



UNIVERSIDAD DE CHILE

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

**DEPARTAMENTO DE GESTIÓN FORESTAL Y SU MEDIO
AMBIENTE**

**EVALUACIÓN DE UN ENSAYO CLONAL DE *Sequoia sempervirens*
(D. Don) Endl. A SIETE AÑOS DE SU ESTABLECIMIENTO EN
FORESTAL VOIPIR, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**

Memoria para optar al Título

Profesional de Ingeniero Forestal

PÍA ANDREA VÁSQUEZ OSSA

Profesor Guía: Dr. Manuel Toral Ibáñez. Ingeniero Forestal

Doctor en Ciencias Forestales y Recursos Naturales.

Santiago, Chile

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN FORESTAL Y SU MEDIO
AMBIENTE

EVALUACIÓN DE UN ENSAYO CLONAL DE *Sequoia sempervirens*
(D. Don) Endl. A SIETE AÑOS DE SU ESTABLECIMIENTO EN
FORESTAL VOIPIR, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

PÍA ANDREA VÁSQUEZ OSSA

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Manuel Toral Ibáñez	7,0
Prof. Consejero Sr. Julio Torres Cuadros	6,3
Prof. Consejero Sr. Roberto Garfias Salinas	7,0

DEDICATORIA

A mi gran familia, por su amor, compañía y apoyo incondicional.

A mis padres Lisset y Helio, por darme la vida y enseñarme a vivirla.

A mis hermanas Li y Toto, por aguantarme y estar siempre para mí.

A mis abuelas Teresa y Adriana, por su entrega y ejemplo.

A mi Emi, por llenar el hogar y mi vida de luz y alegría.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor guía Sr. Manuel Toral por sus consejos y orientación. Al profesor Roberto Garfias por ser mi comodín telefónico durante la toma de datos y sus posteriores consejos. Al profesor Julio Torres por sus recomendaciones y disposición.

A Forestal Voipir y Forestal Natalhue por su apoyo en terreno, en especial a quienes compartieron conmigo durante la toma de datos, Emanuel, Don Joel y Ginnette Rubilar.

A los docentes que confiaron en mí y contribuyeron valóricamente en mi formación: a mi jefe Juan Barrios y a la Profesora Matilde López.

También quiero agradecer al profesor Juan Pablo Fuentes E. por su disposición y tiempo, porque sin tener que hacerlo me ayudó a entender estadística.

A las funcionarias de la facultad por los múltiples consejos brindados.

A la comunidad indígena Pehuén Mapu, especialmente a la Familia Silva Marihuán y a Fabiola por abrirme las puertas de sus casas y apoyarme en todo los momento.

A todos los compañeros y profesores que me apoyaron y ayudaron a superar el obstáculo más grande de mí paso por la Universidad, en especial a Paulette Naulín y Sr. Guillermo Guerra.

A mis compañeros y amigos Oscar Fernández, Abraham Albornoz, Arnoldo Toledo, Victoria Retamal, Luis Ruz, Dana Carcenac y Nicole Villaseñor por todos los gratos momentos que compartimos.

A Daniela Gatica por todas las mañanas, tardes y noches de estudio. Gracias por aguantarme, escucharme y retarme todos estos años, y prepárate porque no te librarás de mí tan fácilmente. Te quiero mucho amiga.

Juan Paillán y a Ignacio Toro por el apoyo moral y incentivarme en mis momentos de desmotivación para terminar prontamente esta etapa de mi vida estudiantil.

Finalmente, quisiera agradecer a mí familia, a mis padres y hermanas por aguantar mi mal genio y por estar conmigo en las buenas y en las malas. A la Lulana por la interminables noches haciendo carpetas, por su incondicionalidad. A la familia Vásquez Catalán por adoptarme y hacerme sentir una más de su familia. Al tío Aland y Alfonso López por su constante preocupación y cariño. A todas mis primas por compartir penas y alegrías, por estar en las duras y en las maduras. A mis abuelas por relatar con sus vidas la importancia del esfuerzo, la perseverancia y el trabajo, por tener siempre un abrazo para mí. A Emilia Arcos Vásquez, porque llegaste a transformar gratamente mi vida y la de toda la familia.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes generales de la especie.....	1
1.1.1	Descripción taxonómica.....	1
1.1.2	Descripción botánica.....	2
1.1.3	Distribución de la especie.....	2
1.1.4	Características de hábitat de la especie.....	3
1.2	Secuoya en Chile.....	3
1.3	Ensayos clonales.....	4
1.4	Antecedentes de la colección de clones de <i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl. de Kuser.....	5
1.5	Rectitud fustal.....	5
1.6	Objetivos.....	6
1.6.1	Objetivo general.....	6
1.6.2	Objetivos específicos.....	6
2	MATERIAL Y MÉTODO.....	7
2.1	Material.....	7
2.1.1	Área de estudio.....	7
2.1.2	Material genético.....	9
2.1.3	Ensayo clonal.....	9
2.2	Método.....	10
2.2.1	Evaluación del ensayo.....	10
2.2.2	Jerarquización de los clones.....	14
3	RESULTADOS.....	15

