

Control genético de la resistencia y del escape a *Teratosphaeria nubilosa* en *Eucalyptus globulus* en Uruguay

Gustavo Balmelli; Sofía Simeto; Diego Torres; Alicia Castillo; Nora Altier
Juan Mac Gregor; Alberto Peverelli;; Julio Diez



Congreso IUFRO: "Eucaliptos genéticamente mejorados para aumentar
la competitividad del sector forestal en América Latina"

22 y 23 de Noviembre de 2012, Pucón, Chile

Temario

- **Introducción y Objetivos**
- **Materiales y Métodos**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Agradecimientos**

Introducción

- *E. globulus* es la especie forestal más plantada en Uruguay: + 270.000 has.
- Por falta de adaptación al clima y por diferentes problemas sanitarios las plantaciones se restringen actualmente a la región Sureste.
- En 2007 se registra la primera infección severa de *Teratosphaeria nubilosa*.
- La enfermedad, conocida comúnmente como Manchas de Mycosphaerella, afecta principalmente a *E. globulus*.
- Provoca manchas foliares, principalmente en el follaje juvenil.



Cuando la infección es severa se produce la caída prematura de las hojas (defoliación) y la muerte de ápices y ramas.

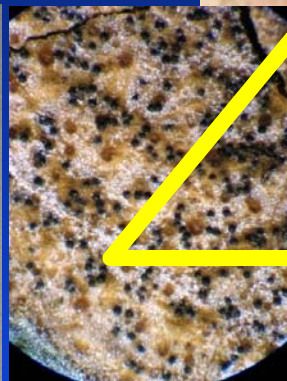


La pérdida de área foliar afecta el crecimiento y la sobrevivencia posterior, disminuyendo por tanto la productividad del monte.

El follaje juvenil de *E. globulus* es muy susceptible a *T. nubilosa*



T. nubilosa produce gran volumen de inoculo



Alto riesgo de infección



Las condiciones ambientales predisponentes (varios días de lluvia y alta HR) son frecuentes

Todos los años la enfermedad provoca importantes daños en plantaciones de hasta 2 años.

E. globulus está siendo sustituido por otras especies (*E. maidenii*, *E. grandis* y *E. dunnii*)

- **Se han propuesto diferentes medidas de manejo para *T. nubilosa*:**
 - **Elección del sitio.**
 - **Incremento del vigor de las plantas mediante una silvicultura intensiva.**
 - **Incremento de la resistencia mediante activadores de las defensas de la planta.**
 - **Aplicación de fungicidas.**
 - **Re-fertilización para acelerar la recuperación de las plantas dañadas.**
- **Sin embargo, hasta el momento estas alternativas no han demostrado ser eficientes en el control de la enfermedad.**
- **Por tal motivo la continuidad de la plantación de *E. globulus* en Uruguay depende del desarrollo de materiales genéticos resistentes.**

Existen dos criterios de selección que permitirían obtener materiales de buen comportamiento frente a la enfermedad:

a) menor daño en el follaje juvenil (**resistencia**)

b) menor período juvenil (**escape**)



Objetivos

- Estimar la variación genética de la resistencia del follaje juvenil y de la precocidad del cambio de follaje de juvenil a adulto.
- Estimar las ganancias genéticas que podrían obtenerse mediante diferentes estrategias de selección.

Materiales y Métodos

- La susceptibilidad a *T. nubilosa* y la precocidad del cambio de follaje fueron evaluadas en una prueba de progenies de *E. globulus* afectada por la enfermedad.
- La prueba se instaló en Marzo de 2011, en el Departamento de Lavalleja (SE).



- El material genético incluyó 194 familias de medios hermanos, provenientes de dos huertos semilleros del programa de mejoramiento del INIA.
- El diseño experimental fue de BCA con 3 repeticiones y parcelas de 8 plantas. La densidad de plantación fue de 1428 plantas/ha (3.5 x 2 m).

- En Febrero de 2012 se registraron varios días consecutivos de lluvia y alta HR, lo cual desencadenó una severa infección de *T. nubilosa*.
- En Mayo de 2012 (14 meses) se evaluó la susceptibilidad a la enfermedad y la precocidad en el cambio de follaje.
- El nivel de daño se evaluó en la totalidad de la copa mediante dos parámetros: Severidad (% del área foliar manchada) y Defoliación (% de hojas caídas) .

- Escala de daño para Severidad:
0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40%.

- Escala de daño para Defoliación:
0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70%.

- La precocidad en el cambio de follaje se evaluó mediante el % de Follaje Adulto.

- Escala para Follaje Adulto:
0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 90%.



- Los componentes de varianza fueron estimados en ASReml, con el siguiente modelo:

$$Y = MU + REP + FAM + REP * FAM + ERROR$$

- Las varianzas (fenotípica y aditiva) y la heredabilidad individual fueron estimadas como:

$$\sigma^2_P = \sigma^2_f + \sigma^2_{rf} + \sigma^2_e$$

$$\sigma^2_A = \sigma^2_f / r \quad (\text{se asumió un 30\% de autofecundación, por lo que } r = 0.4)$$

$$h^2_{op} = \sigma^2_A / \sigma^2_P$$

- Análisis bivariados fueron también implementados en ASReml. Las correlaciones genéticas fueron calculadas como:

$$r_{A(1,2)} = \sigma_{A(1,2)} / \sqrt{\sigma^2_{A(1)} \sigma^2_{A(2)}}$$

- Se estimaron las ganancias genéticas esperadas con dos estrategias de selección:
 - a) transformación de la PP en un HS, reteniendo las 30 mejores familias y el mejor individuo por parcela.
 - b) selección y clonación de los mejores 200 individuos de la PP.

