

CAPÍTULO VIII

EFECTO DE *Teratosphaeria nubilosa* SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Eucalyptus globulus* Y *Eucalyptus maidenii* AL AÑO DE INICIADA LA INFECCIÓN

Gustavo Balmelli¹, Sofía Simeto¹, Diego Torres-Dini¹, Alicia Castillo², Nora Altier³, Pablo Núñez¹, Federico Rodríguez¹, Wilfredo González¹, Guillermo Pérez⁴, Julio J. Diez⁵

1. INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de *Teratosphaeria nubilosa* en Uruguay en el año 2007 (Pérez *et al.*, 2009), las plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* y *E. maidenii* están siendo severamente afectadas por la enfermedad conocida como Manchas de *Mycosphaerella*. Dicha enfermedad afecta principalmente el follaje juvenil, produciendo manchas foliares y defoliación (Carnegie *et al.*, 1998; Hunter *et al.*, 2009) (Figura 1). La frecuente ocurrencia y gran severidad de los daños provocados por esta enfermedad (Balmelli *et al.*, 2009a, 2009b, 2011a; Simeto *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2013) son consecuencia de la alta susceptibilidad del follaje juvenil de *E. globulus* y *E. maidenii*, del gran volumen de inóculo producido por el patógeno y de que las condiciones ambientales predisponentes (varios días de lluvia y alta humedad relativa) son frecuentes en nuestro país. La magnitud del problema en *E. globulus*, que en ocasiones llega a provocar pérdidas de área foliar superiores al 80% (Balmelli *et al.*, 2011a; Pérez *et al.*, 2013; Alonso *et al.*, 2013), ha provocado en los últimos años el reemplazo de esta especie por otras más resistentes, como *E. dunnii* y *E. grandis*. De hecho, el área plantada anualmente con *E. globulus* ha sufrido una

drástica reducción, pasando de 11600 hectáreas en 2006 a 706 hectáreas en 2011 (MGAP, 2013).

La pérdida de área foliar provocada por plagas y enfermedades afecta el crecimiento de los árboles y en determinadas circunstancias provoca mortalidad, lo cual disminuye la productividad de la plantación. Sin embargo, y a pesar de la gravedad del problema, la magnitud de las pérdidas provocadas por *T. nubilosa* en *E. globulus* y en *E. maidenii* aún no ha sido cuantificada en nuestro país. Por otro lado, si bien *E. maidenii* es utilizada por algunas empresas forestales para sustituir a *E. globulus*, hasta el momento tampoco se conoce la susceptibilidad relativa de ambas especies. Por tal motivo, y en el marco de un proyecto de mejora genética de *E. globulus* y *E. maidenii* (Balmelli *et al.*, 2013a), el presente trabajo tiene como objetivos: a) evaluar el comportamiento relativo de *E. globulus* y *E. maidenii* frente a *T. nubilosa*; b) cuantificar el efecto del daño provocado por la enfermedad sobre el crecimiento y sobre la mortalidad al año de comenzada la infección; y c) cuantificar el efecto del cambio de follaje sobre el nivel de daño, sobre el crecimiento y sobre la mortalidad posterior.

¹ Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal, INIA Tacuarembó. gbalmelli@tb.inia.org.uy

² Sección Biotecnología, INIA Las Brujas.

³ Programa de Sustentabilidad Ambiental, Sección Bioinsumos, INIA Las Brujas.

⁴ Polo de Desarrollo Universitario Forestal, Centro Universitario de Tacuarembó (CUT), UdelaR.

⁵ Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Instituto de Gestión Forestal Sostenible. Universidad de Valladolid. Palencia, España.

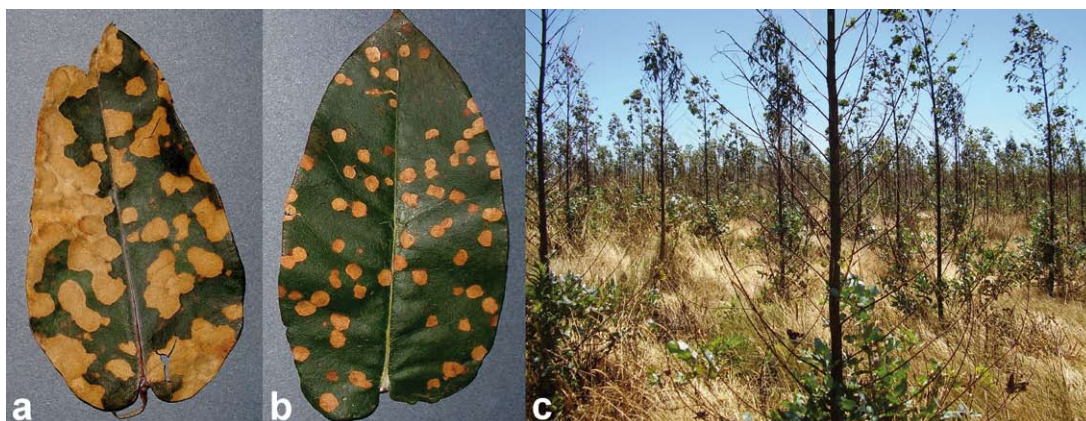


Figura 1. Manchas típicas de *T. nubilosa* en a) *E. globulus* y b) *E. maidenii*. c) Plantación de *E. globulus* con defoliación severa, muerte de ápices y ramas y rebrotes basales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La población evaluada corresponde a una prueba de progenies de *E. globulus* y *E. maidenii* instalada en marzo de 2011 en Lavalleja (Ruta 8, km 161). El ensayo se instaló en un suelo 2.11a y su preparación consistió en la aplicación de herbicida pre-laboreo (Glifosato, 3 L/ha), laboreo en fajas (subsulado y excéntrica) y aplicación de herbicida pre y post emergente (Goal + Arnes: 1.5 + 1.5 L/ha). La densidad de plantación fue de 1428 plantas por hectárea (3.5 metros entre líneas y 2 metros entre plantas). Se fertilizó al momento de la plantación con 80 g/planta de 12/48/8. El material genético evaluado corresponde a 194 familias de polinización abierta de *E. globulus* y 86 de *E. maidenii*, provenientes de las poblaciones de cría del INIA. El diseño experimental es de bloques completos al azar, con 3 repeticiones y parcelas de 8 plantas en línea.

