

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE ESPECIES Y ORÍGENES DE
EUCALYPTUS POR TOLERANCIA A LAS HELADAS EN EL
LITORAL OESTE DE URUGUAY**

por

Martín Leandro URANGA PRIORE

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2009**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Rafael Escudero

Ing. Agr. Oscar Bentancur

Ing. Agr. Carlos Mantero

Fecha: -----
4 de mayo de 2009

Autor: -----
Martín Leandro Uranga Priore

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, hermana, abuelo, Jimena y todo el resto de mi familia,
.....
amigos y compañeros (incluyendo a la bibliotecóloga Miriam). Y a esos
.....
atardeceres sanluisenños que me hacían escapar de la locura citadina.
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

DEDICATORIA

Para un gran profesor como lo fue José “Pepe” García De León.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS HELADAS EN URUGUAY.....	3
2.2 DAÑOS PRODUCIDOS POR LAS BAJAS TEMPERATURAS.....	5
2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA SUCEPTIBILIDAD DE LAS PLANTAS A SER DAÑADAS POR EL FRÍO.....	6
2.2.1 <u>Factores ambientales</u>	6
2.2.1.1 Topografía.....	6
2.2.1.2 Preparación del sitio.....	7
2.2.1.3 Orientación de las laderas.....	7
2.2.1.4 Fertilización.....	8
2.2.1.5 Exposición al viento.....	8
2.3.2 <u>Factores propios de las heladas</u>	8
2.3.2.1 Duración e intensidad de la helada.....	9
2.3.2.2 Evolución diaria la temperatura.....	9
2.3.2.3 Evolución estacional de la temperatura.....	10
2.3.3 <u>Características propias de las plantas</u>	10
2.3.3.1 Edad y desarrollo alcanzado.....	10
2.3.3.2 La lignificación.....	11
2.3.3.3 Estado fisiológico.....	11
2.3.3.4 Genéticos.....	11
2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA, ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN NATURAL Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES EVALUADAS.....	13
2.5 COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES ENSAYADAS EN OTRAS PARTES DEL MUNDO.....	19
2.6 COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES ENSAYADAS EN NUESTRO PAÍS.....	19
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	21
3.1 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	21
3.2 MEDICIONES.....	24
3.3 ANÁLISIS ESTÁDÍSTICO.....	32
4. <u>RESULTADOS</u>	34
4.1 OCURRENCIA DE HELADAS EN EL INVIERNO DEL 2005.....	34
4.2 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.....	35

4.2.1 <u>Evaluación del daño por frío</u>	35
4.2.2 <u>Evaluación del crecimiento</u>	35
4.2.2.1 <u>Sobrevivencia</u>	35
4.2.2.2 <u>Diámetro a la altura del pecho (DAP)</u>	37
4.2.2.2 <u>Altura</u>	39
4.2.2.3 <u>Volumen aparente individual (por árbol)</u>	40
4.2.2.4 <u>Volumen aparente por hectárea</u>	42
4.2.2.5 <u>Defectos graves de crecimiento</u>	46
4.2.3 <u>Evaluación sanitaria</u>	48
4.2.3.1 <u>Defoliación</u>	48
4.2.3.2 <u>Decoloración</u>	50
4.2.3.3 <u>Estado sanitario del fuste</u>	53
4.2.4 <u>Asociación entre variables</u>	56
4.2.4.1 <u>Correlaciones entre todas las variables analizadas</u>	56
4.2.4.2 <u>Asociación de las variables estudiadas con la latitud y altitud de los orígenes de las especies probadas</u>	57
5. <u>DISCUSIÓN</u>	62
5.1 <u>CARACTERISTICAS DEL INVIERNO DEL 2005</u>	62
5.2 <u>EFFECTOS SOBRE EL CRECIMIENTO</u>	63
5.2.1 <u>Sitio</u>	63
5.2.2 <u>Especie</u>	63
5.2.3 <u>Origen dentro de la especie</u>	64
5.2.4 <u>Interacción genotipo x ambiente</u>	65
5.3 <u>EFFECTOS SOBRE LA SANIDAD</u>	66
5.3.1 <u>Sitios</u>	66
5.3.2 <u>Especie</u>	66
5.3.3 <u>Orígenes dentro de la especie</u>	67
6. <u>CONCLUSIONES</u>	69
7. <u>RESUMEN</u>	71
8. <u>SUMMARY</u>	72
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	73

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Riesgo relativo de heladas según diferentes formas topográficas.....	7
2.	Requerimientos climáticos de las especies ensayadas.....	18
3.	Características de los sitios donde se instalaron los ensayos.....	21
4.	Materiales utilizados en los ensayos.....	23
5.	Escala de daño producido por heladas.....	24
6.	Sensores de la estación meteorológica Delta-T instalada en Algorta.....	25
7.	Variables de análisis.....	25
8.	Escala de nivel de defoliación.....	26
9.	Escala de nivel de coloración.....	26
10.	Escala de estado sanitario del fuste.....	30
11.	Efecto de la especie sobre la sobrevivencia.....	36
12.	Efecto de los tratamientos sobre la sobrevivencia.....	36
13.	Efecto de los sitios para la variable DAP.....	37
14.	Efecto de la especie sobre la variable DAP.....	37
15.	Efecto de los tratamientos sobre la variable DAP.....	38
16.	Efecto de la especie para la variable altura.....	39
17.	Efecto de los tratamientos sobre la variable altura.....	40
18.	Efecto de la especie para la variable volumen individual aparente.....	41
19.	Efecto de los tratamientos sobre la variable volumen individual aparente...	41
20.	Efecto de la especie para la variable volumen aparente por hectárea.....	42
21.	Proporción estimada de defectos graves según especie.....	46
22.	Efecto de los tratamientos sobre los defectos graves.....	47
23.	Puntaje medio de defoliación según especie.....	48
24.	Efecto de los tratamientos sobre el nivel de defoliación.....	50
25.	Proporción de árboles dentro de cada especie con algún tipo de decoloración.....	51
26.	Proporción de árboles dentro de cada tratamiento con algún tipo de decoloración.....	52
27.	Puntaje medio del estado sanitario del fuste según especie.....	54
28.	Efecto de los tratamientos sobre el estado sanitario del fuste.....	55
29.	Correlaciones entre variables utilizando todos los datos.....	56
30.	Correlaciones entre las variables estudiadas y la latitud y altitud.....	58
31.	Correlaciones entre las variables estudiadas y la latitud y altitud para los orígenes de <i>E.benthamii</i>	59
32.	Correlaciones entre las variables estudiadas y la latitud y altitud para los orígenes de <i>E.badjensis</i>	60
33.	Correlaciones entre las variables estudiadas y la latitud y altitud para los	

orígenes de <i>E.smithii</i>	61
------------------------------------	----

Figura No.

1. Distribución natural de la especie <i>E.badjensis</i>	13
2. Distribución natural de la especie <i>E.benthamii</i>	15
3. Distribución natural de la especie <i>E.smithii</i>	16
4. Distribución natural de la especie <i>E.dunnii</i>	17
5. Distribución natural de la especie <i>E.grandis</i>	18
6. Vista general de uno de los ensayos (Guichón).....	27
7. Comparación del color del follaje entre la especie <i>E.benthamii</i> (derecha) y el testigo de <i>E.grandis</i> (izquierda).....	28
8. Defoliación sufrida por <i>E.benthamii</i> a causa de <i>Thaumastocoris</i>	29
9. Decoloración sufrida por <i>E.smithii</i> a causa de <i>Thaumastocoris</i>	30
10. Fuste de <i>E.badjensis</i> con presencia de exudaciones de quino.....	31

Gráfico No.

1. Evolución de las temperaturas mínimas durante el invierno de 2005.....	33
2. Supervivencia promedio en función del sitio.....	34
3. Volumen aparente por hectárea de los orígenes de <i>E.benthamii</i> y los testigos según sitio.....	42
4. Volumen aparente por hectárea según sitio para los orígenes de <i>E.badjensis</i>	43
5. Volumen aparente por hectárea según sitio para los orígenes de <i>E.smithii</i> ...	44
6. Distribución de probabilidades de defoliación para cada especie.....	48
7. Proporción de árboles de cada especie según tipo de defoliación.....	52
8. Distribución de probabilidades del estado sanitario del fuste para cada especie.....	53

1. INTRODUCCIÓN

Desde la aprobación de la segunda ley forestal (ley No. 15.939) en el año 1987, las plantaciones forestales en Uruguay pasaron de 88.500 a 950.664 ha en el 2007. De éstas, 676.096 (71%) están forestadas con el genero *Eucalyptus*, principalmente *E.globulus* y *E. grandis* (URUGUAY. MGAP. DGF, 2008).

La elección de las especies apropiadas para plantar en un determinado sitio, es una de las etapas más importantes en el establecimiento de una plantación. Los principales factores que determinan la adaptabilidad y el crecimiento de las diferentes especies en un sitio, son el clima y el suelo. El suelo es fundamental en el crecimiento pero secundario desde el punto de vista de la adaptación. Dentro del clima, los factores que definen la adaptabilidad son las precipitaciones y la temperatura del aire. De ésta última importan principalmente las medias anuales, la distribución a lo largo del año, y las temperaturas extremas, particularmente las temperaturas mínimas ya que, para las especies forestales plantadas comercialmente en nuestro país, pueden llegar a matar toda o parte de las plantas.

En Uruguay son frecuentes las heladas en los meses de invierno, y en ocasiones en primavera y otoño, las cuales limitan seriamente la adaptación de numerosas especies, y hacen que la elección de la más adecuada tenga gran importancia en el éxito de la forestación (Balmelli, 1993).

Tanto *E. globulus* como *E. grandis* son especies sensibles a las bajas temperaturas (Prado, 1991), siendo ésta, en años de ocurrencias de heladas severas, la principal causa del fracaso de una plantación durante la etapa de establecimiento. Otras veces no llegan a provocar el fracaso total de la plantación, pero si afectan a un alto número de plantas, el silvicultor deberá tomar la decisión si dejar crecer a las que resistieron el frío (aunque en muchas se evidencien daños graves tales como muerte apical o deformación), o eliminar las remanentes y reforestar el área.

La pobre resistencia a las bajas temperaturas, es el factor mas importante que limita el rango ecológico de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* (Tibbits et al. 1991, Gutiérrez et al. 2002).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la adaptabilidad y crecimiento de distintas especies de *Eucalyptus* por tolerancia al frío en dos sitios del litoral oeste del país. Como objetivos específicos se plantearon los siguientes:

1. Evaluar la productividad de las 5 especies utilizadas en el ensayo.
2. Determinar dentro de cada especie (3), qué orígenes tienen mejor comportamiento productivo y sanitario
3. Analizar el efecto sitio sobre las especies y orígenes.
4. Estudiar la relación entre variables que determinan la adaptabilidad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS HELADAS EN URUGUAY

Desde el punto de vista meteorológico el termino helada se define como la reducción de la temperatura de aire (medida a 1.5m de altura) a un valor igual o menor que el punto de congelamiento del agua (0° C a temperatura ordinaria) (UDELAR (URUGUAY). Facultad de Agronomía, 1996).

Una segunda definición asocia la ocurrencia de heladas con temperaturas menores o iguales a 0° C medidas a 5cm de la superficie del suelo; a éstas se les denomina heladas agro meteorológicas.

-Tipos de heladas

Existen tres tipos de heladas según su origen; heladas por advección, las cuales se producen por entrada de masas de aire frío (polares y subpolares continentales); sus efectos abarcan grandes extensiones. Usualmente están acompañadas de vientos fuertes y pronunciadas bajadas de temperatura durante la noche y también durante el día, provocando mayores daños en las partes altas.

Las heladas por radiación, son de carácter local y se producen por la pérdida de calor desde la superficie del suelo a las capas superiores de la atmósfera, causando los mayores daños en las zonas bajas. Son las más comunes en el Uruguay y ocurren normalmente en noches sin viento y cielo despejado. El cielo despejado (sin nubes) por la noche incrementa la probabilidad de ocurrencia de helada ya que se favorece la pérdida de radiación de onda larga. El viento reduce la probabilidad de ocurrencia de heladas por radiación, en la medida que causa la mezcla de aire de distintas capas impidiendo la estratificación del aire más frío sobre la superficie.

La intensidad del enfriamiento está regulada por el grado de saturación de la atmósfera con vapor de agua ya que este absorbe parte de la radiación de onda larga emitida por la Tierra, por tanto se pierde menos energía. Además, al aumentar el contenido de vapor de agua, el punto de saturación al cual comienza el proceso de condensación (punto de rocío), se alcanza más rápido, o sea a temperaturas mayores que si el contenido de humedad del aire fuera menor. En este punto el calor latente es liberado, y el descenso de la temperatura es menor.

Las heladas mixtas son producidas por la combinación de las dos anteriores. Primeramente ocurre el ingreso de una masa de aire frío avanzando sobre el área, y más tarde una caída general de la temperatura acompañada por la ocurrencia de heladas

locales por radiación (Corsi y Genta 1992, UDELAR (URUGUAY). Facultad de Agronomía 1996).

-Valores extremos

La temperatura mínima media mensual varía entre 11,2 y 12,6 °C, para centro y Sur del país respectivamente, pero existen registros mínimos absolutos de -7,9 y -3,5 °C (URUGUAY. MDN. DNM, 1996).

-Número de heladas

El número medio de heladas por año varía entre 15 en las zonas costeras y 30 en el centro del país (Corsi, citado por Balmelli, 1993).

-Período de ocurrencia

Cruz et al. (2000) utilizando información meteorológica de las estaciones de Paysandú, Paso de los Toros, Mercedes, Salto, Durazno Tacuarembó y Young, correspondientes al período 1982-1996, encontraron que la helada otoñal más temprana en promedio, es el 25 de mayo en Durazno, Mercedes y Tacuarembó, mientras que en Salto ocurre el 24 de junio (30 días después).

La fecha media de última helada o primaveral se ubica en el día 2 de setiembre para las localidades de Durazno, Mercedes y Tacuarembó, en tanto que en Salto la fecha media de heladas tardías corresponde al 19 de julio, o sea 45 días antes.

Como resultante de los dos párrafos anteriores, destacan que el periodo medio con heladas evidencia una variación espacial de aproximadamente dos meses y medio, 100 días hacia Durazno y 25 días hacia Salto.

Con una probabilidad de ocurrencia de las heladas otoñales del 10% (el riesgo es que ocurra una vez cada 10 años), la fecha hasta la cual ocurre la primer helada es el 2 de mayo, adelantándose 23 días con respecto a la fecha media en la zona de Durazno, que se sigue mostrando como el polo de mayor riesgo. Considerando un nivel de probabilidad del 20% (el riesgo de que ocurra una vez cada 5 años), la fecha hasta la cual ocurre la primera helada es el 5 de mayo, adelantándose 20 días con respecto a la fecha media, también en la zona de Durazno.

Cuando comparan las fechas con niveles de 10% y 20% de probabilidad, estos autores encontraron que las diferencias entre la zona SE y NW bajo estudio, oscilan entre 5 y 15 días respectivamente.

En las heladas primaverales con una probabilidad del 10%, la fecha a partir de la cual ocurre la última helada es el 1 de octubre, atrasándose 27 días respecto a la fecha media en la zona de Mercedes. Considerando una probabilidad del 20%, la fecha a partir de la cual ocurre la última helada es el 22 de septiembre, atrasándose 20 días con respecto a la fecha media, también en la localidad de Mercedes.

Cuando se compara la fecha de la última helada en los niveles de 10% y 20% de probabilidad, la diferencia es de 10 días hacia el S y hacia el NW de la región delimitada.

Según URUGUAY. MDN. DNM (1982), en el centro-oeste del país, el período libre de heladas es de 300 días. Según Cruz et al. (2000), en los alrededores de Paysandú, en términos promedio, es de 310 días.

2.2 DAÑOS PRODUCIDOS POR LAS BAJAS TEMPERATURAS

El daño ocasionado por las heladas a las plantas, está relacionado al congelamiento del agua que constituye los tejidos vegetales. Este congelamiento altera los elementos anatómicos y los procesos fisiológicos de las plantas. Durante el congelamiento de los tejidos, el agua fluye desde dentro de la célula (intracelular) hacia fuera (espacio extra celular), aumentando la concentración de solutos y en consecuencia baja la temperatura del punto de congelamiento dentro de la célula. En este caso, el posible daño que se ocasione, es indirecto debido a la deshidratación de las células, pudiendo llegar a la muerte cuando el protoplasma no reabsorbe agua una vez que ocurre el descongelamiento.

Cuando la temperatura es tan baja que además se congela el agua intracelular, el aumento del volumen (el agua es el único cuerpo que al congelarse aumenta su volumen) provoca la destrucción mecánica de los componentes celulares, provocando la muerte de los tejidos afectados (Corsi y Genta, 1992).

A nivel de planta, los daños pueden ir desde el cambio de color en las hojas, pasando por la muerte de las hojas y ramas (recuperándose por la brotación de yemas axilares), rajaduras verticales de la corteza hasta la madera, muerte del tallo, en parte o hasta el suelo (recuperándose en caso de los *Eucalyptus* por brotes epicórmicos), malformaciones, hasta la muerte total, incluso de las raíces, sin recuperación (FAO, citado por Balmelli, 1993).

Este autor trabajando con *E.grandis* y *E.globulus ssp.*, encontró que *E.grandis* tuvo mayor porcentaje de malformaciones que *E.globulus ssp.*, lo cual lo atribuyó a que

la primera es más susceptible al frío y utiliza como mecanismo de adaptación, el eficiente rebrote de yemas epicórmicas, lo cual si bien es deseable desde el punto de vista de la sobrevivencia, no lo es del punto de vista de la forma del árbol.

Parte de la explicación de los efectos del frío en eucaliptos está dada por el hábito de crecimiento de esta especie. Los eucaliptos no tienen yemas durmientes anuales, las yemas crecen en forma indeterminada y continuamente mientras las condiciones térmicas sean favorables. No tienen requerimiento de descanso, u horas de frío en invierno. En el Sur de Florida, USA, los eucaliptos crecen en el invierno excepto en períodos extremadamente secos o fríos. El continuo crecimiento maximiza la producción de madera, pero esto también maximiza el riesgo por heladas (Geary et al., 1983).

2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA SUCEPTIBILIDAD DE LAS PLANTAS AL DAÑO POR EL FRÍO

El daño por frío depende de diversos factores y sus interacciones; aquellos se, pueden agrupar en ambientales y propios de las plantas.

2.3.1 Factores ambientales

A nivel regional las heladas son un riesgo, que tienen asociada una probabilidad de ocurrencia. La búsqueda de mayor eficiencia de aprovechamiento de los sitios hace que existan áreas de borde donde se pueden dar daños de heladas importantes, cuando se las evaluó como de baja probabilidad de ocurrencia.