3.1	Evaluación del ensayo.....	15
3.1.1	Resultado de las mediciones de DAP, DAB, H y DAP^2*H	15
3.1.2	Evaluación de daño, rectitud fustal, grosor de ramas, presencia de bifurcaciones y excentricidad de fuste.....	26
3.1.3	Resultado de la medición de rectitud.	32
3.1.4	Resultado de las pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y análisis de varianza..	34
3.2	Jerarquización de Clones.....	35
4	DISCUSIÓN.....	38
5	CONCLUSIONES.....	42
6	RECOMENDACIONES	43
7	BIBLIOGRAFÍA	44
8	ANEXOS.....	48
9	APÉNDICES	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Calificación de criterios de evaluación de los árboles de los ensayos.	11
Cuadro 2. Estadísticas descriptivas básicas del ensayo.	15
Cuadro 3. Análisis de frecuencias de la calificación numérica de rectitud fustal.	33
Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad de los clones con mayor jerarquía.	34
Cuadro 5. Ranking de Clones en Ensayo ubicado en Forestal Voipir.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del ensayo clonal, Forestal Voipir, Región de La Araucanía.	8
Figura 2. Esquema de distribución de los clones en cada bloque del ensayo.	10
Figura 3. Índice de Biomasa medio (DAP ² H) de los clones, presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).	16
Figura 4. Índice de Biomasa medio (DAP ² H) de los clones, presentados en orden jerárquico (de mayor a menos).	17
Figura 5. Altura media de los clones, presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).	19
Figura 6. Altura media de los clones, presentados en orden jerárquico (de mayor a menor).	20
Figura 7. Diámetro a la altura del pecho medio (DAP) de los clones, presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).	22
Figura 8. Diámetro a la altura del pecho medio (DAP) de los clones, presentados en orden jerárquico (de mayor a menor).	23
Figura 9. Diámetro a la altura de la base medio (DAB) de los clones, presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).	24
Figura 10. Diámetro a la altura de la base medio (DAB) de los clones, presentados en orden jerárquico (de mayor a menor).	25
Figura 11. Daños observados en el ensayo clonal de Forestal Voipir.	26
Figura 12. Presencia de daño y mortalidad de los clones presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).	27
Figura 13. Evaluación de rectitud fustal	28
Figura 14. Presencia de curvatura y mortalidad de los clones en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).	29
Figura 15. Evaluación de la presencia de bifurcaciones	30
Figura 16. Evaluación de la sección transversal de los fustes.	31
Figura 17. Evaluación del grosor de ramas de los árboles presentes en el ensayo ubicado en Forestal Voipir.	32
Figura 18. Comparación de las jerarquías según rendimiento y sobrevivencia de los clones, presentados en según jerarquía.	37

RESUMEN

El estudio tuvo como propósito evaluar el ensayo clonal de *Sequoia sempervirens*, ubicado en Forestal Voipir, región de la Araucanía, a siete años de su establecimiento.

El ensayo diseñado en bloques completos al azar, compuesto por 34 tratamientos (clones) de la colección de clones de Kuser, provenientes del condado de Humboldt, Estado de California, Estados Unidos.

Para realizar la evaluación se midió Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), Diámetro a la Altura de la Base (DAB), Altura (H) y se calculó el Índice de Biomasa (DAP^2H). Adicionalmente se realizó calificación basada en apreciación visual de la presencia de daño, excentricidad de fuste, grosor de ramas, presencia de bifurcaciones y rectitud fustal. En esta última, además, se empleó una escala de puntuación, la cual estuvo basada en la magnitud de la desviación más cercana al DAP y al número de curvaturas por cada metro de fuste. Todas estas mediciones se realizaron en el mes de Abril en el año 2009.