En febrero de 2012 se registraron varios días consecutivos de lluvia y/o alta humedad relativa, lo cual desencadenó una severa infección de *T. nubilosa*. Entre marzo y mayo se registraron nuevas infecciones, lo que provocó un aumento continuo de la defoliación en los meses siguientes. El crecimiento (altura), la severidad del daño foliar y la precocidad del cambio de follaje fueron evaluados en mayo de 2012 a los 14 meses de edad (Fi-

gura 2). La susceptibilidad a la enfermedad fue cuantificada en la totalidad de la copa de cada árbol en base a la severidad de manchas foliares y a la defoliación (porcentaje de hojas caídas), mediante escalas visuales adaptadas de Lundquist y Purnell (1987). Para la severidad de manchas se utilizó una escala con intervalos de 5% (0, 5, 10, etc.) y para la defoliación con intervalos de 10% (0, 10, 20, etc.). Con ambos parámetros se estimó el daño foliar total mediante el Índice de Daño de Copa (IDC), adaptado de Stone *et al.* (2003), calculado como:

$$\text{IDC} = \text{Defoliación} + ((1 - \text{Defoliación}/100) \times \text{Severidad de manchas}/100).$$

Para evaluar la precocidad del cambio de follaje se midió la proporción de follaje adulto, también con una escala visual a intervalos de 10% (Figura 3).

En diciembre de 2012 (a los 21 meses de edad, Figura 2) se evaluó defoliación y proporción de follaje adulto, utilizando las mismas escalas que en la evaluación anterior. Finalmente, en mayo de 2013 (a los 26 meses de edad y 12 meses de la primera evaluación) se evaluó el crecimiento (altura y diámetro) y la proporción de follaje adulto. El número de árboles vivos en cada medición se utilizó para calcular la mortalidad ocurrida entre dos evaluaciones.



Figura 2. Vista del ensayo en el momento de la evaluación a los 14 meses (izquierda) y a los 21 meses (derecha).



Figura 3. a) Árbol con 60% de defoliación y sin follaje adulto; b) árbol con 40% de defoliación y 20% de follaje adulto y c) árbol con 10% de defoliación y 70% de follaje adulto.

El efecto del daño provocado por *T. nubilosa* se analizó en cada especie por separado. El análisis se realizó a nivel fenotípico, considerándose a ambas poblaciones como unidades genéticamente heterogéneas. La relación entre diferentes variables a nivel individual se estimó mediante el coeficiente de correlación de Pearson. El efecto del daño se evaluó, mediante análisis de varianza, para el porcentaje de defoliación a los 14 meses, comparándose el crecimiento medio (incremento en altura entre los 14 y los 26 meses y DAP a los 26 meses) y la mortalidad media entre los 14 y

los 26 meses registrados en cada nivel de defoliación. Para los contrastes de medias se utilizó el test de Tukey-Kramer. El mismo tipo de análisis se utilizó para cuantificar el efecto de la precocidad del cambio de follaje (porcentaje de follaje adulto a los 14 meses) sobre el crecimiento y sobre la mortalidad posterior. Para la evaluación de los efectos sobre la mortalidad se excluyeron del análisis 92 árboles de *E. globulus* y 39 de *E. maidenii* que se volcaron con posterioridad a la primera evaluación. También se excluyeron 87 árboles de *E. globulus* y 31 de *E. maidenii* que

fueron seleccionados por su alta proporción de follaje adulto y cortados en agosto de 2012 para su clonación. La normalidad de los datos así como la homocedasticidad de la varianza residual se comprobó mediante análisis gráficos (gráficas de distribución normal y gráficas de valores predichos vs residuales), los cuales mostraron que no existen desviaciones en la normalidad ni falta de homogeneidad de varianza. Para los análisis estadísticos se utilizaron los procedimientos GLM y CORR del SAS (SAS Institute 1997).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento relativo de *E. globulus* y *E. maidenii* frente a *T. nubilosa*

En la primera evaluación sanitaria, a los tres meses de iniciada la infección de *T. nubilosa*, prácticamente el 100% de los árboles de ambas especies presentaban manchas foliares y defoliación. Esta última característica representó un 81.6% del daño total (IDC) en *E. globulus* y un 83.6% en *E. maidenii*. El nivel de daño en *E. globulus* fue superior al de *E. maidenii*, encontrándose diferencias significativas para severidad de manchas ($P < 0.05$), para defoliación ($P < 0.01$) y para el daño total (IDC) ($P < 0.01$) (Cuadro 1). Entre la primera y la segunda evaluación, el nivel de

daño provocado por la enfermedad continuó aumentando, principalmente por un incremento en la defoliación. Este hecho resaltó las diferencias en susceptibilidad entre ambas especies, registrándose a los 21 meses (a los 10 meses de iniciada la infección) una defoliación media del 52.5% en *E. globulus* y 28.8% en *E. maidenii* (Cuadro 1).

