ende la comercialización de la madera.

Se ha constatado que la presencia *Coniothyrium zuluense* se contrapone al manejo intensivo de la plantación, ya que se ve limitada la tasa de crecimiento de

los árboles y principalmente la calidad de la madera de los mismos.

Este trabajo forma parte de las líneas de investigación que mantiene el Departamento de Protección Vegetal y el Departamento Forestal de la Facultad de Agronomía.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Evaluación sanitaria a campo por la infección de *Coniothyrium zuluense* en distintos materiales genéticos instalados en un ensayo clonal y la cuantificación del daño.

2. Evaluación dasométrica de los materiales genéticos evaluados y su relación con la infección causada por *Coniothyrium zuluense*.

3. Caracterización del daño por *Coniothyrium zuluense* en láminas obtenidas por debobinado.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 GENERALIDADES DEL AGENTE CAUSAL

Coniothyrium zuluense es el agente causal de una enfermedad de canchros en tallo, que sólo se conoce en especies de *Eucalyptus*.

Fue reportado por primera vez en 1991 en KwaZulu Natal, provincia de Sudáfrica, en clones de *Eucalyptus grandis* (Wingfield et al., 1997).

Desde su descubrimiento, la enfermedad comenzó a expandirse en áreas donde se plantaban eucaliptos en Sudáfrica. Se vio afectada la productividad de muchos clones (clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos de *Eucalyptus grandis* con otras especies) e incluso otras especies de eucaliptos.

Se llegó al punto de que un número importante de clones de *Eucalyptus grandis* utilizados comercialmente fueron apartados de la producción.

Posteriormente, esta enfermedad fue descubierta en 1996 en Tailandia, afectando a *Eucalyptus camaldulensis* (Van Zyl, 1999). Desde entonces, comenzó a ser uno de los patógenos más serios en plantaciones de eucaliptos en el mundo.

En Brasil esta enfermedad fue encontrada en *Eucalyptus grandis* y adjudicada a *Coniothyrium sp.* (Ferreira, 1997).

En años recientes, esta enfermedad ha sido registrada en *Eucalyptus spp.* en Uruguay, México, Vietnam, Ethiopia, Uganda, Hawaii, Argentina y China.

En Uruguay, la enfermedad está presente desde hace varios años, aunque recién se identificó en 1999 debido a que se desconocían las técnicas adecuadas para aislarlo.

Un hecho intrigante es que este hongo no ha sido constatado en Australia, país de origen de los eucaliptos. Sin embargo, es posible que *Coniothyrium zuluense* esté

presente, aunque no adquiere la importancia suficiente como para ser notado. También se maneja la posibilidad de que dicha enfermedad se haya originado en plantaciones en otras partes del mundo.

2.2 HUÉSPEDES

Coniothyrium zuluense afecta principalmente a *Eucalyptus grandis* y sus híbridos.

También se ha detectado su presencia en *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus viminalis* y *Eucalyptus globulus*.

2.3 TAXONOMÍA

Se conoce muy poco sobre la taxonomía de este hongo. Su nombre fue provisto basándose solamente en características morfológicas.

Coniothyrium representa a un amplio género de hongos asexuales (*Deuteromycetes*) que producen conidios en estructura de picnidios (*Sphaeropsidales*). Es uno de los géneros más antiguos perteneciente a la clase *Coelomycetes*. Incluye más de 800 especies, siendo *Coniothyrium palmarum* la especie típica.

En sentido estricto, *Coniothyrium* representaría un estado anamorfo de *Leptosphaeria*, que es morfológica y filogenéticamente similar a *Coniothyrium palmarum* (Crous, 1998).

Se esperaba que *Coniothyrium zuluense* formara parte de este grupo. Sin embargo, un estudio realizado recientemente en el cual se utilizaron secuencias intergénicas (ITS) de los genes ribosomales rADN para confirmar el registro de *Coniothyrium zuluense* en Ethiopia, demostró que este hongo se encuentra relacionado con especies del género *Mycosphaerella* (Gezahgne et al., 2005).

En base a estudios filogenéticos se demostró que *Coniothyrium zuluense* es el nombre del estado asexual de una especie perteneciente al género *Mycosphaerella*, género que incluye a un amplio rango de patógenos de hojas y tallos de eucaliptos.

Aunque el hongo es conocido solamente bajo su estado anamórfico, si se encontrara en su estado sexual éste representaría claramente una especie de *Mycosphaerella*.

Las especies de *Coniothyrium* tienen pocas características morfológicas utilizables de relevancia taxonómica.

El reconocimiento de especies se ha basado en la morfología de los conidios, incluyendo coloración, tamaño y ornamentación de la pared (Taylor y Crous, 2001).

Se ha demostrado que estas características son insuficientes para diferenciar entre especies donde varios rasgos se solapan.

Esto ha sido especialmente problemático en el caso de *Coniothyrium zuluense* en el cual las distintas cepas son muy variables en textura, color y crecimiento, y que también varían marcadamente en cuanto a su patogenicidad a diferentes clones de eucaliptos (Wingfield et al. 1997, Van Zyl 1999).

Esta gran variabilidad existente entre cepas de *Coniothyrium zuluense* llevó a suponer que el mismo abarcaría a más de un grupo taxonómico.

Sin embargo, a partir de comparaciones entre aislaciones del patógeno hechas en Tailandia y Sudáfrica usando secuencia de regiones de ITS, demostraron que *Coniothyrium zuluense* representa a una sola especie (Van Zyl et al., 1997).

2.4 SINTOMATOLOGÍA

La infección ocurre al inicio de la estación de crecimiento. En el fuste de los árboles susceptibles aparecen lesiones similares a las provocadas por el granizo (perdigonado), a veces ocupando bandas anchas a distintas alturas, dado que no todos los años son favorables al desarrollo de la enfermedad.

Los primeros síntomas son lesiones necróticas discretas que se manifiestan en tejidos jóvenes, aún verdes. En la corteza se visualizan lesiones ovaladas y oscuras que a menudo comienzan como dos rajaduras paralelas. El área entre ambas se necroza, y comienza a generarse un cancro.

Los árboles no manifiestan síntomas de infección antes del segundo año de crecimiento (Wingfield et al., 1997).

En genotipos altamente susceptibles las lesiones son numerosas y se juntan pudiendo necrosar áreas extensas. La infección penetra el cambium, provocando la muerte parcial del mismo y dando origen a exudados marrón rojizo de kino a partir de estas lesiones.

Posteriormente, con el crecimiento del árbol, se producen bolsas de kino en la madera (Van Zyl et al. 1998, 2002).

En caso de producirse un anillado parcial del tallo, el mismo conduce a la emisión de brotes epicórmicos entorno al área afectada. A medida que estos brotes se desarrollan, el ápice del árbol muere.

2.5 ETIOLOGÍA

El patógeno se ve favorecido por condiciones de altas temperaturas y precipitaciones. De ahí que representa un problema más serio en áreas tropicales y subtropicales. En Uruguay se lo encuentra más fácilmente en el norte del país.

La enfermedad está asociada a plantaciones que sufrieron algún tipo de estrés, principalmente déficit hídrico. Se generan condiciones predisponentes que facilitan el ataque de *Coniothyrium zuluense*, que se comporta como un patógeno oportunista.

La biología del hongo y forma de infección son poco conocidas. Los conidios son dispersados por lluvia o viento. El tubo germinativo de los conidios infecta directamente los tallos jóvenes a través de la epidermis. La infección secundaria, en la parte inferior del tronco, se produce por arrastre de conidios suspendidos en gotas de agua (Coutinho et al., 1997).

Coniothyrium se caracteriza por producir picnidios uniloculares, ostiolados, inmersos, con una pared fina de color marrón oscuro. Los conidios son marrones, de forma cilíndrica a elipsoidal.

El hongo presenta un crecimiento lento en cultivo, lo cual es indicativo de su aparente hábito biotrófico, con un crecimiento óptimo observado a los 30°C.

2.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA

La importancia de *Coniothyrium zuluense* se debe a que este patógeno afecta tanto la tasa de crecimiento de las plantas como la calidad de la madera de las mismas (Cielsa et al. 1996, Old et al. 2003).

La infección penetra el cambium y resulta en la formación de "bolsas de kino" en la madera (Old et al., 2003).

La presencia de "bolsas de kino" disminuye el valor de la madera para aserrío (Old et al., 2003) así como cuando el destino final de la misma es el laminado.

Como consecuencia, la comercialización se ve afectada por un menor valor de mercado y como limitante al ingreso de los productos a ciertos mercados.

Las bolsas de kino afectan también la producción de pulpa, aunque en el momento no hay exigencias en ese sentido. Los canchros y manchas en el tallo dificultan el descortezado lo que conduce a un incremento en los costos en la preparación de la madera para la obtención de pulpa (Wingfield et al. 1997, Van Zyl et al. 2002).

En Sudáfrica muchas de las líneas seleccionadas en el pasado por sus buenos crecimientos, especialmente clones de *Eucalyptus grandis*, han mostrado gran sensibilidad al hongo por lo que se han eliminado de los programas de mejoramiento.

En Uruguay, no se ven, salvo raras excepciones, canchros que comprometan la supervivencia del árbol, como es el caso de Sudáfrica y otros países del mundo.

2.7 ESTRATEGIA DE MANEJO

Las nuevas técnicas de propagación vegetativa desarrolladas en los últimos tiempos constituyen una herramienta muy utilizada por las empresas en sus programas de mejoramiento genético.

Esto llevó a que el uso de clones en forestación, con especies de eucaliptos, se halla extendido de forma importante en los últimos años.

El uso de clones conduce a situaciones de uniformidad genética, lo cual representa un riesgo frente al quiebre de resistencia por parte de plagas y enfermedades.

El manejo de esta enfermedad se basa en la variación existente dentro del género en cuanto a susceptibilidad a dicho patógeno. Esto se traduce en diferentes grados de resistencia de los diferentes clones e híbridos de eucaliptos.

De este modo, los programas de mejoramiento y selección buscan detectar el material genético resistente por medio de inoculaciones y observaciones; se seleccionan clones tolerantes a la enfermedad, y se trata de mantener

un alto grado de diversidad genética en las plantaciones clonales.

Se han identificado algunos clones relativamente resistentes a esta enfermedad. En Sudáfrica, híbridos de *Eucalyptus grandis* con *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus urophylla* han sido seleccionados por la tolerancia a la infección producida por *Coniothyrium zuluense*.

Sin embargo, estos clones con el tiempo pierden la resistencia debido a cambios en el patógeno. Hay evidencia que sugiere que clones que previamente se presentaban como tolerantes, están comenzando a mostrar signos de infección. Esto indica que la virulencia del patógeno cambia con el transcurso del tiempo.

La ampliación y diversificación de la base genética de las poblaciones de producción y de mejoramiento, por medio de introducción de germoplasma nativo, así como la incorporación de atributos sanitarios en los programas de mejoramiento genético son las herramientas con las que se cuenta actualmente para hacer frente a esta enfermedad.

A nivel de plantaciones comerciales, especialmente de *Eucalyptus grandis* o sus híbridos, se deben retirar aquellos árboles que presenten síntomas de la enfermedad, de modo de evitar el desarrollo y diseminación de la misma. No se consideran estrategias de control químico.

El conocimiento concerniente a la diversidad genética de *Coniothyrium zuluense* es importante para programas que apuntan a reducir el impacto de esta enfermedad.

Un estudio llevado a cabo en Sudáfrica, en que se evaluaron 280 aislaciones de *Coniothyrium zuluense*, permitió concluir que en ese país dicho patógeno se encuentra representado por una población genéticamente muy diversa.

El alto grado de variabilidad constatado en las aislaciones de *Coniothyrium zuluense* se refleja por una amplia diversidad en cuanto a coloración de colonias,

diferencias en tasas de crecimiento y niveles de virulencias del hongo.

Los resultados de dicho estudio sugieren que el hongo se halla muy bien establecido, estando presente en el área durante un extenso período de tiempo (posiblemente se trata e un hongo endémico).

Esta alta diversidad genética constatada le permite a *Coniothyrium zuluense* adaptarse en cuanto a su virulencia a los nuevos híbridos y clones que han sido desarrollados para evitar esta y otras enfermedades.

Altos niveles de diversidad genética pueden originarse a partir de múltiples introducciones o como resultado de un proceso de continuo cruzamiento sexual.

No se ha encontrado forma sexual en *Coniothyrium zuluense*. Esto implica que el hongo probablemente existe bajo forma asexual, lo cual no concuerda con la alta variabilidad genética observada.

Múltiples introducciones parecen ser improbables dado que la enfermedad asociada no es conocida en ningún otro lugar. Es posible que el estado sexual exista, pero que aún no se halla descubierto. Puede hallarse en una planta nativa, estando solamente presente en *Eucalyptus spp.* la forma asexual.

