



**ANALISIS DE LA RED EXPERIMENTAL  
ESTABLECIDA POR INFOR.**

**ANALISIS DE ENSAYOS DE PROGENIE DE  
EUCALYPTUS CLADOCALYX Y CLONALES DE  
EUCALYPTUS CAMALDULENSIS**



INFOR – 2011

## INDICE

I.	RESUMEN	3
II.	INTRODUCCION	3
III.	DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES REDES EXPERIMENTALES ESTABLECIDAS POR INFOR	3
IV.	EFEECTO DEL SITIO Y CLON SOBRE EL CRECIMIENTO DE BOSQUES CLONALES DE EUCALYPTUS CAMALDULENSIS	7
V.	EFEECTO DEL SITIO Y CLON SOBRE EL CRECIMIENTO DE BOSQUES ENSAYO DE PROGENIE DE EUCALYPTUS CLADOCALYX	18
VI.	CONSIDERACIONES DE LOS ENSAYOS DE INFOR.	26
VII.	BIBLIOGRAFIA	27

## I. RESUMEN

Se entrega un análisis de los ensayos de *Eucaliptus cladocalyx* y *Eucaliptus camaldulensis* instalados en la región en el marco de los esfuerzos del instituto para mejorar y conocer las especies más apropiadas para las zonas de secano, así mismo se realiza una descripción de las otras redes experimentales y las consideraciones sobre estos ensayos.

## II. INTRODUCCION

El instituto Forestal ha establecido desde hace cerca de 50 años una serie de ensayos tendientes a conocer las principales especies forestales que permitan mejorar las condiciones productivas del secano de Chile.

Dentro de los principales actividades que se han desarrollado para las zonas áridas y semiáridas se encuentran programas como introducción de especies forestales de interés económico, investigación silvícola para el desarrollo forestal del secano interior, técnicas agroforestales para el control de la erosión, mejoramiento genético del género eucaliptus, masificación clonal de genotipos forestales para las zonas árida y semiárida, entre otros.

Estos ensayos son una fuente importante de conocimiento e información que permite mejorar las políticas de desarrollo local y entregar a los tomadores de decisiones datos reales para futuras líneas productivas y medioambientales.

## III. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES REDES EXPERIMENTALES ESTABLECIDAS POR INFOR

### Red experimental N°1

#### ***Ensayo de selección de “árboles plus” de *Eucalyptus* spp.***

Esta red de selección está conformada por 4 ensayos situados en diferentes sitios y/o localidad dentro de la región de Coquimbo (Tabla 1), establecidos entre 2005 y 2006. En términos productivos, las primeras estimaciones de crecimiento fueron evaluadas a los 2 (2007) y 3 (2008) años de edad (Altura y DAC).

Tabla 1. Características de ensayos en estudio

Sitio	Predio/Comuna	Sup. (ha)	Año plantación
1	Caracas/ Los Vilos	2	2005
2	Huentelauquén /Canela	2	2006
3	El Tangué/ Tongoy	1	2001
4	Las Cardas/Tongoy	1,2	2005

### **Sitio 1. Caracas**

- ✓ **Sitio:** En plano
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 26
- ✓ **Unidad muestral:** La parcela está conformada por un árbol individual (3x3)
- ✓ **N° tratamientos:** 50 progenies por bloque (15x30m=450m<sup>2</sup>)

### **Sitio 2. Huentelauquén**

- ✓ **Sitio:** en pendiente
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 9
- ✓ **Unidad muestral:** La parcela está conformada por un árbol individual (3x3)
- ✓ **N° tratamientos:** 50 progenies por bloque

### **Sitio 3. El Tangué**

- ✓ **Sitio:** en plano
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 30/progenie
- ✓ **Unidad muestral:** La parcela está conformada por un árbol individual (3x3)
- ✓ **N° tratamientos:** 45 progenies por bloque

### **Sitio 4. Las Cardas**

- ✓ **Sitio:** en plano
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 19/progenie
- ✓ **Unidad muestral:** La parcela está conformada por un árbol individual (3x3)
- ✓ **N° tratamientos:** 19 progenies por bloque

### **Red experimental N°2.**

#### ***Ensayos clonales de E. camaldulensis (esquema silvicultural clonal)***

La red de ensayos clonales de *E. camaldulensis* están localizados en 3 sitios: Pullally (V región), Cuz Cuz y El Tangué (IV región), todos establecidos en 2005. Se consideró un total de 13 clones en cada sitio de estudio (Tabla 2).

En términos de crecimiento inicial (propagación vegetativa), a los 10 meses de edad los ensayos clonales presentaron una altura media de 1,2 m y un DAC de 1,39 cm.

Tabla 2. Características de ensayos en estudio

Sitio	Predio	Año	Suelo
1	Pullally/ V	2005	Arenoso, proveniente de dunas fósil de baja fertilidad
2	Cuz Cuz / IV	2006	Ensayo instalado en la parte baja de una ladera, con acentuada pendiente (90%) con suelos severamente
3	El Tangué/ IV	2007	Superficie plana de suelo liviano con posibilidad de contar con agua para riegos de socorro en verano

### Sitio 1. Pullally

- ✓ **Sitio:** en plano
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 4/clones.
- ✓ **Unidad muestral:** La parcela lineal está conformada por 4 rametos (16 plantas/clon)
- ✓ **N° tratamientos:** 9 clones por bloque

### Sitio 2. Cuz- Cuz

- ✓ **Sitio:** En pendiente acentuada (90%)
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 4/clones.
- ✓ **Unidad muestral:** La parcela lineal está conformada por 4 rametos (16 plantas/clon)
- ✓ **N° tratamientos:** 13 clones por bloque

### Sitio 3. El Tangué

- ✓ **Sitio:** en plano
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 4/clones.
- ✓ **Unidad muestral:** La parcela lineal está conformada por 4 rametos (16 plantas/clon)
- ✓ **N° tratamientos:** 9 clones por bloque

### Red experimental 3.

#### ***Ensayos de progenie de Eucalyptus cladocalyx***

En septiembre del año 2001, dos pruebas de progenie de 49 genotipos de *Eucalyptus cladocalyx*, fueron establecidas en la IV Región de Chile: 47 de ellos son provenientes de poblaciones naturales de Australia, adquiridas desde el banco de germoplasma del CSIRO-Australia (Australian's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), y 2 son provenientes de fuentes de semilla nacional, proporcionadas por el banco de germoplasma de INFOR-Chile (Instituto de Investigación Forestal).

Los ensayos fueron establecidos en las Comunas de Illapel y Los Vilos, ambos Provincia de Choapa, en terrenos de la Comunidad Agrícola Tunga Norte (31°

38 27 Lat S; 71° 19 40 Long W; 297 m de altitud) y la Hacienda Agrícola Caracas (31° 55 05 Lat S; 71° 27 10 Long W; 167 m de altitud). Cada uno de los ensayos tiene un diseño de bloques completos al azar, con parcelas de un árbol (*Single Tree Plots*), con 30 bloques. Todos los árboles fueron plantados a un espaciamiento de 2 m x 3 m, en cada sitio.

### Sitio 1. Hacienda Caracas

- ✓ **Superficie:** 1 ha
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 30 bloques.
- ✓ **Unidad muestral:** Single Tree Plots

### Sitio 2. Tunga Norte.

- ✓ **Superficie:** 1 ha
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 30 bloques.
- ✓ **Unidad muestral:** Single Tree Plots

### Red experimental N°4.

#### ***Ensayos de parcelas de erosión y escorrentía superficial.***

Se utilizó para estimar las pérdidas de suelo el método de las parcelas de escorrentía. Para su construcción contempló una faja o borde para cada tratamiento, de un elemento en forma de embudo para concentrar la escorrentía en su extremo más bajo y de un colector para recibir el sedimento acarreado, las dimensiones de las parcelas son de 7 metros de ancho por 18 metros de largo. De esta forma se implementaron en las parcelas de escorrentía el año 1992, 6 tratamientos que reflejarán las alternativas técnicas, social y económicamente aceptables por la población, que conllevan a una mejoría de sus actuales sistemas productivos, **logrando conjuntamente la recuperación y conservación de los suelos.** La instalación de las áreas de control o módulos de erosión, obedecen a un sistema estadístico de bloques con 6 tratamientos y tres repeticiones (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de tratamientos instalados para recuperación y conservación de suelos

Tratamiento	Descripción
1	Testigo
2	Trigo
3	Plantación de <i>Acacia saligna</i> a un distanciamiento de 4x1 y <i>Phalaris tuberosa</i> (falaris) cada 20 cm entre las acacias, intercalada con cultivo de <i>Trigo</i> y <i>Medicago polymorpha</i> (hualputra).
4	Plantación de <i>Acacia saligna</i> a un distanciamiento de 3x2 m y falaris cada 20 cm entre las acacias, intercalada con cultivo de hualputra.
5	Plantación de <i>Acacia saligna</i> en terrazas individuales de 1 m en disposición de tresbolillo
6	Plantación de <i>Acacia saligna</i> intercalada cada 3 m con hileras de <i>Cassia closian</i> a y a un distanciamiento en la hilera de 1 m.

