

Durabilidad natural y adquirida de madera de *E. grandis* Hill. ex Maiden proveniente de plantaciones de rápido crecimiento en Uruguay.

Böthig, S.; Sánchez, A.; Doldán, J.; Villamarín, B.; Rava, B.

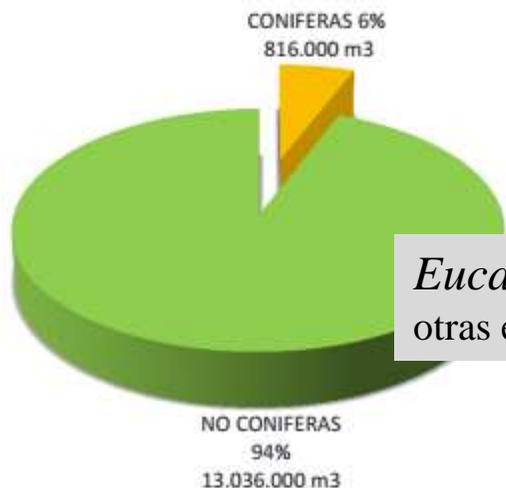


Alicia Sánchez Figueredo

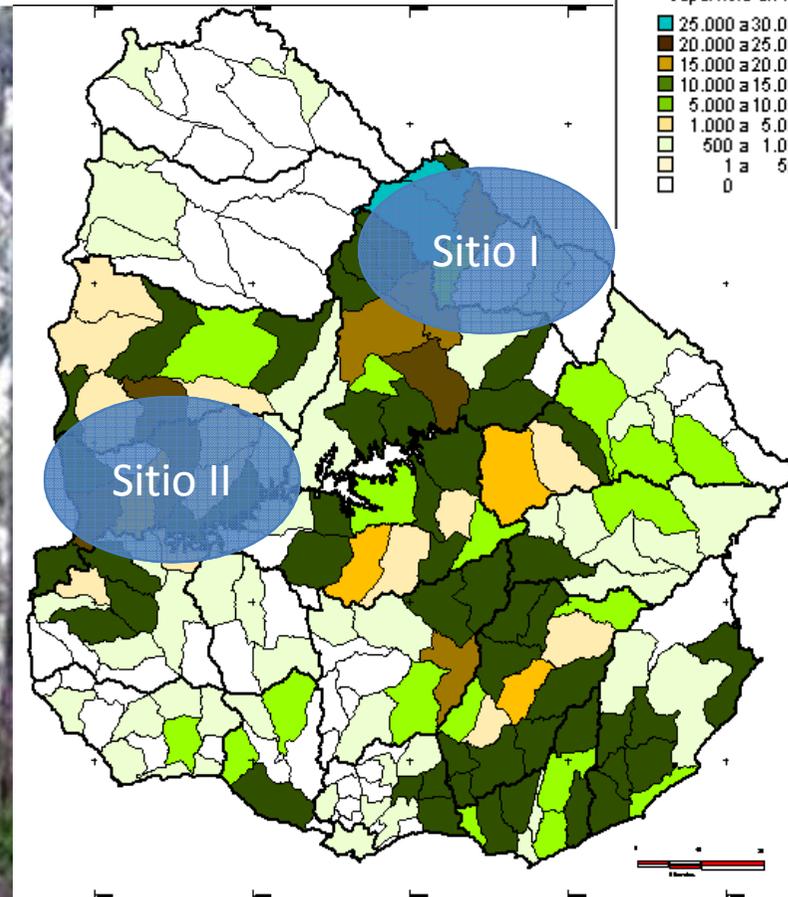
6-12-2016 Colonia del Sacramento, URUGUAY



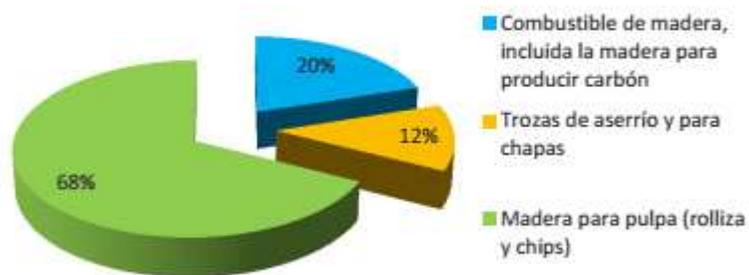
INTRODUCCIÓN



Eucalyptus grandis y otras especies del género.



Extracción de Madera en Rollo 2015 por destino, principales rubros



<http://www.fao.org/docrep/007/ad404s/AD404s09.htm>

Dirección General Forestal – MGAP.División Evaluación e Información. Uruguay Julio 2016.Estadísticas Forestales 2016..Extracción – Producción. Consumo - Mano de Obra - Comercio Exterior.