El cambio de follaje, de juvenil a adulto, comenzó significativamente más temprano en *E. globulus* que en *E. maidenii*. A los 14 meses el 34.1% de los árboles de *E. globulus* ya tenía hojas adultas, mientras que en *E. maidenii* solo tenían hojas adultas el 2.8% de los árboles (Cuadro 1). Las diferencias en el cambio de follaje entre ambas especies se mantuvo hasta la última evaluación (26 meses), momento en que el 82.8% y 54.3% de los árboles de *E. globulus* y *E. maidenii* tenían hojas adultas (Cuadro 1). *E. maidenii* presentó a los 26 meses un promedio de 12% de follaje adulto, valor similar al que presentó *E. globulus* a los 14 meses (9.9%), indicando que esta última especie comienza el cambio de follaje aproximadamente un año antes (Cuadro 1). El follaje juvenil es mucho más susceptible a *T. nubilosa* que el follaje adulto (Park *et al.*, 2000), por lo que si bien *E. globulus* es más susceptible a *T. nubilosa* que *E. maidenii*, la mayor precocidad en el cambio de follaje le permitiría escapar a nuevas infecciones.

Cuadro 1. Comportamiento relativo de *E. globulus* y *E. maidenii* a los 14, 21 y 26 meses de edad.

| Característica | 14 meses | | 21 meses | | 26 meses | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | <i>E. globulus</i> | <i>E. maidenii</i> | <i>E. globulus</i> | <i>E. maidenii</i> | <i>E. globulus</i> | <i>E. maidenii</i> |
| Severidad de manchas (%) | 10.5 | 5.6 | - | - | - | - |
| Defoliación (%) | 31.5 | 22.8 | 52.5 | 28.8 | - | - |
| IDC (%) | 38.7 | 27.1 | - | - | - | - |
| % árboles con follaje adulto | 34.1 | 2.8 | 53.9 | 9.3 | 82.8 | 54.3 |
| % Follaje Adulto | 9.9 | 0.6 | 17.3 | 2.3 | 29.4 | 12.0 |
| Sobrevivencia (%) | 82.9 | 87.1 | 77.1 | 81.0 | 74.2 | 79.7 |
| Altura (cm) | 287 | 275 | - | - | 596 | 655 |
| DAP (cm) | - | - | - | - | 5.5 | 7.0 |

Nota: las diferencias entre especies fueron significativas al 1% para todas las características, excepto para severidad de manchas a los 14 meses y para sobrevivencia a los 26 meses que fueron significativas al 5% y para sobrevivencia en las dos primeras evaluaciones (diferencias no significativas).

En la evaluación realizada a los 14 meses ambas especies presentaban similar sobrevivencia (Cuadro 1). Sin embargo, entre los 14 y los 26 meses la mortalidad promedio de *E. globulus* fue mayor que la de *E. maidenii*, lo que determinó que a los 26 meses la sobrevivencia de *E. maidenii* pasara a ser significativamente mayor que la de *E. globulus*. Por otro lado, a los 14 meses el crecimiento de *E. globulus* era significativamente mayor que el de *E. maidenii*, pero entre los 14 y los 26 meses el crecimiento relativo se revirtió, pasando *E. maidenii* a tener mayor altura y mayor DAP promedio que *E. globulus* (Cuadro 1). El menor crecimiento de *E. globulus* entre los 14 y los 26 meses podría deberse al efecto perjudicial del mayor nivel de daño registrados en esta especie. En un ensayo de especies y orígenes de *Eucalyptus* instalado en Lavalleja en 1992, y por lo tanto en ausencia de la enfermedad, el crecimiento de *E. globulus* fue superior al de *E. maidenii*, tanto al primer año como al tercer año (datos sin publicar). Estos resultados confirmarían la hipótesis de que el menor crecimiento de *E. globulus* observado en el presente ensayo, es consecuencia de un mayor nivel de daño provocado por *T. nubilosa* en esta especie.

Efecto del daño provocado por *T. nubilosa* sobre el crecimiento y sobre la mortalidad al año de comenzada la infección

Al momento de la primera evaluación sanitaria no existían árboles sin daño, por lo tanto no se dispone de un verdadero control para cuantificar el efecto de la enfermedad sobre el crecimiento y sobre la sobrevivencia, tomándose como base de comparación al grupo de árboles que presentaban entre 0 y 10% de defoliación (clase 10%). La cantidad de árboles que presentaba cada nivel de defoliación se presenta en el Cuadro 2.

En ambas especies se encontró una relación inversa entre el nivel de daño a los 14 meses y el crecimiento posterior (incremento en altura entre los 14 y los 26 meses y DAP a los 26 meses) (Figura 4). En *E. maidenii* so-

Cuadro 2. Número de árboles de *E. globulus* y de *E. maidenii* con cada nivel de defoliación en la evaluación realizada a los 14 meses de edad.

| Defoliación (%) | <i>E. globulus</i> (N° de árboles) | <i>E. maidenii</i> (N° de árboles) |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ≤ 10 | 185 | 234 |
| 20 | 572 | 838 |
| 30 | 1709 | 571 |
| 40 | 1073 | 81 |
| 50 | 198 | 0 |
| 60 | 20 | 0 |

lamente los árboles con 40% de defoliación mostraron un incremento en altura significativamente menor que los árboles menos dañados (defoliación ≤ 10%). En *E. globulus* los árboles con una defoliación igual o superior al 30% tuvieron crecimientos significativamente menores que los de la clase de defoliación ≤ 10% (Figura 4). La diferencia de crecimiento en altura entre los árboles más dañados y los menos dañados, es decir la pérdida de crecimiento en los niveles de mayor defoliación, fue de 22% en *E. maidenii* y de 38% en *E. globulus*. También se observó una relación inversa entre el nivel de daño a los 14 meses y el DAP a los 26 meses (Figura 4). Sin embargo, el efecto del daño sobre el DAP es significativo a niveles de defoliación más bajos (30% en *E. maidenii* y 20% en *E. globulus*) y las pérdidas de crecimiento en los niveles de mayor defoliación son mayores que las registradas para el crecimiento en altura (32% en *E. maidenii* y 44% en *E. globulus*).