Posteriormente, se elaboró una jerarquía de los rendimientos de los clones utilizando las medias de las variables medidas cuantitativamente y se estudió la existencia de diferencias entre los efectos de los 10 clones con mejores resultados utilizando un modelo de efectos fijos.

No se encontraron diferencias significativas, entre los valores medios de los diez clones con mejor jerarquía, para los efectos de las variables DAP^2H , H, DAB y DAP.

Los clones, RB3-57-77-7, RB19 y RC5 son los que obtuvieron mayor jerarquía. Por el contrario, los clones RB75-58-14, RB18L-109-2y RB54-225-13 son los que registraron menores rendimientos.

Los árboles resultaron en mayor medida rectos, de sección transversal circular y con ramas delgadas. La puntuación asignada a rectitud se correlaciona más fuertemente a la desviación del fuste más cercana al DAP, que al número de curvaturas por metro de fuste.

La evaluación del ensayo realizada corresponde a una evaluación temprana, por lo que los resultados de este estudio no son concluyentes al momento de determinar cuál es el mejor clon para ser masificado y establecido, para lo cual se debiera esperar entre 15 a 20 años.

Palabras claves: Clones, Ensayo clonal, FONDEF D01 I 1008, *Sequoia sempervirens*, Secuoya.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the clonal essay of *Sequoia sempervirens* in Forestal Voipir, in the Araucania Region, since it was established seven years ago.

The essay designed in randomized complete block, consisted of 34 treatments (clones) from the Kuser clones collection, coming from the Humboldt County, California State, U. S. A.

In order to perform the evaluation, a biomass rate (DAP^2H), Diameter at the height of chest (DAP), diameter at the height of base (DAB) and Height (H) were measured, all this was carried out on April 2009. Additionally, we carried calcification was made on the basic of the characteristics of visual appreciation like: damage presence, stem eccentricity, branches thickness, presence of stem bifurcations and rectitude. In this last a scale of punctuation was used, which was based on the magnitude of the clones deviation to DAP and the numbers of curves per each stem meter. These measurements were made in the month of April in 2009.

After wards, a hierarchy of clones performance was designed, using the media of measured variables and also the existence of differences was studied among the effects of the 10 best clones result, using a fixed effects model.

Significant differences were not found, among the media values of the 10 clones whit best hierarchy, for the effects of the variables DAP^2H , H, DAP y DAB.

The clones, RB3-57-77-7, RB19 and RC5 were the ones that go the highest hierarchy. On the contrary, the clones RB75-58-14, RB18L-109-2 and RB54-225-13 were those that registered the lowest performance.

Trees were further straight, circular cross section and thin branches. The score assigned to righteousness correlates most strongly to deflection of the shaft closest to the DAP, that the number of bends per meter of stem.

The essay evaluation made, was an early evaluation, so the study result is not a conclusion at the moment of determining which is the best clone to be masified and established, for his reason there should be a time of 15 to 20 years to obtain the results expected.

Keys Words: Clones, FONDEF D01 I 1008, Provenance trials, Redwood, *Sequoia sempervirens*.

1 INTRODUCCIÓN

Las plantaciones con especies exóticas han sido la base del desarrollo forestal chileno, debido a su rápido crecimiento y alta productividad, llegando a concentrar el 93,8% del total de las plantaciones forestales en Chile (INFOR, 2008). Las especies más utilizadas en el país son *Pinus radiata* D. Don y a *Eucalyptus sp.*, siendo dentro del género, por su valor económico *Eucalyptus globulus* Labill la especie más utilizada.

La diversificación forestal surge como una herramienta de diferenciación que ha sido fuertemente impulsada en las últimas décadas, tanto por el sector privado como público, ya que permite disminuir los riesgos asociados a las plantaciones monoespecíficas, como también explorar nichos comerciales, ampliando la oferta de productos con el fin de acceder a nuevos mercados.

Dentro de este contexto, *Sequoia sempervirens* surge como una especie potencial gracias a su rápido crecimiento y a que las características físicas y mecánicas de su madera la ubican dentro de las más cotizadas en Norteamérica de donde es originaria.

