

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**IMPACTO DE LA MANCHA AMARILLA EN EL CRECIMIENTO DE
ESPECIES DE *Eucalyptus* DE IMPORTANCIA NACIONAL**

por

**María Virginia PEÑALVA REYES
María Silvana RIBEIRO RODRÍGUEZ**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2020**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (PhD.) Carlos Pérez

Ing. Agr. (PhD.) Gustavo Balmelli

Ing. Agr. (MSc.) Nazaret Ramírez

Fecha: 27 de noviembre de 2020

Autoras:

María Virginia Peñalva Reyes

María Silvana Ribeiro Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor de tesis Carlos Pérez por guiarnos en este trabajo. A Nazaret Ramírez, Juan Manuel Loitey, y Estefany Suárez por su colaboración en el trabajo de campo. A Sully Toledo y al equipo de Biblioteca de Facultad de Agronomía. A todos aquellos profesores que fueron parte del proceso de formación.

Por último, quisiéramos agradecer especialmente a nuestras familias y amigos por su incondicional apoyo en estos años.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVOS.....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. IMPORTANCIA DE LA FORESTACIÓN PARA URUGUAY.....	2
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO <i>Eucalyptus</i>	2
2.2.1. <u>Características de las especies de interés a nivel nacional</u>	3
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGENTE CAUSAL DE LA MANCHA AMARILLA	4
2.3.1. <u>Caracterización fenotípica</u>	5
2.3.2. <u>Caracterización genotípica</u>	5
2.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MANCHA AMARILLA... ..	6
2.4.1. <u>Agente causal y hospederos</u>	6
2.4.2. <u>Síntomas y signo</u>	6
2.4.3. <u>Daño e impacto</u>	6
2.4.4. <u>Manejo</u>	7
2.4.5. <u>Distribución geográfica de la mancha amarilla en Uruguay</u>	7
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	8
3.1. DETERMINACIONES REALIZADAS	10
3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	11
4. <u>RESULTADOS</u>	13
4.1. IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE CAUSAL	13
4.2. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO EN PAYSANDÚ.....	14
4.2.1. <u>Nivel de enfermedad según especie y genética de <i>Eucalyptus</i> spp.</u>	14
4.2.2. <u>Parámetros de crecimiento según especie y genética</u>	16
4.2.3. <u>Correlación y regresión lineal simple entre el nivel de enfermedad y el crecimiento</u>	19
4.3. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO EN TACUAREMBÓ.....	22
4.3.1. <u>Nivel de enfermedad según especie y genética de <i>Eucalyptus</i> spp.</u>	22
4.3.2. <u>Parámetros de crecimiento según especie y genética</u>	23
4.3.3. <u>Correlación y regresión lineal simple entre el nivel de enfermedad y el crecimiento</u>	27

5. <u>DISCUSIÓN</u>	30
6. <u>CONCLUSIONES</u>	33
7. <u>RESUMEN</u>	34
8. <u>SUMMARY</u>	35
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	36

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Lista de materiales genéticos de <i>Eucalyptus</i> spp. evaluados en cada experimento	9
2. Índice de correlación de Pearson entre la variable IDC a los 12 meses y altura, DAP, defoliación y volumen a los 4 años para todos los árboles en la localidad de Paysandú	20
3. Regresión lineal simple con variable dependiente DAP, altura y volumen a los 4 años y variable regresora IDC a los 12 meses para todos los árboles particionado por especies en la localidad de Paysandú	21
4. Índice de correlación de Pearson entre la variable IDC a los 12 meses y altura, DAP, defoliación y volumen a los 4 años para todos los árboles en la localidad de Tacuarembó	28
5. Regresión lineal simple con variable dependiente DAP, altura y volumen a los 4 años y variable regresora IDC a los 12 meses para todos los árboles particionados por especies en la localidad de Tacuarembó	29
Figura No.	
1. Mapa satelital del Uruguay con la ubicación geográfica de los ensayos	8
2. Mancha amarilla en <i>Eucalyptus</i> causada por <i>T. pseudoeucalypti</i>	13
3. Manchas foliares en <i>Eucalyptus</i> spp.	14
4. Índice de daño de copa medido a los 6, 12 meses y defoliación a los 4 años en la localidad de Paysandú	15

5. Altura medida a los 6, 12 meses y 4 años en la localidad de Paysandú	17
6. DAP con corteza medido a los 4 años en la localidad de Paysandú	18
7. Volumen por hectárea medido a los 4 años en la localidad de Paysandú.....	18
8. IMA y sobrevivencia medido a 4 años en la localidad de Paysandú	19
9. Índice de daño de copa medido a los 6, 12 meses y defoliación a los 4 años en la localidad de Tacuarembó	23
10. Altura medida a los 6, 12 meses y 4 años en la localidad de Tacuarembó	25
11. DAP con corteza medido a los 4 años en la localidad de Tacuarembó	26
12. Volumen por hectárea medido a los 4 años en la localidad de Tacuarembó	26
13. IMA y sobrevivencia medido a 4 años en la localidad de Tacuarembó	27

1. INTRODUCCIÓN

Uruguay presenta condiciones climáticas muy favorables para el buen crecimiento y desarrollo de varias especies de *Eucalyptus*, permitiendo que expresen altas tasas de productividad. No obstante, el incremento del área forestada, el movimiento de germoplasma y la limitada diversidad de especies plantadas, han favorecido la llegada y establecimiento de nuevos patógenos y plagas a Uruguay, lo que representa un riesgo para el sector forestal. Tal es el caso de la mancha foliar por nubilosa, causada por la especie fúngica *Teratosphaeria nubilosa*, detectada en Uruguay por primera vez en el 2007, enfermedad que retrasa y reduce el crecimiento del árbol de manera considerable, y en casos de ataques muy severos y en asociación con heladas, favorece la mortalidad, comprometiendo la productividad de las plantaciones de *Eucalyptus globulus*. Por esta razón se ha provocado el desplazamiento casi total de dicha especie, y está siendo reemplazada por especies de mayor resistencia (Simeto et al., 2014c).

A su vez, en el 2011, *Teratosphaeria pseudoecalypti* fue detectada por primera vez en Uruguay, causando mancha amarilla principalmente en eucaliptos colorados, afectando plantaciones de diversas edades. Este patógeno es capaz de causar defoliación tanto en follaje juvenil como adulto, pudiendo conducir a la muerte del árbol. Esta enfermedad representa hoy, una amenaza para el sector agro-forestal, dado que afecta a gran parte de las especies de eucaliptos plantadas en Uruguay, ya sea como abrigo y sombra o con fines comerciales (Simeto et al., 2014a).

Actualmente se cuenta con escasa información del impacto de esta enfermedad en el crecimiento de las distintas especies del género *Eucalyptus*. Por lo que, en el presente estudio, se buscó generar información sobre cómo afecta *Teratosphaeria pseudoecalypti* el crecimiento de distintas especies de interés comercial de eucalipto.

1.1. OBJETIVOS

- Determinar el comportamiento sanitario y productivo de distintas especies de eucalipto frente a la mancha amarilla.
- Estimar el impacto de la mancha amarilla sobre el crecimiento de distintas especies de eucalipto en los primeros 4 años de edad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTANCIA DE LA FORESTACIÓN PARA URUGUAY

El desarrollo forestal de Uruguay tuvo un giro importante luego de la promulgación de la Ley 15.939 en el año 1987, en la cual, se declaró de interés nacional conservar los bosques nativos, ampliar el área forestada en zonas marginales para la agricultura y ganadería, y promover el desarrollo de las industrias forestales y la economía forestal (MGAP, 2012). Gracias a su exitosa ejecución, actualmente, el sector forestal se muestra consolidado. Las plantaciones ocupan el 6% de la superficie del territorio nacional equivalente a 1.000.190 ha (MGAP, 2018), el sector forestal representa el 3.6 % del PBI nacional (SPF, 2020) y el 17 % del total de las exportaciones de bienes, posicionándose junto al sector cárnico como uno de los principales sectores agroexportadores (Uruguay XXI, 2019). El objetivo de producción predominante es la madera para pulpa de celulosa, seguido de madera para aserrío y en menor proporción madera para combustible. Uruguay exporta a varios países en todo el mundo siendo China el principal destino (MGAP, 2020).

El modelo forestal productivo se ha caracterizado por la presencia dominante del género *Eucalyptus* (80 % de la superficie forestada), principalmente por las especies *E. dunnii*, *E. globulus*, *E. maidenii*, y *E. grandis*, dichas especies presentan alta productividad y calidad de madera para la producción de celulosa y papel. A su vez, Uruguay cuenta con 81956 ha de bosques de abrigo y sombra, en la cual predominan las especies de *E. camaldulensis* y *E. tereticornis* (MGAP, 2018). Además, las propiedades maderables de estas especies (alta densidad y dureza) han permitido diversificar su uso, siendo muy aptas para productos sólidos como pisos, muebles, tableros, columnas, postes, piques y carpintería rural, como también para fines energéticos como leña y carbón. Las ventajas del uso de estas especies se basan en su gran rusticidad, ya que se adaptan a todo tipo de suelos y tienen buena tolerancia a sequía y heladas. Estas plantaciones se encuentran distribuidas en todo el país (Balmelli y Resquín, 2006a).

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO *Eucalyptus*

El género *Eucalyptus* pertenece a la familia *Myrtaceae*, cuenta con aproximadamente 600 taxones. La mayoría de las especies son endémicas en el continente australiano y en las islas cercanas. Algunas de ellas se ubican naturalmente en la zona de Papúa Nueva Guinea y en islas de la parte oriental del archipiélago indonesio (Jacobs, 1981). La distribución de las distintas especies está relacionada directamente a las condiciones climáticas y tipos de suelo, presentando las distintas especies distinto grado de adaptabilidad según su distribución natural en el centro de origen (Brussa, 1994).

2.2.1. Características de las especies de interés a nivel nacional

Eucalyptus grandis: se distribuye naturalmente en la costa Este de Australia extendiéndose de Norte a Sur. Con una variación climática desde templado al Sur hasta tropical al Norte. Esta especie está adaptada a temperaturas máximas promedio de 24-30 °C y mínimas de 3-8°C (Boland et al., 2006). El régimen de precipitaciones es de 1000 a 3500 mm anuales (Jacobs 1981, Hall et al., Boland et al., citados por Brussa 1994). Requiere suelos profundos, con buena capacidad de retención de agua, bien drenados y de texturas limosas (Kelly et al., Boland et al., citados por Brussa, 1994). Esta especie presenta rápido crecimiento, con madera de dureza media, fácil de trabajar, de buen color y buen comportamiento, además de buenas propiedades en cuanto a resistencia y elasticidad.

Eucalyptus dunnii: se distribuye naturalmente en una pequeña área en la región centro Este de Australia, 28-30° 15' S, con altitudes que varían entre 300 y 750 m sobre el nivel del mar. Se desarrolla en clima templado, siendo las temperaturas máximas de 27-30°C y mínimas de 0-3°C, con heladas escasas y un régimen de precipitaciones estivales que varía entre 1000 a 1750 mm (Boland et al., citados por Brussa, 1994). Se desarrolla sobre suelos de alta fertilidad, buena aireación y buena capacidad de retención de agua, es sensible al mal drenaje (Kelly et al., Boland et al., citados por Brussa, 1994). La resistencia al frío es mayor que la de *E. grandis* y *E. saligna* (Golfari, citado por Brussa, 1994).

Eucalyptus camaldulensis: esta especie presenta una amplia distribución en Australia (12° 30' a 38° S) con altitud que varía entre 0 y 700 m sobre el nivel del mar. Se adapta a climas desde templados a cálidos siendo las temperaturas máximas promedio de 27-40°C y las mínimas de 3-15°C, escasas heladas y un régimen de precipitaciones entre 150 y 600 mm (Jacobs 1981, Hall et al., Boland et al., citados por Brussa 1994). En Uruguay esta especie es cultivada desde el 1860. Los mejores crecimientos son en suelos aluviales. Debido a su buena adaptabilidad a las variaciones de las condiciones edáficas, buena resistencia a sequías y heladas, esta especie ha sido masivamente utilizada en el país (Brussa, 1994).