2.3.1.1 Topografía

La topografía de un área ejerce gran influencia en el proceso de enfriamiento nocturno. Las heladas por radiación son menos frecuentes y leves en la parte alta de las colinas y lugares abiertos que en laderas angostas y partes bajas o depresiones (Prado 1991, Corsi y Genta 1992). El aire enfriado ya sea que esté en contacto con el suelo o que esté en contacto con el nivel superior de la cobertura vegetal aumenta su densidad y drena, como todo fluido, hacia niveles más bajos. El drenaje, de débil intensidad, es fácilmente desviado por rugosidades sobre la superficie del suelo. Por tanto, en las concavidades del terreno, frecuentemente bajas y húmedas, los efectos de las heladas son más perjudiciales debido a que se acumula el aire frío (Marcó, 1986).

El ingreso de aire frío y su permanencia en un área, favorece la ocurrencia de heladas (UDELAR (URUGUAY). Facultad de Agronomía, 1996).

Cuadro No. 1: Riesgo relativo de heladas según diferentes formas topográficas

Forma topográfica	Riesgo de heladas
Cima y parte superior de pendientes	El más bajo
Zonas planas y altas	Medio
Áreas amplias y planas	Mayor al promedio
Laderas angostas y con declive	Alto
Parte más baja de una depresión cerrada	El más alto

Fuente: extraído de Corsi y Genta (1992)

2.3.1.2 Preparación del sitio

Se ha demostrado que cuando el suelo está trabajado, libre de cobertura, la incidencia de las heladas sobre las plantas es menor (Marcó, 1986). Al eliminar la vegetación se produce un aumento de la temperatura del aire cerca del suelo, ya que permite el calentamiento de la tierra durante el día y la radiación del calor conservado en el suelo durante la noche, debido a una mayor absorción de energía por parte de ésta. Esto ocurre, siempre que ese laboreo conserve el suelo relativamente compactado (mejor conductividad), de otra forma, el descenso de la temperatura puede ser aún mayor, ya que condiciones de suelos sueltos y secos, reducen la conductividad térmica aumentando la intensidad del enfriamiento del aire sobre la superficie (Prado, 1991).

Las pérdidas de calor por evapotranspiración bajo cobertura vegetal son mayores que en suelo desnudo (UDELAR (URUGUAY). Facultad de Agronomía, 1996). Por otro lado, la vegetación funciona como barrera para el drenaje del aire frío hacia zonas más bajas (Corsi y Genta, 1992) Por tanto, los daños pueden ser menores en sitios sin vegetación, que en sitios mal preparados.

Según Chavasee, citado por Prado (1991), la diferencia de temperatura entre un área con suelo intensamente preparado y otra cubierta de malezas, puede ser de hasta 4° C. Según Keenan y Candy, citados por Prado (1991), esta diferencia puede llegar hasta 9° C.

2.3.1.3 Orientación de las laderas

En el hemisferio Sur, las laderas con orientación Sur, tienen heladas más prolongadas, por lo que sería de esperar mayores daños (Corsi y Genta, 1992). En tanto, las laderas orientadas hacia el Norte, tienen un marcado aumento de las temperaturas en las primeras horas de la mañana, lo cual puede llevar a daños más graves aún con heladas no muy intensas¹.

¹ García de León, J.P. 2007. Com. personal

Cualquier condición en el suelo que reduzca la conductividad térmica (suelos sueltos y secos), o favorezca la advección y permanencia del aire frío en un área, favorece la ocurrencia de heladas (UDELAR (URUGUAY). Facultad de Agronomía, 1996).

2.3.1.4 Fertilización

Una fertilización tendiente a maximizar la respuesta en crecimiento en altura en el primer año (buena presencia de nitrógeno), es beneficiosa para escapar a los daños por heladas de radiación. Pero la cantidad de nitrógeno no debe ser excesiva pues torna la planta muy rica en follaje suculento y este es más sensible.

Una fertilización fosfatada más abundante asegura un mayor crecimiento radicular y evita el riesgo de plantas suculentas (Geary et al., 1983).

Las plantas bien nutridas con potasio son más resistentes a la sequía y a las heladas, función asociada a su mayor retención de agua (Arruda y Malavolta, 2001).

Una fertilización abundante en otoño no sería beneficiosa, pues encontraría a los árboles en crecimiento activo en épocas más cercanas a los primeros fríos (Geary et al., 1983).

2.3.1.5 Exposición al viento

El viento es un elemento que puede tener gran incidencia en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus*. La combinación de bajas temperaturas con viento produce un efecto equivalente al de una temperatura varios grados inferior. En nuestro país este tipo de heladas (advección) son muy poco frecuentes, por tanto el viento no jugaría un papel importante.

2.3.2 Factores propios de las heladas

Los factores propios de las heladas que afectan la susceptibilidad de las plantas a ser dañadas por el frío son principalmente, para un evento de helada, la duración e intensidad de la misma y la evolución diaria (velocidad con que baja y sube) de la temperatura. Para el período de heladas, importa la evolución estacional de la temperatura (Prado 1991, Balmelli 1993).

2.3.2.1 Duración e intensidad de la helada

Duración e intensidad de la helada son dos características generalmente muy asociadas en cada evento, mayor intensidad mayor duración.

Para *Eucalyptus grandis* en Concordia, hay antecedentes de temperaturas entre -8°C y -11°C , que han arruinado plantaciones. Heladas de $-4,3^{\circ}\text{C}$ causaron muerte de plantaciones jóvenes y rebrotes. Lo mismo ocurre con la duración de la helada, si la temperatura permanece varias horas por debajo de 0°C , aunque no sea muy extrema, será más perjudicial que cuando llega a valores considerables (-5°C por ejemplo) pero en un período más corto de tiempo (Marcó, 1986).

2.3.2.2 Evolución diaria de la temperatura

La intensidad de los daños será mayor a una misma temperatura, cuanto más rápido sea el proceso de congelación o de deshielo. Por esa razón la rapidez para el congelamiento, como para el deshielo, puede determinar la proporción de los daños. Si la helada ocurre poco antes de salir el sol y éste calienta mucho, o si la helada sobreviene inmediatamente después de puesto el sol los daños serán mayores (Geary et al., 1983).

Según Prado (1991) una causa de daño severo es la amplitud de la oscilación térmica diaria. Si se produce una gran amplitud térmica (15 a 20°C) entre el día y la noche, que es lo que muchas veces sucede en las heladas de otoño y primavera, los daños son mayores. A esto debe agregarse la marcada variación estacional que presentan las plantas en su resistencia al frío.

Marcó (1986) encontró que en zonas de clima templado cálido (ej. Concordia) las plantaciones de *E. grandis*, son afectadas únicamente en años que ocurren heladas tempranas en otoño, luego del período activo de crecimiento. Esto mismo ocurre en zonas de clima subtropical (ej. Misiones), pero adicionan un factor que no se registra en zonas de clima templado cálido, que es la gran amplitud que existe entre las temperaturas diurnas y nocturnas, lo cual sensibiliza notablemente a la especie a sufrir daños por heladas.

En función de esta observación, el autor considera para el primer caso, clima templado cálido, que el factor tolerancia al frío podría no constituir el objetivo principal en la selección de orígenes. En este caso debieran considerarse características como la fecha de implantación, uso de plantas rustificadas, los cuidados culturales durante el primer año del cultivo, topografía del sitio, etc. En cambio, en el segundo caso, dado que el factor frío sería el principal factor limitante, debieran de seleccionarse orígenes de *E. grandis*, de elevada altitud y baja latitud.

2.3.2.3 Evolución estacional de la temperatura

En los países de origen del eucalipto y en otros donde prospera el cultivo, las temperaturas bajan gradualmente antes del período de heladas y esto endurece los árboles (Geary et al., 1983). El efecto de las heladas es más perjudicial cuando éstas son repentinas; es frecuente observar que cuando son precedidas de días fríos los efectos no son tan severos (Marcó, 1986).

Durante el verano aún las especies más resistentes, son muy sensibles al frío. Como heladas estivales deben considerarse aquellas que, en regiones con periodo libre de heladas amplio, ocurren en los meses de verano, suficientemente alejadas de las últimas y primeras heladas. Aún cuando son de muy baja frecuencia, al igual que con las invernales, interesa más conocer la intensidad y la duración, que la fecha en que ocurren, porque la resistencia de la vegetación durante estos períodos es constante con el avance del tiempo (UDELAR (URUGUAY). Facultad de Agronomía, 1996).

Durante el otoño, cuando comienzan a bajar las temperaturas, se produce un paulatino “endurecimiento”, que hace a las plantas más resistentes, lográndose el máximo en pleno invierno. Cuando las temperaturas comienzan a subir, con la llegada de la primavera, se produce el proceso inverso. Es por esto que las heladas de otoño y primavera son las que causan los mayores daños, siendo de fundamental importancia las fechas de ocurrencia de éstas (Prado, 1991).

2.3.3 Características propias de las plantas

2.3.3.1 Edad y desarrollo alcanzado

En las heladas por radiación, las temperaturas más bajas se dan a nivel del suelo, por lo tanto las plantas jóvenes o mal desarrolladas estarán más expuestas al frío y sufrirán daños mayores (Prado, 1991). Una vez que las plantas adquieren un fuste de 3 a 4 m de altura, en general ya no sufren los efectos de las heladas (Marcó 1986, Prado 1991).

Aquí se puede citar un ejemplo claro de interacción entre factores propios de la planta y propios de las heladas como son altura y origen respectivamente; cuando la temperatura baja por irradiación nocturna (radiación) y en ausencia de viento, se genera una inversión térmica, las más bajas temperaturas se dan a nivel del suelo y se elevan con la altura hasta el llamado “techo de inversión” que se ubica a varios metros sobre el suelo. Por lo tanto la copa de los árboles y las ramas pueden ser dañadas o no, dependiendo de su altura y el grosor de la corteza.

Vientos helados (advección de masas de aire polar) son más destructivos pues el aire frío se ubica más alto y afecta la copa de los árboles y las ramas más altas (Geary et al., 1983).

2.3.3.2 La lignificación de los tejidos

Está relacionada con la edad, disminuye el riesgo de daño en el cambium y por tanto aumenta la resistencia al frío, aunque los brotes más recientes siguen siendo susceptibles (Prado, 1991).

2.3.3.3 Estado fisiológico

El daño es mayor cuando la planta se encuentra en activo crecimiento; las primeras y últimas heladas (de otoño y primavera) aumentan la probabilidad de daño (Prado 1991, FAO, citado por Balmelli 1993).

2.3.3.4 Genéticos

En lo que respecta a los factores genéticos se pueden considerar cuatro líneas de investigación para explorar la resistencia al frío dentro del género *Eucalyptus*: elección de especies, elección de orígenes y familias dentro de una especie, hibridación natural e hibridación artificial.

Cada especie vegetal tiene una temperatura (umbral térmico) debajo de la cual la helada produce daños; es lo que se llama umbral de resistencia. Muchas especies de *Eucalyptus* con gran resistencia al frío tienen mala forma y escasos crecimientos (Prado, 1991), por tanto, dado que en zonas de clima templado las heladas no son la mayor limitante para la instalación y el desarrollo de los árboles (Marcó, 1986), la resistencia al frío no debiera de ser el principal objetivo de selección (Balmelli, 1993).

Para que un programa de mejoramiento genético forestal tenga éxito, se requieren estudios detallados de la variación dentro de la especie. Las diferencias geográficas (o de procedencias) genéticamente controladas suelen ser grandes, especialmente en el caso de características relacionadas con la adaptabilidad (como la resistencia al frío) (Zobel y Talbert, 1988).

Dentro de cada especie, según las condiciones ambientales de la zona de origen y principalmente en aquellas con una amplia área de distribución natural, existen importantes diferencias de adaptación al frío. Variaciones en altitud, aún en una misma área geográfica, pueden significar un gran cambio en cuanto a la resistencia al frío. Esta variación dentro de especies puede ser tan grande como la variación que se encuentra entre especies relacionadas (Zobel y Talbert 1988, FAO, citado por Balmelli 1993).

Sin embargo, de igual forma que para las especies, existen evidencias de que no es posible predecir el comportamiento de un origen determinado frente a las heladas, solamente por su ubicación geográfica (Rockwood et al., citados por Balmelli, 1993). Aún así, las condiciones climáticas de las áreas de distribución natural y las de otras partes del mundo donde se ha evaluado el comportamiento de las especies, en cuanto a temperaturas mínimas se refiere, sirven de punto de partida para el estudio de la resistencia al frío (Balmelli, 1993).

Los árboles dentro de una misma especie, procedencia y rodal, suelen variar bastante entre sí. Muchas de estas diferencias, especialmente las características cualitativas tales como la forma y adaptabilidad, están controladas genéticamente (Zobel y Talbert, 1988).

García y Griffin (1995) plantean, para nuestro país, ensayar especies tolerantes a bajas temperaturas como opción para poder establecer plantaciones en sitios hasta el momento considerados como marginales por el riesgo de daño por heladas.

Al seleccionar árboles por resistencia al frío, se toman en cuenta dos tipos de tolerancia, la resistencia al frío y la resiliencia. Las copas de los árboles seleccionados por resistencia son ligeramente dañadas si se someten a fuertes heladas. En los resilientes frente a heladas fuertes en su primer invierno presentan muerte de tallo y ramas hasta el piso, pero luego recomponen el follaje. En inviernos subsecuentes ellos sufren sólo un daño superficial. En términos prácticos la plantación de una selección completamente resiliente puede perder seis meses de crecimiento luego de la primer helada fuerte pero no es destruida (Geary et al., 1983).

Mediante la hibridación interespecífica entre especies sensibles al frío pero de rápido crecimiento con otras resistentes al frío, se llegó a la conclusión de que esta característica se hereda, dentro del género *Eucalyptus*, de forma aditiva y continua (control poligénico) con una leve tendencia de dominancia hacia la especie más sensible. También se encontró que no existe asociación entre la resistencia al frío y la tasa de crecimiento, por tanto sería posible seleccionar híbridos de rápido crecimiento y resistencia al frío. (Tibbits et al. 1991, Manson y Potts 1995).

En Brasil, las plantaciones actuales están generando mejoras en densidad básica y crecen en buenas condiciones a temperaturas tan bajas como -8°C mediante hibridación (*E.globulus* especie pura versus híbrido *E.nitens* x *E.globulus*). Es decir, cuatro grados más frío que el *Eucalyptus globulus* original (Sanhueza, 2008).

2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA, ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN NATURAL Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES EVALUADAS

Las especies ensayadas se eligieron en función de información local acerca del comportamiento de éstas en nuestras condiciones (introducciones anteriores; FOSA 1991 e INIA, 1994 y 1995), y de información bibliográfica respecto a varias características de adaptación, entre las cuales la resistencia al frío fue de las principales.

Las especies evaluadas están clasificadas dentro de la serie *Viminales*, que tienen entre otras, la característica de tolerar bajas temperaturas (Pryor y Johnson, 1971)

E.badjensis: tiene un área de distribución natural restringida confinada a una pequeña región en la meseta sureña del Sureste de Nueva Gales del Sur (NSG), Australia (Jovanovic y Booth, 2002) (figura no. 1). El rango de latitud está entre 36-36.75° S, y el de altura entre 800-1200m. En el mes más cálido la temperatura se ubica entre 21-24° C, y en el mes más frío entre -4 y -1° C. Normalmente ocurren más de 100 heladas por año.

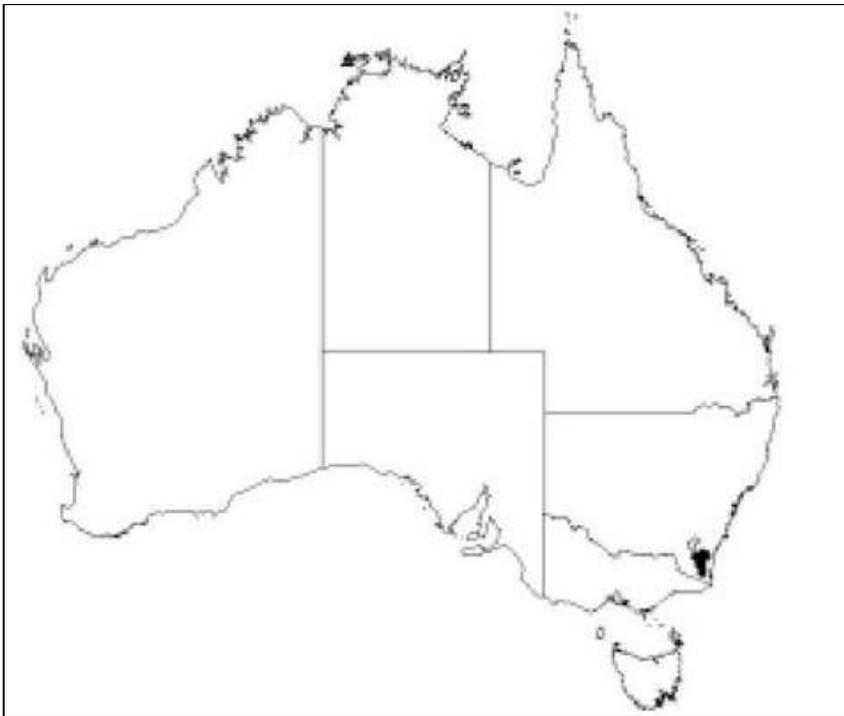


Figura No. 1: Distribución natural de la especie *E.badjensis*.

Fue clasificada dentro de la sección *Maidenaria*, serie *Viminales*, subserie *Baeuerlenii* (Pryor y Johnson, 1971)

E.benthamii: esta especie fue clasificada por Pryor y Johnson (1971) dentro de la sección *Maidenaria*, serie *Viminales*, subserie *Baeuerlenii*.

Según Nisgosky et al., citados por Bocage y Ulery (2005), el *E. benthamii* Maiden et Cabbage, es originario de Australia, mas exactamente de la ciudad de Camden. Tiene una distribución limitada en la costa Este de Nueva Gales del Sur. Su presencia es mayor en el suroeste de Sydney, en las planicies del Río Nepean y sus afluentes, especialmente aquellas sumergidas en la gran represa Warragamba, sumado a una pequeña área en el Dorrigo *plateau*. El área original de distribución tenía 100 km de largo por 40 km de ancho. Recientes estimaciones indican que aproximadamente 6000 árboles quedan en Kedumba Valley, 300 en Bents Basin, y otros 40 remanentes cerca de Camden y Wallacia. Gran parte del área del hábitat original, en la zona de Camden, fue deforestada para usos agrícolas y pastoriles, quedando sólo relictos de la vegetación original (Boland et al., 2006).

El clima de la localización Sur es caliente y húmedo, con 4 a 10 heladas por año, siendo la media anual de precipitaciones 720-890mm. Para la localización Noreste las temperaturas de verano son comparables, pero el invierno es más frío con 30-40 heladas por año, y las precipitaciones están en el entorno de los 2030 mm por año, y el mes mas seco tiene aproximadamente 80mm de lluvia. Este *Eucalyptus* prefiere planicies de ríos o laderas suaves, los suelos son moderadamente buenos, aluviales, con aptitud agrícola con arcilla en una profundidad de 0.5 a 1m.



