

# 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

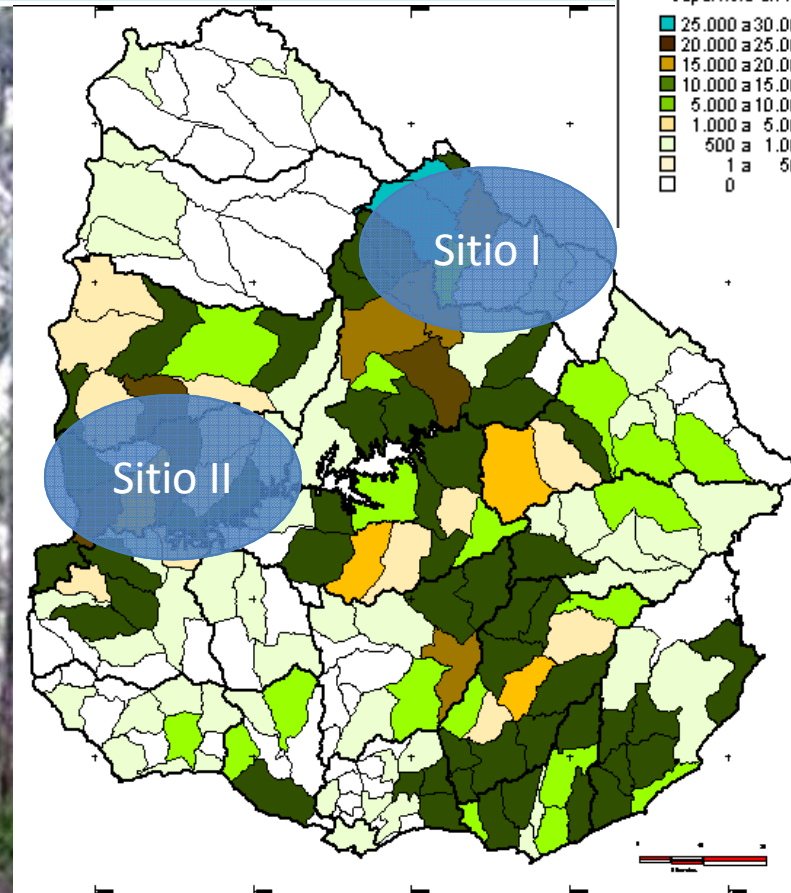
6-12-2016 Colonia del Sacramento, URUGUAY



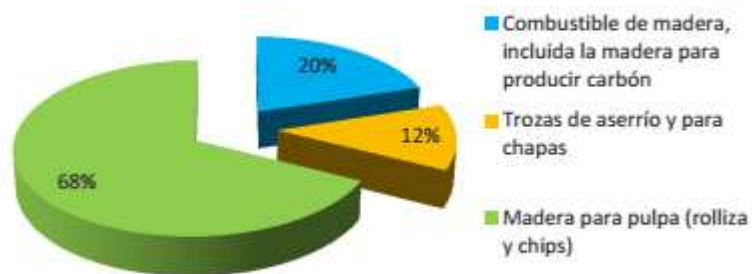
# INTRODUCCIÓN



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





## METODOLOGIA.

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





*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).