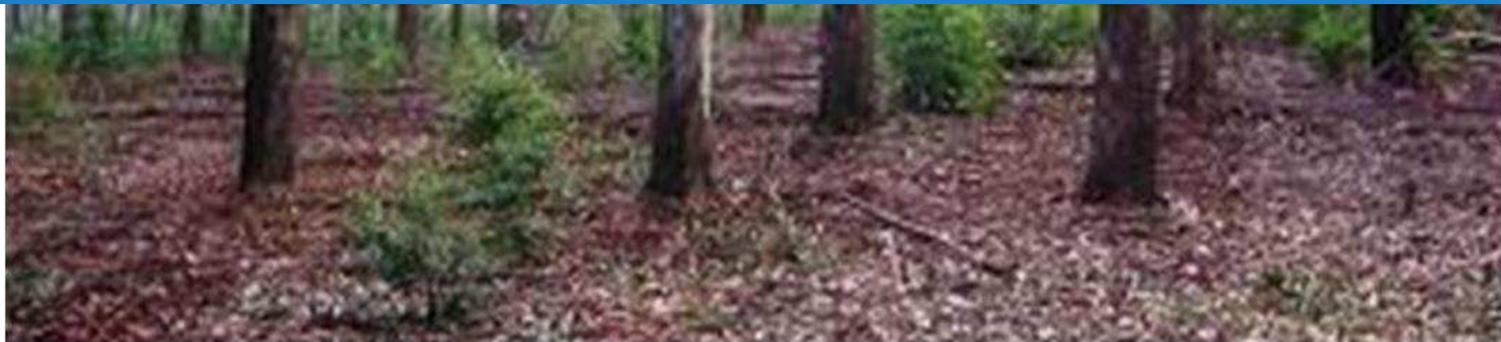
INTRODUCCIÓN.



- **Antecedentes:**

Estudios realizados en LATU: caracterización de las propiedades físico - mecánicas de las maderas nacionales proveniente de plantaciones de rápido crecimiento.

E. grandis 18 años: el duramen no corresponde a madera adulta. El material de la posición cercana a médula es madera juvenil en su totalidad, mientras que la posición más alejada de la médula (cercana a la corteza) es madera de transición (O'Neill, 2005 a, b; Doldán y Böthig, 2002; Doldán 2003).





Objetivo general

- Reunir la información más relevante generada acerca de la durabilidad natural y adquirida de la madera nacional de *E. grandis* proveniente del litoral y noreste del país.

Objetivos específicos

- Estudiar la durabilidad en función de la procedencia de la madera (sitio de plantación) y del tipo de tejido (cercano a la médula y a la corteza). (plantaciones 16 años de Sitio I, Rivera: Noroeste; Sitio II Río Negro, plantaciones 16 años, 12 años durabilidad adquirida)
- Aportar información de madera nacional de álamo (*Populus deltoides x euroamericana* cv I 214) y de pino (*P. taeda*) usadas como material de referencia para los ensayos.



METODOLOGIA.

Ensayos	Norma/ Método	Dimensión de probetas (mm)	Tipo de exposición/ posición de estacas probetas	Condiciones ambientales
Pudrición blanda	AWPA E23	3x14x150	enterrada/horizontal	T=(28± 1)°C HR=(70± 5)%
Deterioro por hongos basidiomicetes	EN 113	25 x 15 x 50	-	T=(22±2)°C HR=(70±5)%.
Resistencia frente a termites	EN118 Madera sin tratar	40x10x100	Test “sin elección”	T=(26 ±2)°C HR=(70±5)%.
	EN117 Madera tratada	25 x 15 x 50	Test “sin elección”	



METODOLOGIA.

Ensayos	Norma/ Método	Dimensión de probetas (mm)	Tipo de exposición/ posición de estacas	Condiciones ambientales
Estacas enterradas (durabilidad natural y adquirida).	AWPA E7-13 EN 252	25x50x500 30x30x400	enterrada/vertical	Intemperie, no controladas
Doble capa	AWPA E25	25x50x500	Proximidad al suelo/horizontal	Intemperie , no controladas

Sitio de instalación: Predio del LATU.

• Latitud sur-34,88° y longitud oeste -56,07°, suelo de textura franco arenosa, actividad de termites comprobada y de acuerdo al régimen de precipitaciones y a la temperatura media mensual desde 2002 a 2013 (INIA, 2016), el índice de Scheffer promedio correspondió 47, indicando riesgo de deterioro alto (Lebow, y Highley, 2008; AWPA U-13).



RESULTADOS

Durabilidad natural - Ensayos de laboratorio – basidiomicetes EN 113



E. grandis (izq), *P. deltooides* cvI214 (der) frente a *G. trabeum*.

- En forma global la madera juvenil se comportó como “poco durable” mientras que la de transición como “medianamente durable”

- No se encontró efecto de sitio.

- No se establecieron diferencias significativas entre ambos orígenes de la madera, tanto en el deterioro por *T. versicolor* como por *G. trabeum* ($P \leq 0.05$, dos colas $\alpha = 0.05$).