En el año 2002, la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile, inicio el PROYECTO FONDEF D01 I 1008 sobre “Silvicultura y manejo de la Secuoya en Chile y fomento de su plantación forestal sustentable”. En éste se realizaron múltiples investigaciones sobre silvicultura, productividad, características físicas y mecánicas de la especie.

La donación de material genético de la especie por parte Forestal Simpson-Chile Ltda. a la casa de estudios, junto con el apoyo de instituciones gubernamentales y privadas, permitió que en el marco de este proyecto se establecieran ensayos clonales, herramienta que a largo plazo permitirá seleccionar el material genético adecuado para su propagación en el país. La primera evaluación de éstos ensayos la realiza Jorge Miranda durante los primeros tres años desde su establecimiento.

La necesidad de dar continuidad a las investigaciones iniciadas por el proyecto lleva a la realización de la presente memoria, correspondiendo a la segunda evaluación del ensayo clonal establecido en Forestal Voipir, a siete años de su establecimiento.

1.1 Antecedentes generales de la especie

1.1.1 Descripción taxonómica

La especie *Sequoia sempervirens* (D. Don.) Endl., conocida comúnmente como Secuoya, Sequoia, Californian redwood, Coast redwood, ledwood, sequoia roja, Palo colorado, y “Alerce americano”, entre otros; es una conífera (División *Pinophyta* o *Gymnosperma*) perteneciente a la familia *Taxodiácea*. Su género, *Sequoia*, es monotípico y endémico de la costa noroeste de los Estados Unidos (Hoffmann, 1983; INFOR, 1990).

En el presente texto se utilizará el nombre común Secuoya, debido a que es el vocablo más adecuado en el idioma español (Toral y Castillo, 2005).

1.1.2 Descripción botánica

Secuoya es un árbol perenne mundialmente conocido por sus grandes dimensiones, con individuos que superan los 80-100 metros de altura y diámetros de hasta de 4-6 metros (Toral y Castillo, 2005). Posee tronco recto, ligeramente cónico, con algunos contrafuertes en la base. Los árboles jóvenes presentan copa densa, piramidal; mientras que en los ejemplares maduros es pequeña y estrecha (Kannegiesser, 1990). Secuoya presenta sus ramas insertas de forma perpendicular al fuste, con los extremos algo péndulos. Las hojas son aciculares, y dimorfas, las ubicadas en el ápice y base de las ramitas son notoriamente más pequeñas y algunas veces engrosadas (Rodríguez, R. y Rodríguez, G, 1983). La corteza, de color marrón rojiza, se ve poco afectada por los incendios forestales, gracias a su grosor y a su capacidad de emitir ramas epicórmicas (Toral y Castillo, 2005).

Los estróbilos tanto femeninos como masculinos se presentan en los extremos de las ramas. Los conos femeninos son pequeños (1,5-2,5cm.), leñosos, persistentes y de maduración anual. Los conos masculinos son solitarios, ovoides, de cinco a siete milímetros de largo, formados por varios esporofilos (Rodríguez y Rodríguez, 1983). Las semillas son pequeñas, aladas, de color café brillante.

Secuoya se reproduce tanto sexual como asexualmente. Un ejemplar maduro puede producir una gran cantidad de semillas, pero su capacidad germinativa es variable, generalmente muy baja fluctuando de 5 a 15%, debido a la gran cantidad de semillas vanas (Toledo, 2005; Grosse y Kannegiesser, 1989). Es por esto que la reproducción vegetativa es la forma más común y exitosa de reproducción (Toral *et al.*, 2005).

1.1.3 Distribución de la especie

Según Noss (2000), en su lugar de origen, costa-oeste de California, Estados Unidos, se extiende desde el sudoeste del Estado de Oregón (Lat.42° 09' N) hasta el sur del condado de Monterrey, estado de California (Lat. 35° 41' N), formando una franja irregular de 724 Km de largo por 8 a 56 Km de ancho. El área de distribución de Secuoya parece estar retrocediendo en la parte meridional y ampliándose hacia el norte (Hemmerich, 2009).

Altitudinalmente, los bosques de Secuoya se encuentran bajo 750 m.s.n.m., sin embargo, es posible encontrar algunos rodales hasta los 960 m.s.n.m.. La sal de océano, produce deshidratación y daña el follaje de la especie, por lo cual no es posible encontrarla en orillas costeras (Noss, 2000).