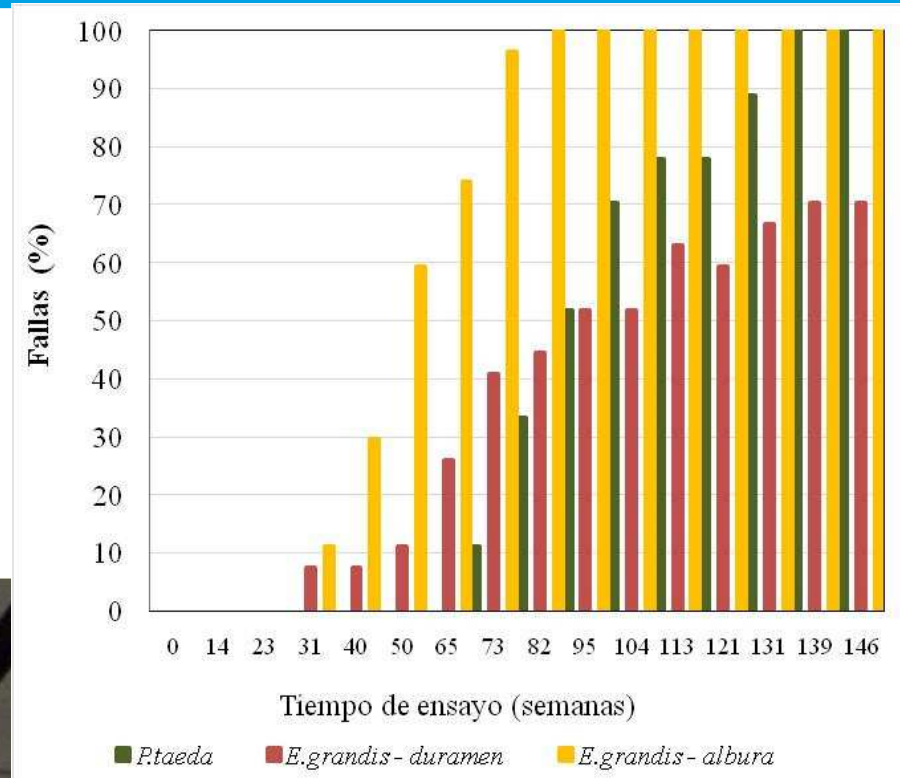
- La albura de *E. grandis* también fue clasificada como “sensible” a este agente.



# 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.



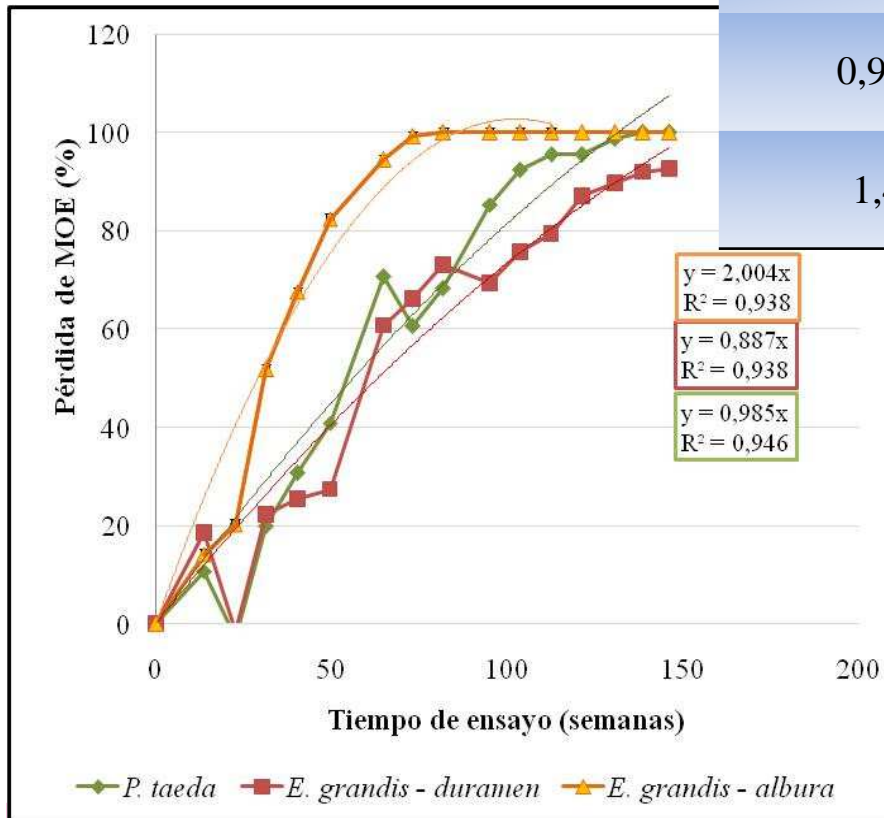


# RESULTADOS

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<br><i>E. grandis</i> |
| 1,4 (2,3)   | 100                             | 5395              | Albura<br><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. deltooides</i><br>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> |
|                                  | <b>2,0</b>                | <b>2,1</b> | <b>1,9</b> | <b>1,8</b> |                         |

A los 78 meses (6 años),  
-falló 100% estacas controles  
*P.deltooides* 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.