La amplia diversidad genética y la repentina aparición de la enfermedad en Sudáfrica favorecen la hipótesis de que se originó a partir de plantas nativas en dicho país.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 RODALES BAJO ESTUDIO

La evaluación sanitaria se llevo acabo en montes de *Eucalyptus grandis* de la empresa COLONVADE S.A. ubicados en el departamento de Rivera. Los mismos corresponden a:

- Un ensayo clonal;
- Una plantación instalada a partir de plantas pertenecientes a un ensayo en el que se evaluó el uso de *Trichoderma harzianum* como agente de biocontrol en enfermedades de vivero y

3.1.1 Ensayo clonal de *Eucalyptus grandis*

El ensayo clonal de *Eucalyptus grandis* fue instalado por la empresa COLONVADE S.A. el 22 y 23 de noviembre de 2002, sobre suelos 7. Se encuentra ubicado a la altura del kilómetro 456 de la ruta 5. Las coordenadas georeferenciadas del sitio del ensayo clonal son: S 31°16' W 055°41'.

Tiene como finalidad evaluar la performance de los distintos clones en cuanto a tasas de crecimiento, sanidad y calidad de madera, información que permitirá identificar aquellos materiales que por su buen comportamiento pueden ser utilizados en plantaciones comerciales.

Se trata de clones comerciales pertenecientes a la empresa Mondi, Sudáfrica. Entre los materiales que componen el ensayo hay clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos (*Eucalyptus gradis* x *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* y *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*). Los clones evaluados no figuran con sus nombres comerciales dado que la empresa se reserva el derecho de identificación.

El marco de plantación utilizado es de 4 metros entre filas x 2,5 metros entre plantas, lo que representa una densidad inicial de 1000 árboles por hectárea.

La preparación del suelo se realizó en fajas. Se fertilizó con fosfato de amonio (18:46:00) en el momento de la plantación.

Se realizaron dos podas hasta el momento. La primera poda se hizo en julio de 2004 y consistió en la remoción del 50% de la copa viva. La segunda poda, que se llevó a cabo entre los meses de agosto y setiembre de 2005, consistió en sacar entre el 30 y 35% de copa viva.

El diseño experimental utilizado para la instalación del ensayo fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones. Por falta de material de vivero, dos de los bloques quedaron incompletos.

El ensayo esta compuesto por un total de 3090 árboles, los cuales se dividen en tres bloques:

- Bloque 1: 39 tratamientos.
- Bloque 2: 34 tratamientos.
- Bloque 3: 31 tratamientos.

En el ensayo se evalúan 38 clones y un testigo. Para poder realizar un análisis estadístico se evaluaron solamente los clones con repetición completa (30 clones + testigo).

Las parcelas están constituidas por tres filas de diez árboles cada una. Se muestrearon los seis árboles centrales de cada parcela.

Características del ensayo clonal:

- Diseño en bloques completos al azar
- N° tratamientos: 30 clones + 1 testigo
- N° repeticiones: 3
- N° árboles/parcela: 30
- N° árboles totales: 2790
- Muestreo realizado: 6 árboles centrales/parcela
- N° árboles muestreados: 558

3.1.2 Plantación con *Trichoderma harzianum*.

El material de plantación utilizado proviene de un ensayo de vivero en que se utilizó *Trichoderma harzianum* como agente de biocontrol de enfermedades en *Eucalyptus grandis*. La semilla utilizada es de origen sudafricano.

El ensayo fue instalado el 27 de noviembre de 2002, sobre suelos 7. Las coordenadas georeferenciadas del sitio donde se realizó el ensayo son: S 31°16' W 055°41'.

El marco de plantación utilizado es de 4 metros entre filas x 2,5 metros entre plantas, lo que representa una densidad inicial de 1000 árboles por hectárea.

La preparación del suelo se realizó en fajas. Al momento de la plantación se aplicó 130 gr de NPK 18:46:00 (fosfato de amonio) por planta.

El ensayo de *Trichoderma harzianum* cuenta con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Cada tratamiento esta compuesto por una parcela de 4 filas de 10 plantas. Son un total de 160 plantas por tratamiento.

Se muestrearon los ocho árboles centrales correspondientes a cada una de las parcelas. Debido a pérdida en la identificación de las parcelas de la repetición 1, se trabajó solamente con las repeticiones 2, 3 y 4 del ensayo.

Características de la plantación con *Trichoderma harzianum*:

- No tiene diseño experimental por lo que se hace referencia al mismo como plantación con *Trichoderma*.
- N° tratamientos: 5
- N° repeticiones: 4
- N° árboles/parcela: 40
- N° árboles totales: 800
- Muestreo realizado: 8 árboles centrales/parcela
- Se trabajó solamente con las repeticiones completas n° 2, 3 y 4.
- N° árboles muestreados: 120

3.2 CARACTERISTICAS EVALUADAS

La evaluación del comportamiento productivo y sanitario de los clones y de la plantación con *Trichoderma harzianum* se realizó entre los meses de mayo y setiembre de 2006, a los 4 años de edad.

3.2.1 Evaluación dasométrica

A cada árbol muestreado se le midió diámetro a la altura de pecho (DAP) mediante el uso de cinta diamétrica, y altura total con un hipsómetro Vertex III. Con estos datos se calculó el volumen total con corteza, por árbol y por hectárea, utilizando un factor de forma de 0,4.

Para las variables diámetro a la altura de pecho, altura total y volumen individual fue realizado el análisis de varianza mediante la prueba F utilizando el programa INFOSTAT. Las comparaciones de medias se realizaron por el test de Tukey al 5% de significancia.

3.2.2 Evaluación sanitaria

A campo, se evaluó la incidencia de *Coniothyrium zuluense*, registrándose, mediante el uso de pértiga, que alturas del fuste presentaban síntomas de la enfermedad. Se realizó una apreciación visual de los síntomas presentados por cada árbol evaluado.

Con el objetivo de corroborar que los síntomas observados a campo corresponden a *Coniothyrium zuluense*, se realizó un cultivo de dicho patógeno.

La siembra del cultivo se realizó el 28 de agosto de 2007. Para esto se utilizaron los siguientes materiales:

- Medio de cultivo: agar extracto de malta
- Incubadora, con luz ultravioleta
- Placas de petri
- Muestras de láminas y tocones con daño

De las láminas y tocones que presentaban daño se retiró mediante bisturí madera alterada por el hongo.

Las muestras de maderas obtenidas fueron desinfectadas superficialmente mediante el uso de una solución de hipoclorito de sodio, para reducir la posible contaminación con otros patógenos.

Posteriormente se procedió a la siembra del hongo en el medio de cultivo y a la introducción del mismo en la incubadora, a 25°C y con luz ultravioleta.

3.3 EVALUACION DEL DAÑO EN LOS PRODUCTOS DEL DEBOBINADO

3.3.1 Selección de árboles para apeo y procesado

Tanto en el ensayo clonal como en el ensayo con *Trichoderma harzianum*, al ser árboles de 4 años de edad, la mayoría de los mismos no llegaban al diámetro mínimo exigido por el torno (18 cm en punta fina).

A esto se le suma que gran parte de los clones no presentaban buena forma en su parte basal (en particular los híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* y *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*).

Con el objetivo de ver el daño que causa *Coniothyrium zuluense*, se pudieron seleccionar solamente dos clones dentro del bloque de mayor crecimiento del ensayo clonal. El criterio utilizado para seleccionar los clones atendió solamente aspectos de diámetro y rectitud de fuste.

Utilizando el mismo criterio se seleccionaron dos árboles correspondientes a la plantación con *Trichoderma harzianum*.

Para un análisis mas completo, se recurrió a una plantación de *Eucalyptus grandis* de mayor edad que presentaba dicha enfermedad, de modo de obtener trozas con diámetro comercial.

La plantación de *Eucalyptus grandis* fue instalada en el año 1995, sobre suelo 7. La misma se ubica en las coordenadas geográficas: S 31°15' W 055°41'.

La preparación del suelo se realizó en fajas. El marco de plantación utilizado es de 4 metros entre filas x 2,5 metros entre plantas, lo que representa una densidad inicial de 1000 árboles por hectárea.

3.3.2 Características de los árboles apeados

En total se apearon 6 árboles de los cuales se obtuvieron 14 trozas. Las mismas fueron identificadas en su parte basal con chapas en las cuales se marcaba el nombre del árbol y un número que hacía referencia al número de troza (1ra., 2da. y 3era. troza), ejemplo la troza GU25 T2, es la 2da. troza del clon GU25.

Del ensayo clonal se seleccionaron 2 árboles que presentaban ataque por *Coniothyrium zuluense*, obteniendo dos trozas por cada árbol.

Cuadro 1. Dimensiones de los árboles apeados, ensayo clonal.

ENSAYO CLONAL	ARBOL GU25		ARBOL EG1	
DAP c/c (cm)	19,7		21,8	
Altura total (m)	16,8		20,15	
Troza N°	Troza 1	Troza 2	Troza 1	Troza 2
Diámetro Mayor c/c (cm)	21,4	17,5	24	18,5
Diámetro Menor c/c (cm)	17,5	14,8	18,5	16,2
Largo (m)	2,6	2,6	2,6	2,6

De la plantación con *Trichoderma harzianum* se extrajeron dos árboles más, sacando dos trozas por cada árbol.

Cuadro 2. Dimensiones de los árboles apeados, plantación con *Trichoderma harzianum*.

PLANTACIÓN CON TRICHODERMA	ARBOL T5		ARBOL T1	
DAP c/c (cm)	20,6		19	
Altura total (m)	20,3		20	
Troza N°	Troza 1	Troza 2	Troza 1	Troza 2
Diámetro Mayor c/c (cm)	24,5	19,4	22,9	17,8
Diámetro Menor c/c (cm)	19,4	17	17,8	15,1
Largo (m)	2,6	2,6	2,6	2,6

Por último se apearon dos árboles de una plantación comercial de *Eucalyptus grandis* del año 1995, obteniendo tres trozas por cada árbol.

Cuadro 3. Características de los árboles apeados, plantación año 1995.

PLANTACIÓN AÑO 1995	ARBOL 1			ARBOL 2		
DAP c/c (cm)	30,2			29,3		
Altura total (m)	23			22,6		
Troza N°	T 1	T 2	T 3	T 1	T 2	T 3
Diámetro Mayor c/c (cm)	33,4	26,9	26,4	32,4	26,1	24,9
Diámetro Menor c/c (cm)	26,9	26,4	23,4	26,1	24,9	21,3
Largo (m)	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6

3.3.3 Procesado de las trozas

Las trozas fueron cargadas a un camión y transportadas en el día hacia URUPANEL S.A. para su posterior debobinado.

URUPANEL S.A. es una empresa forestal ubicada en la ruta 26 a la altura del kilómetro 224, a 5 Km. de la ciudad de Tacuarembó. Esta empresa se dedica a la producción de tableros contrachapados.

El torno debobinador de la empresa exige un largo de troza de 2.60 m y un diámetro mínimo en punta fina de 18 cm.

Con los árboles ya en la planta se procedió a realizar un macerado previo al debobinado con el objetivo de ablandar la madera de modo de lograr una menor rotura de fibra. El macerado consistió en un baño de agua caliente a 85°C durante 8 horas.

Luego del macerado, un grapo depositó las trozas en la boca de entrada del torno, y se procedió a identificar observando las chapas numeradas, el orden con el que fueron ingresando las trozas al torno.

Sabiendo el orden de entrada de las trozas se pudieron asociar las láminas a sus trozas correspondientes. Luego de identificada cada troza se extrajeron las chapas metálicas de las mismas para no dañar la cuchilla del torno.

Para evitar el descarte de zonas de lámina que presenten defectos producidos por *Coniothyrium zuluense*, el proceso de debobinado se realizó con el scanner apagado.

Al salir el laminado del torno, se clasifica en lámina entera, random (segmentos de lámina mayores a 30 cm) y desperdicios (restos con corteza y segmentos de lámina menor a 30 cm).

Las láminas obtenidas se clasifican visualmente. La categorización de las láminas se hace en función del número y diámetro de los nudos y del aspecto general de la lámina.

Las categorías utilizadas por la empresa son:

- Clear: lámina libre de nudos y defectos
- B: nudos de hasta una pulgada
- C: nudos de hasta 4 centímetros
- D: nudos de 7-8 centímetros
- Interior: lámina con alta incidencia de nudos

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN DASOMETRICA

En los resultados de la evaluación dasométrica (Anexos 10.1) figuran los datos obtenidos por tratamiento, para las variables diámetro a la altura de pecho (DAP), altura total, volumen individual promedio, volumen por hectárea e incremento medio anual (IMA) para el ensayo clonal (bloque 1, 2 y 3) y para la plantación con *Trichoderma harzianum* (repetición 2, 3 y 4).

Los resultados expuestos en los cuadros muestran que en el ensayo clonal los clones con mayor IMA (m³/ha/año), como promedio de los 3 bloques son: el EG1, el GU25, el GT23 y el GC16. En cuanto a la plantación con *Trichoderma harzianum* los valores obtenidos como promedio de las 3 repeticiones muestran un mayor IMA (m³/ha/año) para los tratamientos 1 y 5.

El análisis de varianza para el ensayo clonal muestra que el modelo propuesto es significativo ($p < 0,0001$), por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias de tratamientos, tanto para las variables diámetro a la altura de pecho, altura total y volumen individual. Los efectos de bloques y tratamientos son significativos (ver anexo 10.2).

No se hizo análisis de varianza para la plantación con *Trichoderma harzianum* dado que no tiene un diseño experimental.