El efecto de la reducción del área foliar en *Eucalyptus* ha sido reportado por varios autores: Carnegie & Ades (2003) para manchas de *Mycosphaerella* y Pinkard *et al.* (2006) para defoliación artificial, encontraron que el crecimiento de *E. globulus* se vio afectado a partir de un 10% de daño; Smith (2006) en *E. globulus* y Lundquist y Purnell (1987) en *E. nitens*, reportan que el crecimiento se vio afectado cuando la defoliación producida por *Mycosphaerella* fue superior al 20% y 25%, respectivamente. Sin embargo,

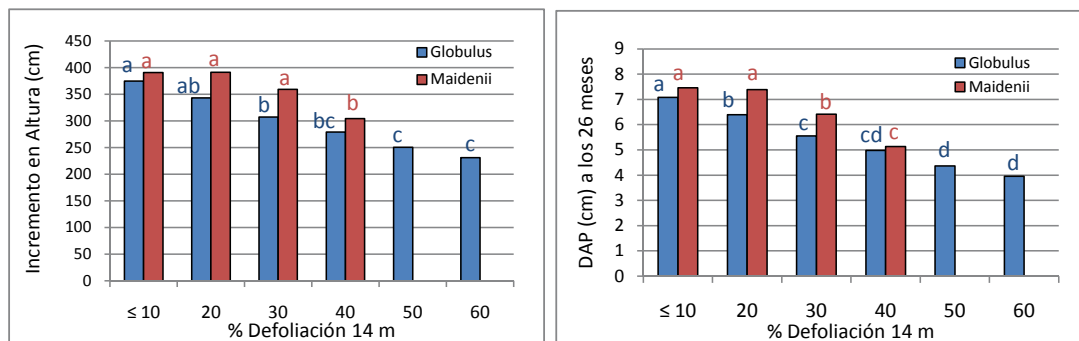


Figura 4. Efecto del nivel de defoliación a los 14 meses sobre el crecimiento (incremento en altura) entre los 14 y los 26 meses (izquierda) y sobre el DAP a los 26 meses (derecha). Dentro de cada especie, clases de defoliación con diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas (al 5%) en el crecimiento.

Pinkard (2003) en *E. globulus* no encontró pérdidas de crecimiento en sitios de buena productividad con defoliaciones de hasta un 40%, mientras que Rapley *et al.* (2009) en *E. nitens*, no encontraron efectos sobre el crecimiento con defoliaciones menores al 60%. El efecto del daño de enfermedades foliares sobre *E. globulus* fue reportado previamente para Uruguay por Balmelli *et al.* (2011b, 2013b), quienes encontraron que el crecimiento fue afectado significativamente cuando la defoliación fue mayor al 40%, con pérdidas de 20% en DAP al séptimo año en los árboles con mayor defoliación. El ensayo analizado en dichos trabajos sufrió un único evento de defoliación durante el primer año, lo que contrasta con la situación actual,

donde la defoliación provocada por *T. nubilosa* continuó aumentando en el segundo año (Cuadro 1). Según Collett & Neumann (2002) y Wills *et al.* (2004), las defoliaciones repetidas tienen un mayor efecto perjudicial sobre el crecimiento que las defoliaciones aisladas, lo que explicaría las mayores pérdidas de crecimiento registradas en el presente estudio.

El daño provocado por *T. nubilosa* no afectó la sobrevivencia posterior en *E. maidenii* pero sí en *E. globulus*, donde los árboles más dañados (clases de defoliación 50 y 60%) presentaron mortalidades significativamente mayores que los árboles de las demás clases de daño (Figura 5). Si bien existen estudios en base a

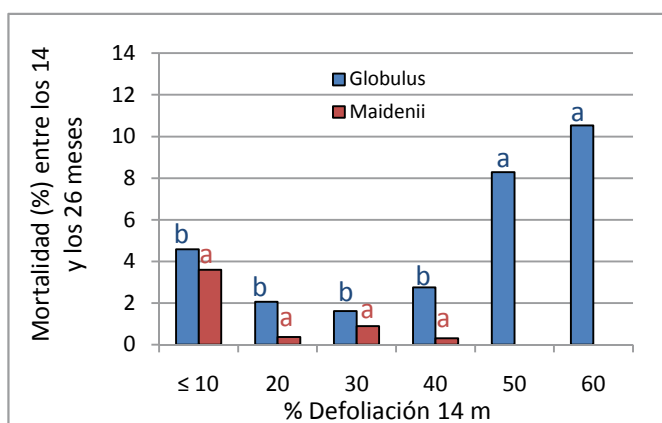


Figura 5. Efecto del nivel de defoliación a los 14 meses sobre la mortalidad entre los 14 y los 26 meses. Dentro de cada especie, clases de defoliación con diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas (al 5%) en mortalidad.