Eucalyptus tereticornis: especie natural de Papúa- Nueva Guinea y de regiones Norte, central Este y Sur de Australia (6°-38°S). Con una altitud desde 0 a 1000 metros sobre el nivel del mar en Australia y desde 0 a 1800 m sobre el nivel del mar en Papúa - Nueva Guinea. Se desarrolla en climas variables desde tropical a frío presentando una temperatura máxima promedio de 24-34° C y una mínima promedio de 1-19°C, escasas heladas y un clima húmedo a subhúmedo con un régimen de precipitaciones de 650- 3000 mm anuales (Jacobs 1981, Boland et al., Poynton, citados por Brussa 1994). Especie que se desarrolla sobre suelos aluviales, fértiles, húmedos, con buen drenaje y de textura franco arenoso (Hall et al., citados por Brussa, 1994). Presenta alta resistencia a déficit hídricos anuales (Golfari, citado por Brussa, 1994). Esta especie se introdujo junto a *E.*

camaldulensis y *E. globulus* spp. *globulus* por Tomás Tomkinson en 1853 siendo de las especies más cultivadas hasta mediados del siglo XX (Brussa, 1994).

Eucalyptus maidenii: esta especie se distribuye naturalmente en la región centro-Este y Sur-Este de Australia (34°45'-37°30'al S), en áreas costeras (Brussa, 1994). Se desarrollan con temperaturas máximas de 23-25° C y mínimas de 0-4° C, entre los 220 y 650 m de altitud, con moderadas heladas al año (Boland et al., 2006). El régimen de precipitaciones es uniforme entre los 800-1200 mm anuales (Jacobs 1981, Boland et al., citados por Brussa 1994). Es una especie sumamente plástica (Poynton, citado por Brussa, 1994), se desarrolla sobre suelos de textura pesada y húmedos (Kelly et al., citados por Brussa, 1994). Presenta una mayor resistencia al frío frente a *E. globulus* spp. *globulus*.

Eucalyptus globulus: especie natural de la región Sur de Australia y la isla de Tasmania (37°-43°30'S), se encuentra en las costas y el continente hasta 450 m sobre el nivel del mar. Se desarrolla en clima templado-frío con un promedio de temperaturas máxima de 20- 23°C y una mínima de 0-8°C con escasas heladas, en clima subhúmedo o húmedo con precipitaciones de 600 - 1400 mm anuales (Hall et al., Boland et al., citados por Brussa, 1994). Presenta buena adaptabilidad a los distintos suelos, se desarrolla sobre suelos con buen drenaje, desde arenas costeras a pedregosos de serranías (Brussa, 1994) y de textura limo-arcillosa (Kelly et al., citados por Brussa, 1994). Esta especie brinda excelente calidad y rendimiento de madera para la producción de pulpa de celulosa y papel, acompañado de su alta tasa de crecimiento impulsaron fuertemente la plantación en Uruguay. Actualmente se redujo considerablemente la superficie plantada con esta especie por problemas sanitarios graves (Simeto et al., 2014c).

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGENTE CAUSAL DE LA MANCHA AMARILLA

Se han identificado más de 150 especies de *Mycosphaerellaceae* y *Teratosphaeriaceae* causando enfermedades en *Eucalyptus* en el mundo, ocasionando manchas foliares (Burgess y Wingfield 2002, Crous et al. 2007, Andjic et al. 2010a, Hunter et al. 2011). Entre las especies que se han encontrado en Uruguay afectando plantaciones se encuentran *Pallidocercospora heimii* (= *M. heimii*), *M. lateralis*, *Paramycosphaerella marksii* (= *M. marksii*), *Phaeophleospora scytalidii* (= *M. scytalidii*), *Amycosphaerella africana* (= *M. aurantia*), *Pseudocercospora norchiensis*, *T. gauchensis*, *T. molleriana*, *T. nubilosa*, *Pseudoteratosphaeria ohnowa* (= *T. ohnowa*), *T. parava*, *T. suttonii*, *T. pluritubularis*, *T. pseudoeucalypti* (Pérez et al. 2009, Simeto et al. 2020).

Teratosphaeria pseudoeucalypti, es un hongo perteneciente al phylum Ascomycete de la familia *Teratosphaeriaceae*, identificado por primera vez en el 2010 como agente causal de una severa enfermedad foliar provocando necrosis foliar y defoliación en *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* en Australia (Andjic et al., 2010a).

Originalmente confundida con *Teratosphaeria eucalypti*, importante patógeno que causa enfermedad foliar de similares características en Australia (Simeto et al., 2014b).

El primer reporte para Uruguay fue realizado por Soria et al. (2014). Se reportó primero en *E. maidenii*, *E. globulus* y *E. dunnii* y luego en otras especies tales como *E. botryoides*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. grandis x E. camaldulensis*, *E. macarturii* y *E. tereticornis* (Simeto et al., 2014a).

El mismo año se reportó en Brasil en *E. globulus*, *E. urophylla x E. globulus* y en *E. nitens x E. globulus* (De Souza et al., 2014) y en Argentina afectando plantaciones de *E. camaldulensis x E. grandis* (Ramos y Pérez, 2015).

2.3.1. Caracterización fenotípica

El patógeno produce esporas de origen asexual, llamados conidios que se encuentran dentro de cuerpos fructíferos llamados picnidios. Los conidios suelen presentarse de manera solitaria, de color hialino y forma curvada (Andjic et al. 2010b, Soria et al. 2014, Ramírez 2017) de entre 31.5 a 37.5 μm de largo y 2 a 3 μm de ancho de paredes gruesas y de 0 a 3 tabiques (Andjic et al., 2010b). Las colonias desarrolladas en el laboratorio luego de estar cultivadas un mes a 20°C en la oscuridad presentan un tamaño de 9 a 29 mm, con márgenes irregulares a veces lobulados, la superficie superior blanca con picnidios negros y margen de color rosa (Andjic et al., 2010b). La fase sexual de este patógeno no ha sido observada aún.

2.3.2. Caracterización genotípica

La especie fue caracterizada genéticamente mediante un estudio de polimorfismo de nucleótidos simples basado en cuatro regiones genómicas. Este estudio fue realizado en Australia, en el año 2010, y permitió identificar cinco haplotipos: KE8, KE9, KE10, KE11 y KE12 presentes en el Norte, centro y Sur de Queensland, Australia (Andjic et al., 2010b).

Ramírez (2017) realizó en Uruguay el primer estudio poblacional del patógeno a partir de una colección de cepas recolectadas en todo el país. Dicho análisis resultó en una población homogénea del patógeno, representada por un único haplotipo que corresponde a KE8. Además, Ramírez (2017) sugirió mediante análisis del genoma del patógeno, que este patógeno es heterotálico, y que sólo el alelo MAT1-1 está presente en Uruguay, por lo cual para que ocurra reproducción sexual sería necesaria la introducción de un haplotipo que contenga el alelo MAT1-2, para que pueda haber recombinación sexual del patógeno.

Esta información es importante como estrategia de prevención y control de la enfermedad ya que el comportamiento de dicho patógeno en la sanidad de los árboles depende de la resistencia genética y no de la variabilidad en la agresividad de la población

del patógeno. En este sentido, es de suma importancia enfatizar en las regulaciones cuarentenarias para evitar el ingreso de un nuevo genotipo que podría tener diferente agresividad y/o permitir su reproducción sexual (Ramírez, 2017).

2.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MANCHA AMARILLA

2.4.1. Agente causal y hospederos

El agente causal de la mancha amarilla es *Teratosphaeria pseudoeucaalypti* y se lo ha encontrado en una amplia gama de hospederos incluyendo *E. globulus*, *E. maidenii*, *E. dunnii*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. grandis x E. camaldulensis*, *E. botryoides*, *E. macarthurii*, *E. tereticornis*, *E. tereticornis x E. camaldulensis* y *E. grandis x E. globulus* (Simeto et al., 2014b).

2.4.2. Síntomas y signo

Produce manchas necróticas en follaje tanto adulto como juvenil en ambas caras de las hojas, lesiones de forma irregular, de color amarillo pálido en sus inicios hasta color castaño con un margen rojizo cuando son maduras. Las manchas pueden presentar un halo amarillento, muchas veces fusionarse formando manchas de mayor tamaño. El signo de dicha enfermedad son fructificaciones negras que se presentan en forma temprana en el desarrollo de la mancha y corresponden a picnidios, que en su interior poseen conidios, pudiendo estos emerger en forma de cirros (Andjic et al. 2010a, Simeto et al. 2014b, Soria et al. 2014).

2.4.3. Daño e impacto

En *E. globulus*, *E. maidenii*, *E. dunnii*, *E. grandis* y *E. grandis x E. camaldulensis* se ha observado causando manchas foliares. Mientras que en otras especies como *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* y sus híbridos se ha registrado un mayor avance del patógeno. Éste tiene la habilidad de producir manchado y defoliación tanto en follaje adulto como juvenil reduciendo el área fotosintéticamente activa del árbol (Simeto et al., 2014b). Luego de la defoliación, el árbol rebrota y la infección vuelve a ocurrir, repitiendo el ciclo de la enfermedad. Las sucesivas infecciones agotan eventualmente las reservas de los árboles pudiendo así llevar a la muerte del individuo. Se ha observado la muerte de ejemplares de avanzada edad en montes de cortinas en distintos puntos del país (Simeto et al. 2014b, Arbuét et al. 2016). Es probable que este fenómeno se deba a la acción conjunta de esta enfermedad y otros problemas sanitarios como la chinche del eucalipto (*Thaumastocoris peregrinus*), el psílido del escudo (*Glycaspis brimblecombei*) y la avispa agalladora (*Leptocybe invasa*, Simeto et al., 2014a).

2.4.4. Manejo

Una vez que el patógeno se ha establecido a nivel nacional, es muy difícil su erradicación, por esta razón, existen medidas preventivas como la adecuación de la especie al sitio, el buen manejo silvicultural y la utilización de material resistente, siendo esta última, la más eficaz para la reducción del impacto de la enfermedad (Balmelli, 2017b).

La variación entre distintas especies de *Eucalyptus*, diferentes orígenes y familias permite la selección de materiales con mejores comportamientos (Simeto et al., 2009). Balmelli et al. (2014c), Arbuét et al. (2016) reportaron que *E. camaldulensis* es más susceptible a la enfermedad que *E. tereticornis*, y que dentro de esta última especie existe variabilidad en la resistencia. INIA tiene un programa de mejoramiento genético de la especie en el cual además de seleccionar por velocidad de crecimiento selecciona por resistencia a la mancha amarilla, esto permitió que en el 2016 se lanzará al mercado la primera cosecha de semillas mejoradas. La cosecha se hace anualmente y hay disponibilidad de semilla para los productores en el mercado nacional (Balmelli, 2017a).

2.4.5. Distribución geográfica de la mancha amarilla en Uruguay

La enfermedad se encuentra presente en todo el país, distinguiéndose zonas con distintos niveles de daño. Las plantaciones con menores daños se registraron en los departamentos de la zona Sur-Oeste. Se ha observado una rápida dispersión del patógeno a nivel nacional desde su detección (Arbuét et al., 2016).

La distribución de la mancha amarilla en todo el país y su potencial de daño representa una amenaza para las plantaciones de *Eucalyptus* spp. ya que esta enfermedad puede afectar diversas especies de alta demanda en el sector agroforestal durante todo el ciclo de rotación. Dado que es un patógeno de reciente introducción en la región, se desconoce el impacto de la mancha en el crecimiento de las especies de *Eucalyptus* plantadas en el país, por lo cual, el objetivo de esta investigación fue generar información sobre dicho comportamiento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado en dos experimentos de campo instalados en el marco del proyecto FSA 12961, financiado por ANII, en el programa Innovagro, ejecutado por Facultad de Agronomía junto al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, Tacuarembó), denominado “Desarrollo de herramientas tecnológicas tendientes a minimizar el impacto de *Teratosphaeria pseudoecalypti* en el sector agroforestal de Uruguay”. Uno de estos ensayos estuvo ubicado en Paysandú (32°24'38''- 57° 25'42'') y otro en Tacuarembó (32°12'32.78''55°52'39.03'', Figura 1).