RESULTADOS

Durabilidad natural - Ensayos de laboratorio – basidiomicetes EN 113

Clase de durabilidad según EN350-1

		A	C*
<i>T. versicolor</i>	Sitio I	Poco durable	Moderadamente durable
	Sitio II		durable
	Albura	No durable	
<i>G. trabeum</i>	Sitio I	Moderadamente durable	Durable
	Sitio II		
	Albura	“Durable - Muy durable”	

*Diferencias estadísticamente significativas entre madera juvenil y de transición en un mismo sitio ($P < 0,05$, $\alpha = 0,05$)



Ensayo no validado *S. lacrymans*.



Ensayo validado *G. trabeum*.



RESULTADOS

Durabilidad natural , ensayo de laboratorio (EN 118)



Reticulitermes flavipes



- El duramen de *E. grandis* resultó “sensible” a termites EN350-1.

- Clasificación de los daños entre 2 y 4 y un valor medio de 3,6.

- La procedencia de la madera no influyó en el grado de ataque así como tampoco el tipo de leño (juvenil o transición) (Böthig *et al.*, 2008).

- La albura de *E. grandis* también fue clasificada como “sensible” a este agente.

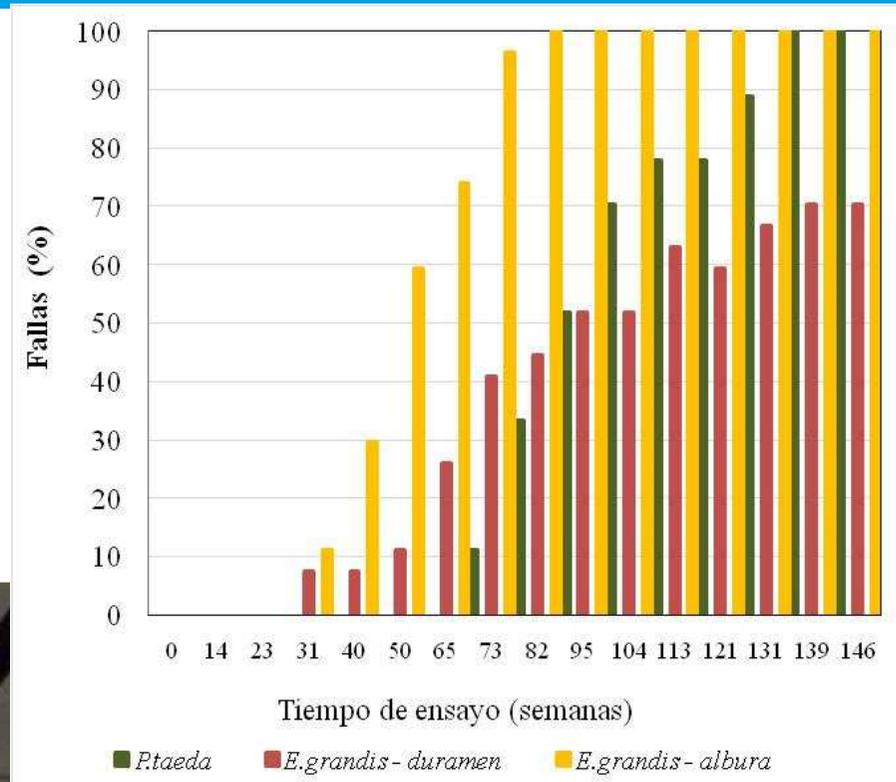




RESULTADOS

Durabilidad natural. Ensayos de laboratorio; pudrición blanda : (AWPA E23).

- Luego de 19 meses (82 semanas) de ensayo se constató se alcanzó un 100% de fallas en la albura, 44% en duramen y 33% de pino.
- Las pérdidas de masa promedio de las fallas 25,8%, 21,9% y 19,3% respectivamente.