defoliación artificial en *E. globulus*, en los cuales la defoliación, aún a niveles de 100%, no afectó la sobrevivencia a los 11 meses post daño (Collett & Neumann, 2002), los resultados del presente trabajo sugieren que defoliaciones del 50% o superiores comprometen la sobrevivencia posterior. Similares resultados fueron reportados por Balmelli *et al.* (2011b, 2013b), donde la mortalidad en ensayos de *E. globulus* afectados por enfermedades foliares aumentó significativamente cuando los valores de defoliación fueron superiores al 60%. Sin embargo la muerte de árboles no puede atribuirse directamente al daño provocado por la enfermedad, sino que probablemente sea el resultado de una interacción entre el debilitamiento de los árboles más dañados y el efecto de otros factores bióticos o abióticos, incluida la competencia generada por árboles vecinos (Carnegie *et al.*, 1994).

Efecto de la precocidad del cambio de follaje en *E. globulus* sobre el nivel de daño provocado por *T. nubilosa* y sobre el crecimiento y la mortalidad posterior

La cantidad de árboles de *E. globulus* y *E. maidenii* que a los 14 meses presentaba cada nivel de follaje adulto se presenta en el Cuadro 3. Dado que el 97% de los árboles de *E. maidenii* presentaba únicamente follaje

Cuadro 3. Número de árboles de *E. globulus* y de *E. maidenii* con cada nivel de follaje adulto en la evaluación realizada a los 14 meses de edad.

| Follaje Adulto(%) | <i>E. globulus</i> (N° de árboles) | <i>E. maidenii</i> (N° de árboles) |
|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 0 | 2543 | 1747 |
| 10 | 254 | 25 |
| 20 | 255 | 9 |
| 30 | 499 | 13 |
| 40 | 216 | 0 |
| 50 | 78 | 0 |
| 60 | 30 | 0 |
| 70 | 25 | 0 |

juvenil, el efecto de la precocidad del cambio de follaje no fue analizado en esta especie.

El follaje juvenil es mucho más susceptible a *T. nubilosa* que el follaje adulto (Park *et al.*, 2000), lo que explica la relación inversa observada en *E. globulus* entre el cambio de follaje y el nivel de daño a los 14 meses (Figura 6). En esta especie se registró una disminución significativa en el nivel de defoliación en aquellos árboles que tenían 30% o más de follaje adulto. Desde otro punto de vista, la defoliación de los árboles de *E. globulus* que presentaban 40% de follaje adulto fue similar a la defoliación de los árboles de

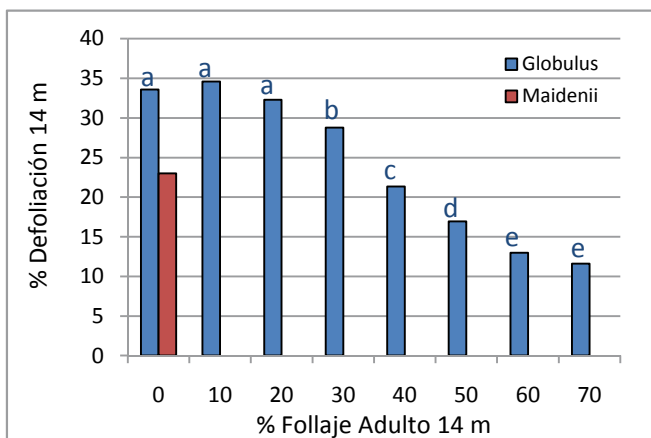


Figura 6. Relación entre el porcentaje de follaje adulto y la defoliación observada a los 14 meses. Dentro de *E. globulus*, clases de follaje adulto con diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas (al 5%) en el porcentaje de defoliación. La defoliación en *E. maidenii* se presenta únicamente como referencia.

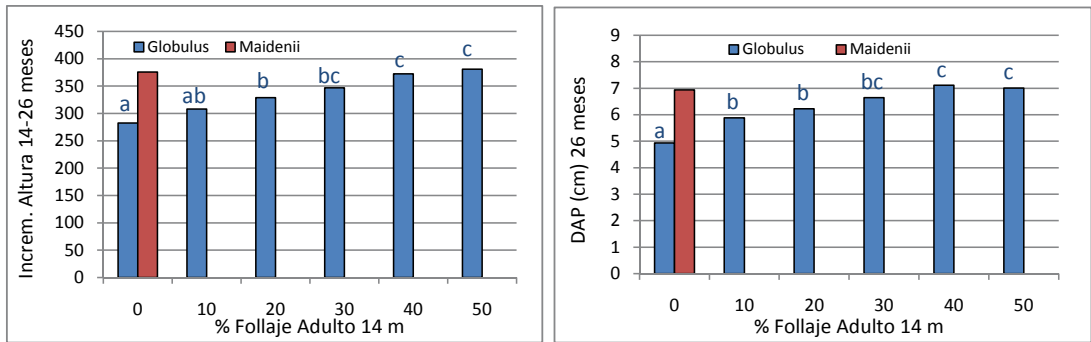


Figura 7. Efecto del porcentaje de follaje adulto a los 14 meses sobre el crecimiento (incremento en altura) entre los 14 y los 26 meses (izquierda) y sobre el DAP a los 26 meses (derecha) en *E. globulus*. Clases de follaje adulto con diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas (al 5%) en el crecimiento. El crecimiento para *E. maidenii* se presenta únicamente como referencia.

E. maidenii con el 100% de follaje juvenil. El hecho de que *E. maidenii* presente menor nivel de daño que *E. globulus* sugiere que la mayor resistencia relativa no está dada por una mayor proporción de follaje adulto, sino por diferencias en características anatómicas y/o fisiológicas del follaje juvenil.