Figura 1. Mapa satelital del Uruguay con la ubicación geográfica de los ensayos

Se evaluó el comportamiento sanitario de distintos materiales de las seis principales especies de *Eucalyptus* en Uruguay: *E. camaldulensis*, *E. dunnii*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. maidenii* y *E. tereticornis*. En cada experimento se incluyeron 2 o 3 genotipos distintos de cada especie, con el objetivo de conocer la variabilidad inter e intraespecie. Cada especie contó con materiales de diferente procedencia, totalizando 15 germoplasmas, entre ellos once de origen seminal y cuatro de origen clonal (Cuadro 1). Los distintos genotipos fueron codificados para respetar la confidencialidad de la genética utilizada.

Cuadro 1. Lista de materiales genéticos de *Eucalyptus* spp. evaluados en cada experimento

Especie	Código del germoplasma	Forma de propagación	Paysandú	Tacuarembó
<i>E. camaldulensis</i>	C1	semilla	X	X
	C2	semilla	X	
<i>E. dunnii</i>	D1	clon	X	X
	D2	semilla	X	X
	D3	clon	X	X
<i>E. globulus</i>	GL1	semilla	X	X
	GL2	semilla	X	X
<i>E. grandis</i>	GR1	clon	X	X
	GR3	clon	X	X
	GR4	semilla	X	X
<i>E. maidenii</i>	M1	semilla	X	X
	M2	semilla	X	X
<i>E. tereticornis</i>	T1	semilla	X	X
	T2	semilla	X	X
	T3	semilla		X

X= indica los materiales incluidos en cada experimento

Ambos ensayos tuvieron un diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 repeticiones. La unidad experimental fue de 8 árboles distribuidos en dos surcos de cuatro árboles cada uno. El marco de plantación usado fue de 2 x 4 m. La plantación fue fertilizada con 100 g de 18-46-0 (N-P-K) por planta. Los ensayos se plantaron en octubre del 2015, y se realizaron 3 evaluaciones, a los 6 y 12 meses y luego a los 4 años post-plantación.

3.1. DETERMINACIONES REALIZADAS

En las evaluaciones a los 6 y 12 meses se determinó altura, % de incidencia y severidad de mancha amarilla, y % de defoliación de copa. Con estas últimas tres variables se estimó el Índice de daño de copa (IDC) utilizando la fórmula propuesta por Balmelli (2014b), $IDC = \text{defoliación} + ((1 - \text{defoliación}/100) \times (\text{incidencia de necrosis} \times \text{severidad de necrosis}) / 100)$. En la evaluación a los 4 años se determinó altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y % de defoliación. Además de registrarse en todas las mediciones los individuos muertos, o caídos. Las evaluaciones a los 6 y 12 meses fueron realizadas en el marco de una tesis de maestría (Ramírez, 2017), y dicha base de datos fue incluida en este estudio.

La altura fue determinada con el uso de pértiga (JAMESON, 9 m de largo), y cuando la altura superó los 9m se utilizó el clinómetro de SUUNTO PM5/360PC (Finlandia). Este instrumento utiliza el principio trigonométrico basado en triángulos rectángulos. El operador se ubicó a 15 metros de distancia desde el árbol y tomó la lectura en la parte superior (punta de la copa) y en la parte inferior (base del árbol). Para la medición del diámetro a la altura del pecho se utilizó la cinta diamétrica y se midió a 130 cm desde el nivel del suelo (Sorrentino, 2010).

La incidencia se estimó como el % promedio de hojas afectadas por árbol y la severidad como % promedio del área foliar afectada. La defoliación fue estimada calculando el porcentaje de la copa que presentaba faltante de hojas. Todas estas estimaciones se realizaron por estimación visual. Cada variable fue estimada por la misma persona en ambos sitios, para evitar una mayor variación al momento de la medición.

Para confirmar la identidad del agente causal de los síntomas observados, se colectaron muestras de hojas con los distintos síntomas visibles. Las muestras colectadas se colocaron en bolsas de plástico nuevas, limpias y etiquetadas con el nombre de la especie, el genotipo y la localidad, las muestras fueron llevadas en conservadora al laboratorio de Fitopatología de la Estación Experimental Mario Cassinoni, para ser procesadas.

Una vez en el laboratorio, las muestras fueron incubadas en cámara húmeda. Previo a la incubación se procedió a desinfectar superficialmente la hoja con alcohol al 70% durante 30 segundos, luego, para eliminar el exceso de alcohol las mismas fueron

enjuagadas en agua estéril, secadas con papel secante y colocadas en cajas plásticas, sobre papel de filtro que debajo del mismo contenía algodón humedecido con agua destilada para asegurar la humedad. Las cajas plásticas cerradas fueron incubadas a temperatura ambiente, aproximadamente 20° C, con alternancia de 12 horas de luz cercana a UV y 12 horas de oscuridad. Luego de una semana de incubación, se procedió a analizar las estructuras reproductivas que se habían generado sobre los síntomas.

Para identificar al organismo asociado al síntoma, se procedió a observar bajo lupa estereoscópica, estructuras reproductivas que permitieran reconocer al organismo, y con una aguja estéril se colectaron dichas estructuras, para ser ubicadas sobre un portaobjeto con una gota de agua, cubierto por cubreobjeto y observado bajo el microscopio. Allí se observaron en detalle las esporas, y mediante la identificación de las estructuras que conformaban el cuerpo fructífero, coloración, tamaño, y forma de las esporas, además del número de septos de las mismas, se pudo corroborar la identidad del organismo causal y verificar que se trataba de la mancha amarilla en estudio.

3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con los datos de crecimiento (altura y DAP), se realizó el cálculo de volumen para árboles en pie usando la fórmula $\text{volumen} = \pi^2/4 \times \text{DAP}^2 \times H \times Ff$, donde DAP es diámetro a la altura del pecho considerando la corteza, H es altura total del árbol, y Ff es factor de forma (Sorrentino 2010, Gutiérrez et al. 2013). Se utilizó un factor de forma de 0,4 para todas las especies (Balmelli y Resquín, 2006b). A su vez con valores de volumen por árbol obtenidos y teniendo en cuenta la densidad de plantación y la sobrevivencia de cada germoplasma evaluado se calculó el volumen por hectárea. Este valor permitió calcular el incremento medio anual usando la fórmula $\text{IMA} = \text{volumen} / \text{edad de la plantación}$ (Sorrentino, 2010).

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA), tomando como fuente de variación: bloque, especie y genotipo utilizando el programa Infostat (versión 2019e), con previa verificación del cumplimiento de los supuestos de normalidad, independencia y homogeneidad de varianza para cada variable. En las instancias en las que no se cumplía con la normalidad, las variables fueron transformadas para cumplir con dicha condición, luego fueron retrotrasformadas.

Cuando se encontró efecto significativo del tratamiento ($p < 0,10$) se realizó separación de medias mediante el Test de Tukey con un nivel de significancia de $p=0,05$.

A su vez, con el programa mencionado anteriormente se realizó un análisis de correlación utilizando el coeficiente de correlación de Pearson entre el IDC a los 12 meses y altura, diámetro, defoliación y volumen a los 4 años, considerando que el daño en crecimiento producido por la enfermedad se refleja en las evaluaciones de crecimiento

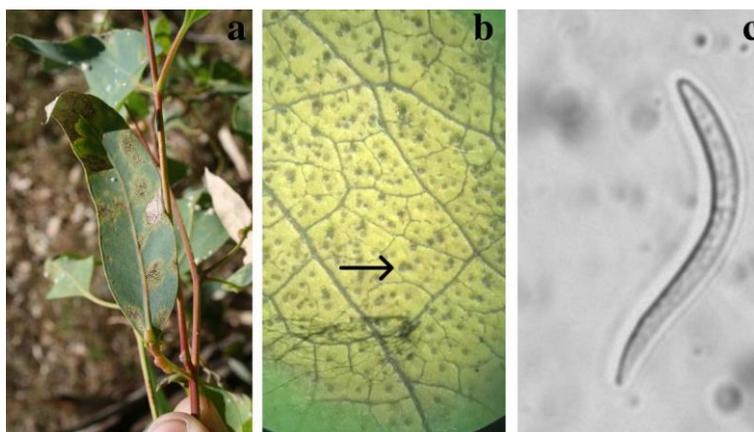
posteriores. En este análisis, se determinó la significancia y coeficiente de determinación (r^2) entre las distintas variables de interés. Posterior a esto, se realizó el análisis de regresión lineal simple para establecer la relación causa-efecto entre las variables de interés.

4. RESULTADOS

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL AGENTE CAUSAL

En ambas localidades se observaron hojas con manchas de color amarillo pálido con halo más oscuro que en ocasiones se fusionan formando una mancha más grande (Figura 2a). Bajo lupa, sobre estas lesiones se observaron puntuaciones negras correspondientes a cuerpos fructíferos similares a picnidios (Figura 2b), en algunas ocasiones se observaron conidios emergiendo en forma de cirros. Al microscopio se identificaron conidios solitarios, transparentes, curvados sin tabiques o con hasta 3 tabiques (Figura 2c). Estos síntomas, y las estructuras observadas en los mismos, confirman la ocurrencia de mancha amarilla causada por *Teratosphaeria pseudoecalypti*.

También, se observaron manchas foliares de color marrón en hojas viejas (Figura 3a) con fructificaciones en el haz de la hoja (Figura 3b). Estas fructificaciones presentaban ascas con ascosporas, lo que sugiere que correspondían a *Mycosphaerella* spp. o a *Teratosphaeria* spp. (Figura 3c). A su vez, se observaron en menor proporción pequeñas manchas irregulares de coloración púrpura rojiza distribuidas en toda la hoja, principalmente próximas a la nervadura central, con fructificaciones en ambas caras de la hoja, al microscopio se observaron conidios alargados, levemente curvados y de color oliváceo con 2 o más septos, lo que sugiere que se trataba de mancha por epicoccoides causada por *Teratosphaeria suttonii*.

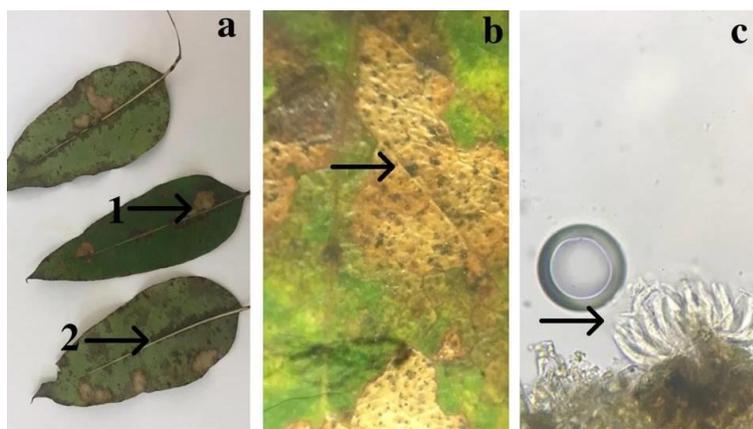


a: síntoma de la mancha amarilla.

b: picnidios de *T. pseudoecalypti* observado en lupa estereoscópica.

c: esporas asexuales (conidios) de *T. pseudoecalypti* observadas en microscopio con aumento 100x.

Figura 2. Mancha amarilla en *Eucalyptus* causada por *T. pseudoecalypti*



- a1: síntoma de mancha foliar en *E. grandis* causada por *Mycosphaerella* spp.
 a2: síntoma de mancha foliar causada por *T. suttonii*.
 b: cuerpo fructífero (pseudotecio) observado en lupa estereoscópica.
 c: estructuras reproductivas sexuales (ascas) de *Mycosphaerella* spp. observadas en microscopio con aumento 100x.

Figura 3. Manchas foliares en *Eucalyptus* spp.