**Evaluación de parámetros de crecimiento.** Las variables de medición contempladas fueron las siguientes: diámetro de cuello (cm) y altura (m), para las especies arbóreas y arbustivas; la obtención de biomasa para las muestras de pastos y la producción en kilos para el cultivo de trigo. Se iniciaron las mediciones para las especies del dosel superior, 3 meses después de efectuada la plantación, Octubre de 1992, las siguientes mediciones se hicieron con una frecuencia de 6 meses, de manera de ver la evolución del crecimiento después de cada fin de temporada. En relación a las mediciones de hualputra y falaris, las muestras se toman después de la maduración del fruto de manera de conocer la producción de semillas. Para el caso del trigo, la cosecha se efectúa aproximadamente entre el mes de Diciembre y Enero de cada año.

**Evaluaciones de parámetros físicos (T°, H°, Pps).** Después de cada evento pluviométrico y una vez que el agua de escurrimiento y sedimento están depositados en los respectivos dispositivos de medición, se procedió a coleccionar muestras de sedimento y agua.

- ✓ **Sitio:** En pendiente ligera
- ✓ **Diseño:** Bloque completo aleatorio
- ✓ **Repeticiones:** 3/tratamiento
- ✓ **Unidad muestral:** parcelas de (18x7)(LxA)m. Sup. Total (126m<sup>2</sup>)
- ✓ **N° de tratamientos:** 6

#### **IV. EFECTO DEL SITIO Y CLON SOBRE EL CRECIMIENTO DE BOSQUES CLONALES DE EUCALYPTUS CAMALDULENSIS**

Las zonas áridas y semiáridas de Chile comprendidas entre IV a VI Región, se caracterizan por condiciones climáticas adversas que limitan el desarrollo productivo del sector silvoagropecuario. Diversos esfuerzos se han efectuado para desarrollar alternativas productivas compatibles con tal limitación, identificándose entre ellas al cultivo de especies forestales resistentes a la sequía.

Entre tales especies, *Eucalyptus camaldulensis* ha demostrado una gran adaptación a condiciones de sequía, constituyendo en la actualidad una de las alternativas más conocidas para establecer cultivos forestales en estas zonas.

Al respecto, la gran extensión de la distribución natural de esta especie en su lugar de origen, le confiere una considerable variabilidad intraespecífica en distintos caracteres de interés, entre ellos la tolerancia a la sequía. Esta variabilidad sumada a la experiencia empírica obtenida en el establecimiento, manejo y evaluación de ensayos de *E. camaldulensis* en zonas áridas y semiáridas, permite reconocer la existencia de individuos con una tolerancia a condiciones de estrés hídrico superior al promedio, los cuales son capaces de exhibir interesantes tasas de crecimiento, aún bajo condiciones deficitarias de aporte hídrico.

En el caso de *Eucalyptus camaldulensis*, su programa de mejoramiento genético contempla el uso de la propagación asexual como una herramienta para masificar el material genético de mayor valor productivo (árboles plus), identificando en zonas sometidas a severas restricciones hídricas.

La principal ventaja de la clonación se encuentra en el marco de programas de mejoramiento genético, donde permite el aprovechamiento de un genotipo único, seleccionado de entre muchas otras plantas por su superioridad en algún aspecto de interés, y multiplicarlo para obtener nuevos individuos con el mismo genotipo. Aún así, la identidad genética de los rametos no es garantía de que estos exhibirán exactamente las mismas características y que se desarrollarán igual que el individuo original. De aquí la importancia de desarrollar rigurosos ensayos clonales para verificar en terreno el comportamiento de los clones propagados.

## METODOLOGIA

### Selección y Descripción de Sitios.

La selección de los sitios para el establecimiento de ensayos genéticos es un hito muy relevante para la calidad de los resultados a obtener en plantaciones. La razón radica en que la expresión del fenotipo del árbol es una función de su constitución genética y la variación ambiental en la cual crece y se desarrolla. Por lo tanto, mientras menos variable sea el sitio, la expresión fenotípica tiende a reflejar mejor la expresión genética.

Particularmente los sitios considerados para el establecimiento de estos ensayos corresponden a climas mediterráneos semiáridos, de características variables en función de su distancia a la costa. Los ensayos fueron establecidos en tres sectores identificados en la tabla 4.

**Tabla 4.** Ubicación administrativa de los ensayos.

Región	Provincia	Comuna	Predio	Propietario
IV	Choapa	Illapel	Cuz Cuz	Comunidad Agrícola Cuz Cuz
			El	Sociedad Agrícola y Ganadera El
V	Elqui	Tongoy	Tangue	Tangue
	Petorca	La Ligua	Pullally	Comunidad Javier Estay y otros

A continuación se describe en forma detallada cada uno de los sitios en estudio:

**Pullally.** Este ensayo se ubica a aproximadamente 160 km al norte de Santiago, en la Comuna de La Ligua, V Región. Corresponde a una zona mediterránea con marcada influencia marina. La precipitación media anual es de 250 mm fuertemente concentrada en los meses invernales. La influencia costera se manifiesta en temperaturas templadas que no sobrepasan los 25°C, con una muy baja incidencia de heladas. El suelo corresponde a arenas originadas en una duna fósil de baja fertilidad (Smith, 1997).



**Cuz Cuz.** Los terrenos de la comunidad agrícola de Cuz Cuz se enmarcan en el clima de Estepa Cálido que se caracteriza por ausencia de nubosidad y sequedad del aire. Sus temperaturas son mayores que en la costa, las precipitaciones son muy irregulares y escasas y los períodos de sequía son característicamente extensos (8 meses o más). El sitio seleccionado para establecer el ensayo corresponde a la parte baja de una ladera orientada hacia el Sur-este, con una acentuada pendiente de cerca del 90% y suelo severamente compactados.

**El Tangué.** Se encuentra en un clima clasificado como de estepa con nubosidad abundante. Se caracteriza por abundante nubosidad baja. La cercanía del mar produce amplitudes térmicas bajas. Las precipitaciones presentan un régimen frontal, con máximos en el invierno (Junio, Julio y Agosto) donde precipita cerca del 80% del total anual. En el Tangué caen 107 mm anuales (Dirección Meteorológica de Chile, 2005).

### **Establecimiento del ensayo.**

La metodología que se utiliza para la instalación en terreno de los ensayos clonales no se diferencia de la comúnmente utilizada para el establecimiento de los ensayos genéticos. Tanto el establecimiento como la mantención del ensayo deben estar dirigidos a reducir cualquier tipo de error experimental que sesgue los resultados de la evaluación de desempeño de los tratamientos, en este caso de los clones.

El establecimiento de ensayos genéticos fue basado en una planificación acabada en que los plazos y las oportunidades propuestas se cumplan a cabalidad. Se debe recordar que el objetivo de establecer estos ensayos en forma intensiva, responde a que en el menor plazo posible los individuos deben ser capaces de expresar su potencialidad de crecimiento. Es muy importante asegurar la sobrevivencia de los árboles y es por ello que no se deben escatimar esfuerzos en las labores de establecimiento y mantención.

### **Diseño experimental.**

Los ensayos clonales establecidos consideran un diseño de bloques completos al azar (cuatro bloques), en cada uno de los cuales cada clon se representa por 4 rametos dispuestas en una parcela lineal. En total cada clon se representa con 16 plantas en cada ensayo. Se analizaron siete clones (1, 3, 9, 11, 29, 31 y 43) por cada sitio.

### **Preparación de terreno.**

La preparación del sitio contempló la ejecución de un roce liviano a moderado para la eliminación de la vegetación arbustiva existente. Posteriormente se efectuó preparación del suelo, que consistió en confeccionar surcos de plantación tratados con arado y subsolado, el primero para obtener una superficie mullida sobre la cual establecer las plantas y el segundo para romper capas impermeables subterráneas y facilitar la expansión de las raíces y su exploración del suelo en busca de agua y nutrientes. Las líneas de plantación se efectuaron a una distancia de 3 metros. El perímetro de los terrenos

destinados a contener los ensayos fue rodeado por un cerco para evitar el ingreso de animales.

### Plantación.

Se realizó en el mes de Octubre del año 2005. Esta fue manual, usando un espaciamiento de 3x3 metros. Junto con la plantación se procedió a incorporar del higroscópico, a razón de 5 g/planta, para contribuir a retener humedad en la casilla de plantación. En la misma ocasión se fertilizó con 50 g/planta de Fosfato monoamónico y se adicionaron 5 litros de agua a cada planta.

### Material genético establecido.

Las plantas consideradas en los ensayos clonales corresponden a réplicas vegetativas, obtenidas mediante enraizamiento de estacas a partir de plantas madres. A su vez, estas plantas madres corresponden a copias obtenidas mediante cultivo *in vitro* de árboles plus adultos de *E. camaldulensis* rigurosamente seleccionados en plantaciones de zonas semiáridas de la IV y V regiones. Se consideró un total de 13 clones en cada sitio de estudio (Tabla 5).

**Tabla 5.** Características de ensayos en estudio

Sitio	Predio	Año	Suelo
1	Pullally/ V	2005	Arenoso, proveniente de dunas fósil de baja fertilidad
2	Cuz Cuz / IV	2006	Ensayo instalado en la parte baja de una ladera, con acentuada pendiente (90%) con suelos severamente
3	El Tangué/ IV	2007	Superficie plana de suelo liviano con posibilidad de contar con agua para riegos de socorro en verano

Las figuras 1, 2 y 3 muestran una visión general de las condiciones actuales de cada uno de los ensayos clonales en estudio.