RESULTADOS

Variabilidad y control genético para Severidad (SEV); Defoliación (DEF) y % de Follaje Adulto (FA)

	SEV (%)	DEF (%)	% FA
Promedio	10.5	31.5	9.9
σ^2_p (ee)	13.7 (0.43)	86.2 (2.63)	251.4 (8.70)
σ^2_A (ee)	6.3 (0.90)	29.6 (5.21)	155.8 (19.29)
VCA	23.8	17.3	126.1
h^2_{op} (ee)	0.46 (0.06)	0.34 (0.05)	0.62 (0.06)

- Es posible seleccionar por baja severidad y/o baja defoliación (resistencia a *T. nubilosa*) y por alto porcentaje de follaje adulto (escape).
- Sin embargo, la variabilidad y el control genético para precocidad en el cambio de follaje son mayores que para resistencia, por lo cual la respuesta a la selección por escape a la enfermedad sería mayor.

La evaluación de daño se realizó para el total de la copa, por lo cual en los árboles que presentaban follaje adulto la Severidad y la Defoliación podrían estar subestimadas.

Para corregir ese sesgo se analizó el nivel de daño utilizando el Follaje Adulto como covariable.



	SEV	SEV corregida	DEF	DEF corregida	Follaje Adulto
σ^2_A (ee)	6.3 (0.90)	5.6 (0.84)	29.6 (5.21)	14.3 (3.44)	155.9 (19.29)
h^2_{op} (ee)	0.46 (0.06)	0.43 (0.06)	0.34 (0.05)	0.21 (0.05)	0.62 (0.06)

- Cuando el nivel de daño (SEV y DEF) se corrige por el % de follaje adulto, los valores de varianza aditiva y heredabilidad disminuyen.
- Para cuantificar la variabilidad genética de la resistencia (*per se*) es necesario corregir los valores de daño por el porcentaje de follaje adulto.

Correlaciones fenotípicas y genéticas entre crecimiento (ALTURA) y Severidad de Manchas (SEV); Defoliación (DEF) y % de Follaje Adulto (FA).

Características	Fenotípica (ee)	Genética (ee)
ALTURA vs SEV	0.01 (0.02)	-0.17 (0.12)
ALTURA vs DEF	-0.21 (0.02)	-0.40 (0.12)
ALTURA vs FA	0.38 (0.02)	0.44 (0.09)

- Las correlaciones entre el crecimiento (ALTURA) y la resistencia a *T. nubilosa* (SEV y DEF) son bajas y negativas.
- Las correlaciones entre el crecimiento (ALTURA) y la precocidad en el cambio de follaje (FA) son moderadas y positivas.

Ganancias genéticas (ΔG en %) esperadas mediante selección por resistencia (SEV y DEF) y por precocidad en el cambio de follaje (FA).

Criterio de Selección	Media actual	Transformación PP en HS			Selección y clonación		
		Media Selectos	Difer. de Selección	ΔG (%)	Media Selectos	Difer. de Selección	ΔG (%)
SEV	10.5	5.7	4.8	21.2	4.8	5.7	25.0
DEF	31.5	14.3	17.2	18.6	10.1	21.4	23.1
FA	9.9	51.4	41.5	259	51.6	41.7	260

- Las ganancias genéticas esperadas para la selección por precocidad en el cambio de follaje son mucho mayores que las esperadas para selección por resistencia a la enfermedad.
- Con ambas estrategias de selección se lograrían similares ganancias genéticas.
 - La clonación de individuos seleccionados tiene como limitante la baja capacidad de enraizamiento de *E. globulus*.
 - La transformación de la PP en un HS tiene la limitante de la baja producción de semilla que tiene *E. globulus* en Uruguay.

Conclusiones

- La heredabilidad de la resistencia del follaje juvenil de *E. globulus* a *T. nubilosa* es moderadamente buena. Sin embargo, la variabilidad genética es muy baja, lo que limita las posibilidades de selección por resistencia.
- A su vez, como no es posible inocular artificialmente este patógeno, la evaluación y selección por resistencia depende de la ocurrencia de condiciones ambientales favorables para la infección.
- Por el contrario, tanto la heredabilidad como la variabilidad genética para precocidad en el cambio de follaje son altas, por lo cual se esperan buenas respuestas a la selección por esta característica.
- La evaluación y selección por precocidad del cambio de follaje puede realizarse con independencia del clima.
- Esta estrategia de selección podría utilizarse en forma preventiva en países donde este patógeno aún no ha ingresado.

Los resultados obtenidos indican que la selección por precocidad en el cambio de follaje es la alternativa más efectiva para obtener material genético de *E. globulus* de buen comportamiento frente *T. nubilosa*.



Agradecimientos

- **A la empresa Sierras Calmas por proveer el sitio, por la preparación del terreno y por el mantenimiento del ensayo.**
- **Al personal de apoyo del Programa Forestal del INIA, Pablo Núñez, Federico Rodríguez, Wilfredo González y Marcelo Alfonso, por su colaboración en la instalación y medición del ensayo.**
- **El estudio fue parcialmente financiado por una beca otorgada por el INIA España en el marco del Programa de Formación del Sistema de los INIA de Iberoamérica.**

A photograph of a tree nursery. In the foreground, there are several rows of young, thin trees with sparse, brownish leaves. The ground is covered with dry leaves and some green grass. In the background, there is a large field of taller, denser trees, and further back, there are rolling hills or mountains under a clear blue sky. The text "Gracias por su atención" is overlaid in the center of the image.

Gracias por su atención

Foto: Juan Mac Gregor