Aproximadamente, la superficie cubierta por Secuoya en Estados Unidos es de 704 mil hectáreas, de las cuales el 74,1% es de propiedad privada y el 25,9% restante pertenece al sector público, encontrándose en este último caso en un 85% en bosques pertenecientes al Sistema de Áreas Silvestres Protegidas (California Redwood Association, 2009).

1.1.4 Características de hábitat de la especie

Toral *et al.* (2005), señalan que Secuoya refleja una adaptación especial al medio ambiente, por lo que factores como la luz, temperatura, humedad, variación genética y condiciones del suelo resultan fundamentales para el establecimiento de la especie.

Se distribuye en climas templados superhúmedos o húmedos con influencia oceánica. Las temperaturas medias anuales varían entre 10 y 16 °C, las temperaturas mínimas raramente descienden los -9 °C y las máximas no superan los 38 °C. El monto de precipitación en los sectores que se desarrolla la especie en forma natural varía entre 640 y 3.100 mm, cayendo en forma de lluvia o nieve concentradas en invierno (Fowells, 1965, Olson *et al.*, 1990).

Secuoya se desarrolla sobre terrazas aluviales, con suelos formados por depósitos de rocas sedimentarias. Suelos profundos, fértiles y húmedos, con una capacidad de retención de agua moderada a alta. En los suelos de su distribución natural, el color varía de gris claro a café rojizo, la textura varía de arcilloso a limoso. Tolerancia de pHs entre 5,0 a 7,5 siendo el óptimo para su desarrollo de 6,5 (Kannegiesser, 1990).

En su distribución natural se presenta generalmente en bosques puros, al mezclarse con otras especies se presenta como árbol dominante, siendo su principal asociación vegetal *Pseudotsuga menziesii* (Kannegiesser, 1990). Sin embargo, debido a las variaciones de clima, suelo, variabilidad genética de la especie y sus procesos ecológicos, se generan tres zonas¹ de bosques con Secuoya, variando en composición productiva y estructura (Noss, 2000).

1.2 Secuoya en Chile

Se introdujo durante la última década del siglo XIX con fines ornamentales (Kannegiesser, 1990). En 1909, Federico Albert señala a la especie en su libro “Los siete árboles forestales más recomendables para el país”, y la recomienda para terrenos frescos y regados.

Weber (1957), junto con señalar que las parcelas experimentales de Secuoya en la zona de Villarrica y Osorno presentaban muy buenos resultados, determinó una edad de rotación para Secuoya de 30 años y recomendó la plantación de esta especie a una escala reducida a objeto de evaluar su comportamiento futuro.

A partir del año 1999, la Universidad de Chile dispuso de material genético de la especie, lo cual les permitió elaborar un proyecto de investigación integral para evaluar el potencial económico de la especie. En este contexto, el estudio “Determinación de las principales áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de *Sequoia*

¹ Los bosques del norte corresponden a los que se encuentran desde el sur de Oregón hasta el condado de Humboldt. Los bosques del centro se encuentran desde el término del condado de Humboldt hasta el norte de la bahía de San Francisco. Finalmente, los bosques del sur se encuentran desde el norte de la bahía de San Francisco y el condado de Alameda hasta el condado de Monterrey (Noss, 2000)

sempervirens en Chile”, señala que la región del Bío Bío, La Araucanía y Los Lagos cuentan con 48.242, 123.194 y 112.735 hectáreas respectivamente de alto potencial para el establecimiento y desarrollo de la especie, lo que en términos porcentuales corresponde al 1,3%, 3,9% y 2,7% de la superficie de estas regiones. Toral *et al.* (2004a) señala, que las productividades en las zonas muestreadas entre la región del Bio Bío y los Lagos, van desde los 16 m³/ha/año, en condiciones de baja pluviometría estival y suelos arcillosos, a 43 m³/ha/año cuando se presentan precipitaciones en los meses de verano y los suelos son profundos de trumao. Otras temáticas abarcadas en la investigación citada, fueron la propagación de la especie, y algunos aspectos de retoñación y tratamientos silviculturales, éstas señalan que la Secuoya posee una capacidad germinativa baja, no superior al 50%, sin embargo, puede ser propagada de manera exitosa a través del cultivo de tejidos y estacas. Concluyeron además, que con Secuoya es factible aplicar los métodos silviculturales de cortas sucesivas, árbol semillero y tala rasa (Toral *et a*, 2004b).