En *E. globulus* se encontró una relación directa entre el porcentaje de follaje adulto a los 14 meses y el crecimiento posterior: $r = 0.43$ ($P < 0.01$) con el incremento en altura entre los 14 y los 26 meses y $r = 0.49$ ($P < 0.01$) con el DAP a los 26 meses (Figura 7). Los árboles que tenían un 20% o más de

follaje adulto, o los que tenían al menos un 10% de follaje adulto, tuvieron respectivamente un crecimiento en altura y DAP significativamente mayor que los que aún no habían comenzado a cambiar el follaje (0% follaje adulto). La diferencia de crecimiento entre los árboles con mayor proporción de follaje adulto respecto a los que tenían 100% de follaje juvenil fue de un 25% en altura y de un 30% en DAP. En otras palabras, el cambio precoz de follaje, asociado a un menor nivel de daño (Figura 6), tuvo un efecto positivo sobre el crecimiento posterior, siendo dicho efecto más marcado en el caso del DAP.

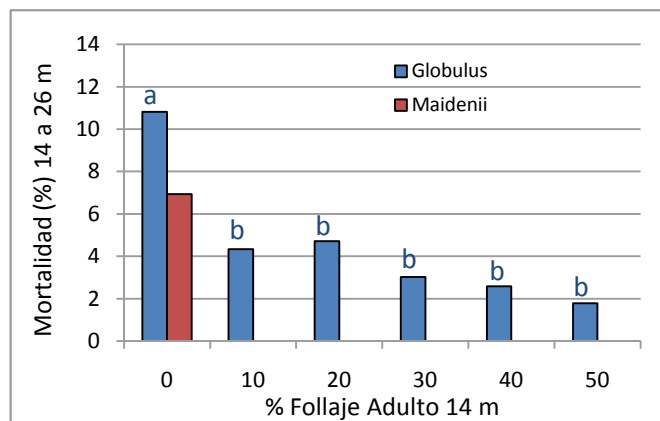


Figura 8. Efecto del porcentaje de follaje adulto a los 14 meses sobre la mortalidad entre los 14 y los 26 meses en *E. globulus*. Clases de follaje adulto con diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas (al 5%) en la mortalidad. La mortalidad para *E. maidenii* se presenta únicamente como referencia.

El efecto de la precocidad en el cambio de follaje en *E. globulus* sobre la mortalidad entre los 14 y los 26 meses se presenta en la Figura 8. Los árboles que a los 14 meses ya habían comenzado a cambiar el follaje presentaron una mortalidad significativamente menor que aquellos que solamente presentaban follaje juvenil. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la mortalidad de los árboles que a los 14 meses presentaban diferente proporción de follaje adulto.

Los resultados obtenidos indican que el cambio precoz de follaje en *E. globulus* reduce el nivel de daño de *T. nubilosa*. A su vez, y probablemente debido a lo anterior, favorece el crecimiento y reduce la mortalidad de los árboles afectados. Parece lógico por lo tanto promover el cambio temprano de follaje como medida de manejo de la enfermedad. Hay al menos dos alternativas para ello: acelerar el crecimiento inicial mediante una silvicultura intensiva y utilizar genotipos seleccionados por precocidad en el cambio de follaje. Sin embargo la relación entre el crecimiento inicial y el momento en que comienza el cambio de follaje en *E. globulus* es relativamente pobre: Milgate *et al.* (2005) reportan una correlación fenotípica de 0.25 entre la altura a los 5 meses y la presencia de follaje adulto a los 2 años; y Balmelli *et al.* (2013b) reportan una correlación fenotípica de 0.35 entre la altura a los 8 meses y el porcentaje de follaje adulto a los 20 meses. Por el contrario, en varios trabajos se reporta un fuerte control genético del momento en que se produce el cambio de follaje en *E. globulus*, con heredabilidades que varían entre 0.41 y 0.74 (Balmelli *et al.*, 2013c, 2014; Hamilton *et al.*, 2011; Jordan *et al.*, 1999; Lopez *et al.*, 2002), lo que demuestra la posibilidad de seleccionar genotipos con cambio precoz de follaje.

4. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos demuestran que el nivel de daño provocado por *T. nubilosa* fue mayor en *E. globulus* que en *E. maidenii*. Sin

embargo, la susceptibilidad relativa de ambas especies depende del momento de la evaluación, o lo que es lo mismo, de la severidad de la infección (como se vio, la diferencia en el porcentaje de defoliación entre ambas especies era de 9% a los 14 meses y de 24% a los 21 meses). De todas formas, el daño registrado en *E. maidenii* sugiere que esta especie, desde el punto de vista de sustituir a *E. globulus*, es una alternativa riesgosa y poco efectiva cuando se dan condiciones ambientales para la ocurrencia de infecciones severas de *T. nubilosa*.

Las manchas foliares y la defoliación provocadas por *T. nubilosa* afectaron el crecimiento en ambas especies, aunque el efecto perjudicial fue mayor en *E. globulus* que en *E. maidenii*, registrándose en los árboles más defoliados una pérdida de crecimiento en DAP de 45% y 30%, respectivamente. En el caso de *E. globulus*, en los niveles de defoliación más altos también se registró una relativamente alta mortalidad. Si bien la muerte de árboles no puede atribuirse al efecto directo de la enfermedad, el debilitamiento que ésta genera en los árboles los predispone al efecto de otros factores bióticos o abióticos, lo que compromete su supervivencia.