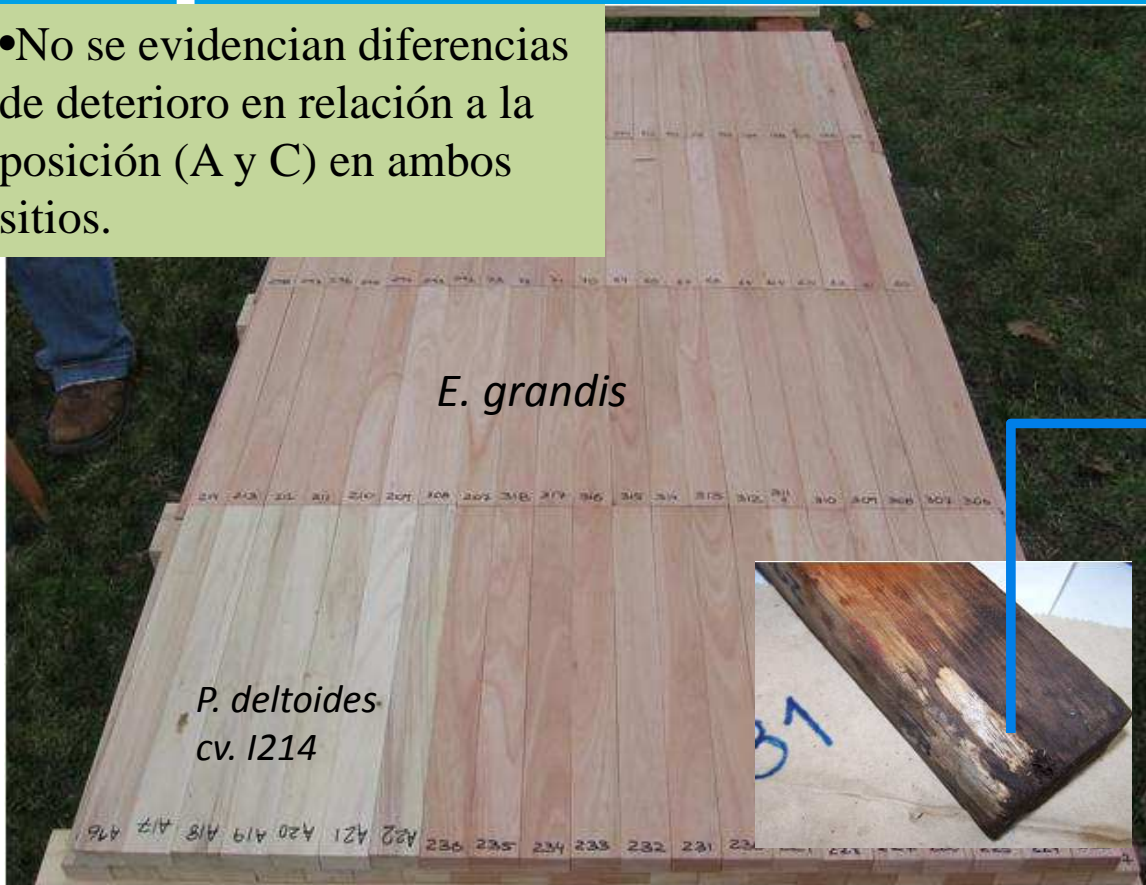




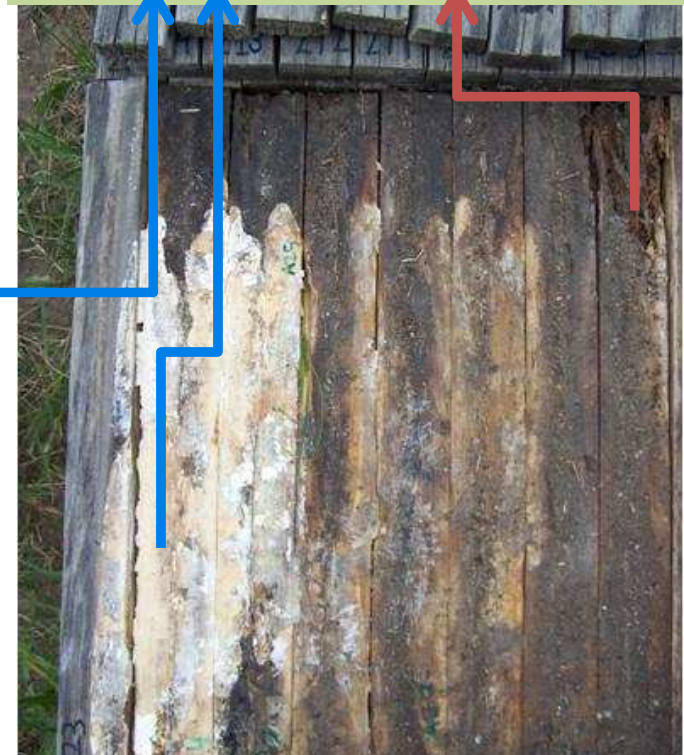
## RESULTADOS

### 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 termites, (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 <sup>3</sup> |      |       |
|--------|-------------------|------|-------|
|        | 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<br>Basidiomicetes |
|--|------|-------|-------------------|------|-------|--------------------------------|
| ACQ-D                                      | CA-B | CCA-C | ACQ-D             | CA-B | CCA-C |                                |
| Retenciones efectivas (kg/m <sup>3</sup> ) |      |       |                   |      |       |                                |