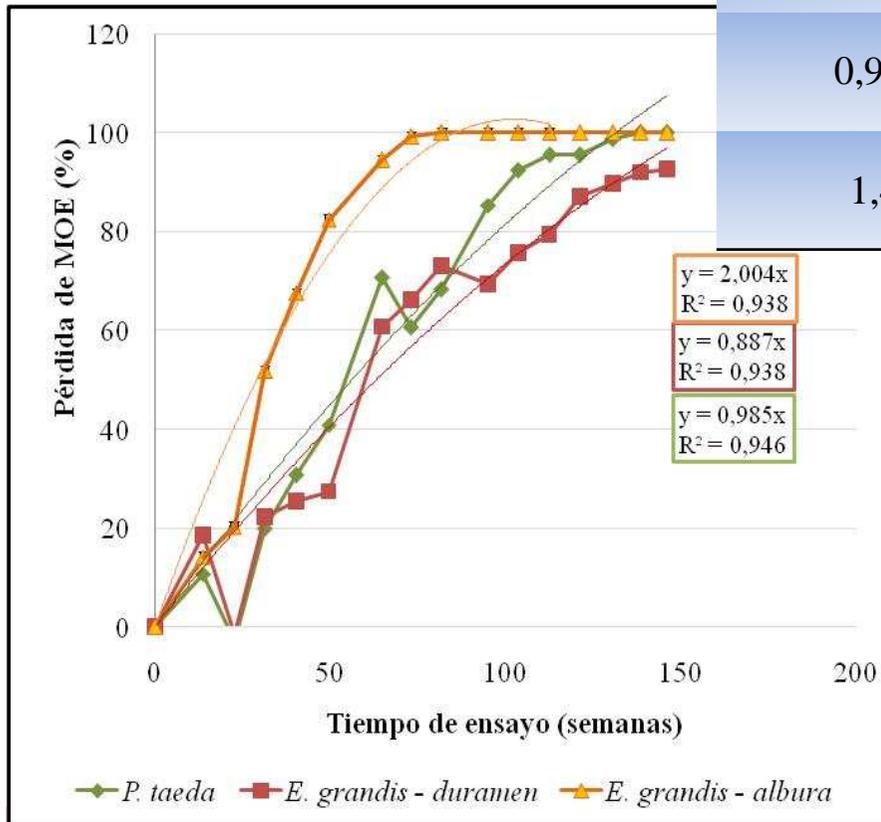


RESULTADOS

Durabilidad natural-Ensayos de laboratorio; pudrición blanda. (AWPA E23).

Indice de durabilidad

Pérdida de MOE relativa E.g/ P.t Promedio (desviación estándar)	Pérdida de MOE a 82 semanas (%)	MOE inicial (MPa)	
1	68	2994	<i>P. taeda</i>
0,93(0,25)	73	5727	Duramen <i>E. grandis</i>
1,4 (2,3)	100	5395	Albura <i>E. grandis</i>



•El duramen y la albura de *E. grandis* fueron clasificados como “no durable” frente al ataque de hongos de pudrición blanda.



RESULTADOS

Durabilidad natural. Ensayos de campo “cementerio de estacas”. (EN252, AWPAE7)



-A partir de los 33 meses se observó ataque de termites en madera de ambos sitios (sólo en duramen *E. grandis*).
-El índice de condición a los 112 meses para los sitios I y II fue 0,3 y 0,5 (EN252)

<i>P. deltoides</i> cv. I214	<i>E. grandis</i>				112 meses de ensayo
	Vida media de las estacas				
	C Sitio I	A Sitio I	C Sitio I	A Sitio I	Promedio (mes)
35,2	73	70	66	64	Mínimo (mes)
17,4	24	44	32	32	Máximo (mes)
69,2	112	112	112	90	Relación <i>E.g/P.d</i>
	2,0	2,1	1,9	1,8	

A los 78 meses (6 años),
-falló 100% estacas controles
P.deltoides cv I214

A los 112 meses (9 años):
-4 % de las estacas de *E.grandis* en pie.
-índices de condición por hongos: 4,0 y 3,9 (Sitio I y II, EN 252), sin diferencia entre sitios ni posición A y C. (($P(T \leq t)$ dos colas=0,11, $\alpha=0,05$).