Figura No. 2: Distribución natural de la especie *E. benthamii*

Esta especie ha mostrado buenas tasas de crecimiento relativo en pruebas en Australia y en el extranjero. Sus usos madereros aún están siendo evaluados. Sin embargo la especie es vista con un buen potencial para la producción comercial de madera. Es relativamente resistente a las heladas y a sequías (Jovanovic y Booth, 2002).

Para la FAO (1994) *E. benthamii* es una de las especies de prioridad a cuidar en actividades de recursos genéticos para la forestación dada su área de distribución limitada y su hábitat amenazado además de mostrar ensayos prometedores.

E. smithii: su distribución esta confinada por el extremo Sur de la meseta Centro-Sur y los acantilados costeros, extendiéndose por las tierras bajas del Sur de Nueva Gales del Sur. Su distribución también se extiende a Victoria dentro del Este de la región de Gippsland (figura no. 3). El rango de latitud es entre 34-37.5° S, y la altitud entre 50-1150m. El clima va de calido hasta frío, de sub-húmedo hasta húmedo, con una temperatura media máxima del mes más calido de 23-28° C, y una mínima del mes más frío de -2 a -6° C. Las heladas son pocas en las zonas cercanas a la costa, y pueden llegar hasta más de 100 por año en las planicies bajas (Boland et al., 2006).

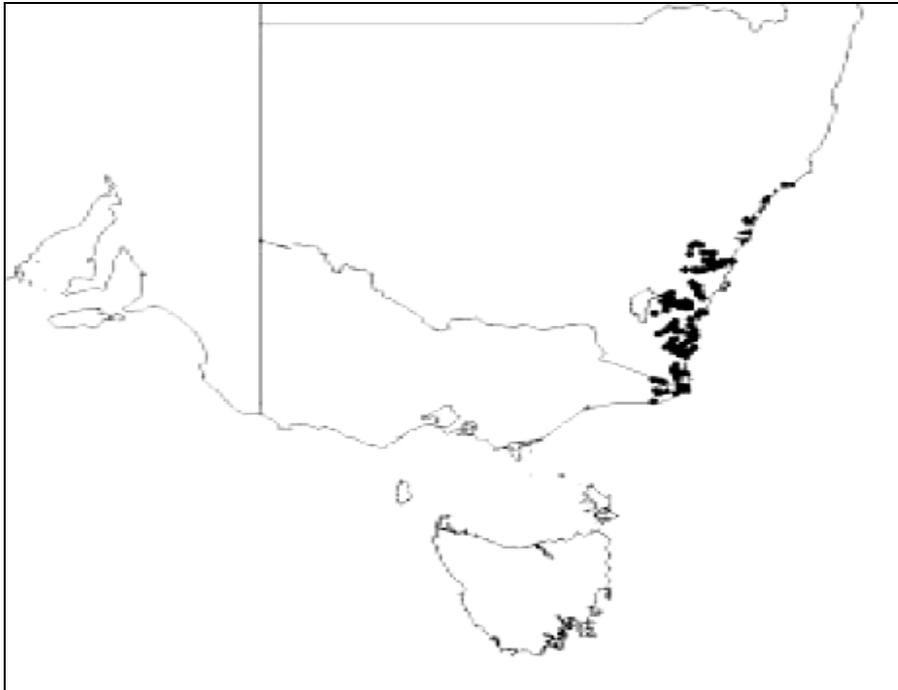


Figura No. 3: Distribución natural de la especie *E.smithii*

Esta especie fue clasificada por Pryor y Jonson (1971) dentro de la sección *Maidenaria*, serie *Viminales*, subserie *Viminalinae*.

E.dunnii: tiene un área de distribución limitada y disjunta: una al Noreste de NGS, y otra al Eureste de Queensland (Jovanovic y Booth, 2002) (figura no. 4). El rango latitudinal va desde 28 a 30.25° S, y la altitud entre 300-750m. El clima es cálido y húmedo, con una temperatura máxima promedio, en el mes más cálido, de 27-30° C; siendo la promedio del mes más frío de 2 a 5° C. Durante el invierno ocurren entre 20-60 heladas por año (Boland et al., 2006).



Figura No. 4: Distribución natural de la especie *E.dunnii*

Pryor y Johnson (1971), clasificaron a *E. dunnii* dentro de la serie *Viminales*, subserie *Viminalinae*. Es similar a *E.saligna* y *E.grandis*, con las cuales puede estar asociadas (Boland et al., 2006)

Es reconocida por su tolerancia a heladas y por ser cultivada comercialmente con objetivo pulpable en América del Sur (Jovanovic y Booth, 2002).

E. grandis: tiene la mayor área de distribución desde los alrededores de Newcastle en Nueva Gales del Sur hasta Bundaberg en Queensland (latitud 25-33° S). Pequeñas áreas ocurren al Oeste de Mackay en el centro de Queensland (latitud 21° S), y otras entre el Noroeste de Townville y el Oeste de Bloomfield, en el Norte de Queensland (entre 16-19° S) (figura no. 5). La altitud varía entre el nivel del mar y los 600m, en su mayor área de distribución, y entre 500-1100m en las áreas del Noreste.

El clima es mayormente cálido y húmedo. En el área de distribución principal la temperatura máxima media mensual está en el rango de 24-30° C, y la media mínima del mes más frío entre 3-8° C. En las áreas del Norte son 29-32° C y 10-17° C, respectivamente. Las áreas costeras están en general libres de heladas, mientras ocasionales heladas ocurren en las zonas altas más lejos de la costa (Boland et al., 2006).

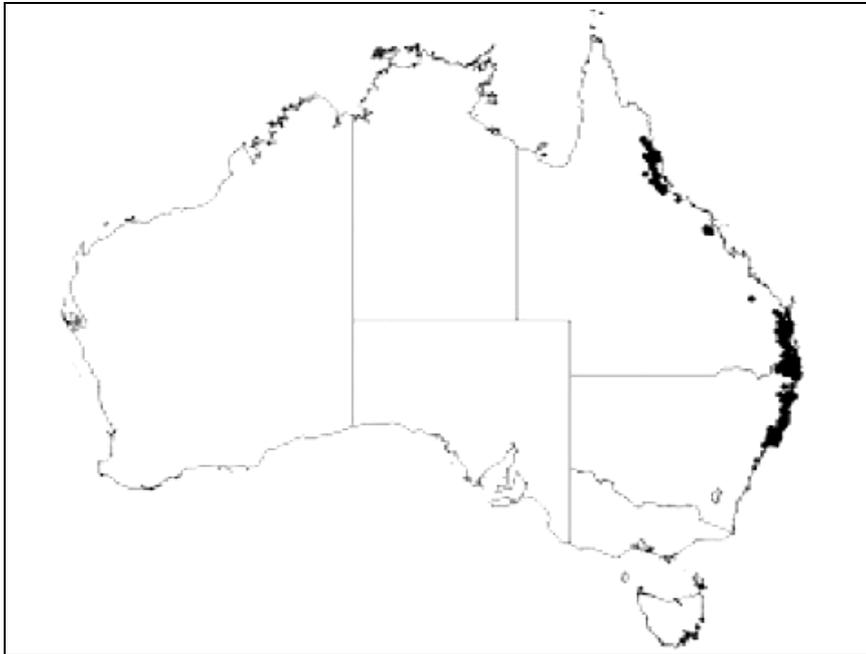


Figura No. 5: Distribución natural de la especie *E. grandis*

Está clasificada dentro de la sección *Transversaria*, serie *Salignae*, subserie *Saligna* (Pryor y Jonson, 1971).

Jovanovic y Booth (2002) publicaron los rangos climáticos que requieren 27 especies y subespecies de *Eucalyptus*, en base a datos climáticos de sus áreas naturales de distribución y ensayos instalados en Australia y otras partes del mundo.

Los rangos de las principales características climáticas que condicionan la adaptación (en lo que respecta al frío) de una especie a un sitio, para las especies ensayadas, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 2: Requerimientos climáticos de las especies ensayadas

Requerimientos climáticos	Especie				
	<i>E. badjensis</i>	<i>E. benthamii</i>	<i>E. smithii</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. dunnii</i>
Temp. media mes más frío. (° C)	-4 a -1	2 a 3	-2 a 6	3 a 8	2 a 5
Temp. media anual (° C)	7-15	13-17	12-22	12-25	7-17
Número de heladas/año	100	30-40	100	Libre-ocasionales	20-60

De la tabla se desprende que la especies *E.badjensis*, *E.smithii* y *E.benthamii*, en general, son las que crecen a los rangos más bajos de temperaturas mínimas mensuales y temperaturas medias anuales.

Las especies que presentan mayor número de heladas en su zona de distribución son: *E. badjensis* y *E. smithii*.

Por otro lado, la especie menos adaptada a las bajas temperaturas sería *E.grandis*, ya que crece en zonas con pocas o ninguna helada, la temperatura media anual promedio es la más alta, y la mínima mensual del mes más frío es la más alta también.

2.5 COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES ENSAYADAS EN OTRAS PARTES DEL MUNDO

En Sudáfrica, *E.benthamii* y *E.badjensis* demostraron tener un buen comportamiento potencial para ser plantados en sitios muy fríos (Gardner, 1995).

Los lotes de semilla de *E. badjensis* provenientes de Badja, ensayados en zonas con veranos lluviosos de Sudáfrica, se comportaron mejor en términos de crecimiento, que los lotes provenientes de Brown Mountain. Las características pulpables de esta especie, en cambio, se mostraron sorprendentemente estables a través de las procedencias, y los primeros resultados indican que *E. badjensis* puede ser tan buena para pulpa como *E.grandis* (Gardner, 1995). Este autor encontró también que *E.badjensis* fue mas tolerante al frío que *E.smithii* y *E. dunnii*.

En África del Sur la especie *E.benthamii* fue considerada promisorio para las plantaciones en regiones de ocurrencia de heladas y fue incluida en el programa de mejoramiento genético del ICFR (Institute for Comercial Forestry Research) a partir de 1994.

En el Sur de Brasil *E.benthamii* ha mostrado buen crecimiento y tolerancia a heladas en plantaciones experimentales de 2 a 3 años en el Estado de Santa Catalina (Higa, 1999).

2.6 COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES ENSAYADAS EN NUESTRO PAÍS

En el otoño de 1994, INIA instaló dos ensayos sobre suelos 7.32 y 9.1, las especies evaluadas fueron *E.bicostata*, *E.bosistoana*, *E.dunnii*, *E.grandis*, *E.maidenii*, *E.saligna*, *E.viminalis* y *E.badjensis*. Al séptimo año de instalados los ensayos

E. badjensis, mostró buenos crecimientos en altura, los mejores en diámetro, pero los niveles más bajos en sobrevivencia, por lo cual, si bien tenía los mejores crecimientos individuales en los dos ensayos, el crecimiento por hectárea fue estadísticamente inferior al de *E. grandis* en ambos ensayos, e inferior al de *E. dunnii* en uno de ellos. Los incrementos medios anuales que mostró fueron de 47m³/ha en Tacuarembó (suelos 7.32), y 15 m³/ha en Paysandú (suelos 9.1) (Balmelli y Resquin, 2002).

E. benthamii y *E. smithii* fueron plantados en un ensayo de especies de INIA, el otoño de 1995, sobre suelos 7.32, en un sitio bajo y plano, junto a otras especies como *E. grandis*, *E. dunnii*, *E. tereticornis*, *E. camaldulensis* y *E. globulus* entre otras. *E. benthamii* al quinto año, fue la especie que tuvo mejor comportamiento, presentando buena sobrevivencia y buen crecimiento individual, siendo la especie de mayor producción por hectárea. *E. smithii* se ubicó en segundo lugar, con aceptable sobrevivencia y buen crecimiento individual. El incremento medio anual para estas dos especies es de 27 y 23 m³/ha respectivamente, lo que representa según los autores, una buena productividad para un sitio bajo, y por lo tanto, con drenaje deficiente y alta probabilidad de heladas (Balmelli y Resquin, 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento fue instalado por la empresa Forestal Oriental S.A., en dos sitios del litoral oeste del país, distanciados entre ellos aproximadamente 28 km, en línea recta. El primero, establecido el 6 de noviembre de 2004, en la localidad de Algorta, paraje Santa Matilde, estancia “El apio”, cuenta con un total de 23 tratamientos. El segundo establecido el 9 de noviembre del mismo año, en la localidad de Guichón, estancia “El caudillo”, con un total de 22 tratamientos (un origen menos de la especie *E. smithii*).

Ambos ensayos están en una zona de laderas suaves (no más de 2 - 3 %), los suelos son del orden de los Saturados Lixiviados, de fertilidad natural baja a media, en el caso del ensayo de Algorta, pertenecen al grupo CONEAT 9.3, mientras que en el de Guichón están dentro del grupo CONEAT 9.6. En ambos, los suelos dominantes son Argisoles, levemente ácidos, de textura franco-arenosa con presencia de un horizonte B textural.

En ambos sitios la vegetación predominante es de gramíneas estivales y en menor proporción malezas de hoja ancha, dependiendo de la historia agrícola.

Los ensayos fueron instalados en estos sitios, porque en el año de plantación eran los más fríos que tenía la empresa disponible para este tipo de experimento.

Cuadro No. 3: Características de los sitios donde se instalaron los ensayos

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Posición topográfica	Tipo de suelo dominante
El apio	32,41 S	57,38 O	120	Ladera suave	Argisoles
El caudillo	32,35 S	57,21 O	92	Ladera suave	Argisoles

La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales fue de bloques completos al azar. En cada sitio se definieron 4 bloques. La unidad experimental es una parcela de 49 árboles (7x7), siendo la parcela efectiva los 25 árboles centrales. Los

árboles fueron plantados a 3x2m, lo que da una densidad inicial de 1667 árboles por hectárea.

Se evaluaron 3 especies más dos testigos, la información disponible acerca de los tratamientos (procedencias) ensayados se presentan en el cuadro numero 2. Como especies testigo se escogieron *E.grandis* y *E.dunnii* debido a que estas son las más plantadas por la empresa donde se realizó el experimento. De ellas se utilizó el material que actualmente está plantando la empresa.

La semilla de todos los tratamientos fue adquirida por Forestal Oriental S.A. al CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization). Todos los lotes de semilla fueron recolectados de rodales naturales, las dos excepciones son: el origen 3462 de la especie *E.benthamii*, el cual proviene de un huerto semillero. Y el lote de semilla de *E.grandis*, cuya procedencia es de Georgia y la semilla se obtuvo de Algorta (este es el único tratamiento en el cual la procedencia no coincide con el origen).

Todas las platas fueron producidas en el vivero San Francisco.

Cuadro No. 4: Materiales utilizados en los ensayos

Especie	Lote de semilla	Origen	Estado	Latitud	Longitud	Altura
<i>E.smithii</i>	4303	Wyndham	NSW	36,54 S	149,43 E	400
<i>E.smithii</i>	4304	Nerrigundah	NSW	36,08 S	149,49 E	400
<i>E.smithii</i>	4305	10Km oeste de Bega	NSW	36,35 S	149,52 E	360
<i>E.smithii</i>	4306	Wingello SF	NSW	34,44 S	150,1 E	650
<i>E.smithii</i>	4307	Towamba	NSW	37,04 S	149,45 E	300
<i>E.smithii</i>	4308	Wingello SF	NSW	34,44 S	150,10 E	600
<i>E.smithii</i>	4309	Tallaganda SF	NSW	35,28 S	149,37 E	900
<i>E.smithii</i>	4310	13 Km N of Orbost	VIC	37,36 S	148,30 E	300
<i>E.badjensis</i>	4293	Glenbog	NSW	36,08 S	149,32 E	1100
<i>E.badjensis</i>	4294	Badja SF	NSW	36,10 S	149,31 E	1000
<i>E.badjensis</i>	4296	Glenbog SF	NSW	36,39 S	149,26 E	1000
<i>E.badjensis</i>	4297	Glenbog SF	NSW	36,08 S	149,32 E	1100
<i>E.badjensis</i>	4298	Deua NP	NSW	35,59 S	149,40 E	960
<i>E.badjensis</i>	4299	4 Km E of Cathcart S	NSW	36,5 S	149,31 E	900
<i>E.badjensis</i>	4300	Brown MTN	NSW	36,38 S	149,26 E	1000
<i>E.badjensis</i>	4301	Brown Mountain	NSW	36,35 S	149,25 E	1000
<i>E.badjensis</i>	4302	Glenbog SF	NSW	36,39 S	149,26 E	1000
<i>E.benthamii</i>	3461	Bents Basin	NSW	33,52 S	150,38 E	40
<i>E.benthamii</i>	3462	Barclays Deniliquin	NSW	35,01 S	145,13 E	100
<i>E.benthamii</i>	3463	Kedumba Valley	NSW	33,48 S	150,21 E	140
<i>E.dunnii</i>	4196	Wallaby Creek	NSW	28,28 S	152,29 E	340

Preparación del sitio

Primero se realizó un control total de malezas aplicando glifosato a razón de 3 lts/ha, luego se pasó una excéntrica, seguida por otra liviana para afinar y finalmente se realizó un encamellonado.

El control de hormigas se hizo aplicando de forma sistemática cebo toxico a base de fipronil, y luego localizando hormigueros puntuales. Para el control de malezas en la fila se utilizó oxifluorfen como pre-emergente a razón de 2.5 lts./ha.

El control de malezas, luego de la plantación, se realizó cada vez que fue necesario, con el objetivo de tener "maleza cero" en ambos ensayos, para eliminarlas como factor de sesgo en el análisis.

Se realizó una única fertilización “starter”, con 60g de fosfato de amonio (18-49-0) por planta, aplicados de forma localizada a 10 cm. de la planta.

3.2 MEDICIONES

Durante el primer año, luego de instalado el ensayo, se evaluó daño a heladas con una escala ordinal (cuadro 5), donde los daños van del 0 al 7 en orden descendente. La evaluación del daño se realizó a intervalos de 15-20 días desde mayo a setiembre.

Cuadro No. 5: Escala de daño producido por heladas

ESCALA	DAÑO DE HELADAS
0	Muerta por congelamiento, sin rebrote.
1	Planta muerta hasta el cuello pero rebrotando.
2	Daño en follaje, ramas y tallo. (grave)
3	Daño en follaje, ramas y tallo. (leve)
4	Daño en brotes terminales, follaje y ramas.
5	Daño en brotes terminales y follaje.
6	Daño en brotes terminales o follaje.
7	Fisiológica y físicamente sin daño

Las temperaturas mínimas fueron registradas con un sistema automático de adquisición de datos meteorológicos, que está basado en un registrador “DL2e Data Logger” de origen inglés, fabricado por Delta –T Devices Ltd. Se trata de un dispositivo electrónico robusto y muy versátil, que admite la conexión a un numeroso conjunto de sensores de diferentes tipos y que puede ser programado para tomar datos a distintos intervalos. El sistema de alimentación es con una batería de 12V. En este caso se tomó la temperatura mínima sobre césped y al abrigo meteorológico, a intervalos de una hora.