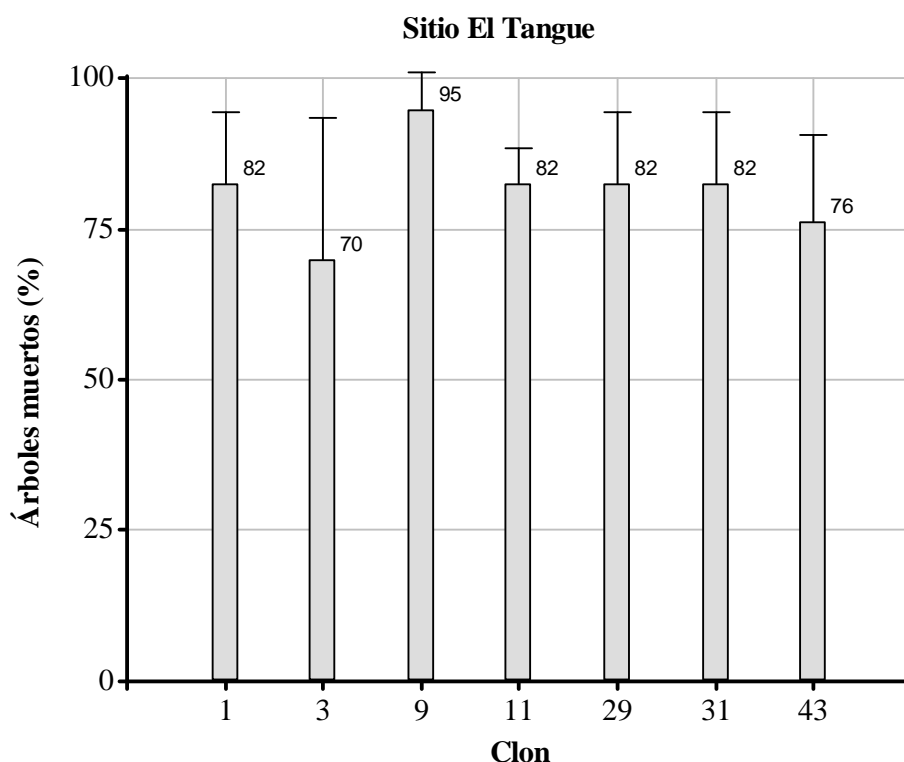
## RESULTADOS Y DISCUSION

**Sobrevivencia de clones por tipo de sitio.** En la tabla 3 se expresa el número total de árboles vivos de *Eucalyptus camaldulensis* a los 6 años de edad (2011). De un total de 16 árboles plantados por clon en cada sitio, se observa que el sitio El Tangué presentó el menor número de árboles vivos en pie, sin embargo, los mismos clones presentaron una mayor adaptabilidad y/o tolerancia a las condiciones de los sitios Cuz Cuz y Pullally.

**Tabla 6.** Número total de arboles vivos al año 2011 según clon y sitio.

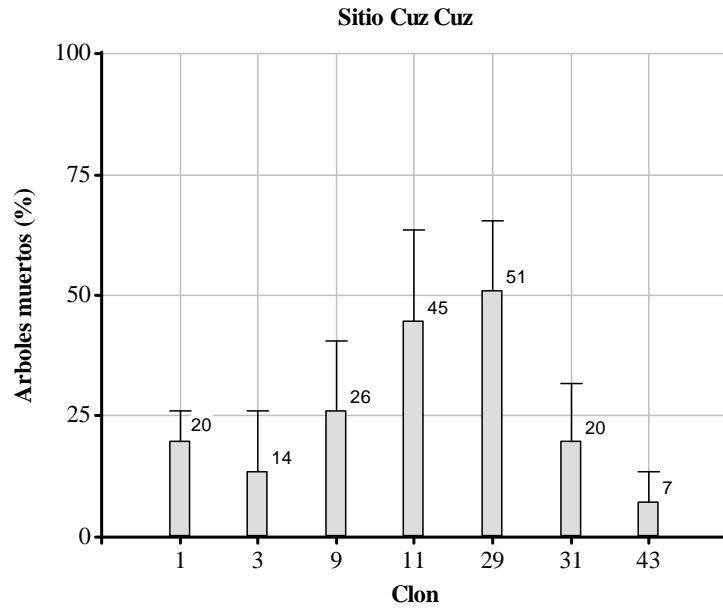
Sitio	Número total de árboles vivos según clon y sitio registrado al 2011						
	Clones						
	1	3	9	11	29	31	43
El Tangué	3	5	1	3	3	3	4
Cuz Cuz	13	14	12	9	8	13	15
Pullally	16	14	14	14	16	14	14

**Mortalidad de clones por tipo de sitio.** Las Figuras 1, 2 y 3 detallan el número total de árboles muertos por clon y sitio. Se verificó que todos los clones establecidos en el sitio El tangué presentaron mortalidades que superaron el 70% (Figura 1). Sin embargo, los clones establecidos en el sitio Cuz Cuz y Pullally registraron mortalidades menor al 51% y 14%, respectivamente (Figura 2 y 3). El sitio Pullally presentó la menor mortalidad de árboles para todos los clones en estudio (Figura 3). Las causas de mortalidad pueden deberse a varios factores como baja adaptabilidad del clon al tipo sitio, origen del clon, mala calidad de planta, estado sanitario, mala práctica al momento de la plantación, bajas precipitaciones, factores externos como ingreso de animales a los predios provocando ramoneo a las plantas y finalmente la muerte de estos y/o intervención de actividad humana.

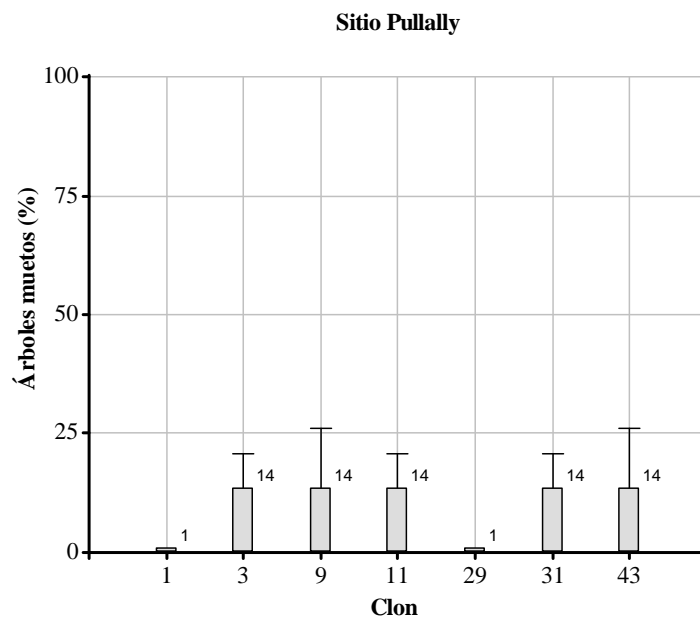


**Figura 1.** Mortalidad de clones de *Eucalyptus camaldulensis* en el sitio El Tangué. Barras corresponden al error estándar.

El sitio El Tangué registró una mortalidad de arboles del 85% en cada bloque, por tanto para efecto de análisis este sitio no fue considerado (Figura 1).



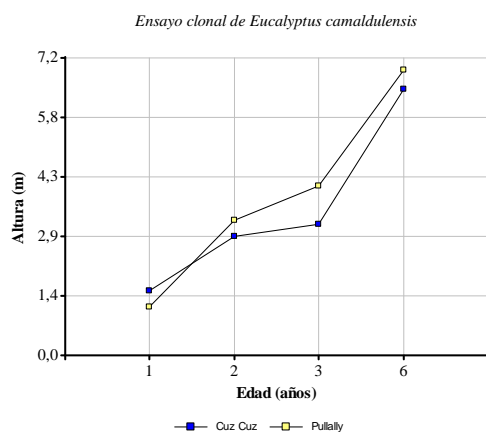
**Figura 2.** Mortalidad de clones de *Eucalyptus camaldulensis* en el sitio Cuz Cuz. Barras corresponden al error estándar.



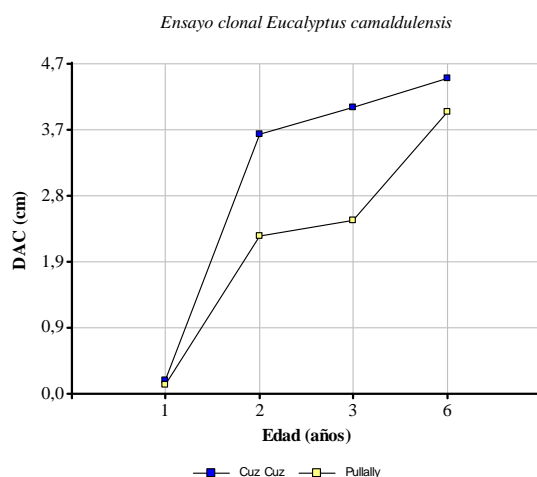
**Figura 3.** Mortalidad de clones de *Eucalyptus camaldulensis* en el sitio Pullally. Barras corresponden al error estándar.

### Efecto del sitio sobre altura y DAC

Al analizar la variación del sitio en el tiempo se observa que Pullally tuvo un efecto positivo sobre el crecimiento en altura para todos los clones en estudio a partir de los 2 años de edad (Figura 4) y para el crecimiento en DAC resulto ser mejor el sitio Cuz Cuz (Figura 5).