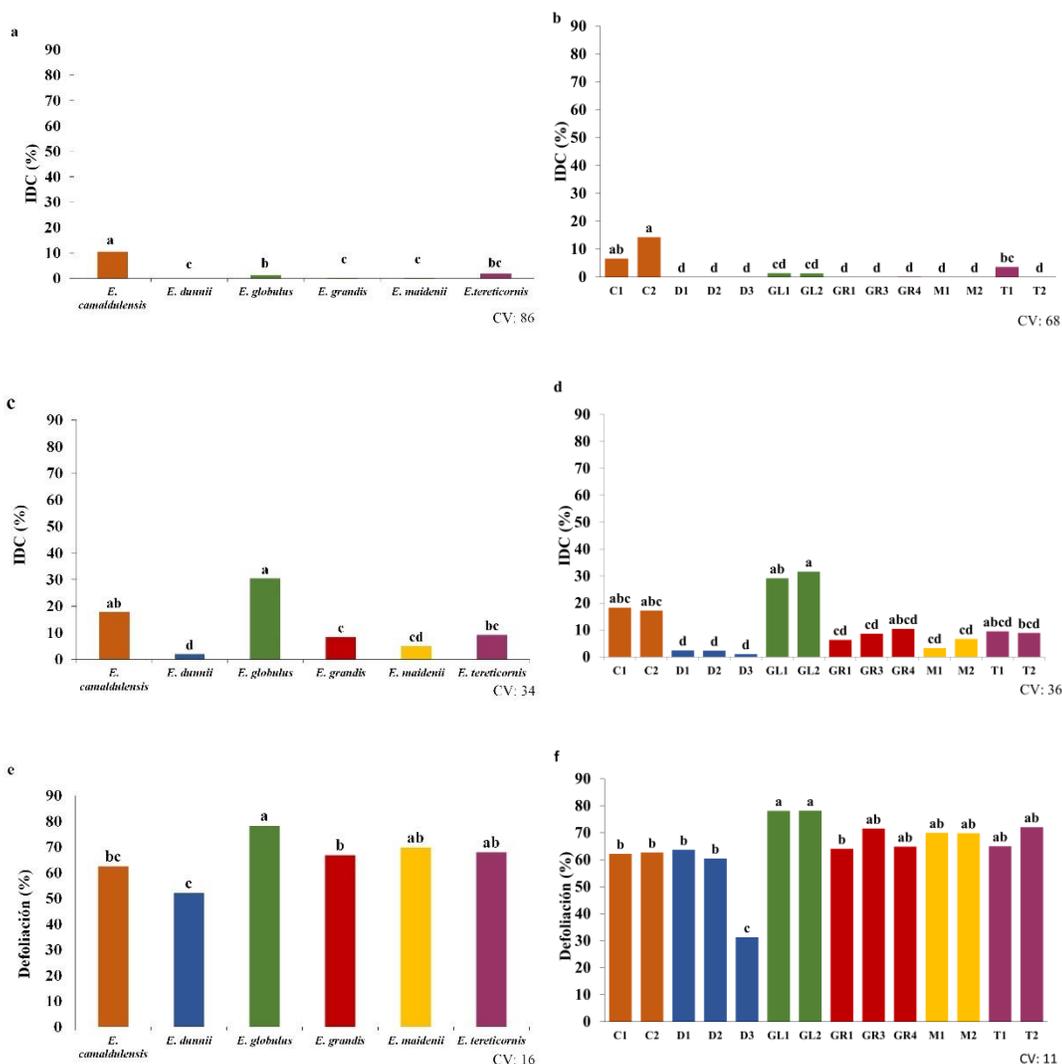
4.2. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO EN PAYSANDÚ

4.2.1. Nivel de enfermedad según especie y genética de *Eucalyptus* spp.

A los 6 meses post-plantación se observaron diferencias significativas en el IDC entre las distintas especies (Figura 4a). *Eucalyptus camaldulensis* fue la especie con mayor IDC, con niveles de daño significativamente mayores que el resto de las especies. *Eucalyptus dunnii*, *E. grandis* y *E. maidenii* fueron las especies menos afectadas a esta edad, mientras que *E. tereticornis* y *E. globulus* tuvieron un comportamiento intermedio (Figura 4a). Al comparar entre germoplasma dentro de cada especie, sólo *E. tereticornis* presentó diferencias significativas entre las dos procedencias de semilla evaluadas (Figura 4b).

A los 12 meses, todas las especies evaluadas tuvieron daño de copa causado por la mancha amarilla (Figura 4c), aunque los niveles de daño fueron significativamente distintos entre especies. *Eucalyptus globulus* fue la especie que presentó los mayores niveles de daño, aunque no difirió significativamente de *E. camaldulensis*. Las especies *E. tereticornis*, *E. grandis* y *E. maidenii*, tuvieron un comportamiento intermedio, mientras que *E. dunnii* fue la especie con menor daño por mancha amarilla (Figura 4c). En esta etapa no se observaron diferencias en el comportamiento frente a la mancha amarilla entre germoplasmas dentro de cada especie (Figura 4d).

Respecto a la defoliación a los 4 años, *E. globulus*, *E. maidenii* y *E. tereticornis* fueron las especies con mayor defoliación, mientras que *E. dunnii* y *E. camaldulensis* presentaron los menores niveles. Sin embargo, *E. maidenii*, *E. tereticornis*, y *E. camaldulensis* no presentaron diferencias significativas con *E. grandis* (Figura 4e). Al analizar el efecto de la genética dentro de cada especie, sólo se observó efecto significativo en *E. dunnii* en el cual el genotipo D3 presentó una defoliación significativamente menor que D2 y D1 (Figura 4f).



Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 4. Índice de daño de copa medido a los 6 y 12 meses y defoliación a los 4 años en la localidad de Paysandú

4.2.2. Parámetros de crecimiento según especie y genética

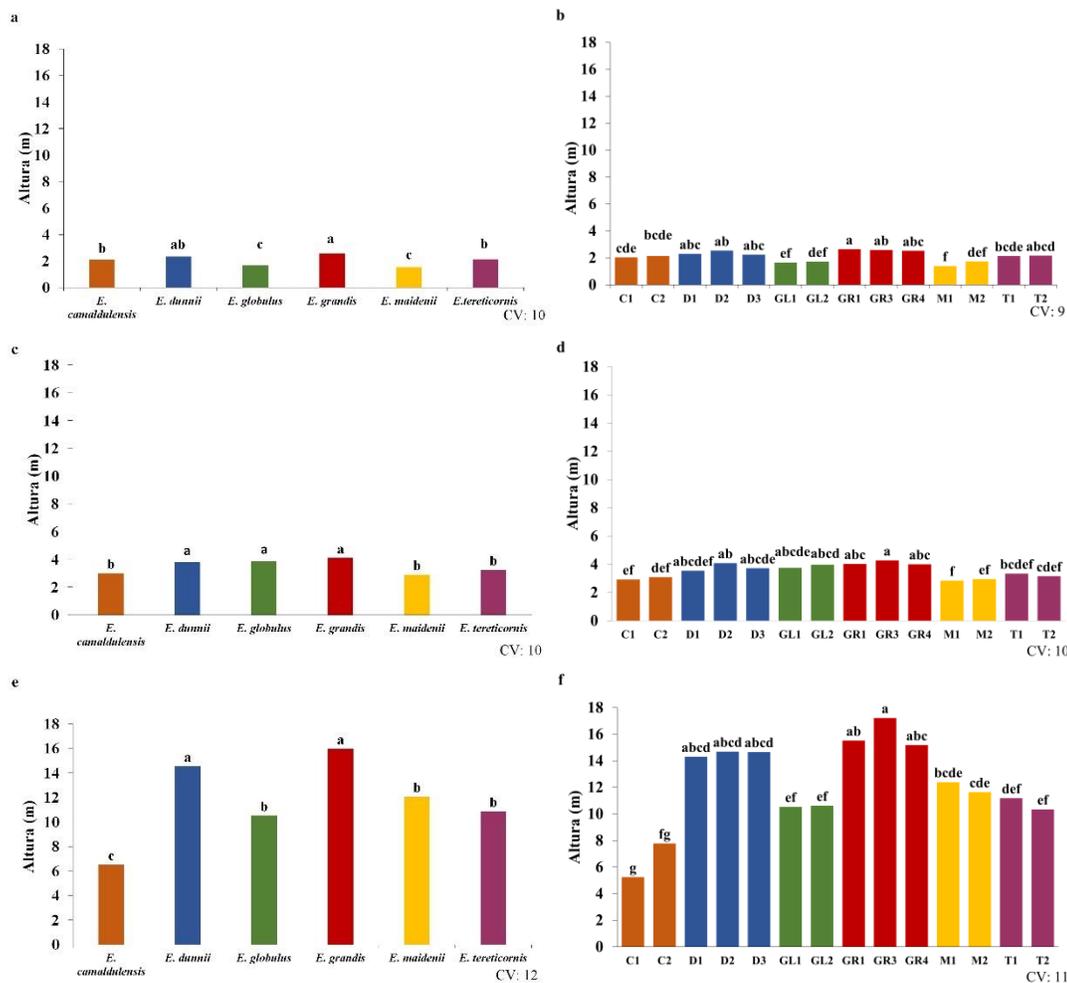
A los 6 meses se observaron diferencias significativas en altura entre las distintas especies (Figura 5a). *Eucalyptus grandis* y *E. dunnii* fueron las especies con mayor crecimiento. Sin embargo, *E. dunnii* no difirió significativamente de *E. tereticornis* y *E. camaldulensis*. A esta edad, *E. globulus* y *E. maidenii* fueron las especies que presentaron menor altura sin diferir una de otra (Figura 5a). En esta etapa los materiales evaluados en cada especie no presentaron diferencias significativas (Figura 5b).

A los 12 meses, *E. grandis*, y *E. dunnii* continuaron siendo las especies de mayor crecimiento en altura (Figura 5c), aunque en este caso *E. globulus* presentó una altura similar a las dos anteriores, presentando un aumento en la tasa de crecimiento en altura que compensa las diferencias observadas en los primeros 6 meses. Estas tres especies no difirieron entre ellas y sí difirieron de *E. tereticornis*, *E. camaldulensis* y *E. maidenii*, especies éstas que tuvieron significativamente menor altura (Figura 5c). A esta edad tampoco se observaron diferencias entre las distintas genéticas evaluadas dentro de cada especie (Figura 5d).

A los 4 años, *E. grandis* y *E. dunnii* continuaron siendo las especies de mayor crecimiento en altura (Figura 5e), mientras que *E. camaldulensis* fue la de menor altura de todas las especies evaluadas. Las demás especies presentaron comportamiento intermedio. En este caso tampoco se observaron diferencias entre las distintas genéticas evaluadas dentro de una misma especie (Figura 5f).

En cuanto al DAP, las especies con mayor diámetro fueron *E. grandis* y *E. dunnii* y estas difirieron significativamente de *E. maidenii*, *E. globulus* y *E. tereticornis*, las cuales presentaron un comportamiento intermedio. *Eucalyptus camaldulensis* fue la especie que presentó menor DAP, difiriendo significativamente del resto (Figura 6a). No se observaron diferencias entre las distintas genéticas evaluadas dentro de cada especie (Figura 6b).

Eucalyptus grandis fue la especie con mayor volumen por hectárea e IMA, diferenciándose significativamente de las demás especies (Figura 7a y 8a). Seguido por *E. dunnii* y *E. maidenii*. En cambio, las especies con menor volumen e IMA fueron *E. globulus*, *E. tereticornis* y *E. camaldulensis* (Figura 7^a y 8a). No hubo efecto significativo de las distintas genéticas evaluadas dentro de cada especie (Figura 7b y 8b).