4.2 EVALUACIÓN SANITARIA

La evaluación a campo de los síntomas por *Coniothyrium zuluense* se llevó a cabo entre los meses de junio y agosto de 2006. Se fijó esta fecha debido a que los desprendimientos de corteza, causados por el incremento diametral de los árboles en los períodos de mayor crecimiento, dificultan su apreciación.

En Uruguay, bajo nuestras condiciones climáticas, los *Eucalyptus spp.* presentan en el año dos períodos de mayor crecimiento; uno en primavera y otro en otoño.

4.2.1 Ensayo clonal

Los síntomas de la enfermedad observados a campo van desde pequeños y numerosos canchros que hacen al síntoma característico de perdigonado, hasta canchros más puntuales de dimensiones variables, ovalados, y comúnmente agrupados de a dos a una misma altura.

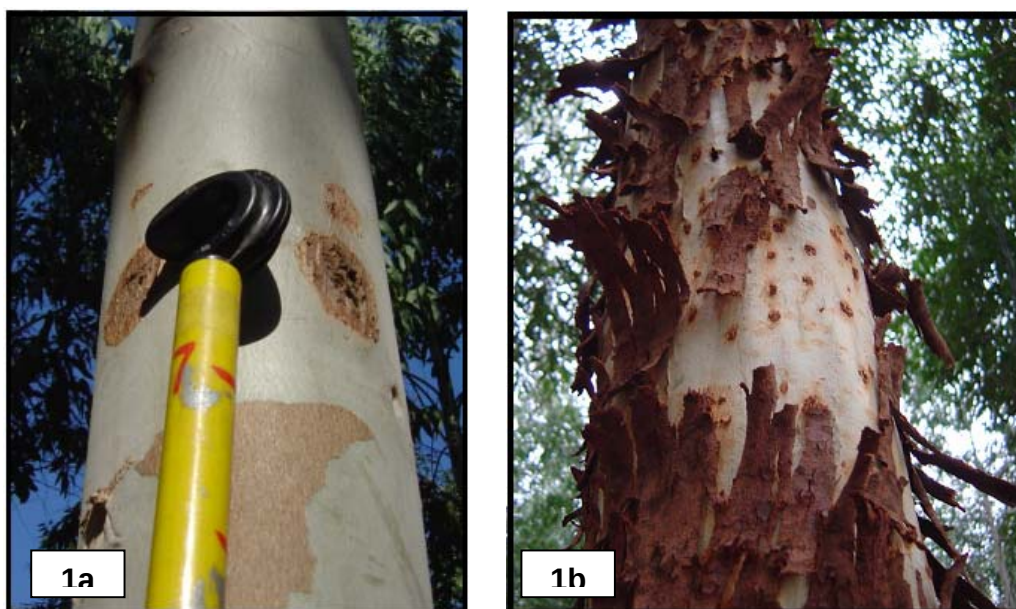


Fig. 1. Síntomas asociados a la infección por *Coniothyrium zuluense*. (a) Cancros dobles en un clon de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*. (b) Perdigonado en *Eucalyptus grandis*.

De los materiales genéticos evaluados, aquellos que mostraban la sintomatología de perdigonado son los más afectados.

Estos corresponden a un clon de *Eucalyptus grandis* (EG1), el clon híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (GU25) y el testigo (EGM).

En estos clones, el perdigonado se manifestó como una infección en bandas que van principalmente desde los 2 a 5 metros de altura. También se detectaron individuos de estos clones que presentaron la sintomatología de canchales dobles.

Los árboles muy afectados son fácilmente reconocibles, incluso a la distancia, por presentar múltiples lesiones, corteza adherida al fuste y una coloración más oscura, debido a la tinción que se produce con los exudados de kino.



Fig. 2. Síntomas de perdigonado. (a) Perdigonado en un árbol perteneciente al clon EG1. (b) Perdigonado en un árbol perteneciente al clon GU25.

Ninguno de los clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* presentaron como síntoma el perdigonado.

En estos se observó el síntoma de canchros dobles, ovalados, situados a la misma altura en el fuste. Dependiendo del clon, estos dos canchros se repetían nuevamente a otra altura.

Lo importante a destacar es que dentro de un mismo clon, la altura a la cual aparecían los canchros era la misma y variaba entre clones.

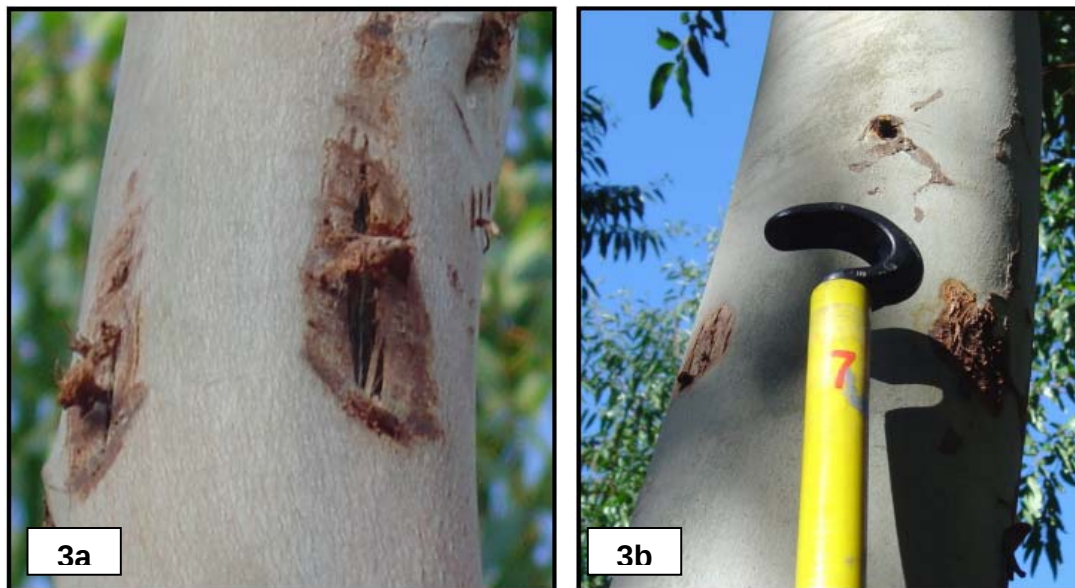


Fig. 3. Síntomas de canchros dobles. (a) Canchros dobles en un clon GC20. (b) Canchros dobles en un árbol perteneciente al testigo (EGM).

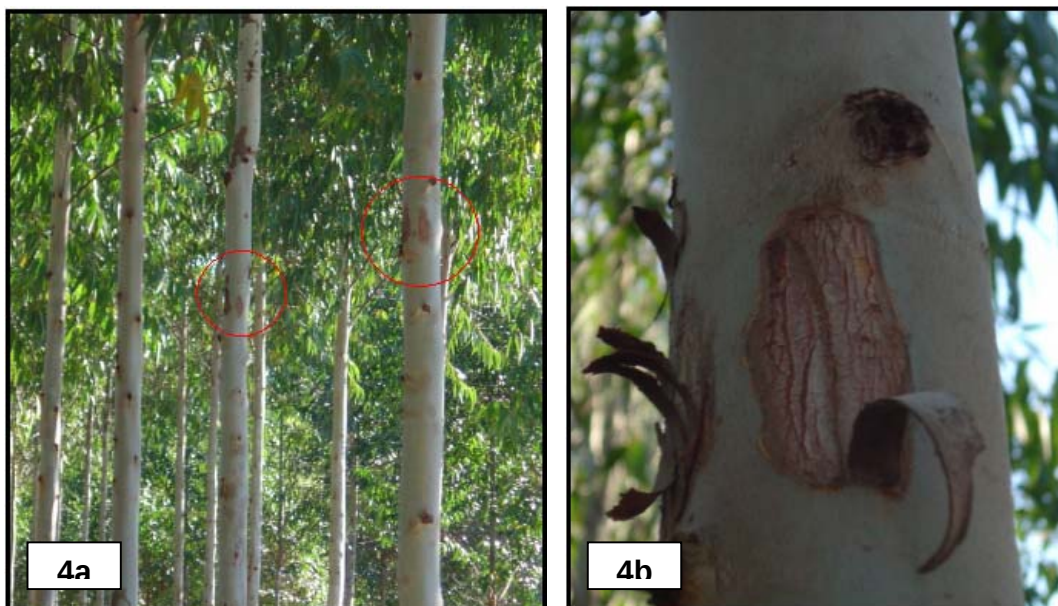


Fig. 4. Síntomas de canchros dobles. (a) Canchros dobles en clon GC10. (b)Canchros dobles en un clon GC8.

En la última recorrida realizada el día 27 de mayo de 2007, se constató que hubo una buena cicatrización de las heridas.

Muchos de los canchros dobles registrados ya no eran visibles. Incluso en ciertos ejemplares que presentaban ataques severos por perdigonado se constato una buena cicatrización.



Fig. 5. Tejido cicatricial en clon EG1.

En el cuadro 4 se puede observar el porcentaje de árboles muestreados que presentaron infección por *Coniothyrium zuluense* (cancro doble, perdigonado) en el ensayo clonal. Se evaluó incidencia (número de árboles con infección).

Cuadro 4. Porcentaje de árboles con infección en el ensayo clonal.

	Ensayo clonal
N°árboles totales*	2790
N°árboles muestreados	558
% árboles con infección	84,4

*Número de árboles totales correspondientes a los clones con repetición completa en el ensayo. Incluye el testigo.

En el cuadro 5 se muestra el porcentaje de individuos que presentan perdigonado al momento de la evaluación en el ensayo clonal.

Cuadro 5. Porcentaje de individuos que presentan perdigonado, ensayo clonal

Material genético	% individuos con perdigonado
GU25	61,10
EG1	16,17
Testigo	33,33

De los materiales genéticos que presentaron perdigonado, el 37% de los árboles muestreados presentaron este síntoma.

Del total de árboles evaluados en este ensayo:

- El 84,4% presentó algún síntoma de enfermedad (cancros puntuales, cancos dobles, perdigonado).
- El 3,6% presentó perdigonado.

En los cuadros 9, 10 y 11 de anexos figuran los valores de incidencia de la evaluación sanitaria del ensayo clonal. Se evaluó el número de trozas sintomáticas por clon y el porcentaje del total de trozas evaluadas que presentaban síntomas.

Los resultados expuestos en los cuadros muestran al momento de la evaluación la siguiente situación:

- La troza basal (0-3 m) fue la más afectada en todo el ensayo, presentando el 68,7% de las trozas evaluadas síntomas de infección.

- La segunda troza (3-6 m), presentó un nivel de ataque del 36,6% en todo el ensayo.

- La tercera troza (6-9 m) fue la que presentó menor infección en todo el ensayo, siendo el número de trozas afectadas menor al 1%. Las trozas afectadas corresponden a los clones EG1 y GU25. Ambos clones son de los más atacados y presentan la sintomatología de perdigonado.

Al estar evaluando incidencia (porcentaje del total de trozas evaluadas con síntomas) se puede estar castigando mucho a clones que presentaron en general un estado sanitario bueno. Este es el caso de los clones híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* o *E. tereticornis* que presentaron un pequeño cancro doble a una determinada altura en un gran número de árboles.

En general, los clones híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* presentaron un buen estado sanitario.

Ninguno de estos clones presentó perdigonado. Los síntomas se limitaron a canchros, por lo general ovalados y agrupados de a dos, repitiéndose los mismos a distintas alturas del fuste.

4.2.2 Plantación con *Trichoderma harzianum*

Los árboles muestreados presentaron síntomas que van de canchros pequeños y puntuales, canchros dobles hasta perdigonado. Se pudo observar una alta incidencia de este último.