**Figura 4.** Crecimiento en altura (m) de clones de *Eucalyptus camaldulensis* según tipo de sitio.



**Figura 5.** Crecimiento en DAC (m) de clones de *Eucalyptus camaldulensis* según tipo de sitio.

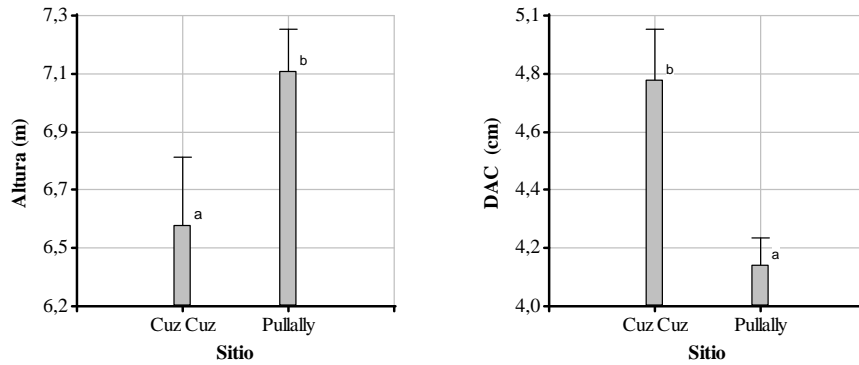
### Variación de altura y DAC entre sitios.

Las alturas medias de los diferentes clones de *E. camaldulensis* (6 años de edad) en el sitio Pullally resultaron 8,1% más altos, sin embargo, en el sitio Cuz Cuz resultaron con mayor DAC (c/ corteza) (14,7%) (Tabla 7 y Figura 6).

**Tabla 7.** Valores medios, máximos y mínimos y coeficientes de variación (CV%) para el crecimiento en ambos sitios.

	Sitio Cuz Cuz			Sitio Pullally		
	Media	Min-Max	CV	Media	Min-Max	CV
Altura (m)	6,55 a	2,0- 13,2	35,32	7,13 b	3,2-11,9	22,87
DAC (cm)	4,82 b	1,5-9,22	36,49	4,11 a	1,8-6,6	25,87

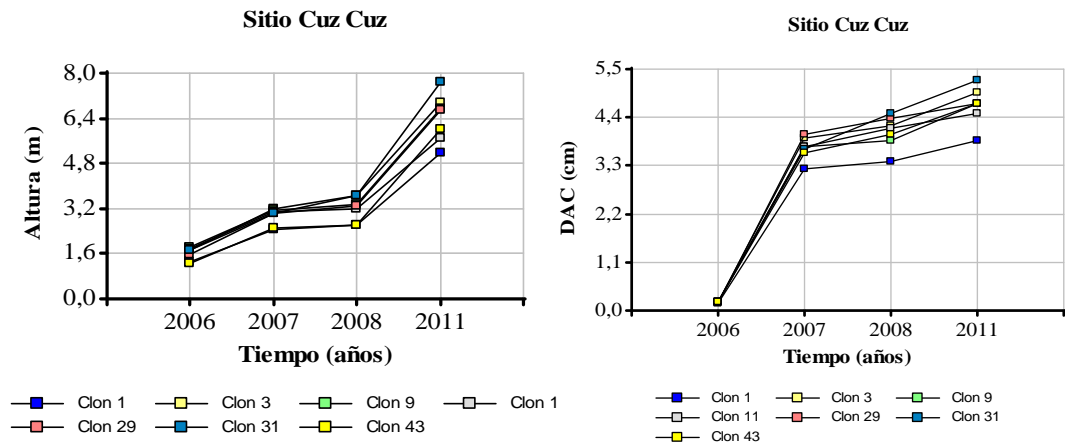
\* Las letras se leen horizontalmente y comparan las medias entre sitios para cada variable. Letras iguales no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ). Test LSD Fisher.



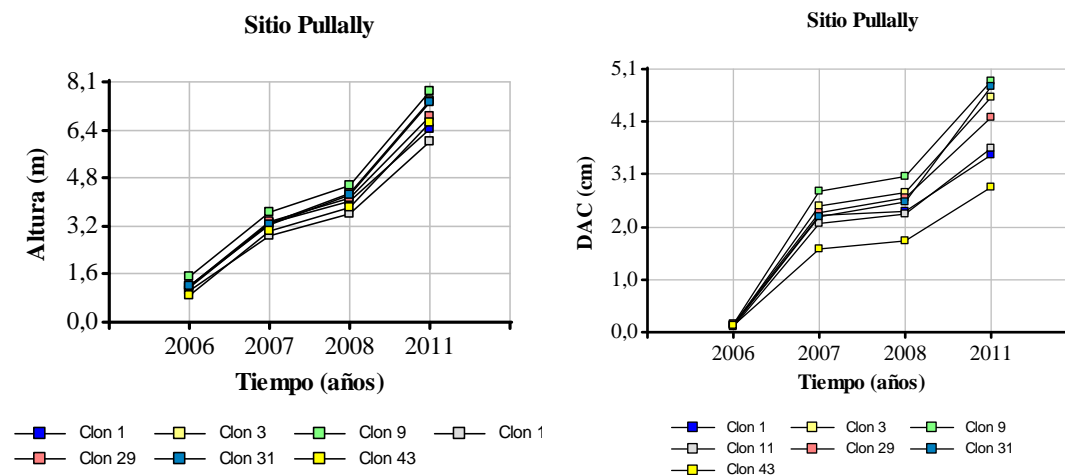
**Figura 6.** Variación de altura y DAC entre sitio. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Test LSD Fisher. Barras corresponden al error estándar.

### Efecto del clon sobre altura y DAC.

Al analizar la variación de los clones en el tiempo se observó que el crecimiento en altura y DAC mostraron un comportamiento similar pero magnitudes diferentes en sus variables respuestas para ambos sitios evaluados (Figura 7 y 8).



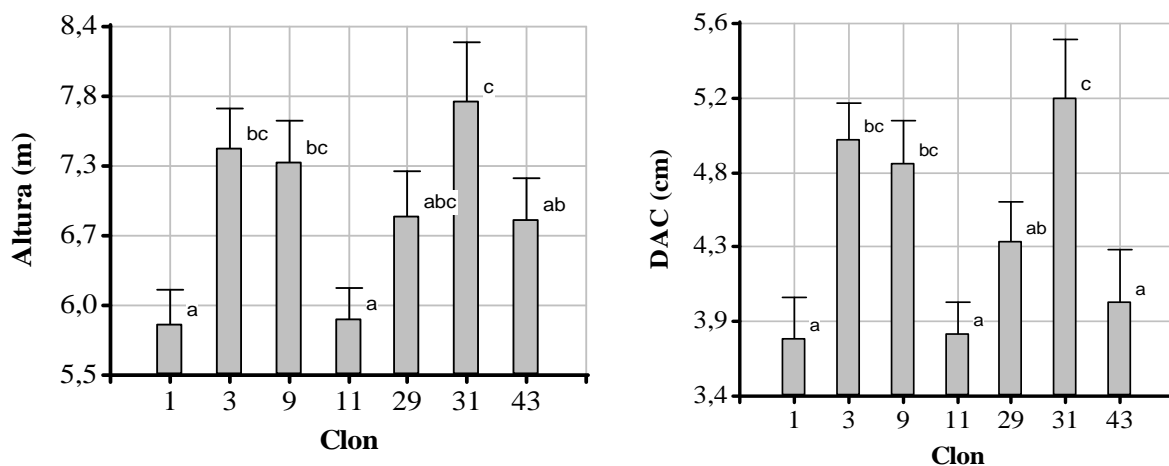
**Figura 7.** Crecimiento en Altura y DAC por clon en el sitio Cuz Cuz.



**Figura 8.** Crecimiento en Altura y DAC por clon en el sitio Pullally.

## Variación de altura y DAC entre clones

La variable DAC presentó un coeficiente de variación mayor (31%) que la variable altura (27,5%). En la figura 9 se verificó que los clones presentan grupos con variaciones significativas en crecimiento en altura y DAC. Se destaca el clon 31 por registrar las mayores alturas y DAC promedio.



**Figura 9.** Variación de altura y DAC entre clones. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Test LSD Fisher. Barras corresponden al error estándar.

## Variación entre sitio y clon

En la Tabla 8, se expresan los valores promedio en altura total y diámetro a la altura de cuello con corteza (DAC c/c) alcanzado por los diferentes clones de *Eucalyptus camaldulensis* en cada sitio, a los 6 años de edad. El mayor crecimiento en altura y DAC c/c registrados en el sitio Cuz Cuz fue alcanzado por el clon 31 y en el sitio Pullay por el clon 9 (Figura 10 y 11).