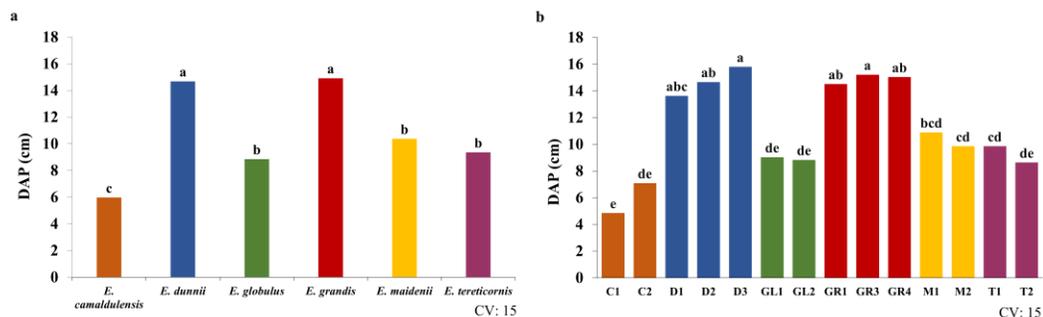


Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 5. Altura medida a los 6, 12 meses y 4 años en la localidad de Paysandú

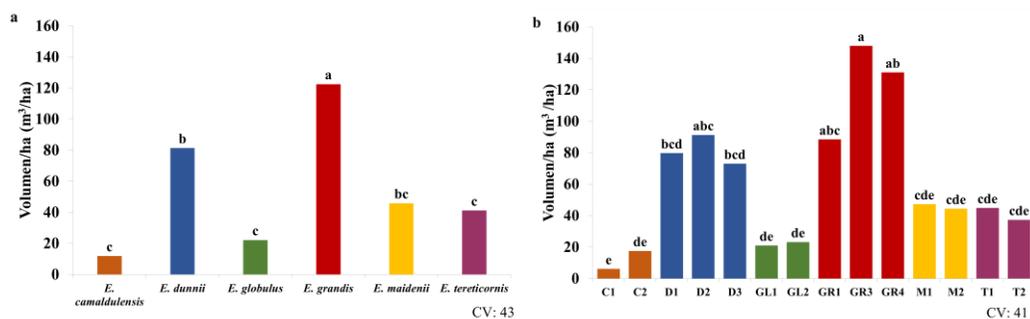


Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 6. DAP con corteza medido a los 4 años en la localidad de Paysandú

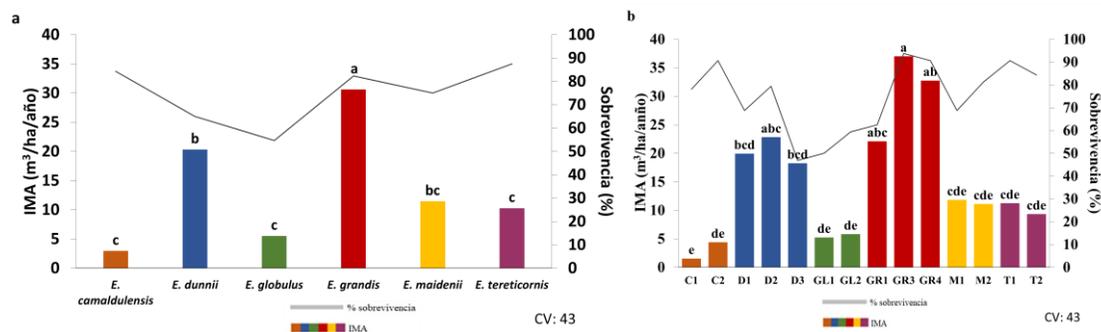


Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 7. Volumen por hectárea medido a los 4 años en la localidad de Paysandú



Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 8. IMA y sobrevivencia medido a 4 años en la localidad de Paysandú

4.2.3. Correlación y regresión lineal simple entre el nivel de enfermedad y el crecimiento

El daño de copa ocasionado por la mancha amarilla a los 12 meses post-plantación estuvo correlacionado de manera negativa con la altura, el DAP y el volumen a los 4 años. Sin embargo, tuvo una correlación positiva con la defoliación.

Cuadro 2. Índice de correlación de Pearson (coeficiente\probabilidad) entre la variable IDC a los 12 meses y altura, DAP, defoliación y volumen a los 4 años para todos los árboles en la localidad de Paysandú

	IDC	Probabilidad
IDC	1	
Altura	-0.30	<0.0001
DAP	-0.30	<0.0001
Defoliación	0.27	<0.0001
Volumen	-0.29	<0.0001

La regresión lineal particionada por especies (Cuadro 3), indica que la única especie que presentó relación causa-efecto significativo entre el daño de copa y altura; daño de copa y diámetro fue *E. globulus* (valores en negrita), cuando aumentó el daño de copa ocasionado por la mancha amarilla, el DAP y la altura también aumentaron.

Cuadro 3. Regresión lineal simple con variable dependiente DAP, altura y volumen a los 4 años y variable regresora IDC a los 12 meses para todos los árboles particionado por especie en la localidad de Paysandú

Especie	Coeficientes de regresión lineal simple ($y=a+bx$) y estadísticos asociados		
	DAP (m)	Altura (m)	Volumen
<i>E. camaldulensis</i>	a: 0.06 b: 0.00013 p-valor: 0.69	a: 6.46 b: 0.01 p-valor: 0.75	a: 0.01 b: <0.0001 p-valor: 0.95
<i>E. dunnii</i>	a: 0.14 b: -0.00022 p-valor: 0.83	a: 14.79 b: -0.05 p-valor: 0.37	a: 0.10 b: -0.0008 p-valor: 0.57
<i>E. globulus</i>	a: 0.06 b:0.00093 p-valor: 0.03	a: 8.18 b: 0.08 p-valor: 0.03	a: 0.01 b: 0.0006 p-valor: 0.08
<i>E. grandis</i>	a: 0.15 b:0.0002 p-valor: 0.53	a: 16.20 b: -0.01 p-valor: 0.55	a: 0.12 b: 0.0002 p-valor: 0.69
<i>E. maidenii</i>	a:0.10 b: 0.00021 p-valor: 0.84	a: 12.14 b: -0.02 p-valor: 0.78	a:0.05 b: <0.0001 p-valor: 0.95
<i>E. tereticornis</i>	a: 0.10 b: -0.0008 p-valor: 0.08	a: 11.20 b: -0.04 p-valor: 0.41	a: 0.04 b: -0.0006 p-valor: 0.15

p-valor < 0.05 indica relación entre variables significativa

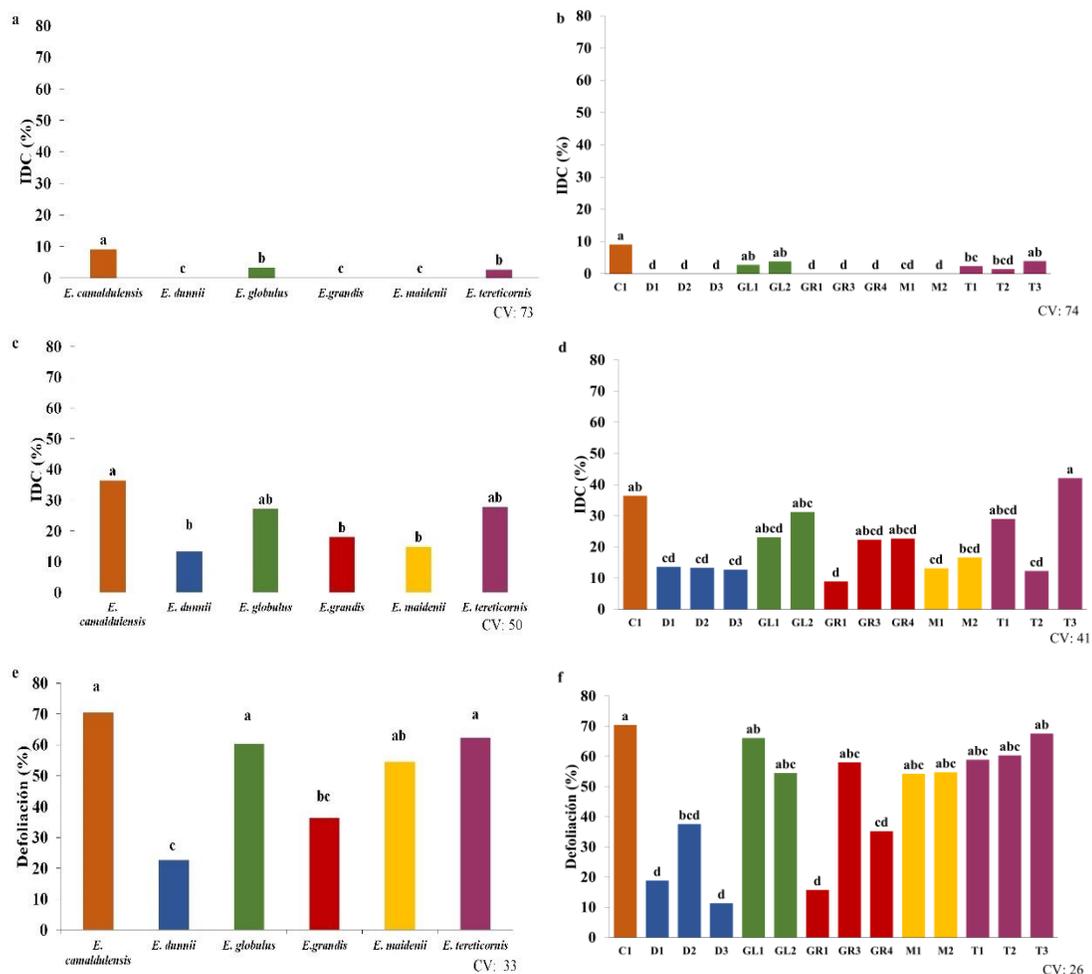
4.3. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO DE TACUAREMBÓ

4.3.1. Nivel de enfermedad según especie y genética de *Eucalyptus* spp.

A los 6 meses post-plantación se observaron diferencias significativas en el IDC entre las distintas especies, la especie que presentó mayor daño fue *E. camaldulensis* seguido por *E. globulus* y *E. tereticornis* (Figura 9a). Las demás especies evaluadas no presentaron enfermedad (Figura 9a). En el análisis de los distintos materiales evaluados dentro de cada especie no hubo diferencias significativas (Figura 9b).

A los 12 meses, todas las especies presentaron síntomas de mancha amarilla con niveles cuantificables, aunque con niveles de daño significativamente distintos (Figura 9c). Las especies más afectadas fueron *E. camaldulensis*, *E. globulus* y *E. tereticornis*, sin embargo, estas dos últimas no difirieron significativamente de las especies con menor daño *E. dunnii*, *E. grandis* y *E. maidenii* (Figura 9c). Cuando se comparó el material evaluado dentro de cada especie, el genotipo T3 de la especie *E. tereticornis*, presentó un IDC significativamente mayor que el germoplasma T2 (Figura 9d).

A los 4 años, las especies que presentaron mayor defoliación fueron *E. camaldulensis*, *E. globulus*, *E. tereticornis* y *E. maidenii* las cuales no difirieron significativamente entre ellas (Figura 9e). A su vez, *E. maidenii* y *E. grandis* no presentaron diferencias significativas entre sí. Finalmente, *E. grandis* y *E. dunnii* fueron las especies con menor nivel de defoliación, aunque sin diferencias significativas (Figura 9e). En cuanto al comportamiento de los materiales evaluados dentro de cada especie, únicamente *E. grandis* presentó diferencias significativas entre genotipos, donde GR3 tuvo mayor defoliación que GR1 (Figura 9f).