| 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 <sup>3</sup> )    |



*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 <sup>3</sup> ) |                   |      |       |                 |      |       |
| Límite superior del umbral       | 3,2               | 7,3  | 8,3   | 6,6             | 6,2  | 7,8   |



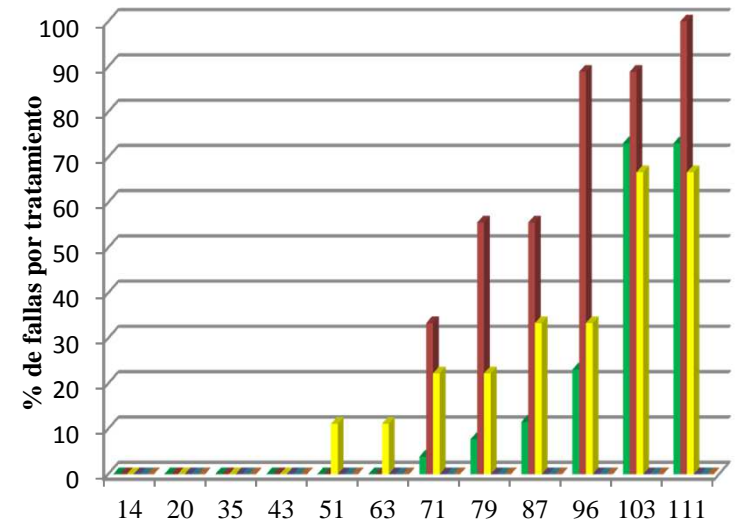
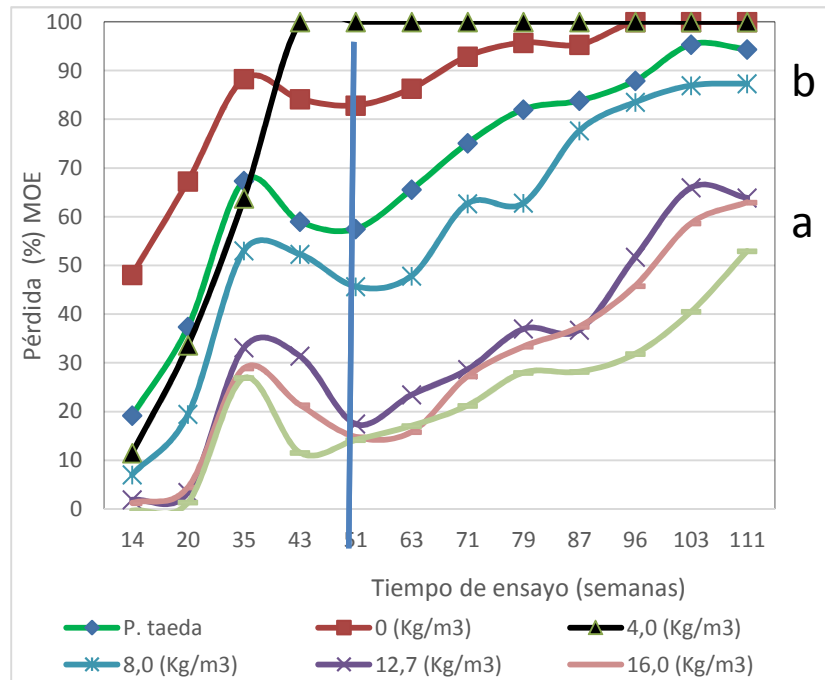
| AWPAU1 | Kg/m <sup>3</sup> |      |       |
|--------|-------------------|------|-------|
|        | CCA-C             | CA-B | ACQ-D |
| UC4A   | 6.4               | 3.3  | 4     |
| UC4B   | 9.6               | 5    | 6.4   |
| UC4C   | 9.6               | 9.6  | 9.6   |