Cuenta con un doble sistema de seguridad para prevenir cortes de alimentación, que hace muy difícil la pérdida de información. Los datos obtenidos son almacenados en una memoria interna y pueden ser extraídos mediante un computador portátil. Los sensores que presenta la estación meteorológica Delta-T de Algorta se presentan en el cuadro no. 6.

Cuadro No. 6: Sensores de la estación meteorológica Delta-T instalada en Algorta.

SENSOR	VARIABLE	PRECISIÓN	REGISTRO (por hora)
RH1	Humedad del aire (%)	+/- 2 %	Mínima, Máxima y Promedio
AT1	Temp. del aire (°C)	+/- 0,1°C	Mínima, Máxima y Promedio
RG1	Precipitación (mm)	+/- 0,2 m	Total
ST1	Temp. del suelo (°C)	+/- 0,2°C	Promedio
ST1	Temp. mínima s/c (°C)	+/- 0,2°C	Mínima

La estación está ubicada en Algorta, Longitud 57° 22' 46'' W Latitud 32° 25' 29' S, a una altitud de 118m.

En junio del tercer año del ensayo, año 2008, se realizó una evaluación de los árboles; las variables de análisis se presentan en el cuadro 7.

Cuadro No. 7: Variables de análisis

Continuas	Discretas
DAP	Estado sanitario del fuste y otras partes
Altura	Sobrevivencia
Vol/árbol	Defoliación
Vol/parcela	Coloración
	Ápices muertos
	Defectos graves

El diámetro se midió con cinta diamétrica y la altura con un Sunnto. Los cálculos de volumen se realizaron sin considerar la conicidad de los árboles (volumen aparente), debido a que las técnicas más usadas para estimar la conicidad implican cortar árboles y esta característica aún es muy posible que varíe de forma diferente para cada especie en los años siguientes, dada su joven edad actual.

Defoliación. Se midió con una escala ordinal subjetiva, con una escala de 0 a 3 (cuadro no. 8).

Cuadro No. 8: Escala de nivel de defoliación

Escala	Nivel de defoliación
0	Nula
1	< 30%
2	30-60%
3	>60%

Decoloración. Se evaluó mediante una escala nominal subjetiva con valores de 0 a 3 (cuadro no. 9). Para analizar decoloración se decidió dicotomizar la variable: primero estudiar si tiene o no determinado color y luego estudiar los factores del modelo teniendo en cuenta eso.

Cuadro No. 9: Escala de decoloración

Escala	Coloración
0	Verde
1	Amarillo
2	Rojo
3	Marrón

Estas dos variables (defoliación y decoloración) fueron medidas debido al daño ocasionado por la presencia de la chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). Este es un insecto pequeño, gregario, de 2 a 4 mm, que ataca plantaciones de eucaliptos de diferentes especies. Se alimenta por succión generando un descoloramiento de la copa y llevando a la defoliación en casos más severos (ver figura 7 a 10).

En el momento que se realizó la evaluación (junio) no había abundancia de la chinche, pero sí se veían los síntomas, la gran defoliación y la decoloración, que sufrieron muchos de los árboles a causa de las altas poblaciones de éste insecto que se habían observado a fin de verano y principios del otoño anterior.



Figura No. 7: Vista general de uno de los ensayos (Guichón).



Figura No. 8: Comparación del color del follaje entre la especie *E.benthamii* (derecha) y el testigo de *E.grandis* (izquierda).



Figura No. 9: Defoliación sufrida por *E.benthamii* a causa de *Thaumastocoris*.



Figura No. 10: Decoloración sufrida por *E.smithii* a causa de *Thaumastocoris*.

Estado sanitario del fuste. Con esta variable medida en escala ordinal se intentó cuantificar las exudaciones de quino del fuste (figura no. 11), así como las rajaduras de la corteza, daños causados entre otros por *Coniothyrium*, los que llevan a una disminución de la tasa de crecimiento, y a una pérdida de calidad de la madera. Se utilizó una escala ordinal subjetiva con valores de 0 a 3 (cuadro no. 10)

Cuadro No. 10: Escala de estado sanitario del fuste

Escala	Estado sanitario
0	Sin daños
1	Daños leves
2	Daños medios
3	Daños abundantes



Figura No. 11: Fuste de *E.badjensis* con presencia de exudaciones de quino.

Defectos graves de crecimiento. Se consideraron árboles con defectos graves a aquellos que presentaran rebrotes múltiples, una torcedura bien marcada, varias torceduras marcadas, bifurcaciones o estuvieran enfermos. Para esta variable solo se registró si presentaban o no estos defectos, por lo que se midió en escala nominal. La variable se analizó como la proporción de árboles vivos y plantados que presentaban defectos graves.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado para el análisis de las variables continuas fue:

$$Y_{ijklmn} = \mu + \delta_i + \beta(\delta)_{j(i)} + \Omega_k + \alpha(\Omega)_{l(k)} + (\delta \times \Omega)_{ik} + (\delta \times \alpha(\Omega))_{il(k)} + \varepsilon_{ijklm} + \varepsilon_{ijklmn}$$

Donde: μ = media poblacional

δ_i = efecto sitio

$\beta(\delta)_{j(i)}$ = efecto bloque anidado en el sitio

Ω_k = efecto especie

$\alpha(\Omega)_{l(k)}$ = efecto origen anidado en la especie

$(\delta \times \Omega)_{ik}$ = interacción especie-sitio

$(\delta \times \alpha(\Omega))_{il(k)}$ = interacción sitio-origen anidada en especie

ε_{ijklm} = error experimental (entre parcelas)

ε_{ijklmn} = error de muestreo (entre árboles)

Dentro del modelo se consideró como efecto aleatorio a los bloques anidados en sitio. Los efectos considerados como fijos fueron: sitio, especie, tratamiento anidado en especie, y las interacciones, sitio por especie y sitio por tratamiento anidado en especie.

Se usó el procedimiento MIXED de SAS para el análisis de los datos de las variables diámetro a la altura del pecho (DAP), altura y volumen. Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando el test de Tukey.

Para el análisis de las variables binomiales y multinomiales (sobrevivencia, defoliación, decoloración y estado sanitario del fuste) se consideraron modelos lineales generalizados cuya forma general se muestra a continuación.

$$\text{Ln} \left[\frac{P}{(1-P)} \right]_{ijklmn} = \rho_0 + \delta_i + \beta(\delta)_{j(i)} + \Omega_k + \alpha(\Omega)_{l(k)} + (\delta \times \Omega)_{ik} + (\delta \times \alpha(\Omega))_{il(k)}$$

Donde: ρ_0 = es el intercepto

δ_i = efecto sitio

$\beta(\delta)_{j(i)}$ = efecto bloque anidado en el sitio

Ω_k = efecto especie

$\alpha(\Omega)_{l(k)}$ = efecto procedencia anidado en la especie

$(\delta \times \Omega)_{ik}$ = interacción especie-sitio

$(\delta \times \alpha(\Omega))_{il(k)}$ = interacción sitio-procedencia anidada en especie

Se utilizó el procedimiento GENMOD del mismo paquete estadístico. En el caso de la supervivencia, la distribución es binomial, y P es la probabilidad de supervivencia y $\text{Ln} [P/(1-P)]$ es la función logit de dicha probabilidad. Para las variables multinomiales ordinales, P es la probabilidad de cada punto de la escala usada, y la función enlace fue la logit acumulada. La comparación efectuada fue entre el perfil de probabilidades, y los mismos se hicieron por contrastes simples. Para el caso de decoloración, que es de tipo multinomial nominal, se descompuso en 4 binomiales: una para cada estado de decoloración.

Para el estudio de las relaciones entre variables, se calcularon coeficientes de correlación de Pearson para relacionar variables con distribución normal, mientras se calcularon correlaciones de Spearman para cuantificar las relaciones con las variables multinomiales ordinales.

Además se obtuvieron intervalos de confianza de los coeficientes para correlación poblacionales.

4. RESULTADOS

4.1 OCURRENCIA DE HELADAS EN EL INVIERNO DE 2005

Las temperaturas mínimas al abrigo meteorológico del periodo de evaluación (mayo a septiembre) se presentan en el gráfico no 1. La primera helada, al abrigo meteorológico, ocurrió recién el 5 de julio y duró una hora. A nivel de césped, la primera, se registró el 21 de junio (14 días antes) y duró 7 horas.

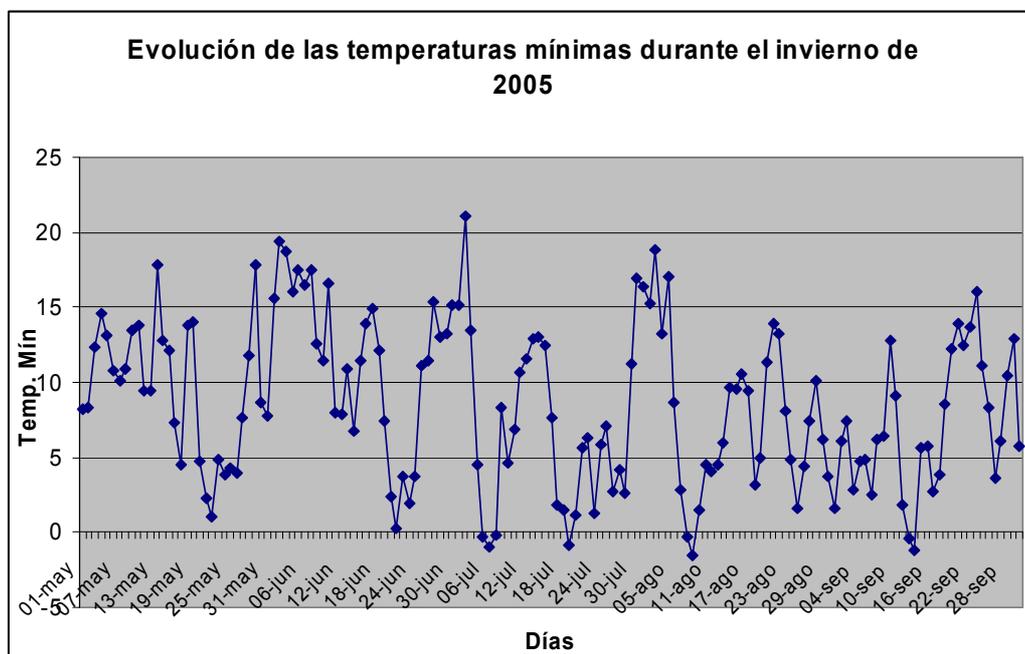


Gráfico No. 1: Evolución de las temperaturas mínimas durante el invierno de 2005

El total de heladas en la casilla meteorológica fue de 8, mientras que a nivel del césped fue de 12. La última helada en la casilla fue, al igual que a nivel del césped, el 13 de setiembre. El periodo libre de heladas fue de 295 días.

La temperatura mínima absoluta que se registró a nivel del césped fue de -3.87°C , en tanto que al abrigo fue de -1.59°C .

La duración máxima en que la temperatura se mantuvo debajo de 0°C , fue de 13 horas a nivel del césped y de 9 en la casilla.

4.2 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

4.2.1 Evaluación del daño por frío

Durante el invierno del 2005 (mayo a setiembre), cuando se fueron a realizar las mediciones del daño por frío, se constató que en los dos ensayos no existió daño por frío. Por tanto esta característica no fue analizada.

4.2.2 Evaluación de crecimiento

Se realizó en función de los datos recabados en junio de 2008, a los 43 meses de plantados los ensayos.

4.2.2.1 Sobrevivencia

Para la variable sobrevivencia el factor sitio fue significativo ($P < 0.035$), mientras que los factores especie y tratamiento tuvieron efectos muy significativos ($P < 0.01$).

Efecto de los sitios

Hubo aproximadamente un 8% más de sobrevivencia en el sitio de Algorta que en el de Guichón (gráfico no. 2).

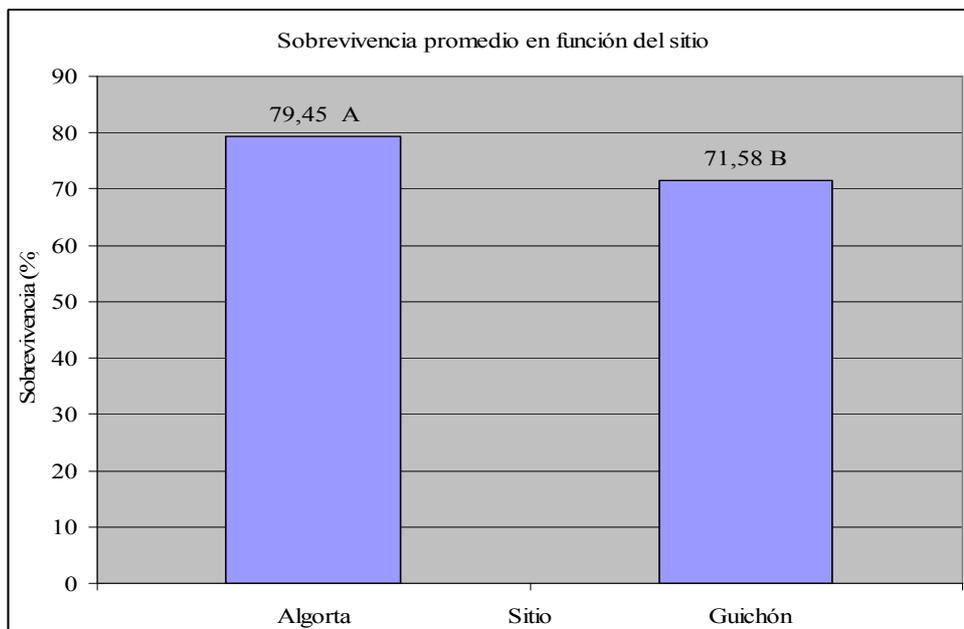


Gráfico No. 2: Sobrevivencia promedio en función del sitio

Efecto de la especie

Como se observa en el siguiente cuadro los testigos de *E.dunnii* y *E.grandis* junto a *E.benthamii*, mostraron tener mejores valores de sobrevivencia que *E.smithii* y *E.badjensis*.

Cuadro No. 11: Efecto de la especie sobre la sobrevivencia

Especie	Sobrevivencia (%)	Error estándar promedio	Comparación
test <i>E.dunnii</i>	82,56	0.038	A
<i>E.benthamii</i>	81,42	0.022	A
test <i>E.grandis</i>	79,5	0.041	A
<i>E.smithii</i>	66,3	0.017	B
<i>E.badjensis</i>	65,14	0.016	B

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

Efecto de los tratamientos

Cuadro No. 12: Efecto de los tratamientos sobre la sobrevivencia

Especie	Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Error estándar promedio	Comparación
<i>E.smithii</i>	4310	85,11	0,033	A
test <i>E.dun</i>	4196	82,56	0,035	A
<i>E.benth.</i>	3463	82,97	0,036	AB
<i>E.badj.</i>	4299	81,64	0,036	AB
<i>E.benth.</i>	3461	81,02	0,036	AB
<i>E.benth.</i>	3462	80,17	0,037	AB
test <i>E.gra</i>	3593	79,5	0,038	AB
<i>E.badj.</i>	4301	74,58	0,040	ABC
<i>E.smithii</i>	4309	74,03	0,041	ABCD
<i>E.badj.</i>	4294	72,1	0,041	ABCDE
<i>E.smithii</i>	4308	68,88	0,044	ABCDEF
<i>E.smithii</i>	4304	68,77	0,043	ABCDEF
<i>E.badj.</i>	4298	68,56	0,043	ABCDEF
<i>E.smithii</i>	4303	67,55	0,045	ABCDEF
<i>E.badj.</i>	4300	67,52	0,043	ABCDEF
<i>E.badj.</i>	4302	60,69	0,045	BCDEF
<i>E.badj.</i>	4296	55,55	0,046	CDEF
<i>E.smithii</i>	4307	54,08	0,046	CDEF
<i>E.smithii</i>	4305	53,01	0,046	CDEF
<i>E.badj.</i>	4293	51,01	0,046	DEF
<i>E.smithii</i>	4306	50,5	0,046	EF
<i>E.badj.</i>	4297	45,5	0,046	F

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

Dentro de la especie *E.benthamii*, no se encontraron diferencias significativas entre sus orígenes para la variable sobrevivencia. *E.badjensis* y *E.smithii*, en cambio, si mostraron tener entre algunos de sus orígenes diferencias significativas para esta variable (cuadro no. 12).

4.2.2.2 Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Los factores sitio, especie y tratamiento anidado en especie tuvieron efectos muy significativos sobre la variable DAP ($P < 0.01$). Las interacciones sitio por especie y sitio por tratamiento anidado en especie, no tuvieron efectos significativos sobre esta variable.

Efecto de los sitios.

El ensayo de Algorta tuvo mejores crecimientos en DAP que el de Guichón.

Cuadro No. 13: Efecto de los sitios para la variable DAP

Sitio	Media (cm)	Error estándar	Comparación
Algorta	13,2	0,12	A
Guichón	12,7	0,13	B

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey ($P < 0.05$)

Efecto de la especie.

Cuadro No. 14: Efecto de la especie para la variable DAP

Especie	Media (cm)	Error Estándar	Comparación
<i>E.benthamii.</i>	13,6	0,14	A
<i>E.badjensis</i>	13,5	0,10	A
test <i>E.dunnii</i>	12,8	0,24	AB
test <i>E.grandis</i>	12,7	0,24	BC
<i>E.smithii</i>	12,1	0,10	C

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey ($P < 0.05$)

Las especies *E.benthamii* y *E.badjensis* mostraron crecimientos significativamente superiores en DAP, a la especie *E.smithii* y al testigo de *E.grandis*, con un 95% de confianza.

El testigo *E.dunnii* fue significativamente superior en DAP a *E.smithii*, no mostrando diferencias significativas con las restantes especies.

Efecto de los tratamientos

Los orígenes de *E.smithii* no tuvieron diferencias entre ellos, al igual que los orígenes de *E.benthamii*. En cambio, sí se encontraron diferencias entre algunos orígenes de *E.badjensis*; el origen 4298 mostró ser superior en DAP, a los orígenes 4299 y 4300.

Cuadro No. 15: Efecto de los tratamientos sobre la variable DAP

<i>Especie</i>	Tratamiento	Media (cm)	Error estándar	Comparación
<i>E.badj</i>	4298	14,12	0,25	A
<i>E.badj</i>	4297	14,01	0,29	AB
<i>E.badj</i>	4296	13,92	0,27	ABC
<i>E. benth</i>	3462	13,73	0,24	ABC
<i>E.badj</i>	4293	13,60	0,28	ABCD
<i>E.badj</i>	4302	13,56	0,26	ABCD
<i>E. benth</i>	3463	13,54	0,24	ABCD
<i>E. benth</i>	3461	13,47	0,24	ABCD
<i>E.badj</i>	4301	13,25	0,24	ABCDE
<i>E.badj</i>	4294	13,13	0,25	ABCDEF
<i>test E dunn</i>	4196	12,84	0,24	BCDEFG
<i>E.badj</i>	4299	12,82	0,24	BCDEFG
<i>test E. gra</i>	3593	12,71	0,24	BCDEFGH
<i>E.badj</i>	4300	12,71	0,25	BCDEFGH
<i>E smithii</i>	4306	12,67	0,28	BCDEFGH
<i>E smithii</i>	4305	12,53	0,28	CDEFGH
<i>E smithii</i>	4307	12,31	0,27	DEFGH
<i>E smithii</i>	4304	12,14	0,25	EFGH
<i>E smithii</i>	4310	12,13	0,23	EFGH
<i>E smithii</i>	4308	11,96	0,25	FGH
<i>E smithii</i>	4309	11,82	0,25	GH
<i>E smithii</i>	4303	11,49	0,26	H

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

4.2.2.3 Altura

Para la variable altura, el factor especie mostró tener efectos muy significativos ($P < 0.001$), mientras que los del factor origen fueron apenas significativos ($P = 0.05$). Los efectos de sitios y las interacciones sitio por especie y especie por tratamiento anidado en especie, no fueron significativos.