Promedio por especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 9. Índice de daño de copa medido a los 6, 12 meses y defoliación a 4 años en la localidad de Tacuarembó

4.3.2. Parámetros de crecimiento según especie y genética

A los 6 meses post-plantación, las especies evaluadas presentaron diferencias significativas, siendo las de mayor altura *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* y *E. dunnii* (Figura 10a), mientras que *E. maidenii* presentó significativamente menor altura que el resto. En cuanto a *E. globulus*, este presentó comportamiento intermedio, sin diferenciarse significativamente de *E. tereticornis*, *E. dunnii* y *E. camaldulensis* (Figura

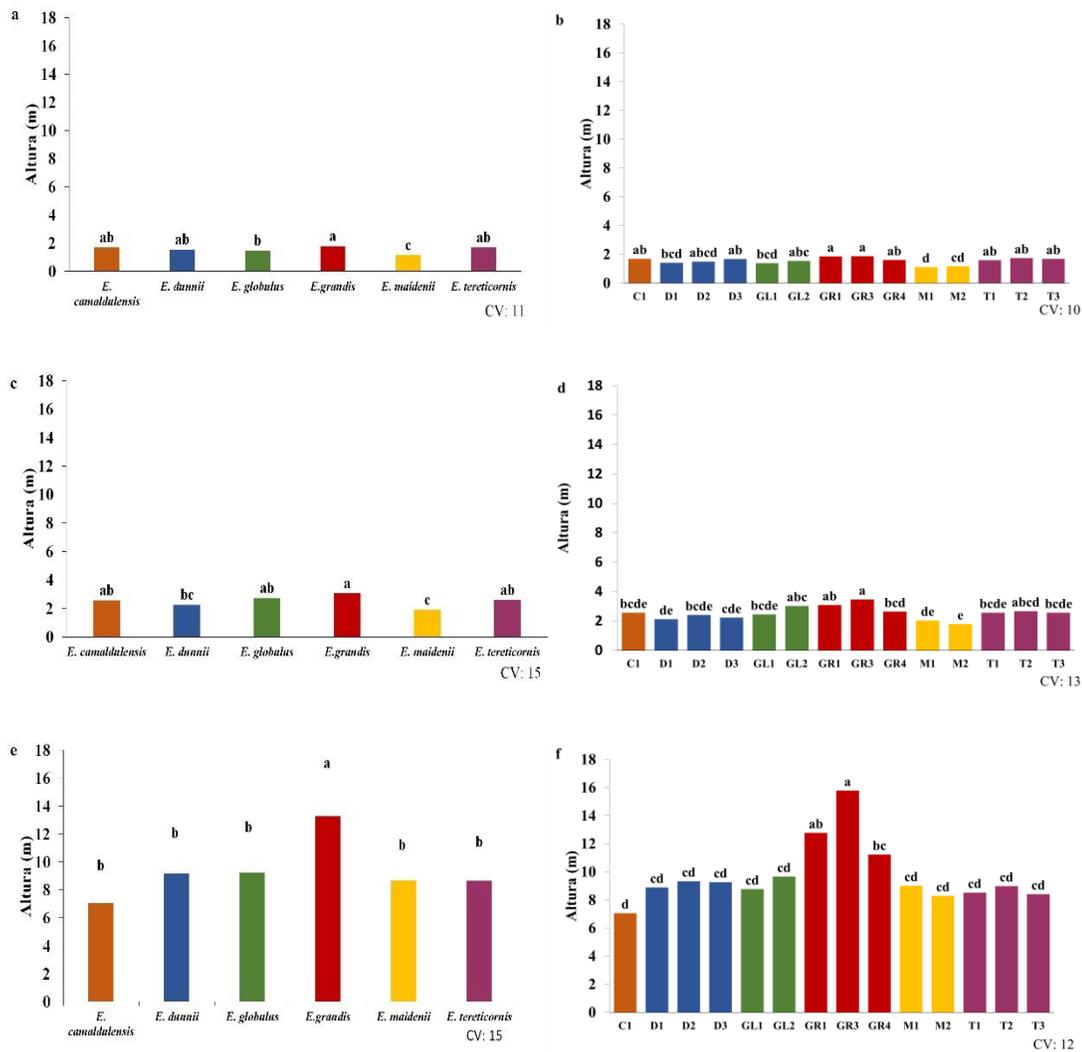
10a). En esta etapa no se observaron diferencias significativas entre los distintos genotipos evaluados dentro de cada especie (Figura 10b).

A los 12 meses las especies con mayor altura fueron *E. grandis*, *E. globulus*, *E. tereticornis* y *E. camaldulensis* (Figura 10c), estas se comportaron significativamente igual, mientras que *E. maidenii* continuó siendo la especie con menor altura. No obstante, *E. dunnii* no difirió significativamente de ninguna de las demás especies evaluadas excepto de *E. grandis* (Figura 10c). En esta etapa *E. grandis* presentó diferencias entre materiales evaluados dentro de una misma especie, el germoplasma GR3 fue significativamente más alto que GR4 (Figura 10d).

A los 4 años *E. grandis* presentó significativamente mayor altura que el resto de las especies, no habiendo diferencias significativas entre el resto (Figura 10e). En esta etapa se mantuvo la superioridad en altura del germoplasma GR3 respecto al GR4 (Figura 10f).

A su vez, respecto al diámetro, *E. grandis* presentó mayor diámetro frente a las demás especies evaluadas. *Eucalyptus camaldulensis* fue la especie de menor diámetro, aunque este no difiere significativamente de *E. tereticornis* y *E. maidenii* (Figura 11a). En relación a los germoplasmas, no se observó diferencias significativas entre los distintos germoplasmas dentro de cada especie (Figura 11b).

Para volumen por hectárea e IMA, *E. grandis* fue la especie con mayor volumen y difirió significativamente de las demás especies que presentaron igual comportamiento (Figura 12a y 13a). Para estas variables, en la especie *E. grandis*, el genotipo GR3 presentó mayor volumen que GR4 (Figura 12b y 13b).

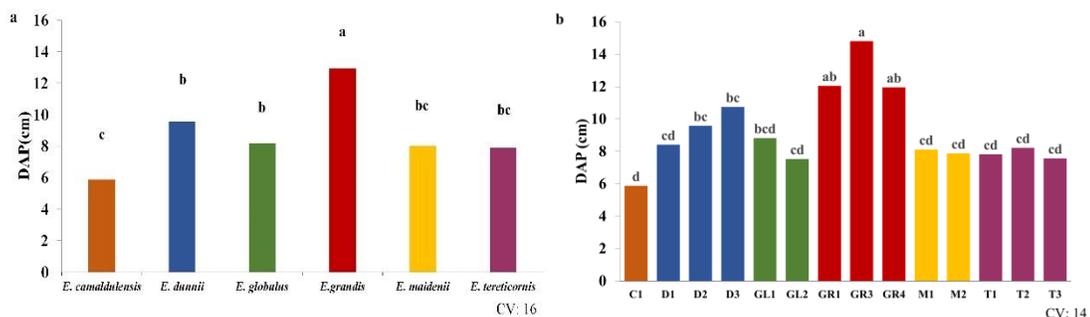


Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 10. Altura medida a los 6, 12 meses y 4 años en la localidad de Tacuarembó

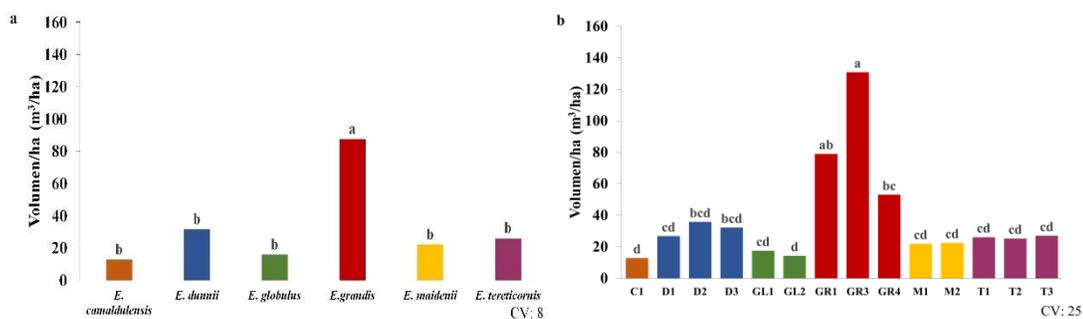


Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 11. DAP con corteza medido a los 4 años en la localidad de Tacuarembó

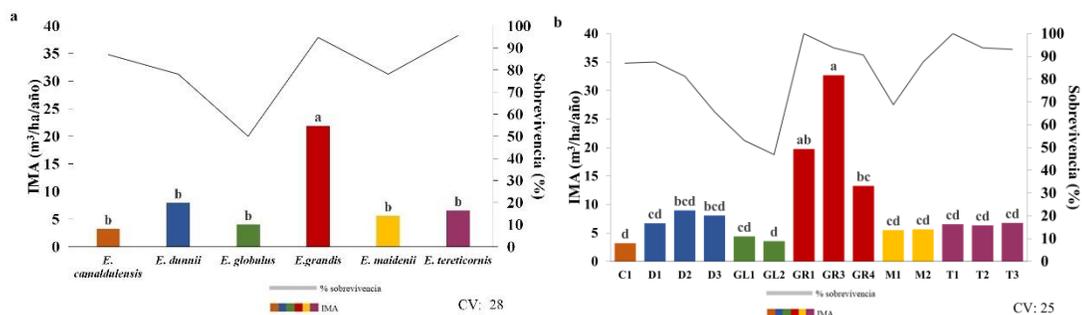


Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 12. Volumen por hectárea medido a los 4 años en la localidad de Tacuarembó



Promedio según especie (izquierda) y genotipo (derecha)

E. camaldulensis = C, *E. tereticornis* = T, *E. globulus* = GL, *E. grandis* = GR, *E. maidenii* = M y *E. dunnii* = D

CV: coeficiente de variación. Medias con distinta letra difieren significativamente entre sí (Tukey, $p = 0,05$)

Figura 13. IMA y sobrevivencia medido a los 4 años en la localidad de Tacuarembó

4.3.3. Correlación y regresión lineal simple entre el nivel de enfermedad y el crecimiento

El índice de daño de copa ocasionando por la mancha amarilla a los 12 meses post-plantación estuvo correlacionado de manera negativa con la altura, el DAP y el volumen. Sin embargo, estuvo correlacionado de manera positiva con la defoliación.

Cuadro 4. Índice de correlación de Pearson (coeficiente\probabilidad) entre la variable IDC a los 12 meses y altura, DAP, defoliación y volumen a los 4 años para todos los árboles en la localidad de Tacuarembó

	IDC	Probabilidad
IDC	1.00	-
Altura	-0.13	0.01
DAP	-0.15	0.0033
Defoliación	0.33	<0.0001
Volumen	-0.14	0.01

Según el análisis de regresión lineal simple, no existe relación causa-efecto significativa en cada especie evaluada entre el daño de copa y altura; daño de copa y diámetro; daño de copa y volumen (Cuadro 5).

Cuadro 5. Regresión lineal simple con variable dependiente DAP, altura y volumen a los 4 años y variable regresora IDC a los 12 meses para todos los árboles particionado por especie en la localidad de Tacuarembó

Especie	Coeficientes de regresión lineal simple ($y=a+bx$) y estadísticos asociados		
	DAP (m)	Altura (m)	Volumen
<i>E. camaldulensis</i>	a: 0.06 b: -<0.0001 p-valor: 0.70	a: 7.28 b: -0.01 p-valor: 0.75	a: 0.02 b: -0.00023 p-valor: 0.21
<i>E. dunnii</i>	a: 0.09 b: 0.00026 p-valor: 0.32	a: 9.14 b: 0.01 p-valor: 0.46	a: 0.03 b:0.0001 p-valor: 0.60
<i>E. globulus</i>	a: 0.07 b: 0.00054 p-valor: 0.13	a: 8.02 b: 0.04 p-valor: 0.21	a: 0.02 b:0.00025 p-valor: 0.34
<i>E. grandis</i>	a: 0.13 b: -0.00034 p-valor: 0.12	a: 13.49 b: -0.01 p-valor: 0.56	a: 0.08 b: -0.00023 p-valor: 0.35
<i>E. maidenii</i>	a: 0.09 b: -0.00035 p-valor: 0.45	a: 8.83 b: -0.02 p-valor: 0.67	a: 0.03 b: -0.00033 p-valor: 0.33
<i>E. tereticornis</i>	a: 0.08 b: -0.00016 p-valor: 0.31	a: 8.91 b: -0.01 p-valor: 0.52	a: 0.02 b: - <0.0001 p-valor: 0.98

p-valor: < 0.05 indica relación entre variables significativa

5. DISCUSIÓN

Todas las especies de *Eucalyptus* incluidas en este estudio presentaron síntomas de mancha amarilla, aunque con diferentes niveles de daño de copa. La enfermedad ya estaba reportada por Simeto et al. (2014b) en todas las especies de *Eucalyptus* evaluadas incluyendo además *E. grandis* x *E. camaldulensis*, *E. botryoides*, *E. macarthurii*, *E. tereticornis* x *E. camaldulensis* y *E. grandis* x *E. globulus*. En ninguno de los dos experimentos se observaron ejemplares muertos producto de la mancha amarilla, lo cual resulta en información de gran interés, dado el daño que se ha observado en plantaciones adultas de eucaliptos colorado (*E. camaldulensis* y *E. tereticornis*, Arbuet et al., 2016).