# 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/m<sup>3</sup> fueron ineficaces frente a pudrición blanda  
Retenciones de 12,7 a 19,8 kg/m<sup>3</sup> presentaron mejor desempeño, pero no suficiente para mantener resistencia frente a pudrición blanda

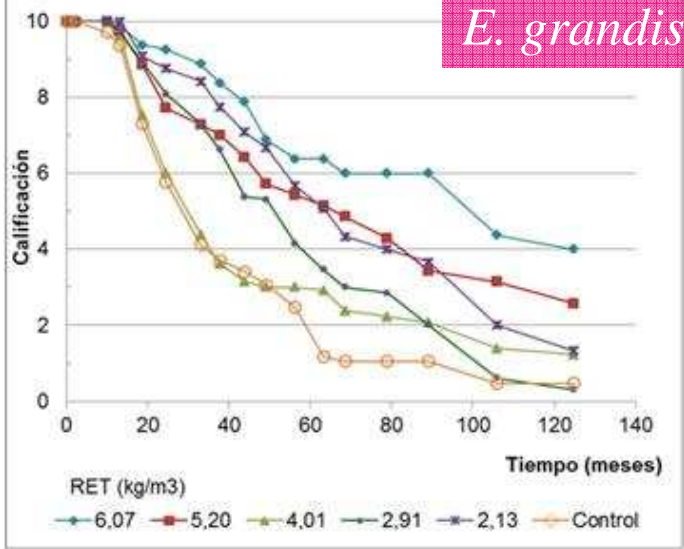




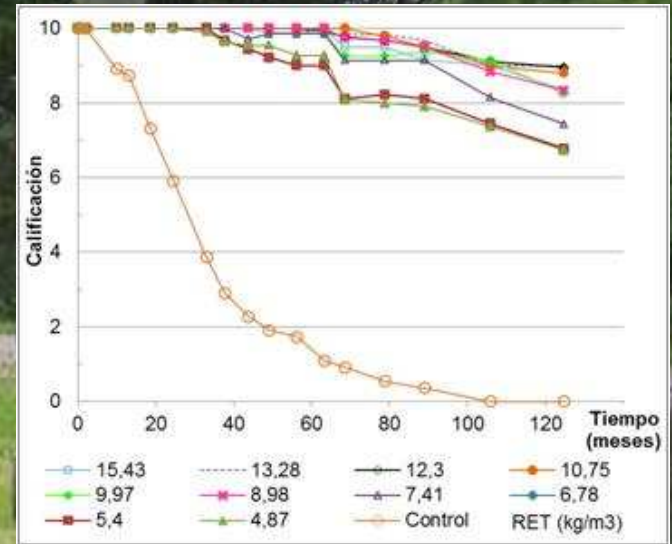
# RESULTADOS

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  $\geq 6.8 \text{ kg/m}^3$



*E. grandis* a los 5 años de ensayo el grupo de retención de  $6,1 \text{ kg/m}^3$  ya tenía condición por debajo de 7.