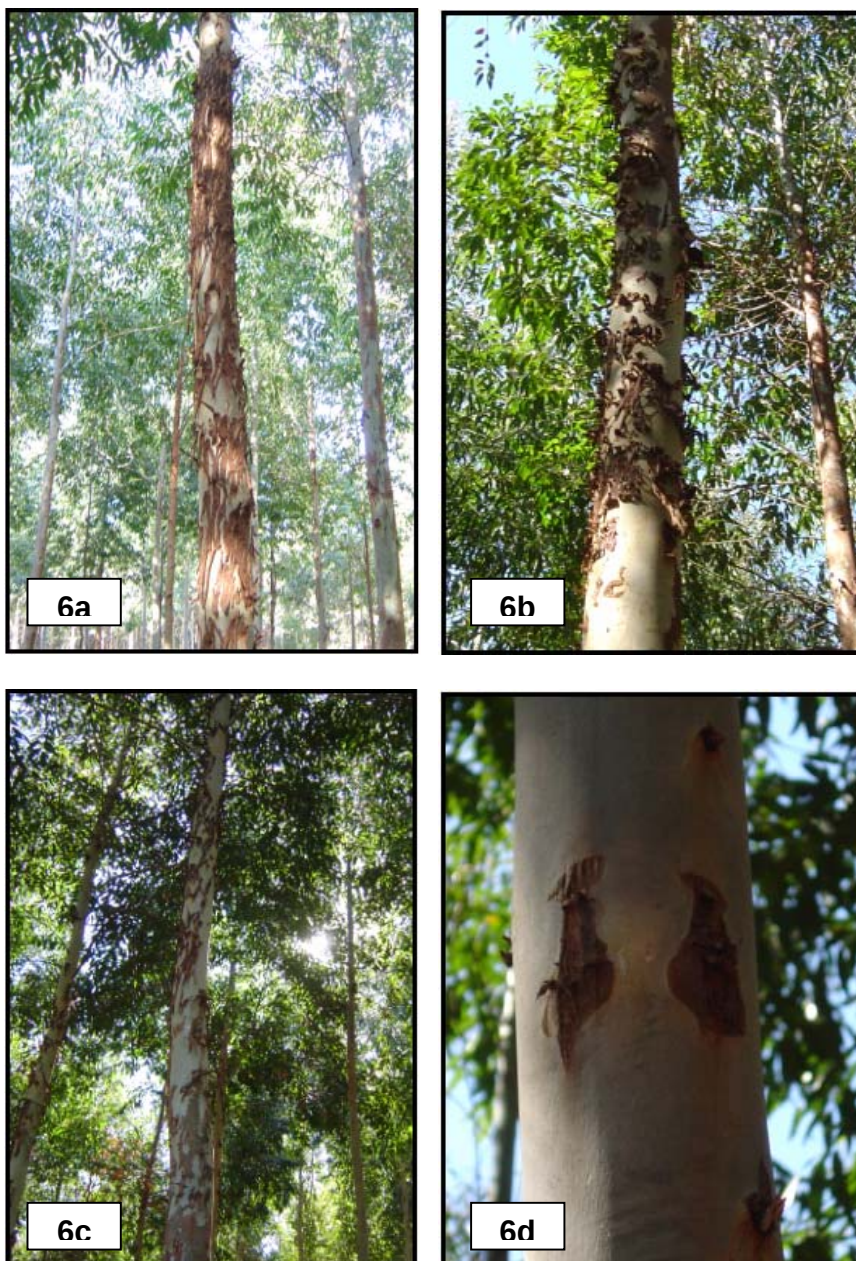


Fig. 6. Síntomas de la infección por *Coniothyrium zuluense* en plantación con *Trichoderma harzianum*. (a, b y c) Perdigonados. (d) Cancros dobles.



Fig. 7. Perdigonados en plantación con *Trichoderma harzianum*.

En el cuadro 6 se observa el % de árboles muestreados que presentaron infección por *Coniothyrium zuluense* (cancro doble, perdigonado) para la plantación con *Trichoderma harzianum*. Se evaluó incidencia (número de árboles con infección).

Cuadro 6. Porcentaje de árboles con infección en plantación con *Trichoderma harzianum*.

	Ensayo con <i>Trichoderma</i>
N° árboles Totales (incluye repetición 1)	800
N° árboles muestreados	120
% árboles con infección	90

En el cuadro 7 se muestra el porcentaje de individuos que presentan perdigonado según tratamiento.

Cuadro 7. Porcentaje de individuos que presentan perdigonado según tratamiento.

Tratamiento	% individuos con perdigonado
1	37
2	50
3	37
4	33
5	29

Del total de árboles evaluados en este ensayo:

- El 90% presentó algún síntoma de enfermedad (cancros puntuales, cancos dobles, perdigonado)
- El 36% presentó perdigonado (promedio de los 5 tratamientos).

En los cuadros 12, 13 y 14 de anexos figuran los datos obtenidos de la evaluación sanitaria de la plantación con *Trichoderma harzianum*. Se evaluó el número de trozas sintomáticas por tratamiento y el porcentaje del total de trozas evaluadas que presentaban síntomas.

Los resultados expuestos en los cuadros muestran al momento de la evaluación la siguiente situación:

- La troza basal (0-3 m) fue la más afectada en todo el ensayo, presentando el 84,17% de las trozas evaluadas síntomas de infección.

- La segunda troza (3-6 m), presentó un nivel de ataque del 45% en todo el ensayo.

- La tercera troza (6-9 m) fue la que presentó menor infección en todo el ensayo, siendo el número de trozas afectadas menor al 5%.

Para una mejor interpretación de los resultados expuestos anteriormente, se debe tener en cuenta que en los últimos años se registraron importante déficit hídrico en la región donde se encontraban los rodales bajo estudio. Esto pudo haber favorecido en forma directa a la infección por *Coniothyrium zuluense*.

4.2.3 Cultivo del hongo

Las colonias del hongo fueron grisáceas, con aspecto de moho.

El medio de cultivo, alrededor de la colonia, presentó un color ámbar posiblemente por difusión de pigmentos. El micelio se caracterizó por ser denso, ramificado, con septas y coloración marrón clara. Los conidios fueron ovalados, oliváceos y de 6 micras de largo promedio.

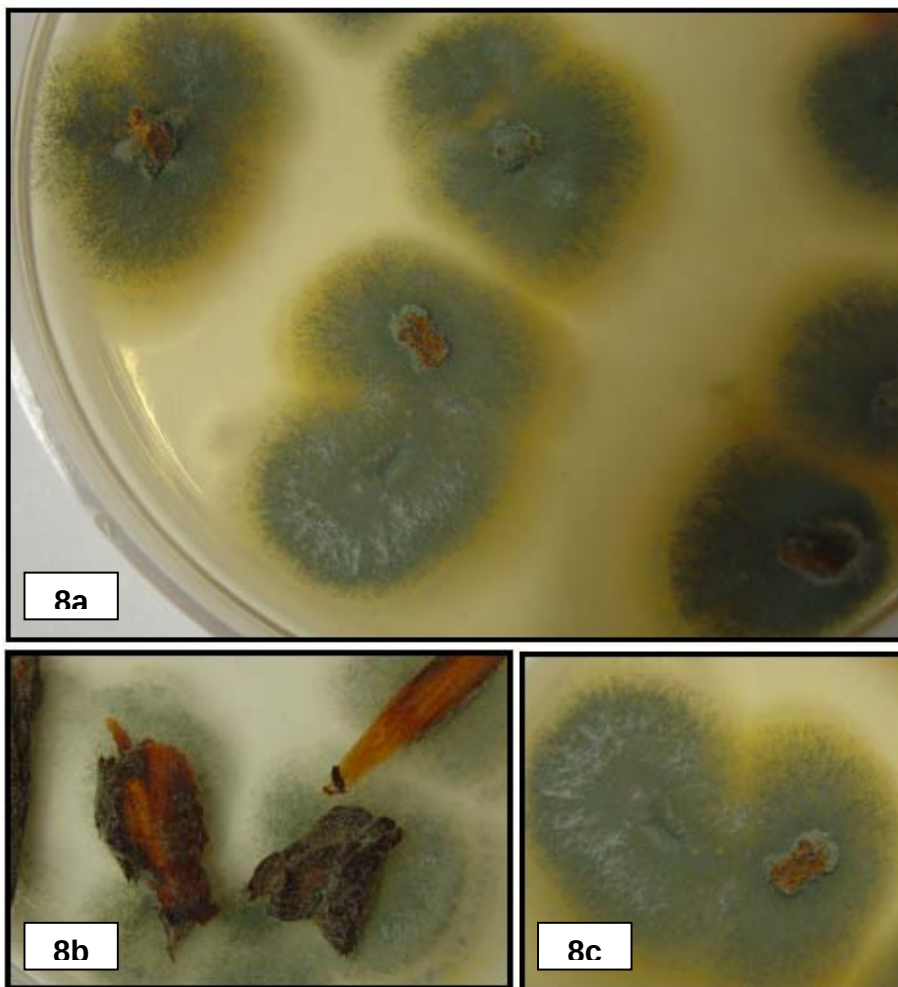


Fig. 8. Aspecto del cultivo del hongo a los 8 días de realizado.

4.3 SELECCIÓN DE ÁRBOLES PARA DEBOBINADO

4.3.1 Ensayo clonal

Se seleccionaron 2 árboles, uno perteneciente al clon EG1 y otro a GU25.

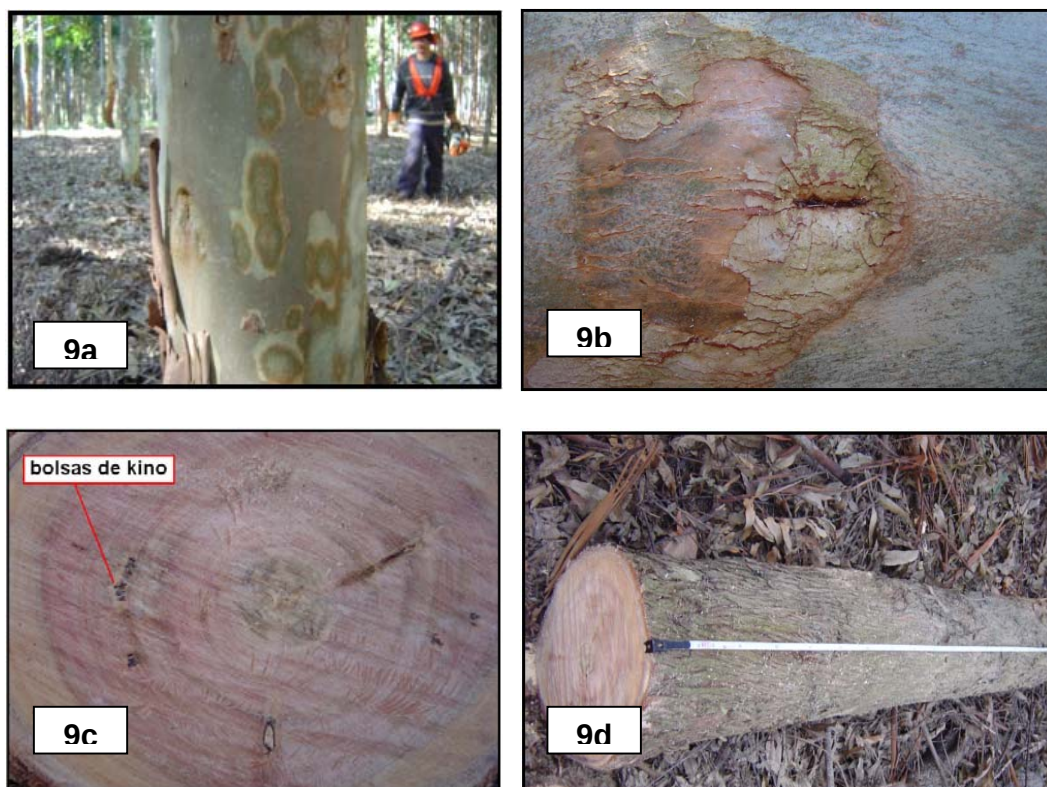


Fig. 9. Clon EG1. (a) Aspecto del árbol. (b) Tejido cicatricial. (c) Bolsas de kino. (d) Árbol apeado.

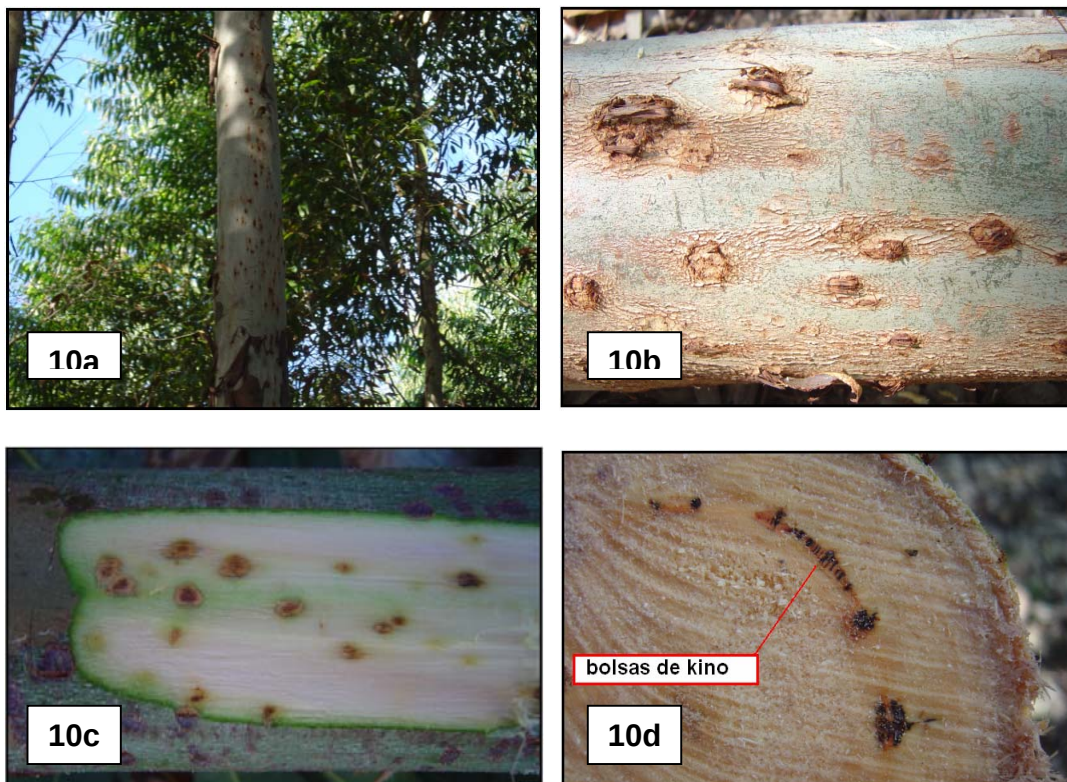


Fig. 10. Clon GU25. (a) Aspecto del árbol. (b) Cancros en tejido adulto. (c) Cancros en tejido joven. (d) Bolsas de kino

4.3.2 Plantación con *Trichoderma harzianum*

Se seleccionaron 2 árboles, uno perteneciente al tratamiento 1 y el otro al tratamiento 5.