Actualmente, esta especie se puede encontrar en plantaciones puras y mixtas, alcanzando esta última una superficie superior a las 1.200 hectáreas, distribuidas entre la región del Bío Bío y la de Los Lagos (Loewe, 2006).

1.3 Ensayos clonales

La clonación consiste en la multiplicación de un genotipo único, seleccionado de entre muchas plantas por su superioridad en algún aspecto de interés para el hombre. Sin embargo, la identidad genética de los rametos no es garantía de que estos exhibirán exactamente las mismas características, ni que se desarrollaran igual que un individuo original (Casanova *et al.*, 2005). Las características superiores de un árbol selecto pueden obedecer, a un medio ambiente favorable, o a un genotipo conveniente, o lo que es más probable, a una combinación de ambas cosas (Mergen, 1959)

Sin ensayos previos, es imposible atribuir una característica particular a los factores de la herencia o a las fuerzas del medio ambiente. La única forma posible de aislar los efectos del genotipo y los del medio ambiente es multiplicar el árbol asexualmente y observar los propágulos en un medio ambiente uniforme, o bien estudiar su descendencia (Mergen, 1959).

Los ensayos clonales corresponden a un método de evaluación del material genético que se desea propagar, los cuales deberán ser establecidos en sitios representativos de las futuras plantaciones (Casanova *et al.*, 2005 y Roger *et al.*, 1991)

Estos ensayos permitirán la identificación de clones que se adaptan a las condiciones específicas del sitio, tales como clones tolerantes a heladas o características de madera específicas (Roger *et al.*, 1991).

Un programa de mejoramiento genético en Secuoya debe tener como objetivo principal mejorar la calidad de la madera, a través de la obtención de árboles vigorosos y de buena forma (Toral *et al.*, 2004b).

1.4 Antecedentes de la colección de clones de *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl. de Kuser

La colección de clones de Secuoya se inició en 1984 gracias al financiamiento de American Philosophical Society, en el estado de California, Estados Unidos. Inicialmente pretendía recoger semillas, sin embargo, debido a que en algunas áreas de distribución los árboles producen piñas de forma escasa y su regeneración depende de la regeneración por brotes de cepa, se resolvió recoger brinzales y utilizar la propagación vegetativa para producir rametos para las plantaciones de ensayo (Kuser *et al.*, 1995).

Kuser *et al.* (1995) señala que debido a la irregularidad de la distribución natural de Secuoya no fue posible utilizar un sistema de cuadrícula para la recolección, por lo que se optó por seleccionar sitios representativos dentro de los bosques más importantes, cubriendo una amplia gama altitudinal y de tipos de suelo. El material colectado fue llevado al Vivero Simpson de Árboles Forestales de Korbel, California, donde se pusieron en macetas, dejando que se desarrollasen nuevas guías terminales. Posteriormente cada clon se propagó mediante estaquillas para establecer distintos ensayos en distintas partes del mundo entre las cuales se encuentra España, Francia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Gran Bretaña, Chile y en distintos condados de Estados Unidos de Norteamérica.

La colección comprende 180 clones de Secuoya recogidos en el ámbito natural de la especie. A los cuales se adicionan 14 clones de árboles sobresalientes e híbridos de este tipo de árboles seleccionados por Simpson Timber en el Condado de Humboldt, rametos propagados a partir de estaquillas de copa de árboles muy grandes y famosos: el “Padre del bosque” (Father of the Forest; altura 75 m, diámetro 5,1 m), el “Gran árbol del arroyo de la Pradera” (Prairie Creek Big Tree; 92,7 m de altura y 6,6 m de diámetro), y el Árbol Corpulento (Stont Tree de 105,8 m de altura y 5,45 m en diámetro) (Kuser *et al.*, 1995).

1.5 Rectitud fustal

La rectitud fustal es una característica que puede ser reflejo tanto de la información genética como de influencias ambientales. Este atributo del árbol, condiciona el aprovechamiento del fuste, la presencia de curvaturas disminuye la productividad en transporte. En los procesos de elaboración limita la posibilidad a ser destinada a madera aserrada. La presencia de defectos de rectitud, implica la disminución de la calidad del producto acabado, debido a la aparición de madera de reacción (Sierra *et al.*, 1999).