**Tabla 8.** Altura total (m) y DAC (cm) con corteza, por clon y sitio.

Año 2011	Sitio Cuz Cuz		Sitio Pullally		
	Clon	Altura (m)	DAC (cm)	Altura (m)	DAC (cm)
	1	5,17 a	3,90 a	6,47 ab	3,44 ab
	11	5,68 ab	4,51 a	6,03 a	3,56 ab
	43	5,99 ab	4,73 a	6,69 ab	2,80 a
	29	6,68 ab	4,73 a	6,89 ab	4,16 bc
	9	6,76 ab	4,73 a	7,74 b	4,87 c
	3	6,93 ab	4,98 a	7,39 ab	4,55 c
	31	7,69 b	5,27 a	7,39 ab	4,77 c

Las letras se leen verticalmente. Letras distintas indican diferencias significativas. Test LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

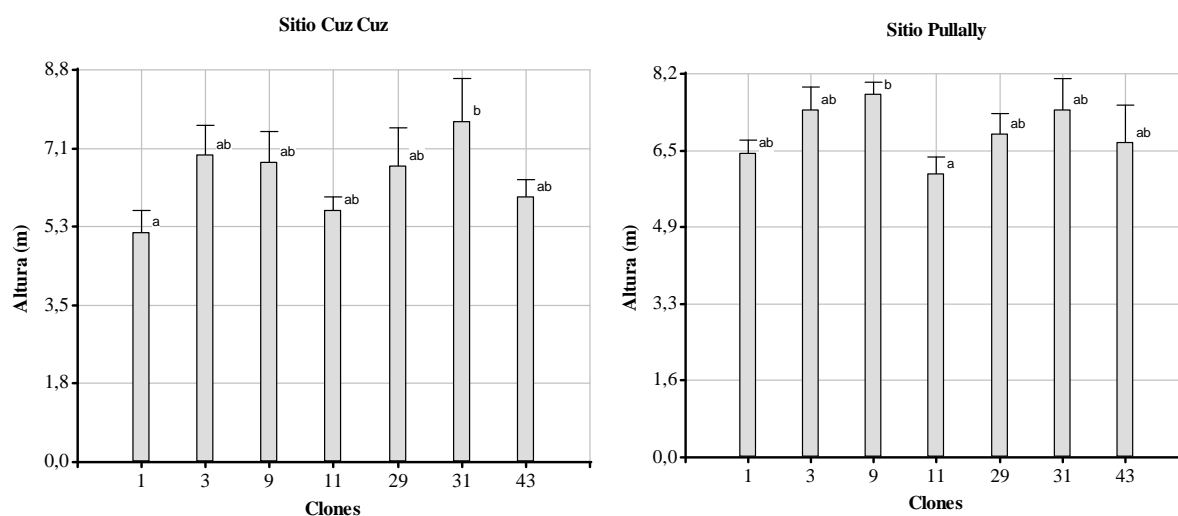
En el sitio Cuz Cuz, el clon 31 presentó diferencias estadísticamente significativa en altura con respecto a los demás y la variable DAC no presento diferencias estadísticas entre los clones. En el sitio Pullally se verificaron dos grupos de clones sin presentar diferencias estadísticas significativas entre ellos para ambas variables (Altura y DAC). La tabla 9 y 10 presenta el ANOVA para el sitio y clon. El clon resulto ser significativo para ambas variables de crecimiento (Altura y DAC) y el sitio fue una fuente significativa de variación para la variable de crecimiento DAC.

**Tabla 9.** Tabla ANOVA para altura (m)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Clon (C)	6	70,37	11,73	2,53	0,0228
Sitio (S)	1	11,72	11,72	2,52	0,1140
C*S	6	11,28	1,880	0,40	0,8752

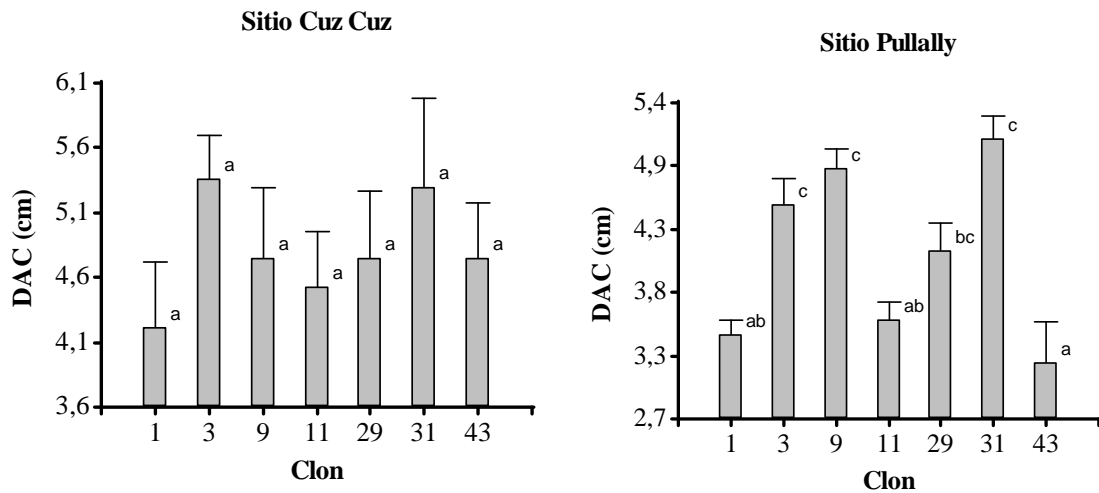
**Tabla 10.** Tabla ANOVA para DAC (cm).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Clon (C)	6	49,07	8,180	3,68	0,0018
Sitio (S)	1	18,93	18,93	8,53	0,0040
C*S	6	17,75	2,960	1,33	0,2448



**Figura 10.** Altura media total (m). (A) Sitio Cuz Cuz. (B) Sitio Pullally. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Test LSD Fisher. Barras corresponden al error estándar.





**Figura 11.** DAC (cm) con corteza por clon. (A) Sitio Cuz Cuz. (B) Sitio Pullally. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Test LSD Fisher. Barras corresponden al error estándar.

Los clones fueron una fuente significativa de variación para las variables en estudio. Las diferencias halladas entre clones estarían indicando la presencia de micrositos en relación con la disponibilidad de agua en el periodo de crecimiento (Marquina y Marlats, 2005). Los diferentes genotipos respondieron de forma diferencial en altura de acuerdo al sitio de implantación.

La respuesta diferencial de los clones también responde al déficit hídrico que presentaron los sitios en el transcurso de los años y que podría explicar de alguna manera la altura alcanzada por cada genotipo.

A continuación se muestran algunas imágenes de la situación actual en cada sitio.



**Figura 12.** Bosque clonal de *Eucalyptus camaldulensis* predio Pullally. Fotografía: INFOR, 2011.



**Figura 13.** Bosque clonal de *Eucalyptus camaldulensis* predio Cuz Cuz. Fotografía: INFOR, 2011.

## CONCLUSIONES

Los análisis de varianza indicaron que el sitio influyo solo en la variable de crecimiento DAC y el clon en Altura y DAC.

Las alturas medias de los diferentes clones implantados en el sitio Pullally resultaron 8,1% más altos, sin embargo, en el sitio Cuz Cuz resultaron con mayor DAC (14,7%).

Se destacan los clones 31 (Cuz Cuz) y 9 (Pullally) por presentar magnitudes superiores a los valores promedio

## V. EFECTO DEL SITIO Y CLON SOBRE EL CRECIMIENTO DE BOSQUES ENSAYO DE PROGENIE DE EUCALYPTUS CLADOCALYX

El consumo mundial de madera se distribuye entre las necesidades energéticas, leña y carbón vegetal (49%), la madera aserrable y debobinable (20%); la industria de pulpa y tableros (17%), y la destinada a otros usos industriales (14%). Las proyecciones de consumo mundial de madera para principios del siglo XXI superan los 4.000 millones de m<sup>3</sup> (FAO, 2002), lo que supone un déficit de cerca de 1.000 millones de m<sup>3</sup>; convirtiendo a la producción forestal en un objetivo prioritario.

Diversas especies del genero *Eucalyptus* son utilizadas masivamente en la industria forestal mundial, debido esencialmente a su rápido crecimiento, optima calidad pulpable, maderera y energética.

La madera de *Eucalyptus* que es comercializada en el mercado internacional presenta características adecuadas para diversos usos, tales como leña de alto poder calorífico, producción de carbón vegetal, estructuras de edificios, postes

para comunicaciones, pisos de parquet, pasta celulósica, vigas para minas, sujeción de taludes, tableros de fibras (González-Río et al., 2002), contrachapados, laminas para revestimientos de tableros, madera aserrada y madera para manufactura.

Las especies del genero *Eucalyptus* ofrecen una serie de ventajas adicionales, tanto del punto de vista económico como ecológico, contribuyendo a la diversificación forestal y adaptándose a diferentes tipos de sitios de limitado uso productivo, como es el caso de las zonas áridas del país.

En Chile las zonas áridas y semiáridas abarcan una superficie de 24 millones de hectáreas, lo que corresponde a un tercio de la superficie continental del territorio nacional. En gran parte de este territorio, por su extrema aridez no es posible el desarrollo de otra vegetación, en otras en cambio si bién las condiciones son adversas permiten el desarrollo de vegetación, principalmente herbácea y arbustiva, sin embargo el escaso recurso natural presente en estas zonas limita las posibilidades de satisfacer la demanda local de productos madereros. Por otra parte, la población rural ha ido sufriendo un proceso de empobrecimiento continuo, asociado al deterioro de los recursos naturales, lo que ha generado un permanente proceso de migración.

En este contexto, *Eucalyptus cladocalyx* aparece como una especie interesante para ser utilizada en programas de forestación y mejoramiento genético para la zona árida y semiárida del país, debido a la gran adaptación demostrada, especialmente a severas condiciones de estrés hídrico.