Fig. 11. *Trichoderma harzianum*, tratamiento 1

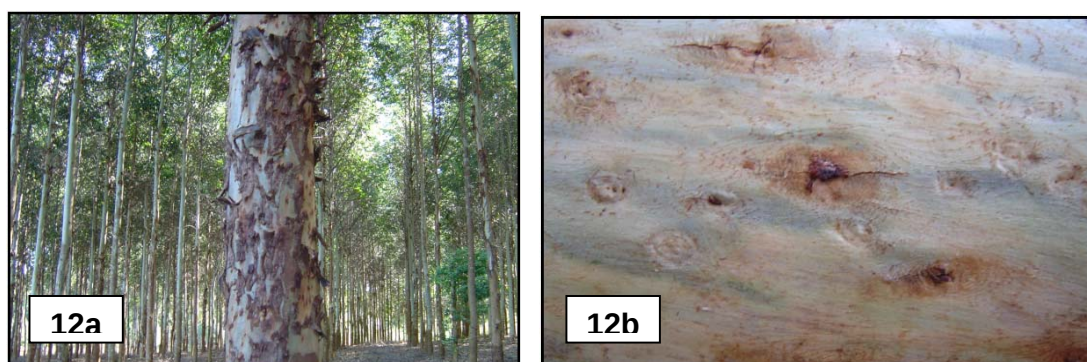


Fig. 12. *Trichoderma harzianum*, tratamiento 5

4.3.3 Plantación de *Eucalyptus grandis*

Los árboles seleccionados presentaban los siguientes síntomas:

- Árbol 1: Presentaba pequeños y numerosos canchros (perdigonado), a lo largo del fuste. Este árbol se diferenciaba claramente del resto debido a que presentaba corteza adherida en gran parte del fuste.



Fig. 13. Plantación de *Eucalyptus grandis* (a) Primer árbol seleccionado para ser apeado. (b) Síntomas de perdigonado en troza basal.

- Árbol 2: También presentaba la sintomatología de perdigonado; este ejemplar no presentaba corteza adherida a lo largo del fuste en forma tan acentuada como el árbol anterior. Muchos de los pequeños canchros estaban en proceso de cicatrización. Lo particular de este árbol es que presentó ataques desde la base del fuste hasta la punta de las ramas finas.

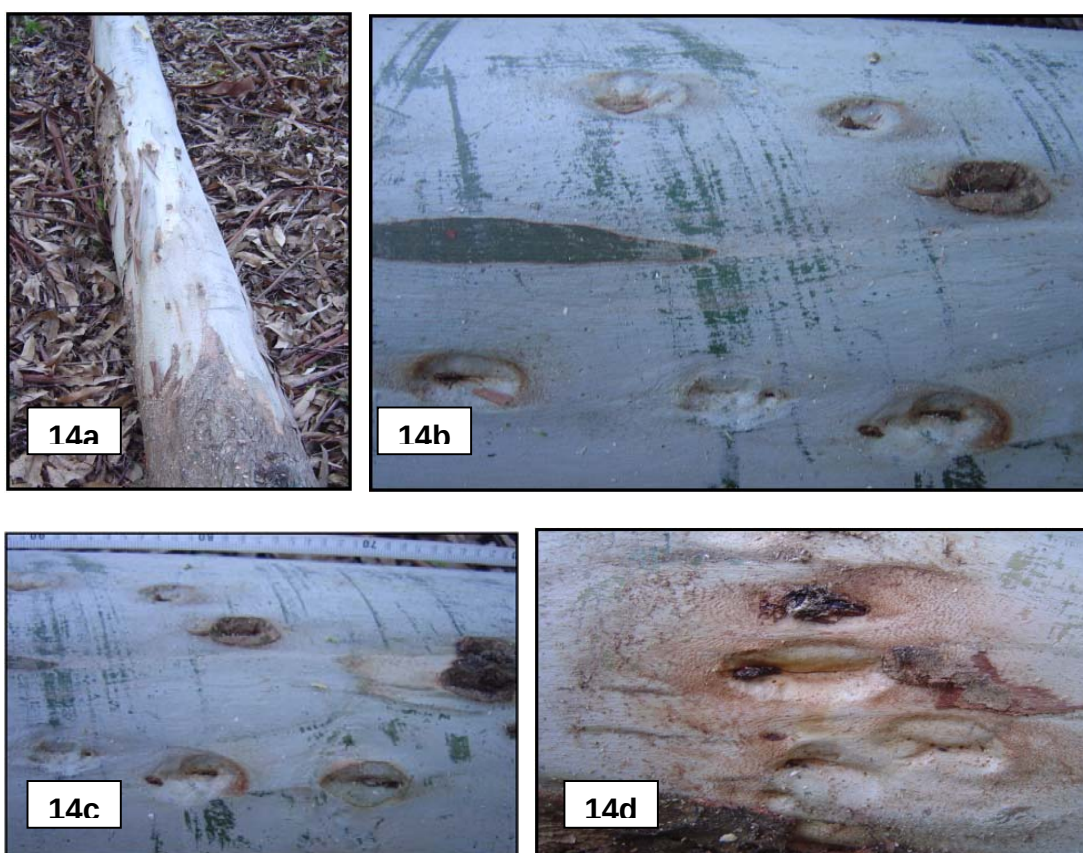


Fig. 14. Plantación de *Eucalyptus grandis* (a) Segundo árbol apeado. (b, c y d) Síntomas en trozas, donde se aprecia el perdigonado en proceso de cicatrización.

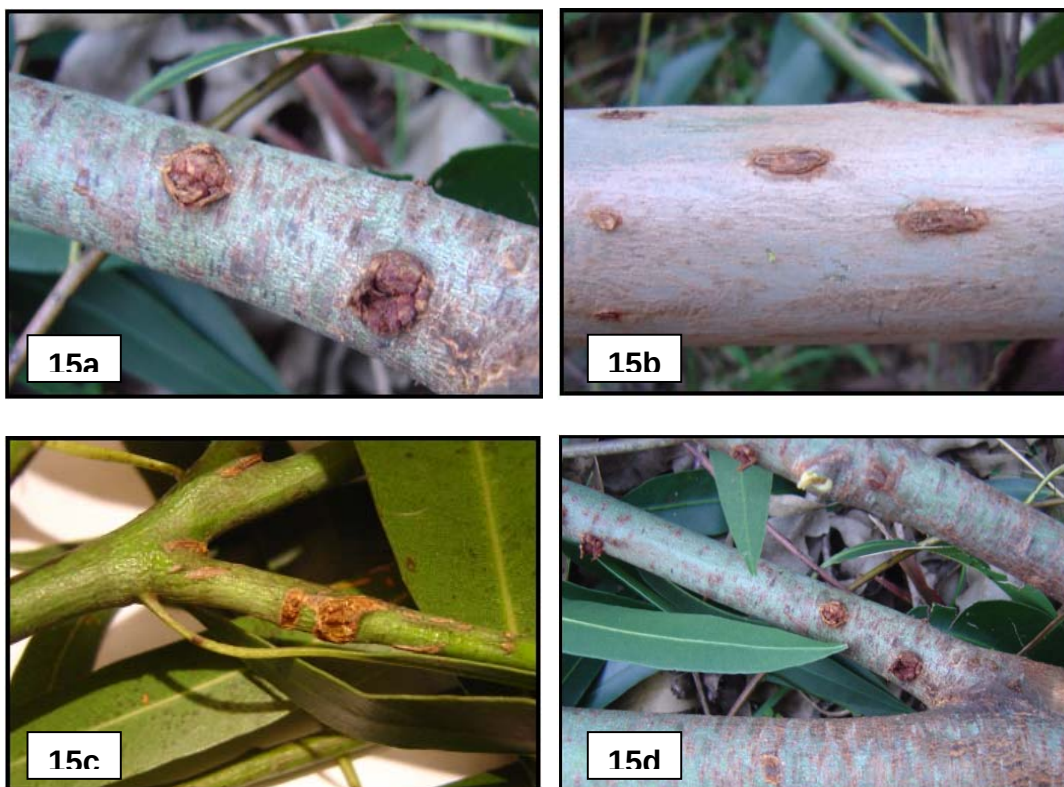


Fig. 15. (a, b, c y d) Infección por *Coniothyrium zuluense* en tejidos jóvenes.

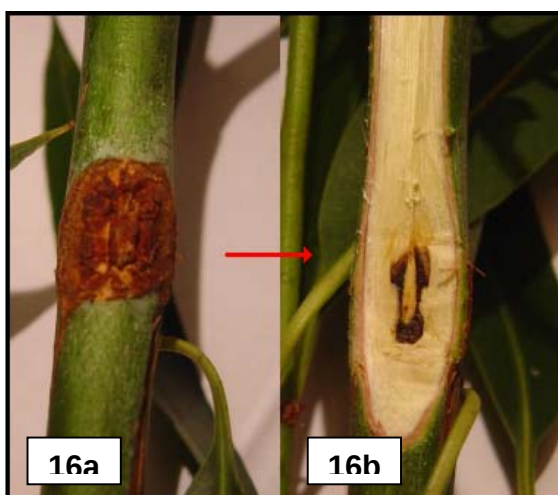


Fig. 16. (a) Cancro en tejido joven. (b) Bolsa de kino asociada al cancro.

4.4 PROCESADO DE TROZAS

De las 14 trozas que entraron al torno, sólo 9 fueron aceptadas por el mismo. Se rechazaron 5 trozas; una por mala forma (GU25, troza 2, asociado a torcedura) y las 4 restantes por diámetros insuficientes (plantación con *Trichoderma*: tratamiento 1 troza 2, tratamiento 5 troza 2 y plantación de *Eucalyptus grandis*: árbol 1 troza 2, árbol 2 troza 2).

Las dimensiones de las láminas que se obtuvieron son de 3 mm de espesor x 2,58 m de largo x 1,40 m de ancho.

Cuadro 7. Número de láminas obtenidas por troza y porcentaje de daño en lámina.

Troza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Total de láminas	5	2	2	5	4	3	1	5	2	29
Láminas c/ <i>Coniothyrium</i>	5	2	2	5	4	3	1	5	2	29
% Lámina afectada	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

De las 9 trozas que pasaron por el torno se obtuvieron 29 láminas. Todas las láminas presentaron daños por *Coniothyrium zuluense*.

Si bien se observa que la totalidad de las láminas se encontraban dañadas por *Coniothyrium zuluense*, esta situación no se debe extrapolar al resto de la población, ya que son láminas obtenidas a partir de árboles seleccionados arbitrariamente por presentar infecciones severas siendo la finalidad caracterizar el daño.

4.4.1 Caracterización del daño en lámina

El síntoma de perdigonado observado a campo se vio reflejado en las láminas. Cada cancro produce en la lámina una lesión ovalada, en torno de la cual se produce un desvío de la orientación de las fibras. Estas lesiones presentan una zona con madera alterada y en el centro un orificio con kino. Este síntoma se repitió en todas las láminas en mayor o menor medida.

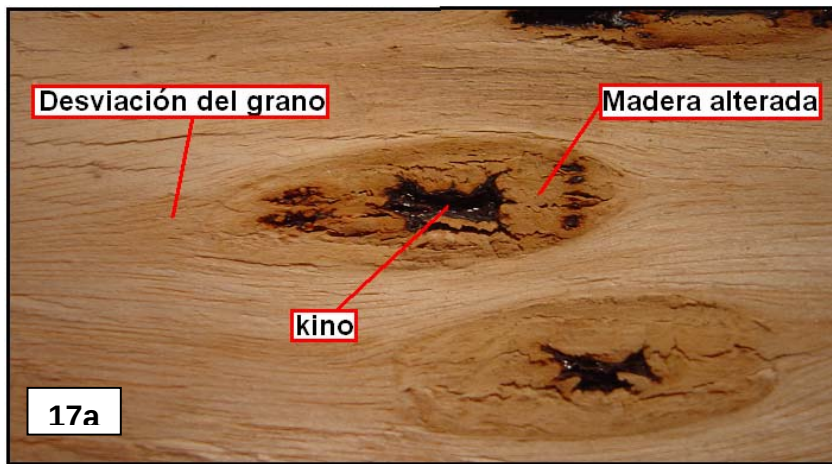


Fig. 17. (a, b) Daño en lámina.