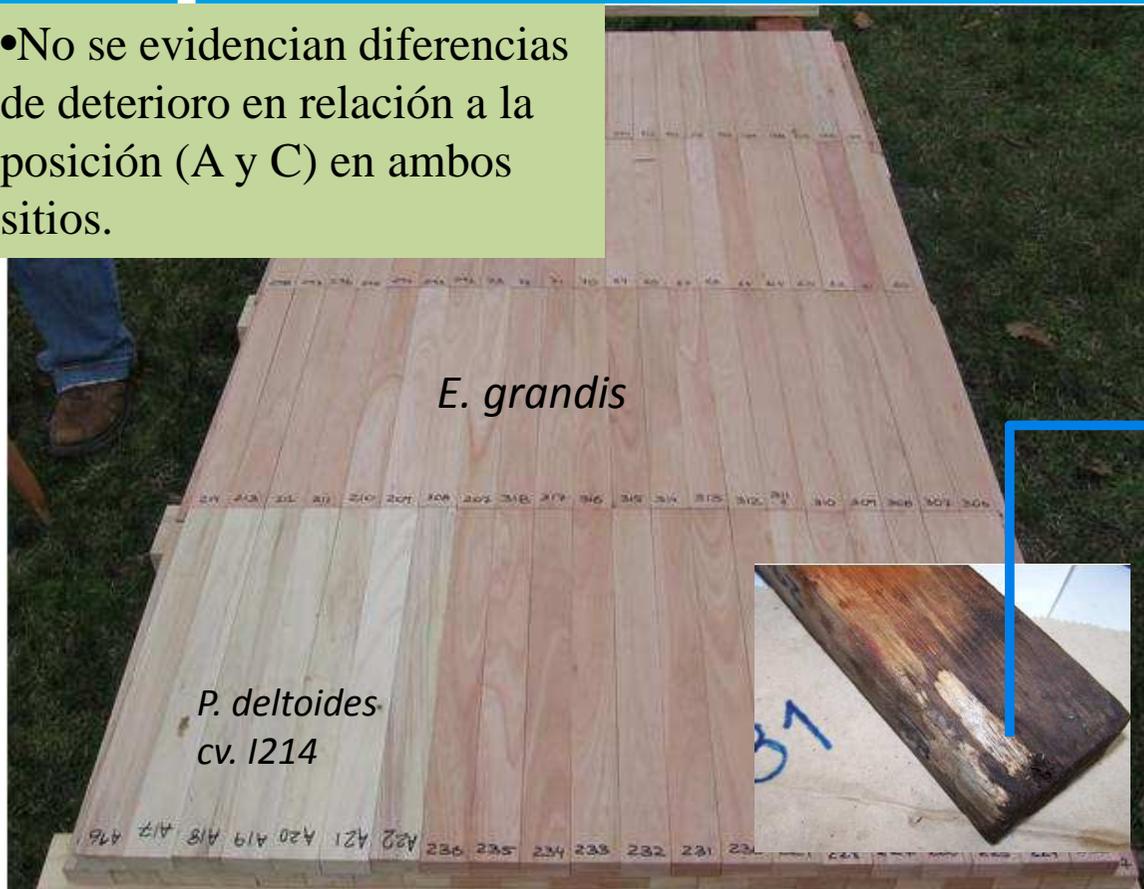
-90% daños por pudrición blanca.



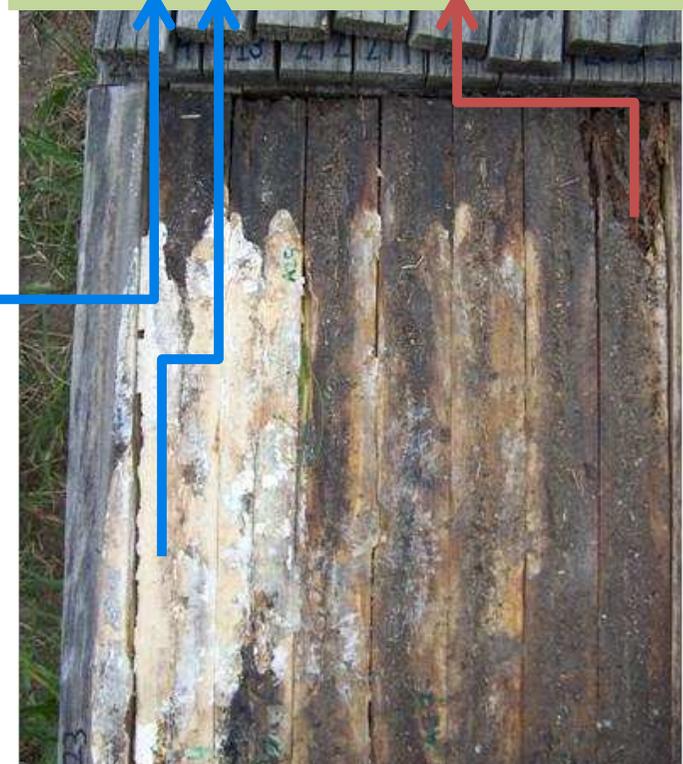
RESULTADOS

Durabilidad natural. Ensayos de campo : deck

- No se evidencian diferencias de deterioro en relación a la posición (A y C) en ambos sitios.



- Sólo se detectó pudrición blanca en *E. grandis* y en *Populus deltoides* cv I214, blanca, parda y blanda.



- AWPA E25. El deterioro fue mayor en la capa inferior (trampa de humedad).
- para ambos sitios la inferior presentó calificación ~4, la superior ~ 6. ($p \leq 0.0001$).
- no se registraron fallas de estacas de *E. grandis*.

- A los 84 meses fueron detectados daños y rastros de termitas, (en promedio calificados como leves **8** AWPA 7 y **2** EN252). Aleatoriedad espacial y temporal.