La aplicación de la mejora genética en especies del genero *Eucalyptus*, para lograr una mayor adaptación a las condiciones de clima y suelo presentes en las zonas áridas y semiáridas, permitiría incorporar a la producción forestal terrenos marginales, subutilizados y muchas veces en procesos de desertificación. La selección de genotipos resistentes a la sequia de distintas especies del genero *Eucalyptus*, entre las que se encuentra *E. Cladocalyx*, permitirá generar nuevos recursos forestales, incrementando la disponibilidad de madera y generando otra serie de beneficios sociales y ambientales.

## **METODOLOGÍA**

### **Descripción del ensayo.**

En septiembre del año 2001, dos pruebas de progenie de 49 genotipos de *Eucalyptus cladocalyx*, fueron establecidas en la IV Región de Chile: 47 de ellos son provenientes de poblaciones naturales de Australia, adquiridas desde el banco de germoplasma del CSIRO-Australia (Australian's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), y 2 son provenientes de fuentes de semilla nacional, proporcionadas por el banco de germoplasma de INFOR-Chile (Instituto de Investigación Forestal) (Tabla 11).

**Tabla 11.** Localización geográfica original de los genotipos de *Eucalyptus cladocalyx*, incluidas en cada ensayo, en la provincia del Choapa. Región de Coquimbo. Chile

Lugar/Origen		Latitud (Lat S)	Longitud (Long W)
Australia:			
	Cowell	33° 38' 30"	136° 40' 58"
	Flinders Chase	35° 57' 00"	136° 42' 00"
	Remarkable	32° 43' 00"	138° 06' 00"
	Marble Range	34° 30' 09"	135° 30' 44"
	Wirrabara	33° 06' 10"	138° 14' 04"
Chile:			
	Illapel IV región	31° 40' 46"	071° 14' 55"

Los ensayos fueron establecidos en las Comunas de Illapel y Los Vilos, ambos Provincia de Choapa, en terrenos de la Comunidad Agrícola Tunga Norte (TN) (31° 38' 27" Lat S; 71° 19' 40" Long W; 297 m de altitud) y la Hacienda Agrícola Caracas (CA) (31° 55' 05" Lat S; 71° 27' 10" Long W; 167 m de altitud) (Tabla 12). Cada uno de los ensayos tiene un diseño de bloques completos al azar, con parcelas de un árbol (*Single Tree Plots*), con 30 bloques. Todos los árboles fueron plantados a un espaciamiento de 2 m x 3 m, en cada sitio. Entre 2001 y 2011 se realizaron mediciones dasométricas de altura (m), dac (cm) y dap (cm).

A continuación se detallan antecedentes de las procedencias y progenies ensayadas.

Procedencia	Progenie-Procedencia	Códigos
AUSTRALIANAS	REMARKABLE	3, 4, 5, 6, 7,8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
	WOF COWELL	18, 19, 20,21, 22, 24, 28, 29, 30, 31
	MARBLE RANGE	23, 25, 26, 27,
	WIRRABARRA	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40
	FLINDERS CHASE	44, 45, 46, 48, 41, 42, 43, 47
NACIONALES	CABRA CORRAL	49

**Tabla 12.** Características climáticas de los sitios de ensayo de las progenies de *Eucalyptus cladocalyx* en Coquimbo. Chile.

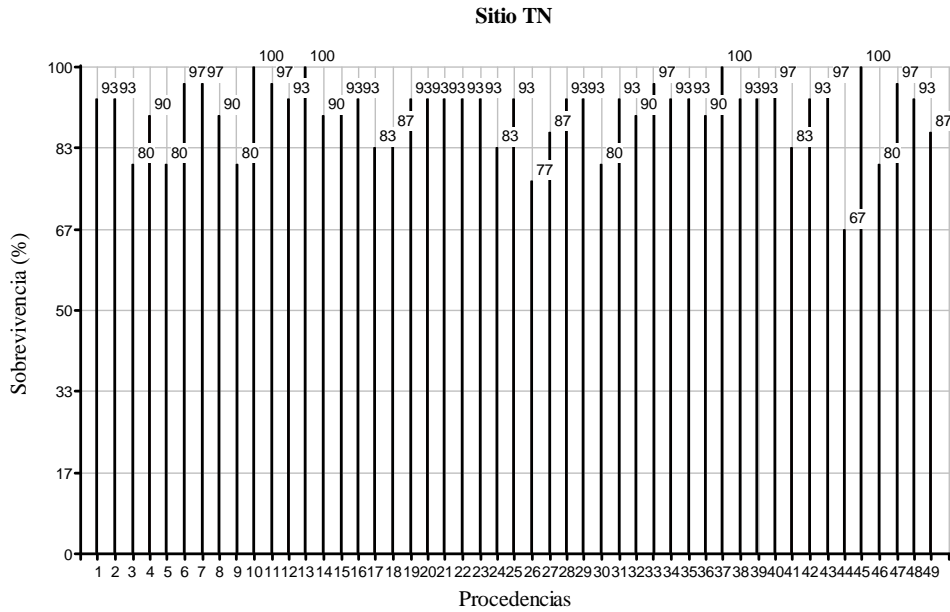
Ensayo	Comuna	Ubicación	PMA (mm)	EA (mm)	TMA (°C)	PLH (días)	T (°C)
Hacienda Caracas (CA)	Los Vilos	Litoral	201,1	14,1	345	345	7-24,1
Tunga Norte (TN)	Illapel	Interior	243,7	15	320	320	4,6-27,7

## RESULTADOS Y DISCUSION

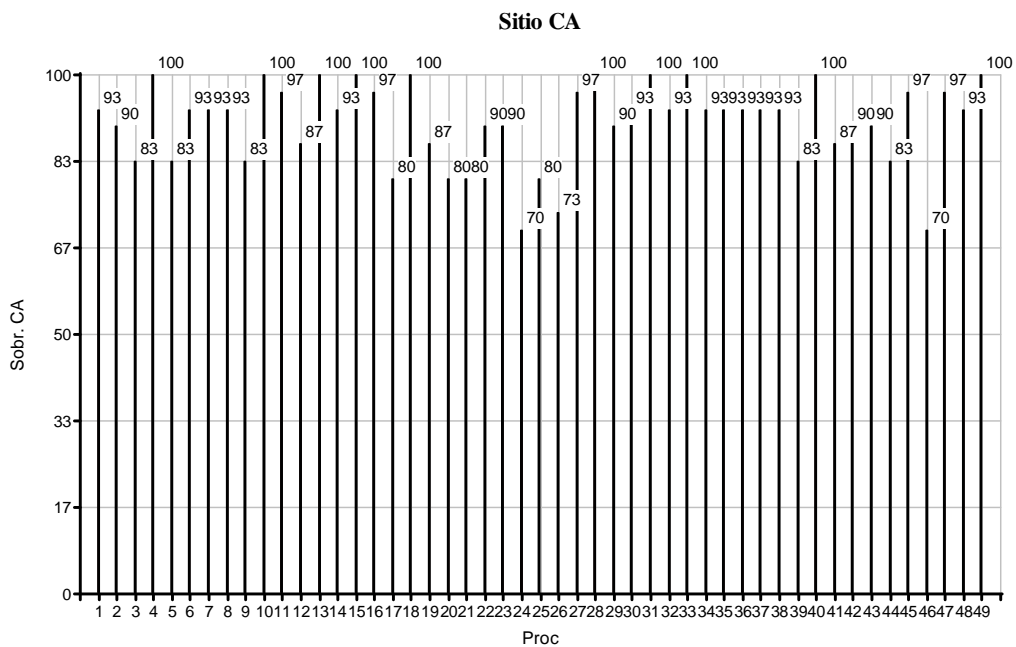
### Sobrevivencia de procedencias de *Eucalyptus cladocalyx* por sitio.

A los 11 años después de la plantación, los resultados mostraron sutiles diferencias en el comportamiento de las distintas procedencias, frente a las condiciones de suelo y clima presentes en el lugar de ensayo. La mayoría de las procedencias evaluados registraron sobrevivencia sobre el 80%, a

excepción de la procedencia 26 (Marble range) y 44 (Flinders Chase) establecidas en TN y 24 (Wof Cowell), 26 (Marble range) y 46 (Flinders Chase) en CA.