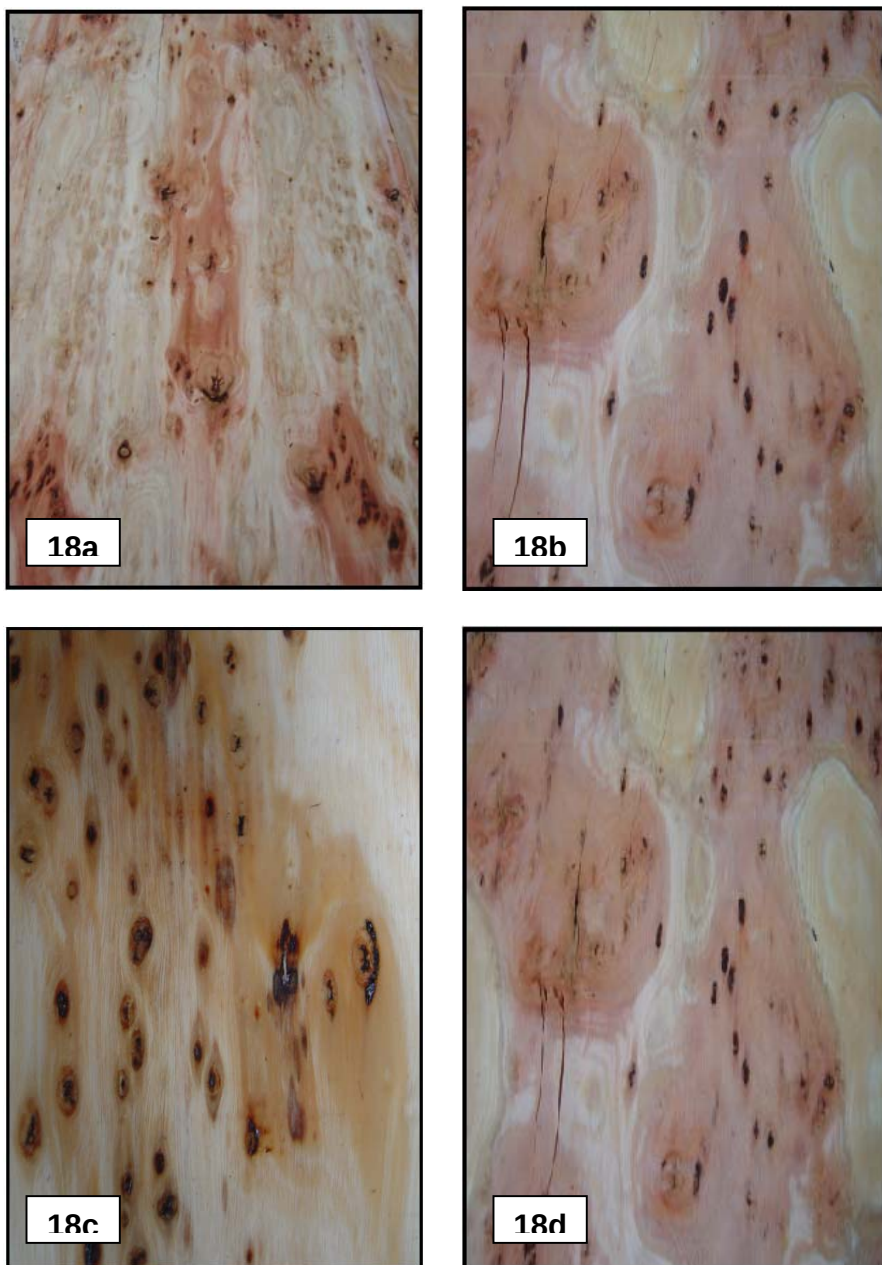


Fig. 18. Daños en lámina. (a) EG1 troza 1 (b y d) árbol 1 troza 1 (c) árbol 2 troza 1.

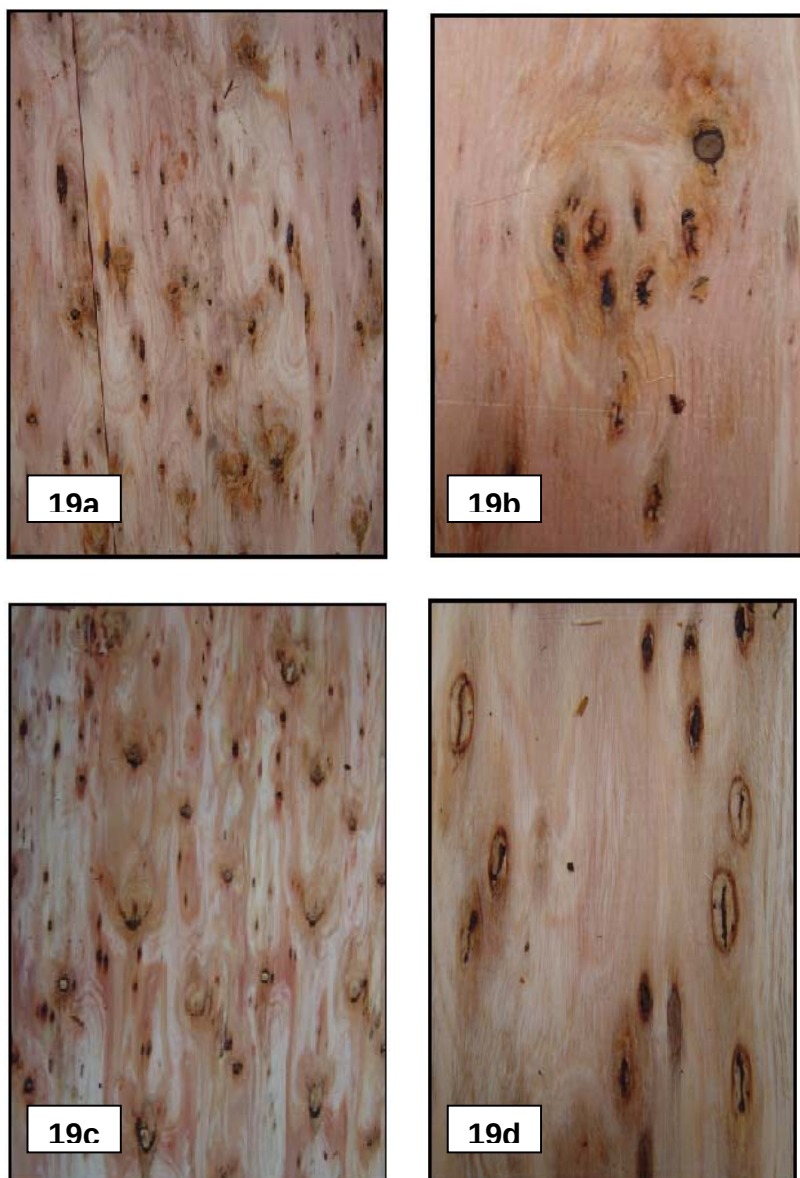


Fig. 19. Daños en lámina. (a y b) GU25 troza 1 (c) EG1 troza 2 (d) árbol 2 troza 1.



Fig. 20. (a y b) Daño por *Coniothyrium zuluense* (perdigonado), en el cilindro residual del proceso de debobinado (el mismo tiene 8,5 cm de diámetro).



Fig. 21. Asociación de la sintomatología en campo con el daño en lámina en un clon *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.



Fig. 22. Asociación de la sintomatología en campo con el daño en lámina en *Eucalyptus grandis*.

No se pudo evaluar si los canchros dobles realmente ocasionan un daño en la madera, debido a que ninguno de los árboles procesados presentó este síntoma.

4.4.2 Impacto económico sobre la industria de los tableros contrachapados

El impacto económico que ocasiona *Coniothyrium zuluense* en la industria de los tableros contrachapados tiene dos aspectos:

- Reduce el rendimiento del proceso industrial
- Afecta la calidad de las láminas obtenidas

El rendimiento del proceso industrial se ve afectado debido a que en el proceso de debobinado hay una etapa de escaneo en donde se descartan defectos, los cuales son mayores en láminas con presencia de *Coniothyrium zuluense*. También se producen pérdidas adicionales por aumento de la proporción de desperdicios; los mismos se ven incrementados debido a que los daños producidos por el hongo llevan a una mayor rotura de lámina durante el proceso.

La valoración del impacto económico que resulta de la menor calidad de láminas obtenidas no resulta sencilla ya que el producto final no es la lámina sino el tablero. Debido a esto, el posible efecto que causa este patógeno se ve disminuido ya que las láminas que están atacadas se colocan en el interior de los mismos.

Hay que agregar que las láminas se clasifican en función del número de nudos y del diámetro de los mismos. Esto significa que una lámina que presenta un alto número de nudos, por más que presente infección o no por *Coniothyrium zuluense* pasa a ser categorizada como una lámina inferior.

A esto se le suma la diversidad de productos que se comercializan; no todos los tableros están constituidos en su totalidad de *eucalyptus*. Hay tableros cuyo interior es de *eucalyptus* y las caras son de pinos y otros en que se alternan láminas de pino y *eucalyptus*.

Dado todos estos factores, las pérdidas económicas en el producto final ocasionadas por *Coniothyrium zuluense* son difíciles de cuantificar.

No se han realizado estudios evaluando si el daño por *Coniothyrium zuluense* afecta las propiedades mecánicas de los tableros. Las bolsas de kino que aparecen asociadas al daño por *Coniothyrium zuluense*, pueden afectar la calidad del encolado. A su vez, la presencia de canchales en lámina podría afectar la resistencia del tablero al hendidamiento, como consecuencia de la introducción de clavos en su interior.

Cuando el objetivo es la obtención de madera de calidad se debe prestar mucha atención a todos los factores que pueden estar favoreciendo a la infección por *C. zuluense*. Es fundamental considerar aspectos tales como: densidad de plantación, severidad de podas, fertilización, etc. Estos factores deben ser combinados de la mejor manera de modo de provocar el menor estrés posible al árbol, ya que *C. zuluense* se comporta como un patógeno oportunista. A su vez es importante tener registros de precipitaciones y temperatura para poder asociar condiciones climáticas con momentos de ocurrencia de la enfermedad.

4.4.3 Estrategias de manejo

El manejo de esta enfermedad se basa en la selección de materiales genéticos resistentes. En caso de plantaciones clonales, se debe mantener un alto grado de diversidad genética.

En plantaciones comerciales, una vez detectada la enfermedad, es conveniente eliminar todo árbol sintomático para evitar el desarrollo y la diseminación de la enfermedad.

No se consideran estrategias de control químico.

Dado que en Sudáfrica hay evidencia que clones que en un principio se presentaban como tolerantes luego se volvieron susceptibles, es necesario realizar un seguimiento periódico de todos los materiales.

Esto indica que la virulencia del patógeno cambia con el transcurso del tiempo, dado por distintos factores como ser condiciones ambientales y presión del patógeno.

5. CONCLUSIONES

1. En el monitoreo sanitario de campo realizado a los 4 años de plantación, ya se observaron marcadas diferencias en la susceptibilidad a la infección por *Coniothyrium zuluense* entre los clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos evaluados.

2. En lo referido al ensayo clonal, con la evaluación efectuada a campo se pudo constatar un mejor estado sanitario de los clones híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis*. Ninguno de estos clones presentó perdigonado. Los síntomas se limitaron a canchales, por lo general ovalados y agrupados de a dos, repitiéndose los mismos a distintas alturas del fuste.

3. Dentro de cada clon evaluado, la infección entre los distintos árboles se presentó a una misma altura. Este patrón de ataque permitiría inferir la importancia de las condiciones ambientales en la infección por *Coniothyrium zuluense*.

4. Los clones que presentaron un mayor crecimiento volumétrico por año (EG1, GU25) son los que presentan una mayor infección por *Coniothyrium zuluense*.

El clon de *Eucalyptus grandis* (EG1) y el clon *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (GU25) se vieron muy afectados, presentando la sintomatología de perdigonado en gran parte del fuste.

5. Se puede concluir que infecciones severas por *Coniothyrium zuluense* se traducen en daños en láminas que pueden limitar su utilización, e implica que las mismas sean clasificadas en una categoría de menor calidad.

La infección por *Coniothyrium* representa una limitante muy seria cuando se busca producir madera "clear" para la obtención de láminas de la misma categoría.

6. RESUMEN

La enfermedad de cancro de tallo causada por *Coniothyrium zuluense*, conocida solamente en *Eucalyptus* spp., fue detectada por primera vez en clones de *Eucalyptus grandis* en la provincia de KwaZulu Natal, Sudáfrica, 1991. La infección inicialmente estaba limitada a un área pequeña pero rápidamente se extendió afectando grandes áreas forestales. En el año 1996, se reportó la incidencia de *Coniothyrium* sobre *Eucalyptus camaldulensis* en Tailandia; y posteriormente fue encontrado en Uruguay, México, Vietnam y Argentina. Hay evidencia circunstancial para sugerir que dicho patógeno fue introducido en América Central y América del Sur a través de semilla proveniente de Sudáfrica. La infección por *Coniothyrium zuluense* ha sido descrita en otros países como limitante para el uso forestal del *Eucalyptus grandis*. En Uruguay, la enfermedad está presente desde hace varios años, aunque recién se identificó en 1999 debido a que se desconocían las técnicas adecuadas para aislarlo. Actualmente hay plantadas 200.000 hás. de *Eucalyptus grandis* y se continua plantando con esta especie. Este estudio fue realizado en dos predios forestales pertenecientes a la empresa COLONVADE S.A., ubicada en el departamento de Rivera, Uruguay. El patógeno parece ser favorecido por condiciones de humedad y temperaturas altas, las cuales se dan más al norte del país. Se trabajó sobre clones comerciales de *Eucalyptus grandis* e híbridos pertenecientes a la empresa Mondi, Sudáfrica. El objetivo de este trabajo es hacer una evaluación sanitaria a la infección por *Coniothyrium zuluense* y una caracterización del daño que este patógeno ocasiona en lámina. En el monitoreo sanitario de campo realizado a los 4 años de plantación, ya se observaron marcadas diferencias en la susceptibilidad a la infección por *Coniothyrium zuluense* entre los clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos.