Efecto de la especie

La especie que presentó los mejores crecimientos en altura fue *E.benthamii*. Entre las restantes especies no se encontraron diferencias significativas para esta variable.

Cuadro No. 16: Efecto de la especie para la variable altura

Especie	Media (m)	Error estándar	Comparación
<i>E.benthamii</i>	16,82	0,27	A
<i>test E.grandis</i>	14,99	0,36	BC
<i>test E.dunnii</i>	14,73	0,36	BC
<i>E.badjensis</i>	14,64	0,24	BC
<i>E.smithii</i>	14,11	0,24	C

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey ($P < 0.05$)

Efecto de los tratamientos

Entre los orígenes de *E.benthamii* (3), no se encontraron diferencias significativas para la variable altura, lo mismo ocurrió con los orígenes de *E.smithii*, siendo los orígenes de la primer especie superiores estadísticamente a ésta última.

No se encontraron diferencias significativas en altura entre los testigos de *E.grandis* y *E.dunnii*. Tampoco hubo diferencias con los orígenes de las especies de *E.badjensis* y *E.smithii*, en cambio sí fueron superados por todos los orígenes de *E.benthamii*.

Dentro de la especie en *E.badjensis*, el mejor origen (4298) fue significativamente superior al peor de la especie (4300).

Cuadro No. 17: Efecto de los tratamientos sobre la variable altura

Especie	Tratamiento	Media (m)	Error estándar	Comparación
<i>E. benth</i>	3463	16,91	0,36	A
<i>E. benth</i>	3462	16,94	0,36	A
<i>E. benth</i>	3461	16,56	0,36	AB
<i>E.badj</i>	4298	15,32	0,36	BC
<i>E.badj</i>	4297	15,02	0,38	BCD
test <i>E. gra</i>	3593	14,99	0,36	CD
<i>E.badj</i>	4299	14,93	0,36	CD
<i>E.badj</i>	4302	14,77	0,37	CD
test <i>E dunn</i>	4196	14,73	0,36	CD
<i>E.badj</i>	4301	14,69	0,36	CD
<i>E.badj</i>	4294	14,60	0,36	CD
<i>E smithii</i>	4304	14,58	0,36	CD
<i>E.badj</i>	4296	14,44	0,37	CD
<i>E smithii</i>	4303	14,33	0,37	CD
<i>E smithii</i>	4310	14,24	0,36	CD
<i>E.badj</i>	4293	14,20	0,37	CD
<i>E smithii</i>	4307	14,19	0,37	CD
<i>E smithii</i>	4305	14,16	0,37	CD
<i>E smithii</i>	4308	14,01	0,36	CD
<i>E smithii</i>	4306	13,84	0,37	CD
<i>E.badj</i>	4300	13,80	0,36	D
<i>E smithii</i>	4309	13,53	0,36	D

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey ($P < 0.05$)

4.2.2.4 Volumen individual (por árbol)

Para la variable volumen por árbol, al igual que para la altura, los factores cuyos efectos fijos demostraron aportar variabilidad significativa fueron la especie y el origen ($P < 0.001$).

Efecto de la especie

La especie que demostró tener mejores crecimientos individuales en volumen aparente fue *E.benthamii*. La especie *E.badjensis* y los testigos *E.grandis* y *E.dunnii*, no mostraron diferencias entre sí, pero sí mostraron ser inferiores a *E.benthamii* y superiores a *E.smithii*. Esta última especie fue la peor.

Cuadro No. 18: Efecto de la especie para la variable volumen individual aparente

Especie	Media (m ³)	Error estándar	Comparación
<i>E.bentharii</i>	0,26	0,01	A
<i>E.badjensis</i>	0,22	0,01	B
test <i>E.grandis</i>	0,20	0,01	B
test <i>E.dunnii</i>	0,20	0,01	B
<i>E.smithii</i>	0,17	0,01	C

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

Efecto de los tratamientos

Entre las procedencias de *E.bentharii* no se encontraron diferencias significativas, al igual que dentro de las distintas procedencias de *E.smithii*. Dentro de la especie *E.badjensis*, al igual que en las variables altura y DAP, sí se encontraron entre alguno de sus orígenes diferencias significativas, siendo los orígenes 4298 y 4297 superiores al 4300.

Cuadro No. 19: Efecto de los tratamientos sobre la variable volumen individual aparente

Especie	Tratamiento	Media (m ³)	Error estándar	Comparación
<i>E. benth</i>	3462	0,27	0,01	A
<i>E. benth</i>	3463	0,26	0,01	AB
<i>E.badj</i>	4297	0,25	0,01	ABCD
<i>E.badj</i>	4298	0,25	0,01	ABCD
<i>E. benth</i>	3461	0,25	0,01	ABCD
<i>E.badj</i>	4296	0,23	0,01	ABCDE
<i>E.badj</i>	4302	0,23	0,01	ABCDE
<i>E.badj</i>	4293	0,22	0,01	ABCDEF
<i>E.badj</i>	4301	0,22	0,01	ABCDEFG
<i>E.badj</i>	4294	0,21	0,01	BCDEFG
test <i>E. gra</i>	3593	0,20	0,01	CDEFGH
<i>E.badj</i>	4299	0,20	0,01	CDEFGH
test <i>E dunn</i>	4196	0,20	0,01	DEFGH
<i>E smithii</i>	4305	0,19	0,01	EFGH
<i>E.badj</i>	4300	0,19	0,01	EFGH
<i>E smithii</i>	4306	0,18	0,01	EFGH
<i>E smithii</i>	4304	0,18	0,01	EFGH
<i>E smithii</i>	4307	0,18	0,01	EFGH
<i>E smithii</i>	4310	0,17	0,01	FGH
<i>E smithii</i>	4308	0,17	0,01	GH
<i>E smithii</i>	4309	0,16	0,01	H
<i>E smithii</i>	4303	0,16	0,01	H

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

4.2.2.5 Volumen aparente por hectárea

Para esta variable, los factores con efectos altamente significativos ($P < 0.001$) son la especie y el origen. La interacción origen anidado en especie x sitio fue significativa ($P = 0.024$); como la interacción es significativa no tiene sentido estudiar el efecto por separado de los tratamientos.

Efecto de la especie

E.benthamii es la que mostró tener los mejores crecimientos aparente por hectárea.

Los testigos no presentaron diferencias entre ellos, ambos están por debajo de *E.benthamii* y por sobre *E.smithii*. Esta última especie tuvo los menores crecimientos por unidad de superficie.

E.badjensis tuvo mejores crecimientos que *E.smithii*, pero peores que *E.benthamii* y el testigo de *E.dunnii*.

Cuadro No. 20: Efecto de la especie sobre el volumen aparente por hectárea

Especie	Media (m ³)	Error	
		Estándar	Comparación
<i>E.benthamii</i>	346,2	104,2	A
test <i>E.dunnii</i>	274,1	145,8	B
test <i>E.grandis</i>	267,4	145,8	BC
<i>E.badjensis</i>	235,5	86,0	C
<i>E.smithii</i>	185,2	87,3	D

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey ($P < 0.05$)

Efecto de la interacción sitio x origen anidado en especie

La interacción genotipo x ambiente puede ser un factor de gran utilidad cuando el objetivo del genetista es obtener ganancias máximas en ambientes específicos, pero puede transformarse en una barrera cuando el objetivo es obtener líneas de amplia adaptación apropiadas para varios ambientes distintos.

En el caso de este trabajo, los ensayos se realizaron con el objetivo de buscar genotipos más resistentes al frío, para utilizarlos en varios sitios distintos. Por tanto, aquellos genotipos (orígenes) más plásticos (los que se adaptan bien a los distintos

ambientes) serán más predecibles a la hora de ser utilizados en plantaciones comerciales, y por ende, en este caso, la plasticidad será considerada como una ventaja.

Con el objetivo de interpretar claramente la interacción, a continuación se analiza el comportamiento de los orígenes de cada especie por separado.

E.benthamii y testigos

E.benthamii al tener pocos orígenes, fue graficada junto a los dos testigos (gráfico no 3). Como se aprecia, no existe cambio de orden de sus orígenes entre un sitio y otro. Sí bien se denota una disminución de las diferencia entre éstos, en el sitio de Guichón.

Entre los testigos sí se aprecia un cambio de orden, siendo el testigo de *E.grandis* superior en el ensayo de Algorta, e inferior en el de Guichón, respecto al testigo de *E.dunnii*.

En general, tanto los orígenes de *E.benthamii* como los testigos, mostraron una leve disminución en sus rendimientos en el sitio de Guichón.

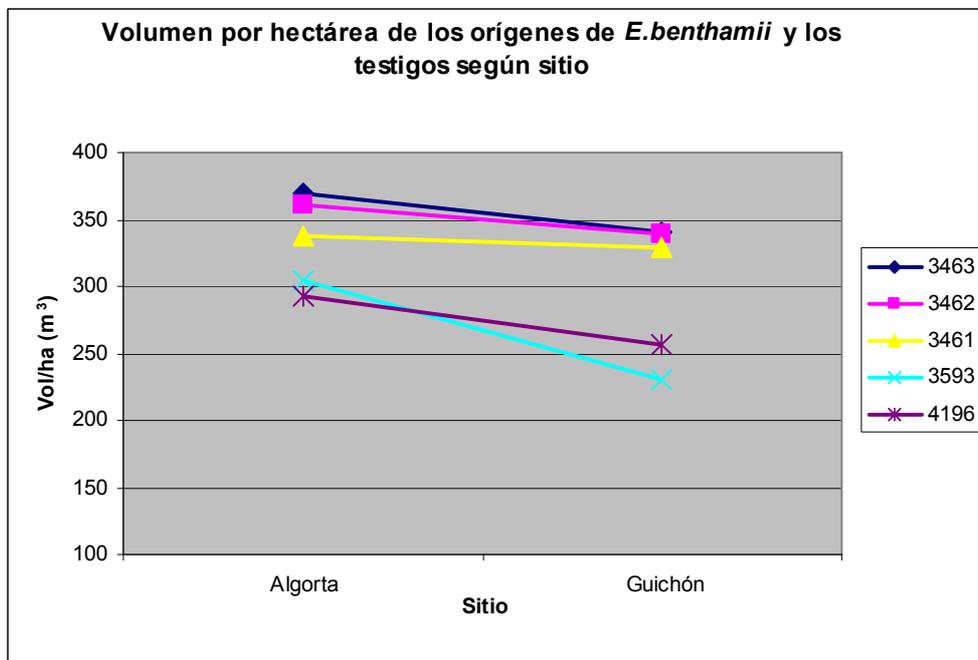


Gráfico No. 3: Volumen aparente por hectárea de los orígenes de *E.benthamii* y los testigos según sitio.

E.badjensis

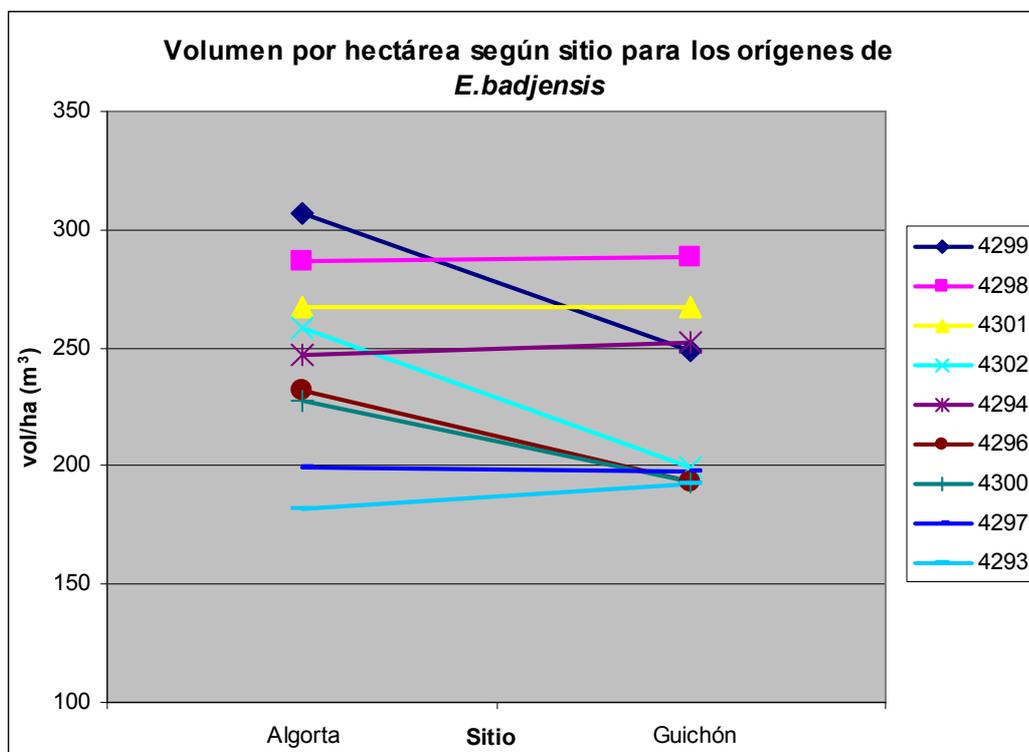


Gráfico No. 4: Volumen aparente por hectárea según sitio para los orígenes de *E.badjensis*

Los orígenes de *E.badjensis*, como se aprecia en el gráfico no. 4, se comportaron de forma diferente en cada sitio. Lo que llevó a que exista un ranking distinto de los orígenes en cada uno de éstos.

Los orígenes 4298 y 4301, de Deua y Brown MTN respectivamente, muestran tener, dentro de la especie, buenos crecimientos por hectárea y ser estables a través de los sitios. El origen 4294, al igual que los dos orígenes mencionados, muestra ser estable a través de los sitios, pero con un crecimiento un poco inferior a estos.

Los orígenes 4297 y 4293 también muestran un desempeño similar entre los dos sitios, si bien, son en general, los tratamientos con peores comportamientos dentro de la especie, debido a la baja sobrevivencia que presentaron 45.5 y 51% respectivamente.

Los orígenes 4300, 4296, 4302 y 4299, en cambio, muestran un comportamiento muy dependiente del sitio, siendo estos últimos dos los más dependientes.

Los primeros 5 orígenes mencionados de la especie (aquellos que mostraron ser más estables a través de los sitios), fueron también los que mostraron una leve tendencia a mejorar su rendimiento en el sitio de Guichón, en cambio, aquellos que fueron más dependientes del sitio (4300, 4296, 4302 y 4299), mostraron una disminución importante de su rendimiento en el sitio de Guichón.

E.smithii

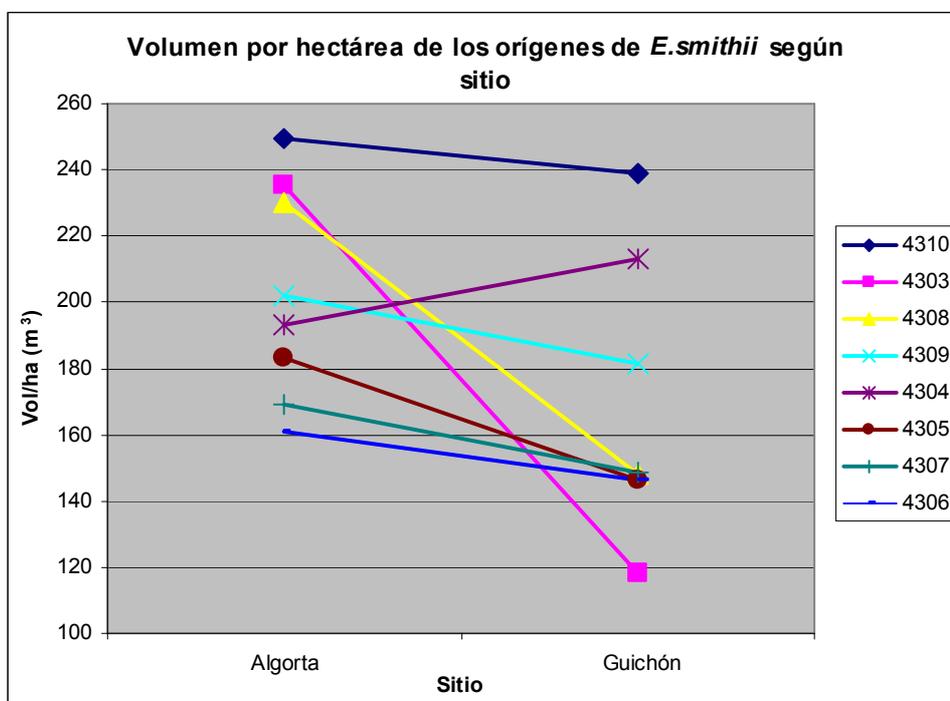


Gráfico No. 5: Volumen aparente por hectárea de los orígenes de *E.smithii* según sitio

Entre los orígenes probados de esta especie es donde se denotan los mayores cambios en el comportamiento productivo en función del sitio.

En general, salvo el origen 4304, los restantes orígenes mostraron una disminución de su rendimiento en el sitio de Guichón respecto al de Algorta.

El origen 4303 de Wyndham, fue el que mostró la mayor dependencia del sitio, disminuyó a la mitad su rendimiento entre un sitio y otro, pasando de ser el segundo en el ranking de Algorta, a ser el peor en el de Guichón. La explicación de tan drástica

disminución se debe, por un lado, a la disminución en la sobrevivencia (cayó del 80% en Algorta al 52% en Guichón), y por otro, a la disminución del volumen individual aparente de los árboles (23%), entre un sitio y el otro.

Mientras tanto, otros orígenes como el 4310 o el 4306, se mostraron relativamente estables (comparados con los restantes de la especie) a través de los sitios, si bien, la tendencia de éstos fue a disminuir su rendimiento en Guichón. Es de destacar que el origen 4310, proveniente de Orbost, Victoria (el origen de la especie que se encuentra a una mayor latitud), fue el que mejor se comportó, dentro de la especie, en ambos sitios.

4.2.2.6 Defectos graves de crecimiento

Especie y tratamiento mostraron efectos altamente significativos ($P < 0.001$) sobre esta variable.