Los métodos de evaluación no han sido estandarizados, utilizándose comúnmente una puntuación subjetiva al árbol, dentro de una escala arbitraria. Este método es simple, rápido y económico, sin embargo, no permite la comparación entre estudios realizados por distintos observadores, ya que la experiencia del observador influye en sus puntuaciones. Otros métodos se basan en mediciones, ya sea de frecuencia y/o magnitud de los defectos, además de la máxima desviación respecto a la vertical (Sierra *et al.*, 1999).

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Evaluar el ensayo clonal de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., establecido Forestal Voipir, Región de la Araucanía, a siete años de su establecimiento.

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Evaluar la respuesta a las condiciones medio ambientales de clones probados, en el ensayo clonal establecidos en Forestal Voipir, Región de la Araucanía.
- b) Jerarquizar los clones a base de sus valores promedios, para las características de Diámetro a la altura del pecho (DAP), altura (H) y DAP^2H .

2 MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Material

2.1.1 Área de estudio. El área de estudio corresponde al ensayo establecido en julio del año 2002 en el patrimonio de Forestal Voipir por el PROYECTO FONDEF D01 I 1008 “Silvicultura y Manejo de la Sequoia en Chile y fomento de su plantación forestal sustentable”.

Forestal Voipir se ubica en la comuna de Villarrica, Región de la Araucanía, las plantaciones de la Empresa se encuentran ubicadas a 5 Km de la ribera suroeste del Lago Villarrica (72°15' O y 39° 20' S) (figura 1).

Ésta área en estudio posee un clima del tipo “Templado Infratermal Estenotérmico Mediterráneo Perhúmedo”, caracterizado por un régimen térmico que varía, en promedio, entre una máxima de enero de 23,2 °C y una mínima de 4,9 °C en julio (Santibáñez *et al.*, 1993).

Respecto al régimen pluviométrico, las lluvias se distribuyen a través de todo el año, concentrándose en los meses invernales. Los montos medios anuales de precipitación que se pueden esperar son de 2.000 a 3.000 mm. La presencia de nieve es escasa, concentrándose solamente en las partes más altas. El periodo seco es de dos meses (González, 2005).

Según Peralta (1976), los suelos de esta área son formados a partir de cenizas volcánicas y son abundantes en materia orgánica, por lo cual tienen una alta capacidad de retención de agua y una buena permeabilidad. Son suelos planos a ligeramente ondulados, aluviales, estratificados, muy variables en profundidad (desde 0,5 a 1,10 m) y que descansan en materiales aluviales, generalmente piedras. El horizonte superficial presenta texturas de franco arenosa fina o muy fina a franco limosa, frecuentemente granular débil, friable a muy friable; hacia abajo, por lo general, se mantiene esa textura, ligeramente más pesada. Los colores superficiales son pardo muy oscuro a gris muy oscuro o pardo grisáceo muy oscuro. En profundidad el color se hace pardo amarillento a pardo oscuro.