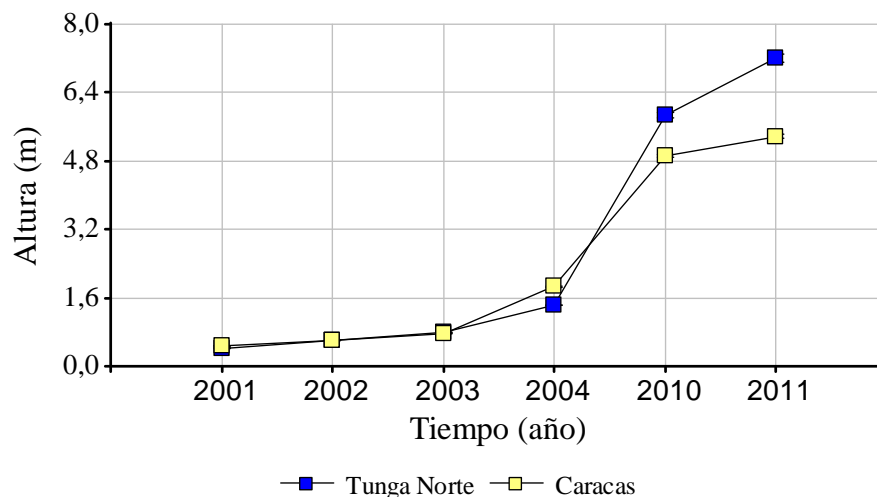
**Figura 14.** Sobrevivencia de *Eucalyptus cladocalyx* por procedencia en el sitio Tunga Norte



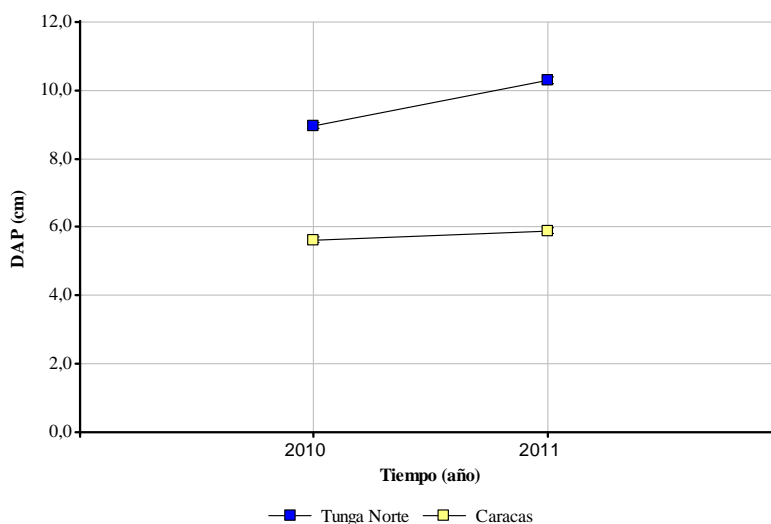
**Figura 15.** Sobrevivencia de *Eucalyptus cladocalyx* por procedencia en el sitio Caracas.

### Efecto del sitio sobre el crecimiento en altura (m) y DAP (cm).

En general, el sitio TN afecta positivamente el crecimiento en altura y DAP, en comparación con CA. Para el crecimiento en altura a partir del 2004 se observa una diferenciación genética apropiada para seleccionar individuos en el sitio (Figura 16 y 17).



**Figura 16.** Crecimiento promedio en altura (m) de progenie de *Eucalyptus cladocalyx* en dos sitios. Variabilidad genética en el sitio



**Figura 17.** Crecimiento promedio en DAP (cm) de progenie de *Eucalyptus cladocalyx* en dos sitios

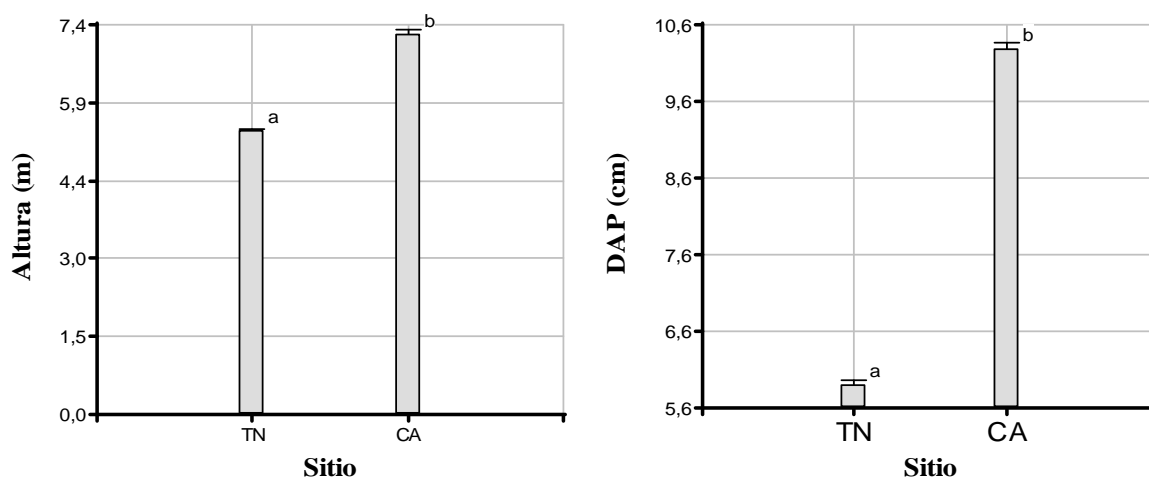
### Variación de altura y DAP (diámetro a la altura de pecho con corteza) entre sitios.

Las alturas y DAP medios de las diferentes procedencias de *E. cladocalyx* registradas a los 11 años de edad (2011) en el sitio CA, resultaron en un 26% y 43% más alto que el sitio TN, respectivamente (Tabla 13).

**Tabla 13. Valores medios, máximos y mínimos y coeficiente de variación (CV%) de variables de crecimiento por sitio.**

	Sitio TN			Sitio CA		
	Media	Min-Max	CV	Media	Min-Max	CV
Altura (m)	5,37	1,6-11,9	30,51	7,2	1,3-44	41,17
DAP (cm)	5,9	0,9-16,8	45,65	10,32	1,3-22,1	32,46

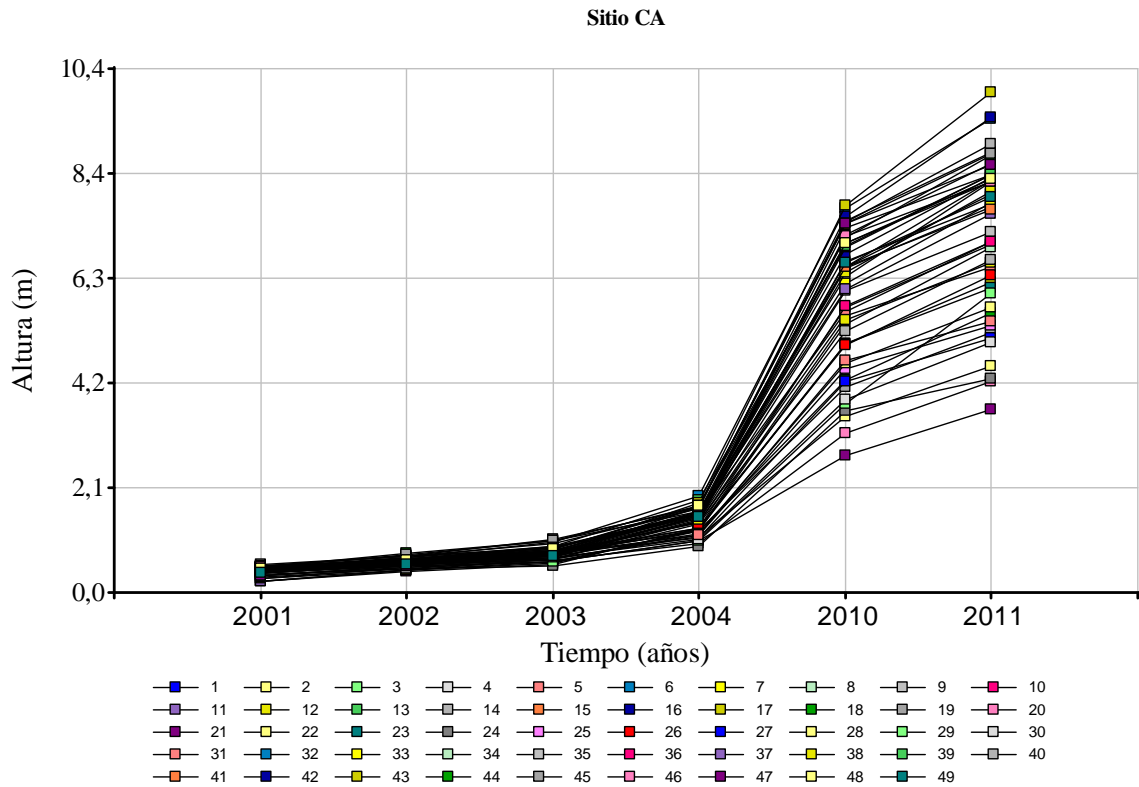
La figura 18 indica que las variables altura y DAP presentaron diferencias estadísticamente significativas en cada sitio en estudio.