Efecto de la especie

Cuadro No. 21: Proporción estimada de defectos graves según especie

Especie	Proporción estimada	Error estándar	Comparación
<i>E.smithii</i>	0,54	0.02	A
<i>E.badjensis</i>	0,36	0.02	B
test <i>E.grandis</i>	0,30	0.04	BC
test <i>E.dunnii</i>	0,28	0.04	BC
<i>E.benthamii</i>	0,19	0.02	C

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey ($P < 0.05$)

La especie *E.smithii* fue la que presentó mayor proporción de defectos graves, seguida por *E.badjensis*, la cual no tuvo diferencias con los testigos.

E.benthamii fue dentro de las tres especies probadas la que menor proporción de defectos graves tuvo. No pudiéndose encontrar diferencias significativas entre ésta y los dos testigos.

Efecto de los tratamientos

Como se aprecia en el cuadro no. 22, los orígenes de *E.benthamii* no mostraron diferencias significativas entre ellos, en cambio si se encontraron diferencias entre algunos de los diferentes orígenes de *E.badjensis* y *E.smithii*.

El origen 4302 de *E.badjensis* tuvo mayor proporción de defectos graves que los orígenes 4298 y 4294.

Dentro de *E.smithii* solo de encontraron diferencias significativas entre el origen 4307 y el 4309, presentando este último un 32% más de defectos graves que el primero.

Es importante aclarar que para realizar el análisis estadístico hubo que sacar al origen 4303, debido a que el número de individuos con defectos graves era mayor al de individuos contabilizados como vivos (aquellos que se les midió DAP y altura).

Los testigos fueron tan buenos como los mejores tratamientos, y mejores que los orígenes 4307, 4308 y 4305 de *E.smithii*.

Cuadro No. 22: Efecto de los tratamientos sobre los defectos graves

Especie	Tratamiento	Media	Error estándar	Comparación
<i>E.smithii</i>	4307	0,72	0,05	A
<i>E.smithii</i>	4308	0,63	0,05	AB
<i>E.smithii</i>	4305	0,61	0,06	ABC
<i>E.badj</i>	4302	0,51	0,05	ABCD
<i>E.smithii</i>	4304	0,47	0,05	ABCDE
<i>E.smithii</i>	4306	0,47	0,06	ABCDEF
<i>E.smithii</i>	4310	0,47	0,05	ABCDE
<i>E.badj</i>	4296	0,41	0,06	BCDEFGH
<i>E.badj</i>	4299	0,40	0,05	BCDEFG
<i>E.badj</i>	4300	0,40	0,05	BCDEFGH
<i>E.smithii</i>	4309	0,39	0,05	BCDEFGH
<i>E.badj</i>	4297	0,38	0,06	BCDEFGHI
<i>E.badj</i>	4293	0,35	0,06	CDEFGHI
<i>E.badj</i>	4301	0,33	0,05	DEFGHI
test <i>E.grandis</i>	3593	0,30	0,05	DEFGHI
test <i>E.dunnii</i>	4196	0,28	0,04	DEFGHI
<i>E.badj</i>	4294	0,25	0,04	EFGHI
<i>E.badj</i>	4298	0,23	0,04	FGHI
<i>E.benth.</i>	3461	0,22	0,04	GHI
<i>E.benth</i>	3462	0,18	0,04	HI
<i>E.benth</i>	3463	0,16	0,03	I

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

4.2.3 Evaluación sanitaria

Se encontraron efectos altamente significativos ($P < 0.001$) de los factores especie y tratamiento, para las variables sanitarias defoliación y estado sanitario del fuste.

4.2.3.1 Defoliación

Efecto de la especie

Las especies que tienen mayor probabilidad de presentar defoliación son *E.benthamii* y *E.smithii*, seguidas por *E.badjensis*.

Las dos especies testigo mostraron tener probabilidades muy inferiores en los valores de defoliación, siendo *E.grandis* la que presentó puntaje medio de defoliación mas bajo.

Cuadro No. 23: Puntaje medio de defoliación según especie

Especie	Puntaje medio estimado	Comparación
<i>E.benthamii</i>	1,88	A
<i>E.smithii</i>	1,87	A
<i>E.badjensis</i>	1,73	B
test <i>E.dunnii</i>	0,64	C
test <i>E.grandis</i>	0,21	D

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey ($P < 0.05$)

Los perfiles de distribución de probabilidades, en cada punto de la escala de defoliación, son muy similares para las tres especies probadas, mientras que las especies testigo, se agrupan entre los niveles nulo y bajo (0 y 1) de defoliación (gráfico no. 6).

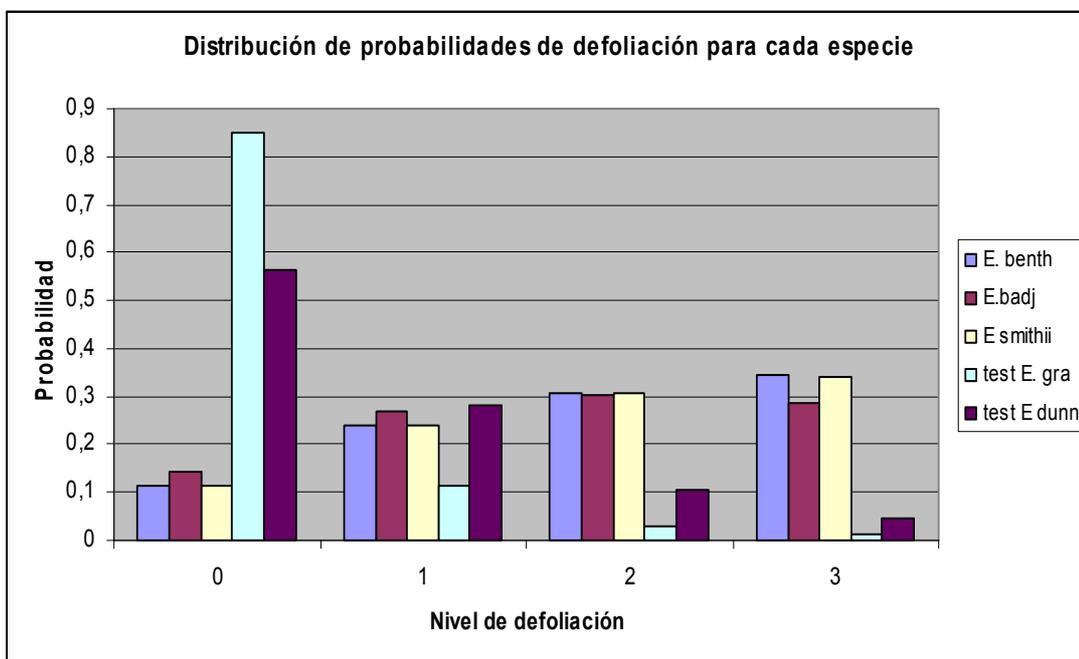


Gráfico No. 6: Distribución de probabilidades de defoliación para cada especie

Efecto de tratamientos

Dentro de la especie *E. benthamii*, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la probabilidad media de defoliación. La distribución probabilística también fue similar dentro de la misma.

E. badjensis, en cambio, varió mucho el comportamiento de la especie en función del origen. El menos afectado fue el número 4297; fue el único origen de las especies probadas, que tuvo una probabilidad media de defoliación igual al testigo de *E. dunnii*.

Dentro de *E. smithii*, las variaciones entre los orígenes no fueron de la magnitud de los de *E. badjensis*, si bien son considerables. El tratamiento 4307 fue el que sufrió menos defoliación de todos los de esa especie, a excepción del origen 4304, con el cual no presentó diferencias significativas.

El testigo de *E. grandis*, fue el tratamiento que sufrió sensiblemente menos defoliación.

Cuadro No. 24: Efecto de los tratamientos sobre el nivel de defoliación

Tratamiento	Especie	Probabilidad según nivel de defoliación				Puntaje medio	Comparación
		0	1	2	3		
4293	<i>E.badj</i>	0,07	0,17	0,29	0,48	2,17	A
4306	<i>E.smithii</i>	0,07	0,18	0,29	0,46	2,13	AB
4296	<i>E.badj</i>	0,08	0,19	0,30	0,43	2,07	AB
4305	<i>E.smithii</i>	0,09	0,20	0,30	0,40	2,02	AB
4309	<i>E.smithii</i>	0,09	0,21	0,30	0,40	2,01	AB
4302	<i>E.badj</i>	0,10	0,22	0,31	0,38	1,96	AB
4308	<i>E.smithii</i>	0,10	0,22	0,31	0,37	1,95	AB
4300	<i>E.badj</i>	0,10	0,23	0,31	0,36	1,93	AB
3461	<i>E.benth</i>	0,11	0,23	0,31	0,36	1,91	AB
4303	<i>E.smithii</i>	0,11	0,23	0,31	0,35	1,90	AB
4299	<i>E.badj</i>	0,11	0,23	0,31	0,35	1,90	AB
3463	<i>E.benth</i>	0,11	0,24	0,31	0,35	1,89	AB
3462	<i>E.benth</i>	0,12	0,25	0,31	0,33	1,84	B
4310	<i>E.smithii</i>	0,12	0,25	0,31	0,32	1,83	B
4304	<i>E.smithii</i>	0,16	0,28	0,30	0,26	1,67	BC
4301	<i>E.badj</i>	0,17	0,30	0,29	0,24	1,60	BC
4298	<i>E.badj</i>	0,19	0,31	0,28	0,22	1,54	BC
4307	<i>E.smithii</i>	0,21	0,32	0,27	0,20	1,47	C
4294	<i>E.badj</i>	0,23	0,33	0,26	0,19	1,41	C
4297	<i>E.badj</i>	0,40	0,34	0,17	0,09	0,95	D
4196	<i>test E.dun</i>	0,57	0,28	0,11	0,05	0,64	D
3593	<i>test E.gra</i>	0,85	0,11	0,03	0,01	0,20	E

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey ($P < 0.05$)

4.2.3.2 Decoloración

-Alguna decoloración

Esta se evaluó como la proporción de árboles que presentan alguna decoloración respecto de los que no la presentan. Se encontró efecto significativo de los factores especie y origen.

Efecto de la especie

La especie que presentó mayor proporción de árboles con follaje decolorado fue *E.benthamii* (casi el 60% de sus árboles presentaron alguna decoloración), seguida de *E.smithii*, el testigo de *E.dunnii* y *E.badjensis*. Entre estas tres especies no se encontraron diferencias significativas. Sí las hubo entre éstas y el testigo de *E.grandis*, cuyos árboles decolorados no llegaron al 10% (cuadro no. 25)

Cuadro No. 25: Proporción de árboles dentro de cada especie con algún tipo de decoloración

Especie	Algún tipo de decoloración	Comparación
<i>E.benthamii</i> .	0,58	A
<i>E.smithii</i>	0,4	B
test <i>E.dunnii</i>	0,37	B
<i>E.badjensis</i>	0,34	B
test <i>E.grandis</i>	0,06	C

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

Efecto de los tratamientos

Como se aprecia en el siguiente cuadro sólo dentro de los orígenes de *E.smithii* se encontraron diferencias significativas, donde el origen 4305 presentó menor proporción de árboles decolorados que el 4310.

Cuadro No. 26: Proporción de árboles dentro de cada tratamiento con algún tipo de decoloración

Especie	Tratamiento	Media	Límite inferior	Límite superior	Comparación
<i>E. benth</i>	3463	0,62	0,50	0,73	A
<i>E. benth</i>	3462	0,62	0,49	0,73	AB
<i>E smithii</i>	4310	0,55	0,42	0,66	ABC
<i>E. benth</i>	3461	0,50	0,38	0,62	ABCD
<i>E smithii</i>	4309	0,50	0,38	0,62	ABCD
<i>E smithii</i>	4308	0,48	0,36	0,61	ABCD
<i>E,badj</i>	4299	0,44	0,32	0,56	ABCD
<i>E,badj</i>	4298	0,44	0,32	0,56	ABCD
<i>E smithii</i>	4304	0,42	0,31	0,55	ABCD
<i>E smithii</i>	4303	0,42	0,30	0,55	ABCD
<i>E,badj</i>	4294	0,38	0,27	0,50	ABCD
<i>test E dunn</i>	4196	0,37	0,26	0,50	ABCD
<i>E,badj</i>	4301	0,36	0,25	0,48	ABCD
<i>E smithii</i>	4307	0,35	0,24	0,48	ABCD
<i>E,badj</i>	4300	0,34	0,23	0,46	ABCD
<i>E,badj</i>	4302	0,33	0,22	0,45	BCD
<i>E,badj</i>	4293	0,29	0,19	0,41	CDE
<i>E smithii</i>	4306	0,29	0,19	0,41	CDE
<i>E,badj</i>	4296	0,26	0,17	0,38	CDE
<i>E smithii</i>	4305	0,26	0,17	0,37	DE
<i>E,badj</i>	4297	0,23	0,15	0,35	DE
<i>test E, gra</i>	3593	0,06	0,03	0,14	E

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

En el siguiente gráfico se presenta la distribución de las decoloraciones de cada especie. El testigo de *E.dunni* se agrupa en el valor 1 de decoloración (amarillo), al igual que *E.benthamii* y *E.badjensis*. Si bien estas dos últimas muestran cierta proporción de árboles con follaje rojo y marrón (valores 2 y 3 de decoloración) que en *E.dunni* no aparece.

E.smithii fue el que presentó mayor proporción de coloración marrón en el follaje.

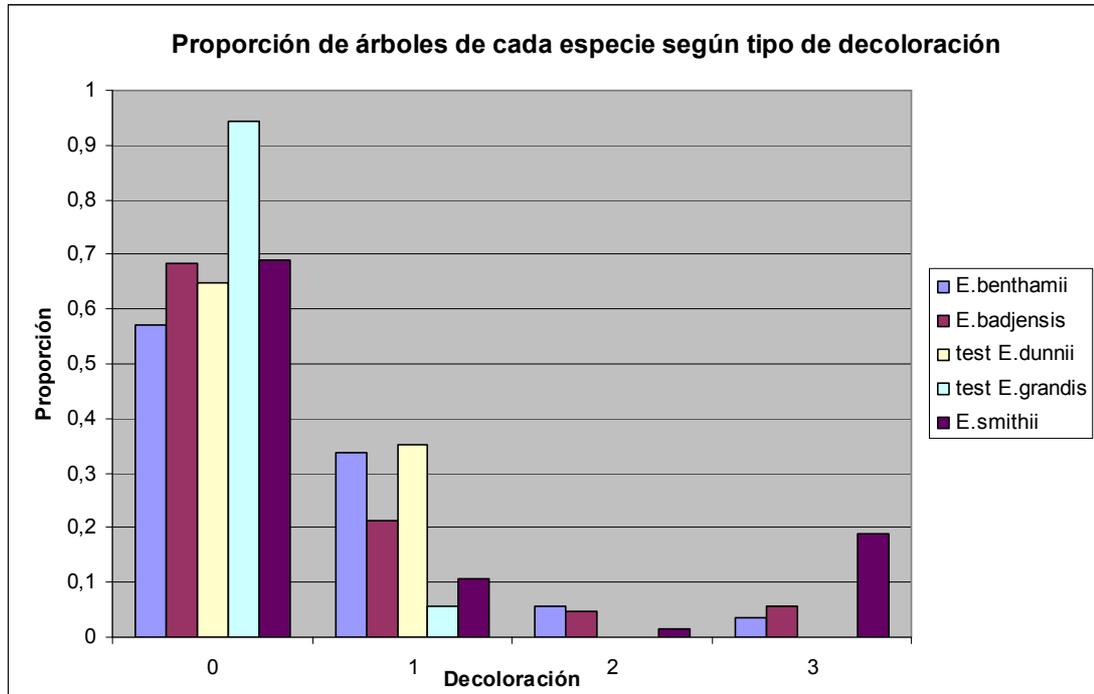


Gráfico No. 7: Proporción de árboles de cada especie según tipo de defoliación

La proporción de decoloración de cada origen, para cada punto de la escala sólo mostró ser significativa para el nivel 1. Si bien, no se encontró diferencias dentro de los orígenes anidados en especie.

4.2.3.3 Estado sanitario del fuste

Debido a que los fustes de los árboles *E.benthamii* y *E.grandis* no tenían problemas sanitarios, sus datos no fueron considerados para el análisis estadístico de esta variable.

Los factores especie y tratamientos, tal como ya se mencionó, fueron quienes tuvieron efecto significativo sobre la variable.

Efecto de la especie

Como se puede apreciar en el siguiente cuadro, la especie con mayores problemas sanitarios en el fuste es *E.badjensis*, seguida por *E.smithii* y finalmente el testigo de *E.dunnii*.

Cuadro No. 27: Puntaje medio del estado sanitario del fuste según especie

Especie	Puntaje medio estimado	Comparación
<i>E.badjensis</i>	0.49	A
<i>E.smithii</i>	0.17	B
test <i>E.dunnii</i>	0.02	C

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

El siguiente gráfico muestra que *E.badjensis* y *E.smithii* tienen una distribución de probabilidades similar a través de la escala de estado sanitario del fuste, siendo *E.badjensis* la especie que presentó probabilidades mayores en los puntos más altos de la escala.

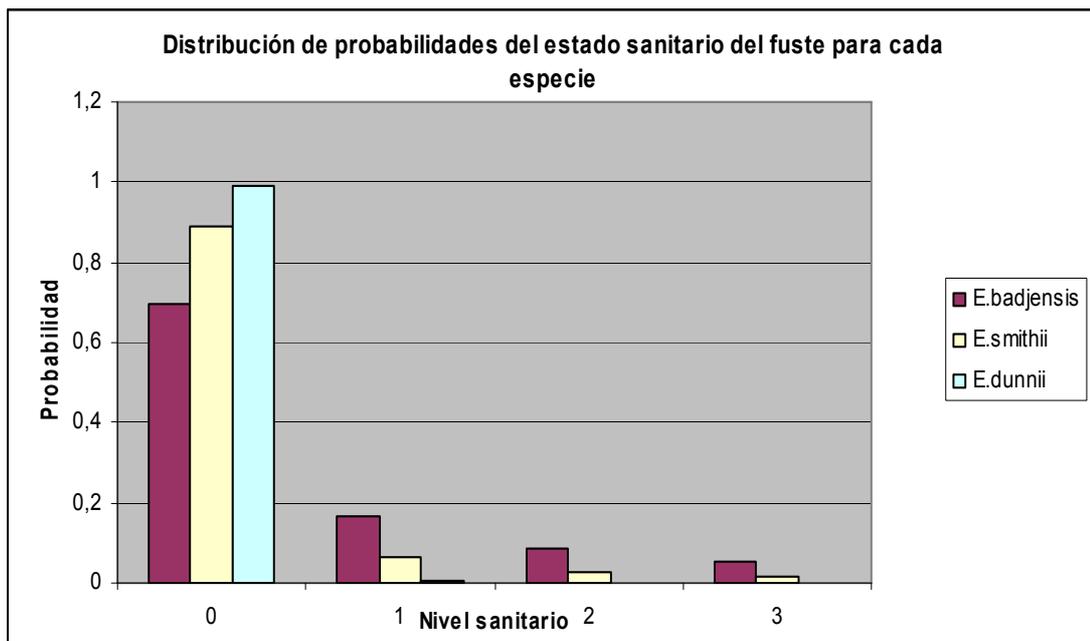


Gráfico No. 8: Distribución de probabilidades del estado sanitario del fuste para cada especie

Efecto de los tratamientos

Dentro de *E.badjensis*, el origen 4294 resultó ser el que menos problemas sanitarios tuvo en el fuste, seguido por el 4302. Los restantes orígenes se presentaron muy afectados.