RESULTADOS

Durabilidad adquirida. Ensayos de laboratorio- basidiomicetes (EN113)

Hongos de pudrición parda y blanca (EN 113)



P. taeda tratado con ACQ-D
hongo: *Postia placenta*

AWPAU1	Kg/m ³		
	CCA-C	CA-B	ACQ-D
UC4A	6.4	3.3	4
UC4B	9.6	5	6.4
UC4C	9.6	9.6	9.6

<i>P. taeda</i>			<i>E. grandis</i>			Preservantes Basidiomicetes
ACQ-D	CA-B	CCA-C	ACQ-D	CA-B	CCA-C	
Retenciones efectivas (kg/m ³)						
4,2	3,5	4,0	2,7	2,7	3,0	<i>T.versicolor</i>
2,0	3,5	3,5	2,8	3,5	2,9	<i>G.trabeum</i>
9,1	4,9	6,1				<i>P. placenta</i>
6,3	3,4	4,1				<i>C.puteana</i>
9,1	4,9	6,1	2,8	3,5	3,0	Global (kg/m ³)



E. grandis tratado con CA-B hongo: *Trametes versicolor*

1319



RESULTADOS

Durabilidad adquirida ENSAYOS DE LABORATORIO- termites (EN117)



E. grandis CA-B

P. taeda ACQ-D



P. deltoides cv I 214 (control)

Reticulitermes flavipes

- Las retenciones obtenidas para *Pinus taeda* fueron mayores que las especificadas para esta clase

Preservantes	<i>E. grandis</i>			<i>P. taeda</i>		
	CCA-C	CA-B	ACQ-D	CCA-C	CA-B	ACQ-D
<i>R. flavipes</i>						
Retenciones (kg/m ³)						
Límite superior del umbral	3,2	7,3	8,3	6,6	6,2	7,8



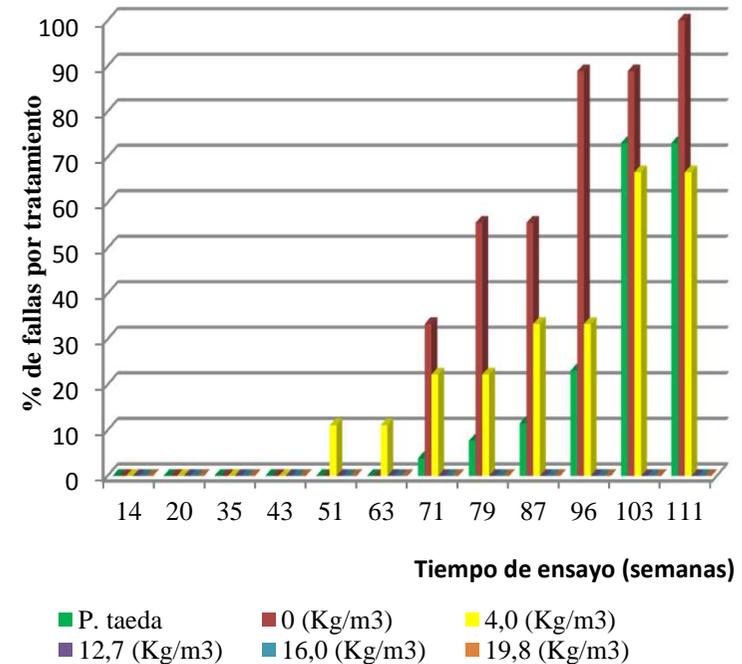
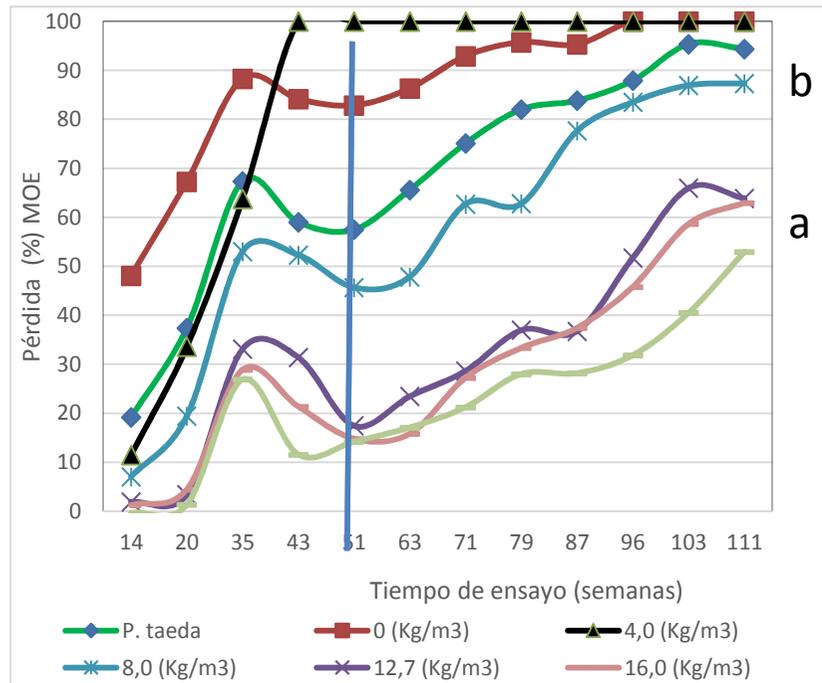
AWPAU1	Kg/m ³		
	CCA-C	CA-B	ACQ-D
UC4A	6.4	3.3	4
UC4B	9.6	5	6.4
UC4C	9.6	9.6	9.6



RESULTADOS

Durabilidad adquirida ENSAYOS DE LABORATORIO Pudricion blanda (AWPAE23).