Palabras clave: Cancro por *Coniothyrium*; Madera infectada por *Coniothyrium*, Clones de *Eucalyptus grandis*.

7. SUMMARY

Coniothyrium zuluense stem canker, only known on *Eucalyptus* spp., was first detected on clones of *Eucalyptus grandis* in the KwaZulu Natal province of South Africa in 1991 and has rapidly spread from a single and relatively limited area, to most parts of that forest area. In 1996, *Coniothyrium* canker was reported on *Eucalyptus camaldulensis* in Thailand; and was found in Uruguay, México, Vietnam and Argentina. There is circumstantial evidence to suggest that the disease in South and Central America was introduced from South Africa, possibly with seed. The infection by *Coniothyrium zuluense* has been described in other countries as a threat to the forest industry of *Eucalyptus grandis*. In Uruguay, the disease has been present for several years; although it was only identified in 1999 due to the suitable techniques were not known to isolate it. At the moment in Uruguay there are already planted 200.000 há.s. of *Eucalyptus grandis* and the area is still growing. This study was carried out in two forest plantations of COLONVADE S.A. company, department of Rivera, Uruguay. Commercial clones of *Eucalyptus grandis* and hybrids belonging to Mondi company, South Africa, were evaluated. The pathogen manifestation appears to increase by hot humid conditions which occur frequently in the northern part of the country. The objective of this work is to make a sanitary evaluation to the infection by *Coniothyrium zuluense* and a characterization of the damage that this pathogen causes in plywood. The study points out that different clones and hybrids of *Eucalyptus grandis* differ remarkably in their susceptibility to the infection by *Coniothyrium* canker.

Keywords: *Coniothyrium* canker; *Coniothyrium* damage; Plywood infection; Clones of *Eucalyptus grandis*.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALFENAS, A.C.; VALVERDE ZAUZA, E.A.; GONCALVES MAFIA, R.; DE ASSIS, T.F, 2004. Clonagem e doenças do eucalipto. s.l., Universidad Federal de Viçosa. 442 p.
2. CIESLA, W.M.; DIEKMAN, M.; PUTTER, C.A.J. 1996. *Eucalyptus* spp. FAO/IPGRI Technical guidelines for the safe movements of germoplasma no. 17. s.p.
3. CORTINAS, M.N.; KOCH, N.; THANE, J.; WINGFIELD, B.D.; WINGFIELD, M.J., 2004. First record of the *Eucalyptus* stem canker pathogen *Coniothyrium zuluense* from Hawaii. Australasian Plant Pathology. 33(2): 309-312.
4. COUTINHO, T.A.; WINGFIELD, M.J.; CROUS, P.W.; VAN ZYL, L.M. 1997. *Coniothyrium* canker; a serious new disease in South Africa. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus* (1997, Salvador, BR). Proceedings. s.n.t. pp. 78-83.
5. CROUS, P.W. 1998. *Mycosphaerella* spp. and their anamorphs associated with leaf spot disease of *Eucalyptus*. Mycology Memoir. 21: 1-17.
6. FERREIRA, F.A. 1997. Microlesões de *Coniothyrium*; nova doença do tronco do eucalipto no Brasil. Fitopatologia Brasileira 22(Supl.): 318-319.
7. GEZAHGNE, A.; CORTINAS, M.N.; WINGFIELD, M.J.; ROUX, J. 2005. Characterization of the *Coniothyrium* stem canker pathogen on *Eucalyptus camaldulensis* in Ethiopia. Australasian Plant Pathology. 34: 1-6.
8. OLD, K.M.; WINGFIELD, M. J.; YUAN, Z.Q. 2003. A manual of diseases of *Eucalypts* in South - East Asia. Jakarta, Indonesia, Center for International Forestry Research. 98 p.

9. TAYLOR, J.E.; CROUS, P.W. 2001. Morphological variation and cultural characteristics of *Coniothyrium leucospermi* associated with leaf spots of Proteaceae. *Mycoscience*. 42: 265-271.
10. VAN ZYL, L.M.; WINGFIELD, M.J.; COUTHINHO, T.A. 1997. Diversity among isolates of *Coniothyrium zuluense*; a newly recorded *Eucalyptus* stem canker pathogen in South Africa. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus* (1997, Salvador, BR). Proceedings. s.n.t. pp. 135-41.
11. _____.; _____.; _____.; WINGFIELD, B.D.; PONGPANICH, K. 1998. Molecular characterization of *Coniothyrium zuluense* isolates from South Africa and Thailand. In: International Congress of Plant Pathology (7th, 1998, Edinburgh, Scotland). Proceedings. s.n.t. s.p.
12. _____. 1999. Factors associated with *Coniothyrium* Canker of *Eucalyptus*, in South Africa. PhD Thesis. Bloemfontein, South Africa. University of the Orange Free State. s.p.
13. _____.; COUTINHO, T.A.; WINGFIELD, M.J. 2002. Morphological, cultural, and pathogenic characteristics of *Coniothyrium zuluense* isolates from different plantation regions in South Africa. *Mycopathologia*. 155(3): 149-153.
14. _____.; WINGFIELD, M.J.; COUTINHO, T.A. s.f. Diversity among isolates of *Coniothyrium zuluense*; a newly recorded *Eucalyptus* stem canker pathogen in South Africa. Bloemfontein, University of the Free State. Department of Microbiology and Biochemistry. Tree Pathology Cooperative Programme. s.p.

15. WINGFIELD, M.J.; CROUS, P.W.; COUTINHO, T.A. 1997. A serious new canker disease of *Eucalyptus* in South Africa caused by new species of *Coniothyrium*. Mycopathologia. 136: 139-145.

9. ANEXOS

9.1 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DASOMÉTRICA

Cuadro 1. Ensayo clonal, bloque 1

Tratamiento	Dap prom. (m)	H total prom. (m)	Vol.individual prom. (m ³)	Vol/há. (m ³)	IMA (m ³ /há/año)
EG1	0,15	16,17	0,11	114,11	31,7
GU30	0,15	15,6	0,11	112,55	31,26
GU27	0,15	14,98	0,11	109,32	30,37
GT23	0,14	17,63	0,11	109,28	30,36
GT24	0,14	16,63	0,11	106,55	29,6
GC16	0,15	15,53	0,11	106,37	29,55
GU28	0,14	15	0,1	102,81	28,56
GC17	0,14	15,15	0,1	99,8	27,72
GC21	0,14	16,5	0,1	99,7	27,7
GU26	0,14	15,55	0,1	97,72	27,14
EGM (test)	0,14	14,32	0,1	95,24	26,46
GC11	0,14	14,65	0,09	94,06	26,13
GC22	0,14	15,95	0,09	93,51	25,98
GC14	0,14	15,08	0,09	93,49	25,97
GC3	0,14	15,38	0,09	92,85	25,79
GC18	0,14	15,5	0,09	90,14	25,04
GC12	0,13	16,4	0,09	89,21	24,78
GC15	0,13	16,72	0,08	84,36	23,43
GC4	0,14	13,98	0,08	83,28	23,13
GU25	0,13	14,67	0,08	82,81	23
GC9	0,13	14,9	0,08	82,46	22,91
GU29	0,13	13,77	0,08	82,36	22,88
GC13	0,14	14,3	0,08	81,93	22,76
GC20	0,13	14,8	0,08	78,52	21,81
GC10	0,13	13,77	0,08	77,67	21,58
GC6	0,13	13,97	0,08	76,34	21,21
GC5	0,13	14,52	0,08	75,88	21,08
GC2	0,12	14,57	0,07	67,62	18,78
GC19	0,13	13	0,07	67,57	18,77
GC7	0,12	12,72	0,07	66,11	18,36
GC8	0,12	14,43	0,06	60,65	16,85

Cuadro 2. Ensayo clonal, bloque 2

Tratamiento	Dap prom.(m)	H total prom.(m)	Vol.individual prom. (m³)	Vol/há. (m3)	IMA (m3/há/año)
EG1	0,15	14,37	0,1	102,98	28,6
GU25	0,14	13,8	0,09	87,41	24,28
GT23	0,13	13,88	0,07	70,9	19,69
GC12	0,13	13,57	0,07	68,9	19,14
GU30	0,13	12,47	0,07	67,05	18,62
GC18	0,13	12,45	0,06	63,43	17,62
GC20	0,12	12,97	0,06	62,42	17,34
GC14	0,12	13,18	0,06	61,46	17,07
GU29	0,13	11,48	0,06	61,19	17
EGM (test)	0,13	11,63	0,06	60,61	16,84
GC15	0,12	12,95	0,06	59,7	16,58
GC13	0,13	11,93	0,06	59,5	16,53
GC17	0,12	12,88	0,06	57,87	16,07
GU26	0,12	12,62	0,06	55,14	15,32
GC3	0,12	12,38	0,05	53,97	14,99
GU28	0,12	11,67	0,05	53,03	14,73
GC22	0,12	12,43	0,05	52,83	14,68
GT24	0,12	11,82	0,05	52,67	14,63
GC11	0,12	11,78	0,05	52,41	14,56
GC5	0,11	12,47	0,05	51,69	14,36
GU27	0,12	11,58	0,05	51,05	14,18
GC16	0,11	12,13	0,05	49,96	13,88
GC21	0,11	11,55	0,05	46	12,78
GC9	0,11	11,47	0,05	45,77	12,71
GC7	0,11	11,02	0,05	45,55	12,65
GC10	0,11	11,12	0,04	43,21	12
GC2	0,11	11,77	0,04	42,62	11,84
GC6	0,11	10,92	0,04	39,94	11,09
GC19	0,11	10,72	0,04	38,71	10,75
GC8	0,1	10,65	0,04	36,27	10,08
GC4	0,09	9,93	0,03	26,95	7,49

Cuadro 3. Ensayo clonal, bloque 3

Tratamiento	Dap prom. (m)	H total prom. (m)	Vol.individual prom. (m³)	Vol/há. (m³)	IMA (m³/há/año)
GC16	0,13	12,42	0,07	67,13	18,65
GU25	0,13	12,4	0,07	66,88	18,58
EG1	0,13	12,13	0,07	66,63	18,51
GC11	0,13	12,3	0,06	63,67	17,69
GC17	0,12	12,18	0,05	53,6	14,89
GC18	0,12	11,62	0,05	53,03	14,73
GT23	0,11	12,35	0,05	50,53	14,04
GC13	0,12	11,77	0,05	50,29	13,97
EGM (test)	0,12	10,42	0,05	50,11	13,92
GU27	0,12	10,25	0,05	49,07	13,63
GC22	0,11	11,83	0,05	48,89	13,58
GC14	0,11	11,93	0,05	48,29	13,41
GC20	0,11	11,78	0,05	47,7	13,25
GC19	0,11	11	0,05	47,27	13,13
GC12	0,11	12,28	0,05	47,22	13,12
GC9	0,11	11	0,04	44,6	12,39
GC15	0,11	11,5	0,04	41,4	11,5
GU26	0,1	11,7	0,04	40,91	11,37
GC2	0,11	11,1	0,04	39,53	10,98
GC8	0,1	10,68	0,04	36,01	10
GC7	0,11	9,63	0,04	35,98	9,99
GU28	0,1	11,07	0,04	35,77	9,94
GC6	0,1	9,78	0,04	35,2	9,78
GC5	0,1	10,43	0,03	33,69	9,36
GU29	0,11	8,83	0,03	30,78	8,55
GU30	0,1	9,28	0,03	26,86	7,46
GC10	0,09	9,4	0,02	24,03	6,67
GC4	0,09	8,62	0,02	21,6	6
GC3	0,09	9,02	0,02	21,3	5,92
GT24	0,08	8,32	0,02	17,64	4,9
GC21	0,08	9,08	0,02	17,48	4,85

Cuadro 4. Incremento medio anual (m³/ha/año), como promedio de los 3 bloques.

Tratamiento	IMA promedio
EG1	26,27
GU25	21,95
GT23	21,36
GC16	20,69
GC17	19,56
GC11	19,46
GU27	19,39
GC18	19,13
GU30	19,11
EGM(test)	19,07
GC12	19,01
GC14	18,82
GC22	18,08
GU26	17,94
GC13	17,75
GU28	17,74
GC20	17,47
GC15	17,17
GT24	16,38
GU29	16,14
GC9	16,00
GC3	15,57
GC21	15,11
GC5	14,93
GC19	14,22
GC6	14,03
GC2	13,87
GC7	13,67
GC10	13,42
GC8	12,31
GC4	12,21

* El cálculo del IMA (m³/ha/año) se realizó a los 3,6 años de edad.