El origen 4303 de *E.smithii*, fue dentro de esta especie, el más afectado, tanto como los peores orígenes de *E.badjensis*.

El testigo de *E.dunnii*, fue superior a todos los restantes tratamientos, a excepción de los orígenes 4306 y 4309 de *E.smithii* con los cuales no se encontraron diferencias significativas para esta variable.

Cuadro No. 28: Efecto de los tratamientos sobre el estado sanitario del fuste

Tratamiento	Especie	Probabilidad según nivel sanitario del fuste				Puntaje medio	Comparación
		0	1	2	3		
4296	<i>E.badj</i>	0,56	0,22	0,13	0,09	0,75	A
4300	<i>E.badj</i>	0,57	0,22	0,13	0,08	0,72	A
4301	<i>E.badj</i>	0,58	0,21	0,13	0,08	0,71	A
4303	<i>E.smithii</i>	0,61	0,20	0,12	0,08	0,66	AB
4293	<i>E.badj</i>	0,65	0,19	0,10	0,06	0,57	ABC
4299	<i>E.badj</i>	0,66	0,19	0,10	0,06	0,57	ABC
4298	<i>E.badj</i>	0,66	0,19	0,10	0,06	0,56	ABC
4297	<i>E.badj</i>	0,76	0,14	0,06	0,04	0,38	BCD
4302	<i>E.badj</i>	0,78	0,13	0,06	0,03	0,35	CD
4305	<i>E.smithii</i>	0,83	0,10	0,04	0,03	0,27	DE
4307	<i>E.smithii</i>	0,85	0,09	0,04	0,02	0,24	DEF
4294	<i>E.badj</i>	0,90	0,06	0,03	0,01	0,15	EFG
4310	<i>E.smithii</i>	0,91	0,06	0,02	0,01	0,14	EFG
4308	<i>E.smithii</i>	0,91	0,06	0,02	0,01	0,13	EFG
4304	<i>E.smithii</i>	0,91	0,05	0,02	0,01	0,13	FG
4309	<i>E.smithii</i>	0,95	0,03	0,01	0,01	0,07	GH
4306	<i>E.smithii</i>	0,96	0,03	0,01	0,01	0,06	GH
4196	test <i>E.dunnii</i>	0,99	0,01	0,00	0,00	0,02	H

Nota: medidas con igual letra no se diferencian significativamente según test de Tukey (P<0.05)

4.2.4 Asociación entre variables

4.2.4.1 Correlaciones entre las variables analizadas

A continuación se estudiarán todas las correlaciones entre pares de variables utilizando en primera instancia todos los datos, y luego abriendo el análisis por especie. Como muchas de las variables son ordinales se calculó el coeficiente de correlación de Spearman. Todos los intervalos fueron calculados con una confianza del 95%.

-Análisis utilizando todos los datos

En el siguiente cuadro se puede ver que la variable defoliación se asocia negativamente con las variables de crecimiento (DAP, altura y volumen), y que dicha asociación es muy débil (ningún coeficiente llega a 0.01).

La asociación del estado sanitario del fuste con las variables de crecimiento es positiva, y al igual que para la defoliación la magnitud de dicha asociación es muy baja. Entre defoliación y estado sanitario del fuste, la asociación es también positiva y muy baja.

Cuadro No. 29: Correlaciones entre variables utilizando todos los datos

Variabes	Coficiente de correlación	Límite inferior	Límite superior
Defo.-DAP	-0,07	-0,10	-0,03
Est. fuste-DAP	0,10	0,06	0,13
Defo.-Altura	-0,07	-0,10	-0,03
Est. fuste-Altura	0,10	0,06	0,13
Defo.-Vol.	-0,07	-0,10	-0,03
Est. fuste- Vol.	0,07	0,04	0,11
Defo.- Est. fuste	0,04	0,00	0,08

-Análisis por especie

Al abrir el análisis por especie no se encontraron diferencias importantes con lo antes mencionado; las asociaciones son muy débiles, no todas son significativas, y en las que lo son, la dirección de la asociación es la misma a las encontradas cuando se realizó el análisis con todos los datos.

4.2.4.2 Asociación de las variables estudiadas con la latitud y altitud de los orígenes de las especies probadas

Para estudiar las correlaciones de las variables estudiadas con la altitud y longitud de donde provienen los orígenes de las especies, se calcularon los coeficientes de Pearson. Al igual que para el caso de las correlaciones entre variables, primero se analizarán los datos en su conjunto, y luego especie por especie.

- Análisis considerando el total de los datos

En general, los orígenes provenientes de zonas más al Sur, tienden a tener menor porcentaje de árboles con alguna decoloración, pero tienen mayores problemas sanitarios en sus fustes, si bien la magnitud de las asociaciones es pequeña. No hubo asociación de la latitud con la defoliación y la sobrevivencia.

Estos orígenes (los de más al Sur) fueron también los que menores crecimientos en altura y volumen individual tuvieron, lo que llevó a que sean, en general, los que peores crecimientos por hectárea presenten. Aquí, las magnitudes de los coeficientes aumentan (llegando hasta 0.5 en el caso de la asociación con la altura).

En cuanto a la altitud, los orígenes provenientes de zonas más altas, mostraron tener menor proporción de árboles con decoloración, pero también al igual que pasaba con la latitud, peor estado sanitario del fuste. En este caso, sí hay asociación con la sobrevivencia, los orígenes provenientes de zonas más altas presentaron menor sobrevivencia.

No se encontró asociación con DAP, volumen individual, ni volumen por hectárea, en cambio sí con altura, donde los orígenes de mayor altitud tuvieron menores alturas.

Cuadro No. 30: Correlaciones entre las variables estudiadas y la latitud y altitud

Variables		Coefficientes de correlación	Límite inferior	Límite superior
Alguna decoloración	Latitud	-0,38	-0,62	-0,07
Defoliación		-0,16	-0,45	0,17
Estado sanitario fuste		0,35	0,00	0,61
Sobrevivencia		-0,20	-0,48	0,12
DAP		-0,18	-0,47	0,14
Altura		-0,50	-0,70	-0,22
Vol. i/árbol		-0,35	-0,59	-0,04
Vol./ha		-0,42	-0,65	-0,12
Alguna decoloración	Altitud	-0,54	-0,73	-0,27
Defoliación		-0,15	-0,44	0,17
Estado sanitario fuste		0,40	0,07	0,65
Sobrevivencia		-0,36	-0,60	-0,05
DAP		0,25	-0,07	0,52
Altura		-0,44	-0,66	-0,14
Vol. i/árbol		0,03	-0,28	0,34
Vol./ha		-0,30	-0,56	0,02

- Análisis por especie

E.benthamii

La especie *E.benthamii* no mostró ninguna asociación entre las variables estudiadas y la latitud de sus orígenes; sólo se encontró asociación positiva de la altitud de la cual provienen sus orígenes con la variable ‘alguna decoloración’, es una asociación fuerte (0.87) y positiva (dirección contraria a cuando se analizaron todos los datos juntos).

Es importante mencionar que para esta especie son sólo tres orígenes y el rango de alturas va desde 40 a 140m.

Cuadro No. 31: Correlaciones entre las variables estudiadas y la latitud y altitud para los orígenes de *E.benthamii*

Variables		Coeficiente de correlación	Límite inferior	Límite superior
Alguna decoloración	Latitud	0,40	-0,64	0,91
Defoliación		-0,23	-0,87	0,73
Estado sanitario fuste		**	**	**
Sobrevivencia		-0,26	-0,88	0,71
DAP		0,33	-0,68	0,89
Altura		0,14	-0,76	0,85
Vol. i/árbol		0,38	-0,65	0,90
Vol./ha		0,13	-0,77	0,85
Alguna decoloración	Altitud	0,87	0,12	0,98
Defoliación		-0,08	-0,84	0,78
Estado sanitario fuste		**	**	**
Sobrevivencia		0,15	-0,76	0,85
DAP		0,12	-0,77	0,85
Altura		0,33	-0,68	0,89
Vol. i/árbol		0,40	-0,63	0,91
Vol./ha		0,64	-0,41	0,95

Nota: (**) significa que no hay datos, porque la especie no tuvo daños.

E.badjensis

Para *E.badjensis* los orígenes de más al Sur mostraron tener menor volumen individual por árbol, si bien, la magnitud de la relación no fue muy fuerte (-0.54).

La altitud se asoció negativamente con la proporción de árboles con alguna decoloración, la magnitud de dicha asociación es importante (-0.73). También hubo una asociación negativa y fuerte con la sobrevivencia (-0.82), lo cual seguramente sea lo que explique la correlación negativa e importante (-0.74) con el volumen por hectárea.

Cuadro No. 32: Correlaciones entre las variables estudiadas y la latitud y altitud para los orígenes de *E.badjensis*

Variables		Coeficiente de correlación	Límite inferior	Límite superior
Alguna decoloración	Latitud	0,07	-0,41	0,52
Defoliación		0,47	-0,01	0,76
Estado sanitario fuste		0,28	-0,22	0,66
Sobrevivencia		0,38	-0,11	0,72
DAP		-0,40	-0,73	0,09
Altura		-0,21	-0,61	0,29
Vol. i/árbol		-0,54	-0,80	-0,08
Vol./ha		0,09	-0,40	0,53
Alguna decoloración	Altitud	-0,73	-0,89	-0,37
Defoliación		-0,21	-0,61	0,29
Estado sanitario fuste		-0,13	-0,56	0,36
Sobrevivencia		-0,82	-0,93	-0,55
DAP		0,29	-0,21	0,66
Altura		-0,19	-0,60	0,31
Vol. i/árbol		0,33	-0,17	0,69
Vol./ha		-0,74	-0,89	-0,40

E.smithii

Los orígenes de *E.smithii* no tuvieron ninguna asociación entre la latitud y altitud de la cual provenían, con las variables estudiadas.

Cuadro No. 33: Correlaciones entre las variables estudiadas y la latitud y altitud para los orígenes de *E.smithii*

Variables		Coefficiente de correlación	Límite inferior	Límite superior
Alguna decoloración	Latitud	0,10	-0,42	0,57
Defoliación		-0,43	-0,76	0,10
Estado sanitario fuste		0,38	-0,15	0,73
Sobrevivencia		0,23	-0,30	0,65
DAP		-0,09	-0,56	0,43
Altura		0,29	-0,25	0,68
Vol. i/árbol		0,02	-0,48	0,51
Vol./ha		0,26	-0,28	0,66
Alguna decoloración	Altitud	0,13	-0,40	0,58
Defoliación		0,46	-0,06	0,77
Estado sanitario fuste		-0,34	-0,71	0,20
Sobrevivencia		0,05	-0,46	0,53
DAP		-0,09	-0,56	0,43
Altura		-0,44	-0,76	0,09
Vol. i/árbol		-0,25	-0,66	0,29
Vol./ha		-0,10	-0,57	0,42

5. DISCUSIÓN

5.1 CARACTERÍSTICAS DEL INVIERNO DEL 2005

Las heladas de este invierno no causaron daños de importancia a las plantas del ensayo. Por tanto como se mencionó mas arriba esta variable no fue medida, ni analizada.

La explicación de la falta de daños puede deberse a una serie de factores que atenuaron el efecto del frío:

- a) La tardía fecha de la primera helada (5 de julio) debe haber permitido una buena aclimatación o endurecimiento de las plantas al frío, así como mayor oportunidad de crecer en altura por parte de éstas, escapando de las temperaturas mínimas que ocurren a nivel del suelo en el caso de las heladas de radiación (más frecuentes).
- b) El bajo número de heladas meteorológicas registradas (8 heladas), siendo que para la zona la media es de 27 (URUGUAY. MDN. DNM, 1975).
- c) La poca severidad de las heladas ya que la más severa alcanzó una temperatura de -1.49°C el 8 de agosto, siendo la temperatura mínima absoluta para la zona de -6.4°C (URUGUAY. MDN. DNM, 1975).
- d) No existieron heladas muy prolongadas, el máximo periodo que la temperatura se mantuvo debajo de 0°C al abrigo fue de 9 horas, el 21 de julio.
- e) Los ensayos están ubicados en una ladera media, esto puede haber permitido el drenaje de aire frío hacia zonas adyacentes mas bajas y así haber disminuido el riesgo de daño.
- f) El buen control de malezas durante el primer invierno luego de realizada la plantación, disminuyó el enmalezamiento, y por tanto, según Prado 1991, el riesgo de daño al permitir el aumento de la temperatura del aire cerca del suelo.

Es de destacar que la última helada ocurrió recién el 13 de setiembre, lo cual acortó de forma considerable el periodo libre de heladas, considerando que la primera helada, como se mencionó arriba, ocurrió tardíamente. No obstante esto, esta última helada no provoco daño a las plantas.

Una opción para tener mayores probabilidades de que las heladas causen daños al instalar ensayos, es efectuar la plantación a fines del otoño, como lo hizo en su trabajo Balmelli (1993). Así encontraríamos a las plantas chicas y sin ese “endurecimiento” previo a causa de la bajada paulatina de la temperatura, en el periodo donde comienzan a registrarse heladas. Esta metodología tiene como negativo que se puede llegar a resultados erróneos, sino se considera que los distintos materiales, pueden tener capacidades diferentes de “endurecimiento” en las etapas previas a que ocurran las heladas, y por tanto distinta capacidad de resistir al frío.

5.2 EFECTOS SOBRE EL CRECIMIENTO

5.2.1 Sitios

Algorta mostró ser mejor que Guichón, para las variables DAP y sobrevivencia. Para la variable volumen aparente por hectárea, la interacción sitio x origen fue significativa, mostrándose una tendencia general de disminución de los crecimientos en Guichón.

5.2.2 Especies

La especie *E.benthamii*, obtuvo los mejores crecimientos en altura, buenos crecimientos en diámetro, y por tanto, los mejores volúmenes individuales de todas las utilizadas en el ensayo. Por otro lado, fue junto a las dos especies testigo, las que presentaron mejor sobrevivencia. En suma, estos dos hechos, llevaron a que fuese la especie con mejores crecimientos aparentes por hectárea (21% mayor al testigo de *E.dunnii*, quien obtuvo el segundo lugar). A esto debe agregársele que fue, dentro de las especies probadas, la que menor proporción de defectos graves de crecimiento tuvo. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Balmelli y Resquin (2002) sobre suelos 7.32, donde *E.benthamii* al quinto año, fue la especie con mejores crecimientos por hectárea.

E.smithii, en cambio, tuvo malos crecimientos en diámetro y altura, lo que llevó a que sea la especie con peores valores de volumen individual del ensayo. La sobrevivencia promedio de la especie, también mostró ser baja. Por tanto, el volumen aparente por hectárea, resultó ser el más bajo de todas las especies evaluadas (un 47% inferior a *E.benthamii*). Fue también la especie que tuvo mayor proporción de defectos graves de crecimiento. Lo arriba mencionado hace pensar que esta especie no se adaptó bien a las condiciones de los sitio.

Los testigos, al igual que *E.badjensis*, presentaron buenos crecimientos en altura y diámetro, lo que llevó a buenos crecimientos individuales, no encontrándose entre éstas especies, para esta variable, diferencias significativas. En cambio, ambos testigos presentaron mejor sobrevivencia promedio que la especie *E.badjensis*, lo que determinó que ésta presentase peores crecimientos por hectárea que el testigo de *E.dunnii* (con *E.grandis* no llegaron a detectarse diferencias significativas). Esto es similar a lo encontrado en los ensayos de INIA sobre suelos 7.32 y 9.1, donde al séptimo año *E.badjensis* se mostró con muy buenos crecimientos individuales, pero a causa de la baja sobrevivencia, los crecimientos por hectárea disminuían significativamente.

Por último, es importante destacar que para realizar la comparación entre las distintas especies, se utilizaron distinta cantidad de datos según la especie, lo que llevó a una precisión distinta de las estimaciones para cada especie.

5.2.3 Orígenes dentro de especies

E.benthamii

Dentro de esta especie los orígenes se comportaron de forma similar, no pudiéndose para ninguna de las variables estudiadas, encontrar diferencias significativas entre ellos. Esto puede deberse a una mayor elasticidad en la adaptación de los orígenes a los sitios (no muy distintos entre ellos), y/o a la relativa homogeneidad de estos materiales (son sólo tres y la zonas de donde provienen son muy cercanas entre sí).

Es importante mencionar que se probaron sólo tres materiales genéticos de la especie, dado la dificultad para tener acceso a ellos, ya que la especie se encuentra protegida en su país de origen, y a la restringida zona de distribución natural.

E.smithii

No se encontraron diferencias significativas entre los orígenes de la especie para las variables de crecimiento estudiadas, salvo para sobrevivencia, donde sí hubo grandes diferencias dentro de los orígenes de la especie (35% entre el origen con mayor sobrevivencia y el de menor). Se destaca el tratamiento 4310, por presentar dentro de la especie, muy buena sobrevivencia en ambos sitios, y tener por tanto, un muy buen crecimiento por unidad de superficie en ambos.

Esta especie, abarcó un mayor rango, respecto de *E.benthamii* y *E.badjensis*, de altitudes y latitudes de sus orígenes (presenta un área de distribución mucho mayor a

ambas), y el número de orígenes probados fue importante. Sin embargo, no se encontró ninguna asociación entre la altitud o latitud de donde provienen éstos con las variables estudiadas.

E.badjensis

Esta especie sí mostró diferencias entre sus orígenes. El origen 4298 de Deua NP (el que se encuentra más al Norte de la especie dentro de los probados), fue superior en todas las variables de crecimiento individual al origen 4300 de Brown MTN (uno de los de más Sur). En sobrevivencia no hubo diferencias entre estos dos orígenes, si bien la hubo entre otros orígenes, encontrándose la mayor entre el origen 4299 (el de menor altitud de la especie) el cual tuvo 35% más de sobrevivencia que el 4297 (uno de los provenientes de mayor altitud), la asociación entre estas dos variables (sobrevivencia y altitud), para la especie, fue negativa e importante (-0.82).

5.2.4 Interacción genotipo x ambiente

La interacción origen anidado en especie x sitio en la variable volumen aparente por hectárea fue la única que tuvo efectos significativos. Lo cual es bastante lógico al pensar que los sitios están cerca uno del otro y sus características no son contrastantes, sino similares.

Entre los orígenes de *E.smithii* fue donde se notaron los mayores cambios en el comportamiento productivo en función del sitio, esto puede estar asociado al mayor rango latitudinal y de alturas de sus orígenes, si bien no se encontró ninguna asociación con estos.