La información generada en este trabajo también demuestra que si bien el follaje juvenil de *E. globulus* es muy susceptible a *T. nubilosa*, el cambio a follaje adulto comienza bastante antes que en *E. maidenii*. Dado que el follaje adulto es resistente a *T. nubilosa*, los árboles de *E. globulus* con mayor proporción de follaje adulto crecieron un 30% más y tuvieron menor mortalidad que los árboles que solamente tenían follaje juvenil. Desde el punto de vista productivo es deseable que el cambio de follaje comience lo antes posible ya que el follaje adulto le permite al árbol recuperarse y escapar a nuevas infecciones. Por tal motivo, en INIA se está ejecutando un proyecto de selección y clonación de individuos que presentan esta característica.

Finalmente, cabe destacar que la información aquí presentada cuantifica el efecto del daño provocado por *T. nubilosa* al año de iniciada

la infección, siendo necesario continuar la evaluación hasta la edad de cosecha.

5. AGRADECIMIENTOS

A la empresa Sierras Calmas por proveer el sitio, por la preparación del terreno y por el mantenimiento del ensayo. El estudio fue parcialmente financiado por una beca otorgada al primer autor por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) de España en el marco del Programa de Formación del Sistema de los INIA de Iberoamérica.

6. BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, R.; SORIA, S.; LUPO, S.; BETTUCCI, L.; PÉREZ, C. 2013. Alternativas de manejo de enfermedades foliares en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus*. En: V Jornada Técnica de Protección Forestal. Serie Técnica INIA 209. Montevideo. pp 39-44.

BALMELLI, G.; SIMETO, S.; MARTINEZ, G.; TORRES, D.; PÉREZ, C.; FROS, D.; BENTANCUR, O. 2009a. Incidencia y severidad de enfermedades y plagas en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* en las regiones Sureste y Litoral Oeste de Uruguay. En: Jornada Técnica de Protección Forestal. Tacuarembó: INIA. (Serie Actividades de Difusión; 567). p. 51-65.

BALMELLI, G.; SIMETO, S.; MARTÍNEZ, G.; TORRES, D.; GONZÁLEZ, P.; FROS, D.; BENTANCUR, O.; PÉREZ, C. 2009b. Relevamiento sanitario de otoño en plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus dunnii* en el Sureste y Litoral Oeste. En: Seminario Técnico de Sanidad Forestal. Tacuarembó: INIA. (Serie Actividades de Difusión; 594). p. 51-72.

BALMELLI, G.; SIMETO, S.; MARTÍNEZ, G.; TORRES, D.; PÉREZ, C.A.; BENTANCUR, O. 2011a. Incidence and severity of pests and diseases on young plantations of *Eucalyptus globulus* in Uruguay. En: IUFRO

Forest Protection Joint Meeting: pathogens, insects and their associations affecting forestry worldwide. 8-11 Noviembre. Colonia del Sacramento, Uruguay.

BALMELLI, G.; SIMETO, S.; ALTIER, N.; MARRONI, V.; DIEZ, J.J. 2011b. Efecto de la defoliación provocada por *Mycosphaerella* spp. en el crecimiento y en la supervivencia de *Eucalyptus globulus*. En: Día de campo forestal en zona Sureste. Serie Actividades de Difusión 644. INIA Tacuarembó. pp 5-11.

BALMELLI, G.; SIMETO, S.; TORRES-DINI, D.; CASTILLO, A.; ALTIER, N.; PÉREZ, G.; MAC GREGOR, J.; PEVERELLI, A.; DIEZ, J.J. 2013a. Mejoramiento genético en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii* por resistencia a *Teratosphaeria nubilosa*. En: V Jornada Técnica de Protección Forestal. Serie Técnica INIA 209. Montevideo. pp 55-65.

BALMELLI, G.; SIMETO, S.; ALTIER, N.; MARRONI, V.; DIEZ, J.J. 2013b. Long term losses caused by foliar diseases on growth and survival of *Eucalyptus globulus* in Uruguay. *New Forests* 44(2): 249-263.

BALMELLI, G.; SIMETO, S.; MARRONI, V.; ALTIER, N.; DIEZ, J.J. 2013c. Genetic variation for resistance to *Mycosphaerella* leaf disease and *Eucalyptus rust* on *Eucalyptus globulus* in Uruguay. *Australasian Plant Pathology* (First online, DOI. 10.1007/s13313-013-0254-7).

BALMELLI, G.; SIMETO, S.; TORRES, D.; CASTILLO, A.; PÉREZ, G.; MAC GREGOR, J.; PEVERELLI, A.; ALTIER, A.; DIEZ, J. 2014. Susceptibility to *Teratosphaeria nubilosa* and precocity of vegetative phase change in *Eucalyptus globulus* and *E. maidenii* (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany* (aceptado el 05/12/2013).

CARNEGIE, A.J.; ADES, P.K. 2003. *Mycosphaerella* leaf disease reduces growth of plantation-grown *Eucalyptus globulus*. *Australian Forestry* 66: 113-119.