Cuadro 5. Plantación con *Trichoderma harzianum*, rep. 2

Tratamiento	Dap promedio (m)	H total promedio (m)	Volumen individual prom. (m³)	Vol/há (m3)	IMA (m3/há/año)
T1	0,16	15,91	0,14	135,73	37,7
T5	0,16	16,21	0,13	127,46	35,41
T2	0,16	15,55	0,12	124,35	34,54
T3	0,14	15,61	0,11	106,1	29,47
T4	0,14	14,99	0,1	98,35	27,32

Cuadro 6. Plantación con *Trichoderma harzianum*, rep. 3

Tratamiento	Dap promedio (m)	H total promedio (m)	Volumen individual prom. (m³)	Vol/há (m3)	IMA (m3/há/año)
T1	0,15	15,35	0,12	116,18	32,27
T4	0,14	15,28	0,1	104,78	29,1
T2	0,14	15,46	0,1	104,53	29,04
T5	0,14	14,8	0,1	98,38	27,33
T3	0,14	13,98	0,1	95,09	26,41

Cuadro 7. Plantación con *Trichoderma harzianum*, rep. 4

Tratamiento	Dap promedio (m)	H total promedio (m)	Volumen individual prom. (m³)	Vol/há (m3)	IMA (m3/há/año)
T3	0,16	15,84	0,13	130,49	36,25
T5	0,15	15,51	0,12	119,17	33,1
T2	0,15	14,73	0,11	111,96	31,1
T1	0,15	14,96	0,1	104,91	29,14
T4	0,14	14,98	0,1	95,57	26,55

Cuadro 8. Incremento medio anual (m3/ha/año) promedio de las tres repeticiones para cada tratamiento.

Tratamiento	IMA promedio
T1	33,04
T5	31,95
T2	31,56
T3	30,71
T4	27,66

9.2 ANÁLISIS DE VARIANZA ENSAYO CLONAL (31 clones con repetición completa)

Variable: DAP (m)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Dap (m)	558	0,47	0,44	12,96.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor.
Modelo	0,11	32	3,5E-03	14,40	<0,0001
Bloque	0,07	2	0,04	147,59	<0,0001
Tratamiento	0,04	30	1,4E-03	5,52	<0,0001
Error	0,13	525	2,4E-04		
Total	0,24	557			

Test de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,00387

Error: 0,0002 gl: 525

Bloque	Medias	n
1,00	0,14	186 A
2,00	0,12	186 B
3,00	0,11	186 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,02030

Error: 0,0002 gl: 525

Tratamiento	Medias	n
EG1	0,14	18 A
GU25	0,13	18 A B
GU27	0,13	18 A B C
GC16	0,13	18 A B C
EGM (test)	0,13	18 A B C
GC11	0,13	18 A B C D
GC18	0,13	18 A B C D E
GT23	0,13	18 A B C D E
GC17	0,13	18 A B C D E
GC13	0,13	18 A B C D E F
GU30	0,13	18 A B C D E F
GC14	0,12	18 A B C D E F
GC22	0,12	18 B C D E F
GC12	0,12	18 B C D E F
GC20	0,12	18 B C D E F
GU26	0,12	18 B C D E F
GU29	0,12	18 B C D E F
GU28	0,12	18 B C D E F
GC9	0,12	18 B C D E F
GC15	0,12	18 B C D E F
GC19	0,12	18 B C D E F
GC7	0,12	18 B C D E F
GC5	0,11	18 B C D E F
GC3	0,11	18 B C D E F
GT24	0,11	18 B C D E F
GC6	0,11	18 C D E F
GC2	0,11	18 C D E F
GC10	0,11	18 D E F
GC21	0,11	18 D E F
GC8	0,11	18 E F
GC4	0,11	18 F

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

▪ **Variable: H total (m)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
H tot. (m)	558	0,79	0,78	8,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2194,43	32	68,58	61,52	<0,0001
Bloque	1720,22	2	860,11	771,55	<0,0001
Tratamiento	474,21	30	15,81	14,18	<0,0001
Error	585,26	525	1,11		
Total	2779,69	557			

Test de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,26090

Error: 1,1148 gl: 525

Bloque	Medias	n
1,00	15,04	186 A
2,00	12,12	186 B
3,00	10,84	186 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 1,36924

Error: 1,1148 gl: 525

Tratamiento	Medias	n
GT23	14,62	18 A
EG1	14,22	18 A B
GC12	14,08	18 A B
GC15	13,72	18 A B C
GU25	13,62	18 A B C D
GC22	13,41	18 A B C D E
GC17	13,41	18 A B C D E
GC14	13,40	18 A B C D E
GC16	13,36	18 A B C D E
GU26	13,29	18 A B C D E F
GC18	13,19	18 B C D E F
GC20	13,18	18 B C D E F
GC11	12,91	18 B C D E F G
GC13	12,67	18 C D E F G H
GU28	12,58	18 C D E F G H
GC2	12,48	18 C D E F G H I
GC5	12,47	18 C D E F G H I
GC9	12,46	18 C D E F G H I
GU30	12,45	18 C D E F G H I
GC21	12,38	18 C D E F G H I
GU27	12,27	18 D E F G H I
GC3	12,26	18 D E F G H I
GT24	12,26	18 D E F G H I
EGM (test)	12,12	18 E F G H I J
GC8	11,92	18 F G H I J
GC19	11,57	18 G H I J
GC6	11,56	18 G H I J
GC10	11,43	18 H I J
GU29	11,36	18 H I J
GC7	11,12	18 I J
GC4	10,84	18 J

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

▪ **Variable: Volumen individual (m3)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Vol indiv.	558	0,62	0,59	29,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,29	32	0,01	26,28	<0,0001
Bloque	0,22	2	0,11	321,81	<0,0001
Tratamiento	0,07	30	2,2E-03	6,57	<0,0001
Error	0,18	525	3,4E-04		
Total	0,47	557			

Test de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,00457

Error: 0,0003 gl: 525

Bloque Medias n

1,00	0,09	186	A
2,00	0,06	186	B
3,00	0,04	186	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test de Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,02398

Error: 0,0003 gl: 525

Tratamiento	Medias	n	
EG1	0,09	18	A
GU25	0,08	18	A B
GT23	0,08	18	A B C
GC16	0,07	18	A B C D
GC17	0,07	18	B C D E
GC11	0,07	18	B C D E
GU27	0,07	18	B C D E
GC18	0,07	18	B C D E
GU30	0,07	18	B C D E
EGM (test)	0,07	18	B C D E
GC12	0,07	18	B C D E
GC14	0,07	18	B C D E F
GC22	0,07	18	B C D E F
GU26	0,06	18	B C D E F
GC13	0,06	18	B C D E F
GU28	0,06	18	B C D E F
GC20	0,06	18	B C D E F
GC15	0,06	18	B C D E F
GT24	0,06	18	B C D E F
GU29	0,06	18	B C D E F
GC9	0,06	18	B C D E F
GC3	0,06	18	B C D E F
GC21	0,05	18	C D E F
GC5	0,05	18	C D E F
GC19	0,05	18	D E F
GC6	0,05	18	E F
GC2	0,05	18	E F
GC7	0,05	18	E F
GC10	0,05	18	E F
GC8	0,04	18	F
GC4	0,04	18	F

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

9.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SANITARIA

Cuadro 9. Número de trozas sintomáticas, ensayo clonal

Clon/Troza	(0-3m)	(3-6m)	(6-9m)	Total
EG1	11/18*	10/18	3/18	24/54
EGM (test)	13/18	5/18	0/18	18/54
GC22	9/18	8/18	0/18	17/54
GC21	13/18	0/18	0/18	13/54
GC20	16/18	3/18	0/18	19/54
GC19	11/18	6/18	0/18	17/54
GC18	12/18	10/18	0/18	22/54
GC17	3/18	10/18	0/18	13/54
GC16	18/18	5/18	0/18	23/54
GC15	9/18	15/18	0/18	24/54
GC14	14/18	3/18	0/18	17/54
GC13	11/18	11/18	0/18	22/54
GC12	10/18	16/18	0/18	26/54
GC11	17/18	10/18	0/18	27/54
GC10	15/18	0/18	0/18	15/54
GC9	13/18	5/18	0/18	18/54
GC8	17/18	0/18	0/18	17/54
GC7	10/18	7/18	0/18	17/54
GC6	11/18	7/18	0/18	18/54
GC5	12/18	10/18	0/18	22/54
GC4	15/18	0/18	0/18	15/54
GC3	18/18	6/18	0/18	24/54
GC2	18/18	0/18	0/18	18/54
GT24	9/18	3/18	0/18	12/54
GT23	7/18	13/18	0/18	20/54
GU30	6/18	8/18	0/18	14/54
GU29	11/18	0/18	0/18	11/54
GU28	15/18	5/18	0/18	20/54
GU27	14/18	9/18	0/18	23/54
GU26	14/18	7/18	0/18	21/54
GU25	11/18	12/18	2/18	25/54

* 6 árboles centrales/parcela, 3 bloques = 18 trozas

Cuadro 10. Porcentaje del total de trozas evaluadas que presentan síntomas, ensayo clonal

Clon/Troza	(0-3m)	(3-6m)	(6-9m)	Total
GC11	94,44	55,56	0	50
GC12	55,56	88,89	0	48,15
GU25	61,11	66,67	11,11	46,3
EG1	61,11	55,56	16,67	44,44
GC15	50	83,33	0	44,44
GC3	100	33,33	0	44,44
GC16	100	27,78	0	42,59
GU27	77,78	50	0	42,59
GC18	66,67	55,56	0	40,74
GC13	61,11	61,11	0	40,74
GC5	66,67	55,56	0	40,74
GU26	77,78	38,89	0	38,89
GT23	38,89	72,22	0	37,04
GU28	83,33	27,78	0	37,04
GC20	88,89	16,67	0	35,19
EGM(test)	72,22	27,78	0	33,33
GC9	72,22	27,78	0	33,33
GC6	61,11	38,89	0	33,33
GC2	100	0	0	33,33
GC22	50	44,44	0	31,48
GC19	61,11	33,33	0	31,48
GC14	77,78	16,67	0	31,48
GC8	94,44	0	0	31,48
GC7	55,56	38,89	0	31,48
GC10	83,33	0	0	27,78
GC4	83,33	0	0	27,78
GU30	33,33	44,44	0	25,93
GC21	72,22	0	0	24,07
GC17	16,67	55,56	0	24,07
GT24	50	16,67	0	22,22
GU29	61,11	0	0	20,37
Perfil medio	68,64	36,56	0,9	35,36

Cuadro 11. Porcentaje de trozas que presentan el síntoma de perdigonado, ensayo clonal.

Clon/Troza	(0-3m)	(3-6m)	(6-9m)
GU25	61,11	55,5	11,11
EGM (test)	27,8	27,8	0
EG1	16,67	16,67	16,67

Cuadro 12. Número de trozas sintomáticas, plantación con *Trichoderma harzianum*.

Tratamiento/troza	(0-3m)	(3-6m)	(6-9m)	Total
Tratamiento 1	22/24*	9/24	3/24	34/72
Tratamiento 2	22/24	13/24	1/24	36/72
Tratamiento 3	18/24	13/24	1/24	32/72
Tratamiento 4	21/24	9/24	1/24	31/72
Tratamiento 5	18/24	10/24	0/24	28/72

* 8 árboles centrales/parcela, 3 repeticiones = 24 trozas

Cuadro 13. Porcentaje del total de trozas evaluadas que presentan síntomas, plantación con *T. harzianum*.

Tratamiento/Troza	(0-3m)	(3-6m)	(6-9m)	Total
Tratamiento 2	91,67	54,17	4,17	50
Tratamiento 1	91,67	37,5	12,5	47,22
Tratamiento 3	75	54,17	4,17	44,44
Tratamiento 4	87,5	37,5	4,17	43,06
Tratamiento 5	75	41,67	0	38,89
Perfil medio	84,17	45	5	44,72

Cuadro 14. Porcentaje de trozas evaluadas que presentan el síntoma de perdigonado, plantación con *Trichoderma harzianum*.

Tratamiento/Troza	Troza 1	Troza 2	Troza 3	Total
Tratamiento 1	33,33	37,5	12,5	27,78
Tratamiento 2	50	45,8	4,17	33,33
Tratamiento 3	37,5	37,5	0	25
Tratamiento 4	33,33	33,33	4,17	23,6
Tratamiento 5	29,16	29,16	0	19,4
Perfil medio	36,7	36,7	4,17	25,8

9.4 DESCRIPCIÓN CONEAT DE LOS SUELOS DONDE SE UBICAN LAS PLANTACIONES BAJO ESTUDIO

La cartografía CONEAT, 1979, ubica a los suelos estudiados dentro del grupo 7.31, que se localiza en los alrededores de la ciudad de Rivera, sobre las rutas 5, 27 y 30. Los suelos dominantes son Acrisoles Ocrícos Típicos (Praderas Arenosas rojas) muy profundos, de color pardo rojizo, textura arenosa franco, bien drenados y fertilidad extremadamente baja. Asociados, aparecen Acrisoles Ocrícos Albícos muy profundos de color pardo oscuro, textura franco arenosa, bien drenados y fertilidad extremadamente baja. Este grupo integra la unidad Rivera (MAP, 1979), y presenta un índice de producción de carne y lana de 66.