Las especies más afectadas por la mancha amarilla fueron *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* y *E. globulus*. Para las dos primeras especies mencionadas existen reportes nacionales que el patógeno causa importante manchado, severa defoliación y la mortalidad de individuos en algunos casos de ejemplares de avanzada edad con sucesivas infecciones y en presencia de otros problemas sanitarios (Balmelli et al. 2014c, Simeto et al. 2014b). A su vez, Dumell y Eskiviski (2015) indicaron a *E. tereticornis* como una especie susceptible frente a la mancha amarilla en Misiones, Argentina.

Entre las especies de eucaliptos colorados se observaron diferencias en el comportamiento relativo frente a la enfermedad. A los 6 meses *E. camaldulensis* presentó mayor nivel de daño respecto a *E. tereticornis*, sin embargo, en las evaluaciones realizadas posteriormente, ambas especies presentaron un comportamiento similar entre sí, esto no coincide con Balmelli et al. (2014c) ni con Arbuet et al. (2016), quienes concluyeron que hay diferencias en susceptibilidad frente a la enfermedad entre ambas especies en edades más avanzadas, siendo *E. camaldulensis* la más susceptible. Esta discrepancia observada podría estar explicada por la acotada fuente de semilla utilizada en este estudio, en relación a la probable gran diversidad de procedencias que pueden estar plantadas en las plantaciones visitadas por Arbuet et al. (2016).

En cuanto a *E. globulus*, De Souza et al. (2014) en Brasil, describieron infecciones severas de *Teratosphaeria pseudoecalypti* en plantaciones de *E. globulus*, *E. urophylla* x *E. globulus* y *E. nitens* x *E. globulus*, considerando a *E. globulus* como una especie susceptible, lo cual coincide con lo observado en el presente estudio.

Las demás especies, *E. maidenii*, *E. grandis*, y *E. dunnii* presentaron síntomas de mancha amarilla, pero tuvieron mejor comportamiento. Esto es importante ya que *E. grandis* y *E. dunnii* son las especies con mayor superficie plantadas a nivel nacional con fines comerciales (MGAP, 2018). Cabe destacar que según Hunter et al. (2011), en zonas tropicales y subtropicales de Australia, *T. epicoccoides*, *T. pseudoecalypti* y *T. viscidus* causan daños en plantaciones de *E. grandis* y *E. grandis* x *E. camaldulensis*, pudiendo

ocasionar pérdidas de plantaciones en casos severos, denotando así el potencial del patógeno en esta especie.

En cuanto al comportamiento intraespecie hubo variabilidad en el daño observado entre genotipos de *E. tereticornis* a los 12 meses en Tacuarembó, lo cual evidencia la posibilidad de selección por resistencia a la enfermedad dentro de la especie. Balmelli et al. (2014c), reportaron similar comportamiento dentro de la especie, lo que permitió sumar al programa de mejoramiento genético de *E. tereticornis* por productividad, la resistencia a la mancha amarilla.

Se observaron diferencias en la defoliación en cada genotipo a los 4 años pero estas no pueden ser atribuidas exclusivamente a la enfermedad, ya que dicha defoliación puede estar dada por otros factores como la defoliación natural y daños de copa asociados a plagas y otras enfermedades.

Eucalyptus grandis fue la especie con mayor productividad en ambos ensayos, esto se explica principalmente por un mayor crecimiento individual y alta sobrevivencia de la especie, como resultado probablemente de una mejor adaptación de la especie a esta zona (Balmelli y Resquín, 2000), y producto de la mejora genética que ha tenido la especie para su uso comercial. En Paysandú, la productividad promedio de *E. grandis* (31 m³/ha/año) fue superior a la reportada por Balmelli y Resquín (2000, 25 m³/ha/año) en plantaciones de 5 años edad para la misma zona. Estas diferencias pueden deberse a la genética del material evaluado en cada experimento. *Eucalyptus dunnii*, fue la segunda especie más productiva, alcanzando un crecimiento de 20 m³/ha/año, esto no coincide con lo reportado por Balmelli y Resquín (2000, 30 m³/ha/año) para una plantación de 5 años, en la misma zona. La inferioridad puede estar explicada por fuertes vientos ocurridos en año 2016 en la zona, lo que redujo la sobrevivencia de la especie de manera considerable, a su vez, es importante destacar que las comparaciones en crecimiento están limitadas por la edad de medición.

En el ensayo de Tacuarembó, *E. grandis* fue la especie con mayor crecimiento (22 m³/ha/año), este valor registrado, es inferior al reportado por Balmelli y Resquín (2000), quienes registraron crecimientos de 39 m³/ha/año para otro ensayo en la misma zona y al quinto año. La inferioridad en crecimiento puede deberse a la edad de las plantaciones evaluadas y/o a el sitio del experimento que favorece los daños por heladas, lo que afecta al crecimiento de dicha especie (Balmelli y Resquín, 2000).

Las especies de menor crecimiento fueron *E. globulus*, *E. maidenii*, *E. camaldulensis* y *E. tereticornis* en ambas localidades, sumando a *E. dunnii* a la localidad de Tacuarembó. Si bien *E. globulus* y *E. maidenii* son especies de rápido crecimiento (Marcó y Harrand, 2005), estas presentan problemas de adaptación al sitio en estas zonas del país, expresándose esta condición en los niveles bajos de sobrevivencia. Esto puede deberse a que son especies con mayor adaptación a climas con influencias marítimas (Jacobs, 1981).

A diferencia de lo anterior, las especies de *E. camaldulensis* y *E. tereticornis* presentaron buena adaptabilidad al sitio alcanzando buenos niveles de sobrevivencia, por lo que el menor crecimiento observado puede deberse a que son especies de crecimiento lento (Marcó y Harrant, 2005). En cuanto *E. dunnii* el crecimiento puede estar limitado por las condiciones del sitio, si bien no se contó con el número de padrón para saber con certeza bajo qué suelo se encontraba el ensayo, según lo observado a campo la zona podría presentar exceso hídrico, que no favorece al crecimiento de la especie (Balmelli y Resquín, 2000).

La correlación del daño de copa y defoliación con las diferentes variables de crecimiento como DAP y altura fue negativa, esto puede explicarse por el efecto de las manchas foliares y la caída temprana de las hojas provocada por manchas foliares como la mancha amarilla que reducen el área fotosintéticamente activa, afectando el crecimiento posterior de los árboles (Alfenas et al. 2004, Simeto et al. 2014c). Sin embargo, en el análisis de regresión lineal simple se encontró que no hubo relación causa-efecto significativa entre la enfermedad y el crecimiento en DAP, altura y volumen en ninguna de las especies evaluadas, excepto para *E. globulus* en Paysandú que, si bien es significativa y positiva, en términos productivos es muy baja. El comportamiento de las demás especies, puede deberse a que los niveles de daño alcanzados a los 12 meses no fueron suficientes para afectar en el crecimiento. Balmelli et al. (2014a) concluyeron que *E. globulus* y *E. maidenii* (especies susceptibles a mancha por nubilosa) pueden tolerar hasta el 40 % y 20% de defoliación, respectivamente, sin afectar el crecimiento. Para el caso de *E. tereticornis*, si bien se detectó variabilidad entre genotipos en el daño de copa a los 12 meses, no se observó efecto sobre el crecimiento a los 4 años.

Debido al avance que ha tenido *T. pseudoecalypti* (rápida dispersión y distribución nacional) y su potencial de daño demostrado en Uruguay, en las distintas especies de *Eucalyptus*, especialmente en los eucaliptos colorados, este patógeno podría convertirse en una amenaza incluso para las plantaciones comerciales si no se controla la presión de inóculo. Por lo que la estrategia más adecuada para su control sería la elección de especies y genotipos de mejor comportamiento. Dado que es un patógeno recientemente detectado es necesario continuar investigando y generando información sobre la biología del patógeno y epidemiología de la enfermedad. Se cree pertinente realizar monitoreos del patógeno, además de contar con medidas cuarentenarias estrictas que eviten el ingreso de posibles cepas más virulentas.

6. CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió evaluar el comportamiento de distintas especies de *Eucalyptus* frente a la mancha amarilla. Todas las especies evaluadas presentaron enfermedad causada por *Teratosphaeria pseudoecalypti*. Las especies *E. camaldulensis*, *E. globulus* y *E. tereticornis* presentaron mayores niveles de daño en las etapas evaluadas lo cual indica una mayor susceptibilidad de éstas frente al patógeno en relación a las demás especies *E. dunnii*, *E. grandis* y *E. maidenii*. En los ensayos evaluados, no se constató la presencia de individuos muertos en ninguna de las especies producto de la enfermedad. La variabilidad presentada en los distintos niveles de daño entre los germoplasmas de *E. tereticornis* sugiere que es posible seleccionar aquellos que presentan mejor comportamiento frente a la enfermedad como estrategia de manejo.

En el ensayo de Paysandú, las especies con mayor productividad fueron *E. grandis* y *E. dunnii* principalmente por un mayor crecimiento individual de los árboles y la buena sobrevivencia, lo cual sugiere su mejor genética y mayor adaptación a esta zona. Las demás especies presentaron comportamiento productivo similar entre ellas. En el ensayo de Tacuarembó, la especie de mayor productividad fue *E. grandis* presentando buen crecimiento individual y adaptación al sitio. Las demás especies presentaron similar comportamiento hasta el cuarto año de crecimiento.

Si bien existió cierta correlación ente el nivel de daño a los 12 meses y el crecimiento posterior, los bajos niveles de daño registrados y la escasa variabilidad observada entre genotipos no fueron suficientes como para afectar el crecimiento o para que el efecto sea cuantificable a los 4 años en el DAP, altura y volumen dentro de las especies evaluadas.

7. RESUMEN

La mancha amarilla, causada por *Teratosphaeria pseudoecalypti*, se ha convertido en la principal amenaza de los eucaliptos colorados en Uruguay. Dado que es una enfermedad de reciente detección, es necesario generar información epidemiológica y de manejo para minimizar su impacto en la masa forestal de Uruguay. Este estudio tuvo por objetivos: a) determinar el comportamiento de distintas especies de *Eucalyptus* de interés nacional frente a la mancha amarilla, y b) estimar el impacto de la misma sobre el crecimiento en los primeros 4 años de edad. Para cumplir con dichos objetivos, el estudio se realizó en dos ensayos, ubicados en Paysandú y Tacuarembó, en los cuales se evaluaron 15 materiales de 6 especies de eucaliptos (*E. camaldulensis*, *E. dunnii*, *E. grandis*, *E. globulus*, *E. maidenii* y *E. tereticornis*) en tres etapas (6, 12 meses y 4 años). A los 6 y 12 meses se evaluó el índice de daño de copa de todos los árboles y la altura, mientras que a los 4 años se determinó altura total, diámetro a la altura del pecho, defoliación y sobrevivencia. Los resultados indican que todas las especies presentaron síntomas producto de la mancha amarilla, aunque con diferentes niveles de daño, siendo las especies más afectadas *E. camaldulensis*, *E. globulus* y *E. tereticornis*. No se observó muerte de ejemplares en ninguna especie como consecuencia de este patógeno. Por otra parte, en las condiciones de estos ensayos no se observó asociación entre los niveles de daño de copa producto de la enfermedad y el crecimiento hasta el momento de evaluación, probablemente explicado por la escasa variabilidad en el daño de copa observada dentro de cada especie.

Palabras clave: *Teratosphaeria pseudoecalypti*; Mancha amarilla; Eucalyptus; Nivel de daño; Crecimiento.