- CARNEGIE, A.J.; KEANE, P.J.; ADES, P.K.; SMITH, I.W.** 1994. Variation in susceptibility of *Eucalyptus globulus* provenances to *Mycosphaerella* leaf disease. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1751-1757.
- CARNEGIE, A.J.; ADES, P.K.; KEANE, P.J.; SMITH, I.W.** 1998. *Mycosphaerella* disease of juvenile foliage in a eucalypts species and provenance trial in Victoria, Australia. *Australian Forestry* 61: 190-194.
- COLLETT, N.G.; NEUMANN, F.G.** 2002. Effects of simulated chronic defoliation in summer on growth and survival of blue gum (*Eucalyptus globulus* Labill.) within young plantations in northern Victoria. *Australian Forestry* 65, 99-106.
- HAMILTON, M.G.; TILYARD, P.A.; WILLIAMS, D.R.; VAILLANCOURT, R.E.; WARDLAW, T.J.; POTTS, B.M.** 2011. The genetic variation in the timing of heteroblastic transition in *Eucalyptus globulus* is stable across environments. *Australian Journal of Botany* 59: 170-175.
- HUNTER, G.C.; CROUS, P.W.; CARNEGIE, A.J.; WINGFIELD, M.J.** 2009. *Teratosphaeria nubilosa*, a serious leaf disease pathogen of *Eucalyptus* spp. in native and introduced areas. *Molecular Plant Pathology* 10: 1-14.
- JORDAN, G.J.; POTTS, B.M.; WILTSHIRE, R.** 1999. Strong, independent quantitative genetic control of vegetative phase change and first flowering in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* (Tasmanian Blue Gum). *Heredity* 83: 179-187.
- LOPEZ, G.A.; POTTS, B.M.; DUTKOWSKI, G.W.; APIOLAZA, L.A.; GELID, P.E.** 2002. Genetic variation and inter-trait correlations in *Eucalyptus globulus* base population trials in Argentina. *Forest Genetics* 9:217-231
- LUNDQUIST, J.E.; PURNELL, R.C.** 1987. Effects of *Mycosphaerella* leaf spot on growth of *Eucalyptus nitens*. *Plant Disease* 71: 1025-1029.
- MILGATE, A.W.; POTTS, B.M.; JOYCE, K.; MOHAMMED, C.; VAILLANCOURT, R.E.** 2005. Genetic variation in *Eucalyptus globulus* for susceptibility to *Mycosphaerella nubilosa* and its association with tree growth. *Australasian Plant Pathology* 34: 11-18.
- MGAP.** 2013. Recurso Forestal: bosques plantados registrados. <http://www.mgap.gub.uy>.
- PARK, R.F.; KEANE, P.J.; WINGFIELD, M.J.; CROUS, P.W.** 2000. Fungal diseases of Eucalypt foliage. In 'Diseases and pathogens of Eucalypts'. (Eds PJ Keane, GA Kile, FD Podger, BN Brown) pp. 153-239. (CSIRO publishing, Australia).
- PÉREZ, G.; HUNTER, G.; SLIPPERS, B.; PÉREZ, C.A.; WINGFIELD, B.D.; WINGFIELD, M.J.** 2009. *Teratosphaeria* (*Mycosphaerella*) *nubilosa*, the causal agent of *Mycosphaerella* leaf disease (MLD), recently introduced into Uruguay. *European Journal of Plant Pathology* 125: 109-118.
- PÉREZ, C.A.; MARTÍNEZ, G.; SIMETO, S.; TORRES-DINI, D.; PALLADINO, C.; LANGONE, F.; BENTANCUR, O.; BALMELLI, G.** 2013. Prospección sanitaria en plantaciones jóvenes de eucalipto: primavera 2008 - otoño 2012. En: V Jornada Técnica de Protección Forestal. Serie Técnica INIA 209. Montevideo. pp 23-28.
- PINKARD, E.A.** 2003. Physiological and growth responses related to pattern and severity of pruning in young *Eucalyptus globulus*. *Forest Ecology and Management* 182:231-245.
- PINKARD, E.A.; BAILLIE, C.C.; PATEL, V.; PATERSON, S.; BATTAGLIA, M.; SMETHURST, P.J.; MOHAMMED, C.L.; WARDLAW, T.; STONE, C.** 2006. Growth responses of *Eucalyptus globulus* Labill. to nitrogen application and severity, pattern and frequency of artificial defoliation. *Forest Ecology and Management* 229: 378-387.

RAPLEY, L.P.; POTTS, B.M.; BATTAGLIA, M.; PATEL, V.S. & ALLEN, G.R. 2009. Long-term realised and projected growth impacts caused by autumn gum moth defoliation of 2-year-old *Eucalyptus nitens* plantation trees in Tasmania, Australia. *Forest Ecology and Management* 258:1896-1903.

SIMETO, S.; BALMELLI, G.; MARTÍNEZ, G.; TORRES, D.; GONZÁLEZ, P.; FROS, D.; BENTANCUR, O.; PÉREZ, C.A. 2010. Relevamiento sanitario de *Eucalyptus* spp. en el Sureste y Litoral Oeste del país. En: Jornada Técnica de Protección Forestal. Las Brujas: INIA. (Serie Actividades de Difusión; 629). p. 41-51.

SAS INSTITUTE. 1997. SAS/STAT software: changes and enhancements through Release 6.12. SAS Institute: Cary, NC.

SMITH, A. 2006. The Development of Strategies for the Management and Research of Foliar Pathogens on Eucalypt Plantations: Using *Mycosphaerella* as a Case of Study. PhD Thesis, University of Tasmania.

STONE, C.; MATSUKI, M.; CARNEGIE, A. 2003. Pest and disease assessment in Young eucalypt plantations: field manual for using the Crown Damage Index. Canberra: Parsons, M. National Forest Inventory, Bureau of Rural Sciences.

WILLS, J.A.; BURBIDGE, T.E.; ABBOTT, I. 2004. Impact of repeated defoliation on jarrah (*Eucalyptus marginata*) saplings. *Australian Forestry* 67:194–198.