Evaluación de pudrición blanda en madera tratada con CCA-C.



Se establecieron diferencias significativas entre tratamientos, ANOVA (g.1 6 F=31.7, $p < 0.0001$) y prueba de Tuckey ($\alpha = 0.05$). A las 50 semanas: 10 a 20% de pérdida de MOE, con calificación 10 "sana" en los niveles por encima de 12.7

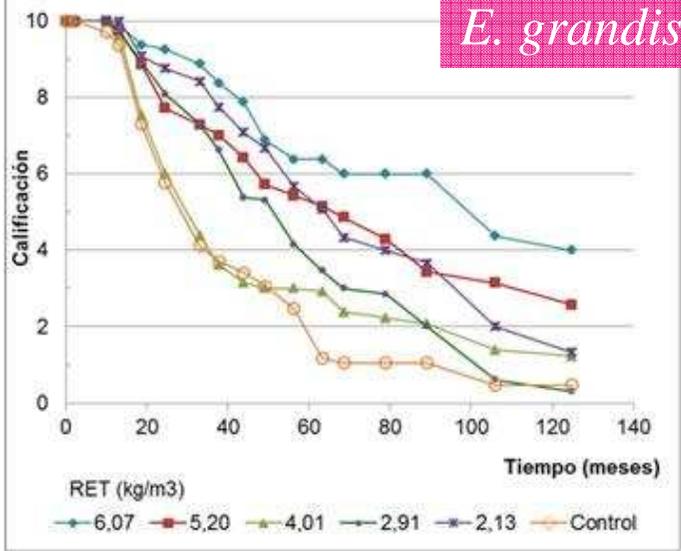
Retenciones hasta 8 kg/m³ fueron ineficaces frente a pudrición blanda
Retenciones de 12,7 a 19,8 kg/m³ presentaron mejor desempeño, pero no suficiente para mantener resistencia frente a pudrición blanda



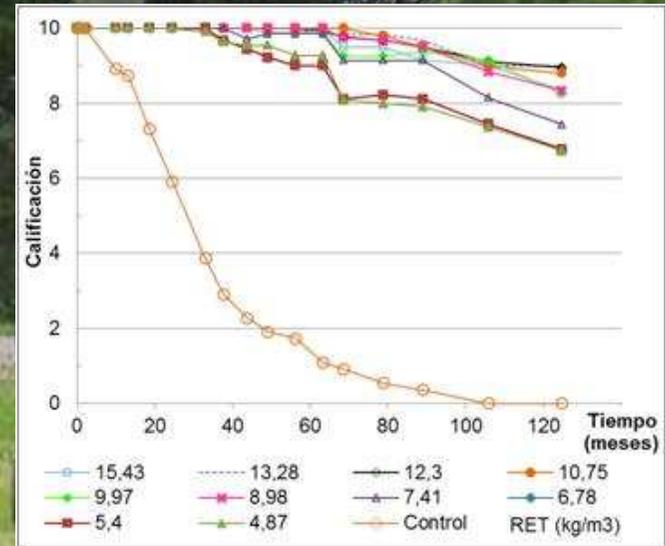
RESULTADOS

Durabilidad adquirida ENSAYOS DE CAMPO- estacas enterradas (EN252, AWPA 7.)

E. grandis



Pinus spp. Índice de condición media a los 11.4 años: 7,5 para retenciones ≥ 6.8 kg/m³