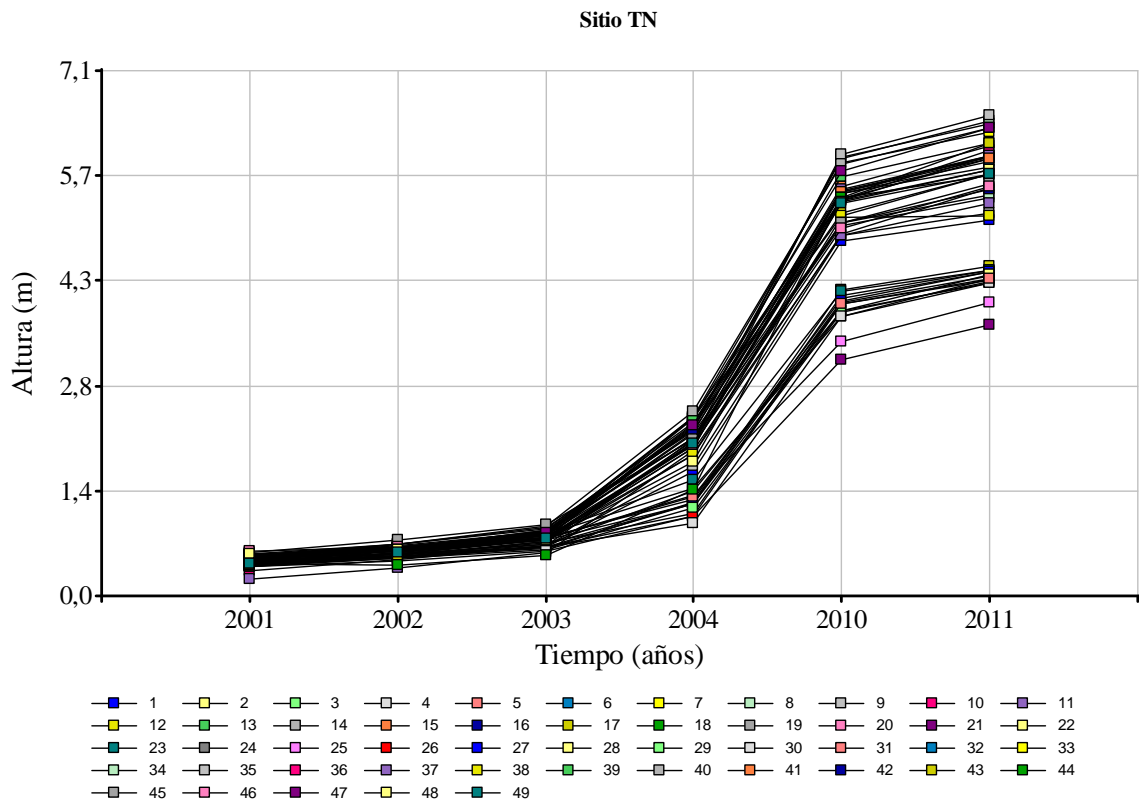
**Figura 18.** Variación de altura y DAP entre sitios. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Test LSD Fisher. Barras corresponden al error estándar.

### **Efecto de las procedencias sobre crecimiento en altura y DAC (diámetro a la altura de cuello c/ corteza).**

En la figura 19 y 20 se observa la evolución del crecimiento en altura para cada progenie. En ambos sitios cada progenie presento un comportamiento similar, pero con magnitudes diferenciadas en altura. Entre los años 2001 y 2003 se observan diferencias sutiles en crecimiento y a partir del 2003 el crecimiento en altura fue en incremento hasta el 2011. Entre las procedencias australianas, Wirrabarra de South Australia (32 y 35) presento el mayor crecimiento en altura tanto en el sitio CA y TN, y Flinders chase (43) en el sitio CA.



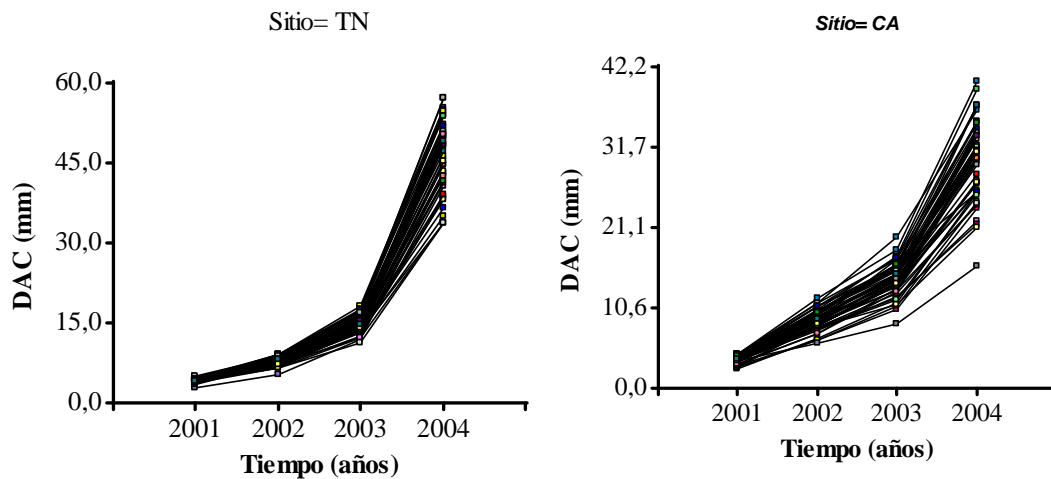
**Figura 19.** Curvas de crecimiento en altura (m) por progenie de *Eucalyptus cladocalyx* en el sitio CA.



**Figura 20.** Curvas de crecimiento en altura (m) por progenie de *Eucalyptus cladocalyx* en el sitio TN.



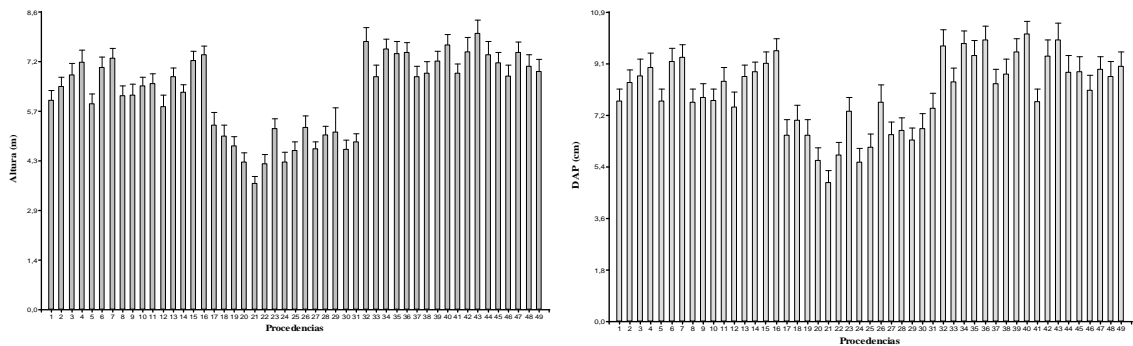
En la Figura 21 se presenta el comportamiento de la variable DAC hasta el año 2004 para cada progenie. Al igual que la variable altura se observa un comportamiento similar en ambos sitios pero magnitudes diferentes. Entre las procedencias australianas, Wirrabarra de South Australia (35) presento el mayor crecimiento en DAC en TN, y Flinders Chase (42) en el sitio CA.



**Figura 21.** Curvas de crecimiento DAC (mm) por progenie de *Eucalyptus cladocalyx* en dos sitios.

### Variación de altura y DAC entre procedencias

La figura 22 expresa los valores promedio en altura total y diámetro a la altura de pecho (DAP) alcanzados por las diferentes procedencias de *E. cladocalyx* a los 11 años de edad. El mayor crecimiento en altura y DAP fue registrado entre las procedencias Australianas, Wirrabarra (procedencias desde 32 a 40).



**Figura 22.** Variación del crecimiento en altura y DAP entre procedencias.

La tabla 14 presenta el ANOVA para el sitio y procedencia. El sitio y procedencia resulto ser una fuente significativa de variación para ambas variables de crecimiento (Altura y DAP).

**Tabla 14.** ANOVA para altura y DAP

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr<F
Altura (m)	Sitio (S)	1	2103,2	2103,2	474	<0,0001
	Procedencia (P)	48	3344,85	69,68	15,7	<0,0001
	S*P	48	566,74	11,81	2,66	<0,0001
DAP (m)	Sitio (S)	1	12716,36	12716,36	1660	<0,0001
	Procedencia (P)	48	4090,63	85,22	11,1	<0,0001
	S*P	48	852,21	17,75	2,32	<0,0001

## VI. CONSIDERACIONES DE LOS ENSAYOS DE INFOR.

Dentro de las redes descritas se puede mencionar que los ensayos de parcelas de erosión y escorrentía superficial, se encuentran actualmente abandonados y no han sido actualizados, lo cual debe ser revertido y reevaluar otros sistemas integrados de producción que presentan interés dentro de la región. Actualmente las instalaciones se encuentran en regular estado, per se deben establecer nuevas unidades para continuar con las evaluaciones de la pérdida de suelo para distintos sistemas productivos.

Por otro lado el ensayo de selección de “árboles plus” de Eucalyptus spp. presenta algunas diferencias en los datos colectados, por lo cual se puede inferir que existen problemas de identificación de los rodales y parcelas, que mejoren la toma de datos. Independiente de este problema este ensayo es de un valor científico importante, ya que permite conocer en distintos sitios el comportamiento de los mejores árboles de las especies de eucaliptus.

Cada ensayo será monumentado correctamente indicando sus características y puedan ser identificados por quienes visiten estos rodales. Queda pendiente mejorar el sistema de marcaje interno de los ensayos, para continuar con un correcto sistema de medición y poder generar análisis estadísticos.

De la información relevante a obtener de estos ensayos es la relación que tienen con la recuperación del suelo y el aporte en materia orgánica que ellos entregan al sitio donde están instalados. Así mismo evaluar la productividad como propuestas forrajeras para los ganaderos de la región.

Los siguientes pasos sugieren en continuar con la evaluación de estos ensayos, e instalar nuevos ensayos provenientes de las mejores especies ya evaluadas, para iniciar los procesos de generación de huertos productores de semillas, producción de huertos clonales, u otros que permitan la producción es especies con los mejores atributos.

## **VII. BIBLIOGRAFIA**

FAO, 2002. Anuario productos forestales 1996-2000. (Colección FAO. Estadísticas 158). Roma, Fao.243 p.

Gonzalez-Rios, F.; Castellanos, A.; Fernández, O.; Gómez, C.2002. Manual técnico de silvicultura del eucalipto.