Que existan diferencias grandes en el comportamiento de un origen entre estos dos sitios (similares entre sí), hace pensar que el posible comportamiento del origen en cuestión, en una plantación comercial (condiciones mucho más heterogéneas de sitios), tenga mucha incertidumbre.

5.3 EFECTOS SOBRE LA SANIDAD

5.3.1 Sitios

No se encontró efecto de ninguno de los sitios sobre las variables sanitarias estudiadas.

5.3.2 Especie

En general, las tres especies probadas presentaron mayores niveles de defoliación y decoloración que los testigos. Lo que hace pensar que estas especies son más susceptibles al ataque de la chinche del eucalipto (*Thaumastocoris peregrinensis*) que los testigos. A su vez, dentro de éstos, *E.grandis* fue el que menor defoliación y decoloración presentó.

Es de destacar que esta plaga es nueva en la región, se reportó por primera vez en 2005 en Sudamérica, y en los últimos 3 años ha provocado gran preocupación en el sector por sus altas poblaciones, que causan disminución de la tasa fotosintética y defoliación en los rodales. Si bien, aún no hay cuantificaciones del daño, se ha visto que puede llegar a matar los árboles, luego de sucesivas defoliaciones.

Las medidas de control citadas en la bibliografía son pocas, no se recomienda el control químico ya que la plaga se hospeda en el interior de la copa de los árboles y se desplaza muy rápidamente por el follaje. La mejor medida de control citada, parece ser el control biológico, actualmente se han detectado dos especies de parasitoides de huevos con potencial para el control, una de las especies identificadas es la avispa *Cheruchoides noackae* (Hymenoptera: Mymaridae) (Bouvet y Vaccaro, 2007).

Martinez et al. (2009), estudiando la abundancia de la chinche en tres especies de *Eucalyptus* (*E.grandis*, *E.globulus* y *E.tereticornis*), no encontraron diferencias estadísticas entre ellas, pero mencionan que los *Eucalyptus* “colorados” (*E.tereticornis*, *E.camaldulensis*) están considerados dentro de los más atacados y por tanto presentan mayor daño que otras especies en América del Sur, y que este daño puede deberse a una mayor susceptibilidad de los “colorados”, y no a una mayor preferencia de la chinche.

González et al. (2009), trabajando con *E.globulus ssp. globulus* de origen seminal y clonal, *E.grandis*, *E.dunnii*, *E.bicostata*, *E.camaldulensis* y *E.viminalis*, encontraron que la cantidad de *Thaumastocoris* capturados presentan diferencias muy importantes para las distintas especies, y que esto, en principio, no muestra la misma relación con los niveles de daño respectivos, y por tanto concluyen, al igual que en el trabajo citado más arriba, que las distintas especies no presentan la misma susceptibilidad, para un mismo nivel poblacional de la plaga.

Este autor, encontró también que el clon que utilizó de *E.globulus*, fue significativamente más atacado que los materiales de esta especie provenientes de semilla. Supone que este comportamiento se debe al rápido pasaje de la hoja juvenil a hoja adulta que se produce en el clon. Este resultado habla de cierta variabilidad dentro de la especie en la preferencia de la plaga. Si esto también se constatará en la susceptibilidad, como el presente trabajo lo indica para algunas especies (*E.badjensis* y *E.smithii*) a nivel de orígenes, sería posible utilizar técnicas de mejoramiento genético para encontrar genotipos más resistentes al ataque.

Los resultados discutidos más arriba, hacen pensar que determinadas especies (en este caso, las pertenecientes a la serie *Viminales*) son también más susceptibles al ataque de la chinche, si bien en este trabajo no se analizó la abundancia relativa de esta plaga sobre cada especie.

Las severas defoliaciones encontradas, son sin duda una causa de estrés a los árboles, y por tanto, con árboles debilitados y en un escenario de aparición de nuevas plagas, el ataque de otras plagas oportunistas no es raro que ocurra. Lo cual dejaría aún más comprometido el futuro de estas especies para nuestras condiciones. A esto debe sumarse que *E.badjensis* y *E.smithii*, ya al tercer año de plantados, presentaron altas proporciones de árboles con síntomas de ataque, principalmente de hongos, en sus fustes.

5.3.3 Orígenes dentro de la especie

E.benthamii

Dentro de esta especie no hubo diferencias en sus orígenes, para ninguna de las características sanitarias analizadas. Como se mencionó más arriba, se encontró una fuerte correlación positiva entre la proporción de árboles con alguna decoloración y la altitud de donde provenían los orígenes. Si bien es importante mencionar que para esta especie son solo tres orígenes y el rango de alturas va desde 40 a 140m.

E.badjensis

El origen, en general, que menores problemas sanitarios presentó dentro de esta especie, fue el 4297, uno de los provenientes de mayor altitud (1100m), fue el que menos defoliación y proporción de árboles con alguna decoloración mostró a causa del ataque de *Thaumastocoris*.

Dentro de los que tuvieron mayores problemas están el 4296, 4300 y 4293. Éstos presentaron una fuerte defoliación y problemas sanitarios en sus fustes. La proporción de árboles dentro de estos orígenes con alguna decoloración, no se mostró tan grande

comparada con la de otros orígenes dentro de la especie, debido a que no hubo oportunidad en muchos casos de evaluar la decoloración por falta total de follaje.

Los orígenes de mayor altitud mostraron tener menor proporción de árboles con alguna decoloración (correlación -0.72), si bien es importante destacar, como ya se mencionó, que éstos fueron también los que menor sobrevivencia presentaron.

E.smithii

Los orígenes de *E.smithii* que presentaron mayor defoliación (4306 y 4305) fueron también los que menor proporción de árboles con algún tipo de decoloración presentaron, debido a la misma causa mencionada para *E.badjensis*.

El origen 4303 fue, dentro de la especie, el que mayores problemas sanitarios tuvo en el fuste.

6. CONCLUSIONES

- En el invierno siguiente a la instalación de los ensayos no se produjeron heladas importantes, por tanto no se registraron daños por frío. Esto impidió que se efectuara la evaluación de los materiales por resistencia al frío.
- En general, no hubieron grandes diferencias entre sitios, si bien Algorta, para algunas variables (DAP y sobrevivencia), presentó mejores valores que Guichón.
- La especie *E.benthamii*, al tercer año, fue la que obtuvo los mejores crecimientos individuales y por unidad de superficie, superando incluso a ambos testigos. La especie que peores crecimientos presentó fue *E.smithii*.
- No se encontraron diferencias significativas en el comportamiento de las especies a través de los sitios. Sin embargo, sí hubo interacción significativa sitio x origen para el volumen por hectárea, en particular en algunos orígenes de *E.smithii* y *E.badjensis*.
- Los orígenes de la especie *E.benthamii*, no mostraron diferencias en su comportamiento a través de los sitios, posiblemente por mayor elasticidad y/o homogeneidad de sus orígenes.
- Dentro de *E.smithii*, el origen de más al Sur, proveniente de Victoria (4310), fue el que mejor crecimiento por hectárea tuvo, asociado a una mejor sobrevivencia.
- En general los orígenes de *E.badjensis* fueron más estables entre sitios que los de *E.smithii*. Los orígenes de mayor altitud (1100m), mostraron los peores comportamientos en sobrevivencia y por tanto en volumen por hectárea. Se encontró una fuerte asociación negativa entre sobrevivencia y altitud (-0.82). Esto concuerda con las generalidades recomendadas por Zobel y Talbert (1988); a la hora de introducir una nueva especie o un nuevo origen, no trasladar fuentes de elevadas altitudes o de altas latitudes a bajas altitudes y latitudes, o viceversa
- Las tres especies probadas presentaron mayores síntomas de defoliación que los testigos a causa del ataque de *Thaumastocoris*. Dentro de los testigos, el de *E.dunnii* presentó mayor defoliación que *E.grandis*.

- Se encontraron diferencias de defoliación y proporción de árboles con alguna decoloración, entre orígenes de *E.badjensis* y *E.smithii*. Se destaca el origen 4297 de *E.badjensis* por presentar tan escasa defoliación como el testigo de *E.dunnii*, y tener tan baja proporción de decoloración como el testigo de *E.grandis*, si bien tuvo una sobrevivencia muy baja (45,5%).
- *E.benthamii* ha mostrado ser, una vez más, para nuestras condiciones, una especie con muy buenos crecimientos individuales y por hectárea. Sin embargo, la susceptibilidad mostrada al ataque de *Thaumastocoris*, sumado a la escasa variabilidad genética, hacen dudar del comportamiento sanitario futuro de ella.

7. RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo principal la evaluación de tres especies de *Eucalyptus* (*E.benthamii*, *E.badjensis* y *E.smithii*), pertenecientes a la serie de los *Viminalis* y de distintos orígenes dentro de cada una de ellas, prestando especial atención a la tolerancia a heladas de estos materiales. Como especies testigo se escogieron *E.grandis* y *E.dunnii*. Se instalaron dos ensayos, ambos en el litoral-oeste del país sobre grupos de suelos CONEAT 9.3 y 9.6. El invierno siguiente a la instalación de los ensayos no se registraron heladas severas, por tanto tampoco daños a causa de éstas; lo que llevó a que no se pueda evaluar la relativa tolerancia al frío de estos materiales. Al tercer año de instalados los ensayos se realizó una evaluación sanitaria y de crecimiento de los árboles. La especie con mejores crecimientos resultó ser *E.benthamii*, *E.smithii* fue la peor mientras que *E.badjensis* obtuvo crecimientos intermedios. Dentro de los orígenes de *E.benthamii* no se registraron diferencias, en cambio, sí las hubo dentro de alguno de los de *E.badjensis* y *E.smithii*. Las tres especies probadas presentaron mayores síntomas de ataque de la chinche del *Eucalyptus* (*Thaumastocoris peregrinensis*) que las especies testigos, existiendo diferencias entre alguno de los orígenes de las especies *E.badjensis* y *E.smithii*. Finalmente se analizó el grado de asociación entre las variables estudiadas, y de éstas con la altitud y latitud de donde provenían los orígenes.

Palabras clave: *E.benthamii*; *E.smithii*; *E.badjensis*; Crecimiento; Sanidad;
Thaumastocoris peregrinensis.

8. SUMMARY

The main objective of this work was to evaluate three *Eucalyptus* species (*E. benthamii*, *E. badjensis* and *E. smithii*) from the *Viminales* series and some of their provenances, paying special attention to their frost tolerance. *E. grandis* and *E. dunnii* were chosen as control species. Two experiments were established, both in the western litoral, on Hapludalfs and Hapludults locally clasified as CO.N.E.A.T. 9.3 and 9.6. No severe frost occurrence was recorded during the first winter after experiment instalation; therefore, frost tolerance could not be assessed. Growth and health were assessed at age three years. Results suggest that *E. benthamii* and *E. smithii* showed best and worst growth, respectively. No significant differences were found among *E. benthamii* provenances; on the other hand, *E. smithii* and *E. badjensis* provenances differed widely in most growth traits, but no definite patterns could be identified. All three species showed high susceptibility to *Thaumastocoris pereginensis* attack compared to control species; significant differences were found among *E. badjensis* and *E. smithii* provenances. The extent of association among variables and between these and provenance latitude and altitude were also studied.

Keywords: *E.benthamii*; *E.smith*; *E.badjensis*; Growth; Health; *Thaumastocoris peregrinensis*.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ARRUDA, S. R.; MALAVOLTA, E. 2001. Nutricao e adubacao potasica en i. Eucalyptus. Informaciones Agronómica. POTAFOS. no. 91: 1-10.
2. BALMELLI, G. 1993. Daño de heladas en Eucalyptus. Montevideo, INIA. 32 p. (Serie Técnica no. 40).
3. _____; RESQUIN, F. 2002. Aftercare del proyecto de mejoramiento genético forestal en el Uruguay. Evaluación del crecimiento de especies de *Eucalyptus* en diferentes zonas de prioridad forestal. Montevideo, INIA/JICA. 20 p. (Publicación no. 14).
4. BOCAGE, I.; ULERY, L.A. 2005. Caracterización anatómica de *E.benthamii* Maiden Et Cambage cultivado en Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 35 p.
5. BOLAND, D.J.; BROOKER, M.I.H.; CHIPPENDELE, G.M.; HALL, N.; HYLAND, B.P.M.; JOHNSTON, R.D.; KLEINIG, D.A.; MCDONALD, M.W.; TURNER, J.D. 2006. Forest trees of Australia. 5th. ed. Sydney, CSIRO. 768 p.
6. BOUVET, J. R.; VACCARO, N. C. 2007. Nueva especie de chinche, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) en plantaciones de Eucalipto en el departamento de Concordia, Entre Ríos, Argentina. In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (22as., 2007, Concordia). Resúmenes. Concordia, INTA-EEA. s.p.
7. CSIRO. 2007. Tree seeds. (en línea). Sydney. Consultado 23 mar. 2009. Disponible en <http://www.csiro.au/ATSCOrdering/GetSpecies.aspx>.
8. CORSI, W.; GENTA, H. 1992. Heladas en el área hortifrutícola de Salto. Montevideo, INIA. 29 p. (Serie Técnica no. 22).
9. CRUZ, G.; MUNKA, G.; PEDOCCHI, R. 2000. Caracterización agroclimática de la región litoral centro oeste de la República Oriental del Uruguay. Agrociencia. 4(1): 87-92.
10. CHANG, J. H. 1968. Climate and agricultural an ecological survey. Chicago, ALDINE. s.p.

11. DAVISON, N. J.; REID, J. B. 1985. Frost as a factor influencing the growth and distribution of subalpine Eucalyptus. *Australian Journal of Botany*. 33 (6): 657-667.
12. FAO. 1994. Including forest genetic resources priorities. In: Session of the FAO Panel of Experts on Forest Gene Resources (8th, 1993, Rome, Italy). Report. Rome. s.p.
13. FERNANDEZ, V.; ROS, A. 2002. Caracterización anatómica de dos especies de Eucalyptus (*E.dunnii* Maiden y *E.badjensis* Beuzev & Welch). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 65 p.
14. GARCÍA, J. P.; GRIFFIN A.R. 1995. Species/provenance evaluation and improvement strategy in the early stages of a Eucalyptus afforestation Project in Uruguay. In: CRCTHF-IUFRO Conference (1995, Hobart, Australia). Eucalyptus plantations; improving fibre yield and quality. Hobart, IUFRO. pp. 261-264.
15. GARDNER, R. 1995. Site-species interactions studies with cold-tolerant Eucalyptus species at high altitudes in South Africa- Nine year results. In: Jornadas sobre Eucalyptus de Alta Productividad (1991, Buenos Aires, Argentina). Memorias. Buenos Aires, Centro de Investigación y Experiencias Forestales (CIEF). p. irr.
16. GEARY, T.F.; MESKIMEN, G.F.; FRANKLIN, E.C. 1983. Growing Eucalyptus in Florida for industrial wood production. USDA Forest Service. General technical report SE 23. pp. 4-9.
17. GONZALEZ, A.; SAVORNIN, P.; AMARAL, L.; ALGORTA, G. 2009. Monitoreo continuo del *Thaumastocoris peregrinus*. Resultados preliminares. In: Jornada Técnica de Protección Forestal (2009, Canelones, Uruguay). Memorias. Tacuarembó, INIA. pp. 37-49 (Actividades de Difusión no. 567).
18. GUTIERREZ, B.; MOLINA, M. P.; BALOCCHI, C.; DROPELMANN, F. 2001. Desarrollo de una raza local de *Eucalyptus globulus* tolerante al frío en Chile. In: Simposio Internacional IUFRO (2001, Valdivia, Chile). Trabajos presentados. Santiago de Chile, IURFO. pp. 10-15.
19. HIGA, R. C. V. 1999. Aspectos ecológicos e silviculturais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. *Boletim de Pesquisa Florestal*. no. 38: 121-123.
20. JOVANOVIC, T.; BOOTH. T.H. 2002. Improved species climatic profiles. A report for the RIRDC. RIRDC Publication no. 02/095. 68 p.

21. MANSON, A. F.; POTTS, B. M. 1995. Inheritance of Resistance in F₁ and Advanced Generation Hybrids of *Eucalyptus globulus* and *E. gunnii*. In: CRCTHF-IUFRO Conference (1995, Hobart, Australia). Eucalyptus plantations; improving fibre yield and quality. Hobart, IURFO. pp. 19-24.
22. MARCÓ, M. A. 1986. Tolerancia a heladas en orígenes y procedencias de *Eucalyptus grandis*. Concordia, INTA. 5 p.
23. MARTÍNEZ, G.; NÚÑEZ, P.; GONZÁLES, W.; GÓMEZ, M. 2009. Distribución vertical de la chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellappe 2006 (Hemíptera; Thaumastocoridae): resultados preliminares. In: Jornada Técnica de Protección Forestal (2009, Canelones, Uruguay). Memorias. Tacuarembó, INIA. pp. 31-35 (Actividades de Difusión no. 567).
24. PRADO, A. 1991. Eucalyptus. Principio de silvicultura y manejo. Santiago, Chile, Instituto Forestal de Chile. Corporación de Fomento de la Producción. 199 p.
25. PRYOR, L. D.; JONHSON, L. A. S. 1971. A classification of the Eucalypts. Canberra, Australia, The Australian National University. 102 p.
26. SANHUEZA, R. 2008. Los híbridos nos han dado una grata sorpresa. Revista Lignum. no. 105: s.p.
27. SAS INSTITUTE. 1985. SAS/STAT Guide for personal computer. 6th. ed. i. Cary, NC. 373 p.
28. SORRENTINO, A. 1997. Manual para diseño y ejecución de inventarios forestales. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 350 p.
29. SWAIN, T. 1997. An overview of the status of cold tolerant Eucalyptus trial in South Africa. In: Conference of Silviculture and Improvement of Eucalyptus (1997, Salvador). Proceedings. Colombo, IUFRO. pp. 69-76.
30. TIBBITS, W. N.; REID, J. B. 1987. Frost resistance in *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden; genetic and seasonal aspects of variation. Australian Forest Research. 17(1): 29-47.
31. _____; POTTS, B. M.; SAVVA, M. H. 1991. Inheritance of freezer resistance in interspecific F₁ hybrids of Eucalyptus. Theoretical and Applied Genetic. 83(1): 126-135.

32. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE
i. AGRONOMÍA. 1986. Atlas climatológico del Uruguay.
Montevideo. 57 p.
33. _____. _____. 1996. Naturaleza y principales características de las
i. heladas. Montevideo. 10 p.
34. URUGUAY. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN
NACIONAL DE METEOROLOGÍA. 1975. Estadística climatológica. Periodo
1946-1970. Montevideo, Uruguay. 29 p.
35. _____. _____. 1982. Regionalización agroclimática de la Republica
Oriental del Uruguay. Montevideo. s.p. (Nota técnica no. 50).
36. _____. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA.
DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL. 2008. Estadísticas. (en línea).
Montevideo. Consultado 24 mar. 2009. Disponible en
<http://www.mgap.gub.uy/Forestal/DGF.htm>
37. ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles
forestales. México, Limusa. 544 p.