E. grandis a los 5 años de ensayo el grupo de retención de 6,1 kg/m³ ya tenía condición por debajo de 7.

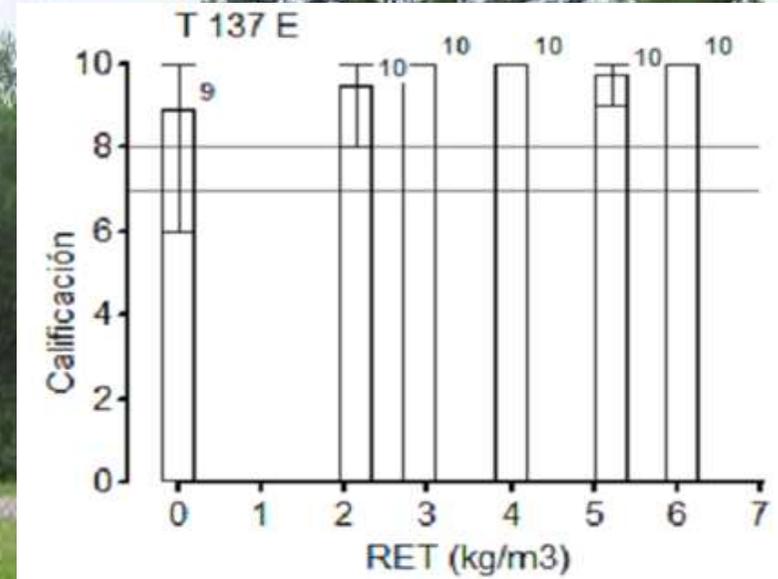
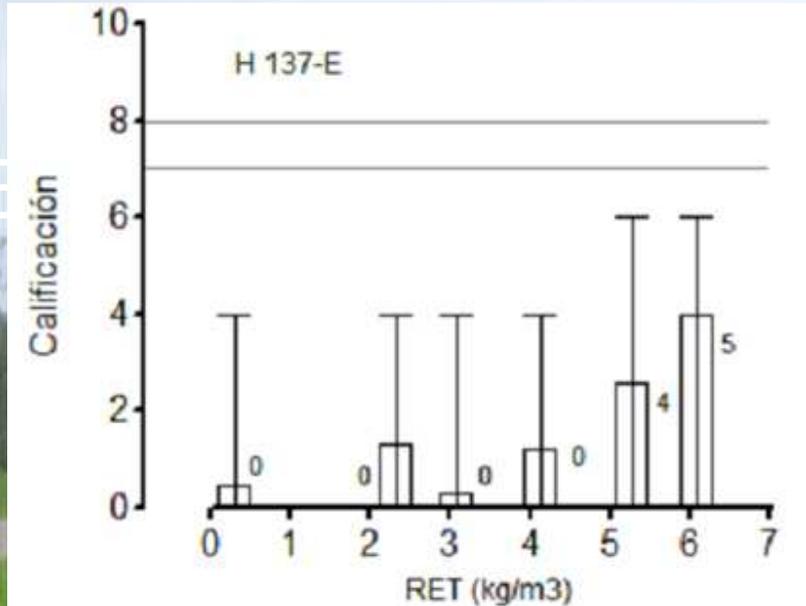
Pinus spp.





RESULTADOS

Durabilidad adquirida, ENSAYOS DE campo (EN252, AWPA 7).



Índice de condición de daño por termites en relación al de hongos fue mejor (medias y medianas mayores a 8).





CONCLUSIONES

Durabilidad natural

- El duramen de *E. grandis* proveniente de plantaciones de 16 años de Uruguay se clasificó como:
 - “moderadamente durable” a “poco durable” frente a hongos basidiomicetes en laboratorio y en campo
 - “poco durable” frente a hongos de pudrición blanda
 - “sensible” frente al ataque de termitas *Reticulitermes flavipes*
- no se detectaron diferencias entre distintos sitios,
- Mayor susceptibilidad de la madera juvenil a hongos basidiomicetes.
- menor susceptibilidad a pudrición cúbica que a pudrición blanca.



CONCLUSIONES

Durabilidad adquirida

- Madera de *E. grandis* tratado con CCA-C:

- En laboratorio:

- suficientes las retenciones 3,2 kg/m³ (hongos basidiomicetes y termites).

- Retenciones hasta 8 kg/m³ fueron ineficaces frente a pudrición blanda

- Retenciones de 12,7 a 19,8 kg/m³ presentaron mejor desempeño, pero no pareció suficiente para mantener resistencia frente a pudrición blanda

Se verificará desempeño evaluando mayores niveles de impregnación y especímenes de pino a las mismas retenciones

- En campo:

estacas hasta 6,1 kg/m³ no superaron los 5 años con integridad estructural (calificación mayor a 7).



CONCLUSIONES

Durabilidad adquirida

Madera de *E. grandis* tratado con ACQ-D y CA-B

ACQ-D:

Retención efectiva - basidiomicetes 2,8 kg/m³

umbral de eficacia - termites 7,1- 8,3 kg/m³

CA-B:

Retención efectiva - basidiomicetes 3,5 kg/m³

umbral de eficacia - termites 5,8 -7,3 kg/m³

Termites - agentes limitante

Pudrición blanda?

Ensayos de campo en contacto directo o proximidad con el suelo.



Madera de pino tratado:

CA-B

límite de toxicidad de basidiomicetes $4,9 \text{ kg/ m}^3 > \text{UC4B AWPA}$

Retenciones efectivas Termites $> \text{UC4A y UC4B}$

ACQ-D

límite de toxicidad de basidiomicetes $9,1 \text{ kg/ m}^3 > \text{UC4A y UC4B AWPA}$

Retenciones efectivas Termites $> \text{UC4A y UC4B}$

CCA-C

retención de $6,8 \text{ kg/m}^3$ mantiene condición estructural a los 11,4 años

Pudricion blanda: Determinación del MOE vs Evaluación visual,
Desfasaje en percepción de pérdida de resistencia por evaluación visual.

Estos resultados significan un aporte a la estandarización de la impregnación de maderas en Uruguay y sustitución selectiva de CCA-C

Muchas gracias



Alicia Sánchez Figueredo

Investigador
Gerencia I+D+I

Correo electrónico
asanchez@latu.org.uy