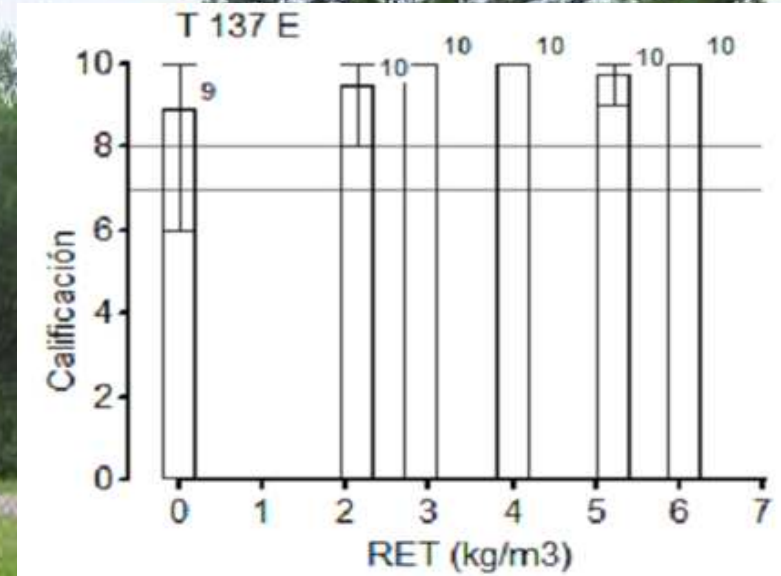
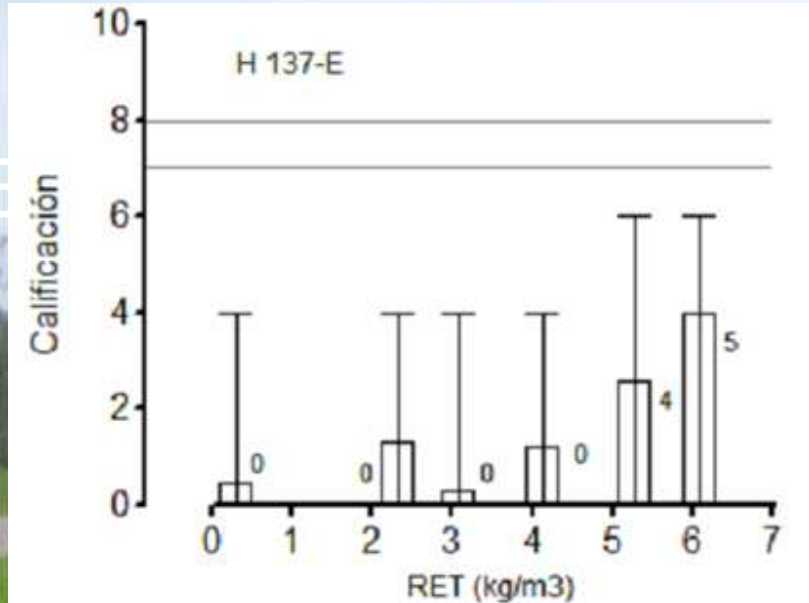
*Pinus spp.*





# 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/m<sup>3</sup> (hongos basidiomicetes y termites).

- Retenciones hasta 8 kg/m<sup>3</sup> fueron ineficaces frente a pudrición blanda

- Retenciones de 12,7 a 19,8 kg/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup>

umbral de eficacia - termites 7,1- 8,3 kg/m<sup>3</sup>

CA-B:

Retención efectiva - basidiomicetes 3,5 kg/m<sup>3</sup>

umbral de eficacia - termites 5,8 -7,3 kg/m<sup>3</sup>

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](mailto:asanchez@latu.org.uy)