8. SUMMARY

Yellow spot, caused by *Teratosphaeria pseudoeucalypti*, has become the main threat to red gum eucalyptus in Uruguay. Given it is a disease recently detected, it is necessary to produce epidemiological and handling information to minimize its impact on Uruguay's forest body. The purposes of this work were: a) determining the behavior shown by different species of *Eucalyptus* of national interest with regard to yellow spot, and b) estimating its impact on the growth during the first four years of age. In order to accomplish such goals, two field tests were carried out in Paysandú and Tacuarembó. In those tests fourteen materials from six different species of *Eucalyptus* (*E. camaldulensis*, *E. dunnii*, *E. grandis*, *E. globulus*, *E. maidenii* y *E. tereticornis*) were evaluated in three stages (6 months, 12 months and 4 years). At the stages of 6 and 12 months, the treetop damage index and the height were evaluated for all trees, while at the stage of 4 years parameters measured were total height, diameter at breast height, defoliation and survival. The results showed that all species reported yellow spot symptoms although in different levels of damage, with *E. camaldulensis*, *E. globulus* y *E. tereticornis* being the most affected ones. No death of any species was recorded as a result of this pathogen. Moreover, under the tests conditions, there was no relation detected between levels of treetop damage caused by the disease and growth until the assessment time, probably because of the low variability in treetop damage seen within each species.

Keyword: *Teratosphaeria pseudoeucalypti*; Yellow spot; Eucalyptus; Damage level; Growth.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Andjic, V.; Whyte, G.; Hardy, G.; Burgess, T. I. 2010a. New *Teratosphaeria* species occurring on eucalypts in Australia. *Fungal Diversity*. 43:27-38.
2. _____; Pegg, G. S.; Carnegie, A. J.; Hardy, G. E.; Burgess, T. I. 2010b. *Teratosphaeria pseudoecalypti*, new cryptic species responsible for leaf blight of *Eucalyptus* in subtropical and tropical Australia. *Plant Pathology*. 59:900-912.
3. Alfenas, A. C.; Zauza, E. A. V.; Mafia, R. G.; Assis, T. F. 2004. Clonagem e doenças do eucalipto. Viçosa, UFV. 197 p.
4. Arbuét, E.; Codina, M.; García, R. 2016. Prospección de la mancha amarilla del eucalipto (causada por *Teratosphaeria pseudoecalypti*) en plantaciones de eucalipto colorado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 72 p.
5. Balmelli, G.; Resquín, F. 1999. Evaluación de especies y orígenes de *Eucalyptus* al quinto año. Montevideo, Uruguay, INIA. 24 p. (Serie Técnica no. 106).
6. _____.; _____. 2000. Evaluación de especies de *Eucalyptus* al quinto año. Montevideo, Uruguay, INIA. 23 p. (Serie Técnica no. 114).
7. _____.; _____. 2001. Mejoramiento genético de *Eucalyptus* y *Pinus*. In: Seminario de Actualización en Tecnologías Forestales para Areniscas de Tacuarembó y Rivera (2001, Tacuarembó, Uruguay). Evaluación de especies y orígenes del género *Eucalyptus*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 51-65.
8. _____.; _____. 2005. Evaluación productiva de orígenes de *Eucalyptus globulus* en zonas litoral y Norte. Montevideo, Uruguay, INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 149).
9. _____.; _____. 2006a. Eucaliptos colorados: una alternativa para la diversificación productiva. *Revista INIA*. no. 7:35-37.
10. _____.; _____. 2006b. Productividad de diferentes especies de *Eucalyptus* sobre Areniscas de Tacuarembó-Rivera. In: Bemhaja, M.; Pittaluga, O. eds.

30 años de investigación en suelos de areniscas INIA Tacuarembó. Montevideo, INIA. pp. 305-312 (Serie Técnica no. 159).

11. _____.; Simeto, S.; Torres-Dini, D.; Castillo, A.; Altier, N.; Núñez, P.; Rodríguez, F.; González, W.; Pérez, G.; Diez, J. J. 2014a. Efecto de la *Teratosphaeria nubilosa* sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii* al año de iniciada la infección. In: Jornada Técnica de Protección Forestal (6^{a.}, 2014, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 73-84 (Serie Técnica no. 213).
12. _____. 2014b. Impacto de la *Mycosphaerella* en Uruguay y Variabilidad genética para resistencia a la enfermedad en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*. Tesis Dr. Valladolid, España. Universidad de Valladolid. 137 p.
13. _____.; Resquín, F.; Simeto, S.; Torres, D.; Núñez, P.; Rodríguez, F.; González, C. 2014c. Mancha amarilla en eucaliptos colorados: importancia de la especie y fuente de semilla utilizada. Revista INIA. no. 36:36-40.
14. _____.; Simeto, S.; Torres, D.; Hirigoyen, A; Castillo, A.; Altier, N.; Pérez, G.; Diez, J. 2016. Impact of *Teratosphaeria nubilosa* over tree growth and survival of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maidenii* in Uruguay. New Forests. 47:829-843.
15. _____. 2017a. *Eucalyptus tereticornis* o colorado mejorado para montes y abrigos. (en línea). Revista Forestación (ARU). 145 (174):18-21. Consultado jul. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9925/1/BALMELLI-2017.pdf>
16. _____. 2017b. Mejoramiento genético como herramientas de manejo de enfermedades forestales. In: Jornadas Argentinas y Binacionales (Argentina-Uruguay) de Sanidad Forestal (3^{as.}, 2017, Luján). Memorias. Luján, Universidad Nacional de Luján. pp. 25-27.
17. _____. 2018. Mejoramiento genético de *Eucalyptus* en INIA: antecedentes y planes de mejora en curso. (en línea). In: Seminario Técnico Avances y Perspectivas del Mejoramiento Genético Forestal (2018, Tacuarembó, Uruguay). Memorias. Montevideo, INIA. s.p. Consultado jun. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/P%3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2018/Gen%C3%A9tica%20Forestal%20agosto%202018/Presentaci%C3%B3n%20Gustavo%20Balmelli.pdf>

18. Boland, D. J.; Brooker, M. I. H.; Chippendale, G. M.; Hall, N.; Hyland, B. P. M.; Johnston, R. D.; Kleining, D. A.; McDonald, M. W.; Turner, J. D. 2006. Forest trees of Australia. 5th. ed. Collingwood, CSIRO. 736 p.
19. Brussa, C. A. 1994. *Eucalyptus*: especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 328 p.
20. Burgess, T.; Wingfield, M. J. 2002. Impact of fungal pathogens in natural forest ecosystems: a focus on Eucalyptus. In: Sivasithamparam, K.; Dixon, K. W.; Barrett, R. L. eds. Microorganisms in plant conservation and biodiversity. New York, Kluwer. pp. 285-306.
21. Crous, P. W.; Braun, U.; Groenewald, J. Z. 2007. *Mycosphaerella* is polyphyletic. *Studies in Mycology*. 58:1-32.
22. De Souza Candido, T.; Costa Da Silva, A.; Da Silva Guimaraes, L. M.; Maciel Ferraz, H. G.; Borges Junior, N.; Couto Alfenas, A. 2014. *Teratosphaeria pseudoecalypti* on Eucalyptus in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 39 (5):407-412.
23. Dummel, D.; Eskiviski, E. 2015. Incidencia y severidad de enfermedades foliares en 12 especies de Eucalyptus durante el primer año de implantación en el Norte de Misiones. In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (39^{as}., 2015, Concordia, Entre Ríos, AR). Memorias. s.n.t. pp. 1-5.
24. Gutiérrez Rodríguez, E.; Moreno Orejuela, R. D.; Villota Echeverry, N. 2013. Guía de cubicación de madera No. 1. (en línea). Pereira, Colombia, CARDER. 44 p. Consultado nov. 2019. Disponible en http://www.rivasdaniel.com/pdf/GUIA_DE_CUBICACION_MADERA.pdf
25. Hunter, G. C.; Crous, P. W.; Carnegie, A. J.; Burgess, T. I.; Wingfield, M. J. 2011. *Mycosphaerella* and *Teratosphaeria* diseases of *Eucalyptus* easily confused and with serious consequences. *Fungal Diversity*. 50:145-166.
26. Jacobs, R. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma, FAO. 723 p. (Colección FAO. Montes no. 11).
27. Marcó, M. A.; Harrand, L. 2005. Valor potencial de los Eucaliptos colorados en combinaciones híbridas. (en línea) In: Jornada sobre Potencialidad Foresto-industrial del Eucalipto en Santiago del Estero (1^a., 2005, Santiago del Estero). Memorias. Santiago del Estero, s.e. s.p. Consultado may. 2020. Disponible en <https://fcf.unse.edu.ar/eventos/1-jornadas->

[forestales/pdfs/Eucaliptos%20colorados%20en%20combinaciones%20hibridas.pdf](http://www2.mgap.gub.uy/OpypaPublicaciones/ANUARIOS/Anuario2012/material/pdf/14.pdf)

28. MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, UY). 2012. A 25 años de la aprobación de la ley 15.939 (ley forestal). (en línea). Anuario OPYPA 2012:167-172. Consultado jul. 2020. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/OpypaPublicaciones/ANUARIOS/Anuario2012/material/pdf/14.pdf>
29. _____. 2018. Resultado de la cartografía forestal nacional. (en línea). Montevideo. 3 p. Consultado may. 2020. Disponible en https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/informe_de_resultados_de_la_cartografia_2018.pdf
30. _____. 2020. Estadísticas forestales. (en línea). Montevideo. 33 p. Consultado jul. 2020. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/boletin-estadisticas-forestales-2019>
31. Pérez, C. A.; Wingfiel, M. J.; Altier, N. A.; Blanchette, R. A. 2009. Mycosphaerellaceae and Teratosphaeriaceae associated with Eucalyptus leaf diseases and stem cankers in Uruguay. *Forest Pathology*. 39:349-360.
32. Ramírez, N. 2017. Caracterización de *Teratosphaeria pseudoecalypti* y evaluación de la resistencia en *Eucalyptus* spp. de interés para el sector agroforestal del Uruguay. Tesis Mag. Ciencias Agrarias, opción Ciencias Vegetales. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 72 p.
33. Ramos, S. O.; Pérez, C. A. 2015. First report of *Teratosphaeria pseudoecalypti* on *Eucalyptus* Hybrids in Argentina. *Plant Disease*. 99 (4):554.
34. Simeto, S.; Balmelli, G.; Martínez, G.; Torres, D. 2009. La enfermedad causada por *Mycosphaerella* spp. y *Teratosphaeria* spp.: una seria amenaza a las plantaciones de *Eucalyptus globulus* en Uruguay. *Revista INIA*. no. 20:48-50.
35. _____.; _____.; Torres, D.; Pérez, C. A. 2014a. Mancha amarilla: una nueva amenaza para los eucaliptos colorados y otras especies de eucalipto. *Revista INIA*. no. 36:32- 35.

36. _____.; _____.; _____. 2014b. Reconocimiento a campo de plagas y enfermedades forestales: mancha amarilla del Eucalipto. INIA. Cartilla no. 34. s.p.
37. _____.; _____.; Pérez, C. A.; Pérez, G. 2014c. Reconocimiento a campo de plagas y enfermedades forestales: mancha foliar causada por *Teratosphaeria nubilosa*. INIA. Cartilla no. 46. s.p.
38. _____.; _____.; _____. 2020. Diseases of Eucalyptus Plantations in Uruguay: current Syate and Management Alternatives. Forest Pest and Disease Management in Latin America. Valdivia, Sergio A. Estay. 241 p.
39. Soria, S.; Alonso, R.; Bettucci, L.; Lupo, S. 2014. First report of *Teratosphaeria pseudoecalypti* in Uruguay. Australasian Plant Disease Notes. 9 (1):146-150.
40. Sorrentino, A. 2010. Manual teórico - práctico: técnicas e instrumentos de medición forestal. Montevideo, Facultad de Agronomía. v.1, 98 p.
41. SPF (Sociedad de Productores Forestales, UY). 2020. Uruguay forestal. Principales cifras del sector. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2020. Disponible en <http://www.spf.com.uy/uruguay-forestal/>
42. Uruguay XXI. 2019. Informe anual de comercio exterior. (en línea). Montevideo. 10 p. Consultado may. 2020. Disponible en <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/0267d1fb12c53eaa4b94ade9125f4bb34f599bcf.pdf>