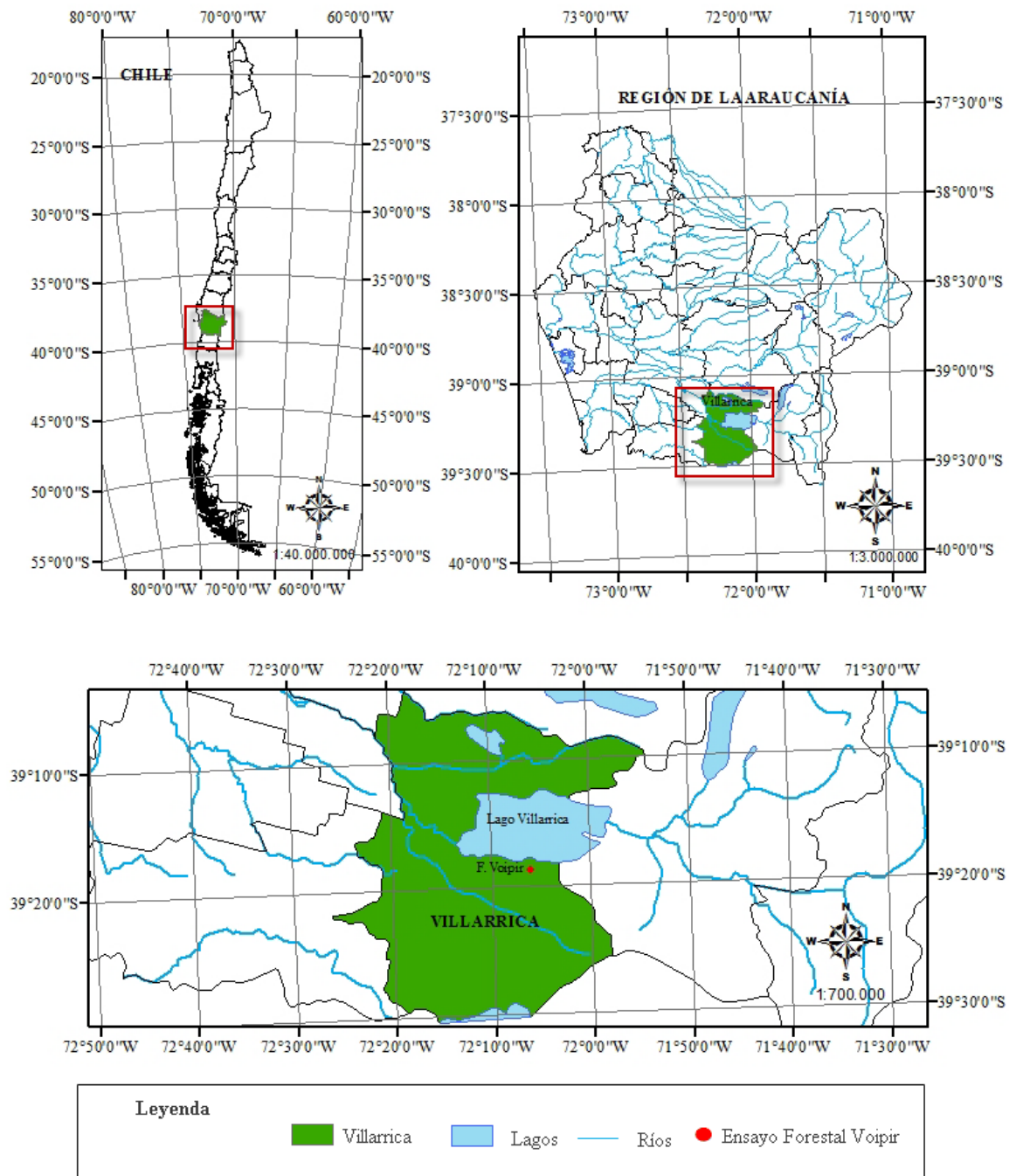


Figura 1. Ubicación del ensayo clonal, Forestal Voipir, Región de La Araucanía.

2.1.2 Material genético

El material genético utilizado en los ensayos corresponde a una fracción de 34 clones de la colección Kuser, la cual reúne 180 clones de 90 diferentes zonas y regiones naturales de crecimiento de Secuoya en el estado de California, Estados Unidos.

Los clones establecidos son en su totalidad provenientes del condado de Humboldt (Miranda, 2006).

La fracción de la colección de clones de Kuser que se prueba en este ensayo son rametos multiplicados asexualmente en el vivero de Forestal Simpson – Chile, próximo a la ciudad de Santa María de los Ángeles. A todas las plantas les practicó una poda apical o toppling, antes de ser plantadas, a objeto de obtener material para continuar con la propagación de los clones y establecer otros ensayos, en consecuencia al momento de la plantación las plantas tenían 30 cm de altura. Dado que las plantas tenían un corte apical, algunas de éstas desarrollaron varios ápices de crecimiento y en la medida que ellas fueron creciendo, Forestal Voipir ejecuto labores de eliminación de brotes apicales seleccionando el mejor ápice líder

2.1.3 Ensayo clonal

El ensayo ubicado en Forestal Voipir, corresponde a un diseño bloques completos al azar. Éste consta de diez bloques, las que actúan como repeticiones. En cada una de ellas se encuentran 34 tratamientos (clones²). Cada bloque cubre una superficie de 1.462,5 m² lo que implica un total de 1,46 hectáreas.

La distribución de los clones en los bloques se realizó en forma aleatoria. Según Zobel y Talbert (1994) de esta forma los clones se exponen a toda la gama de ambientes dentro del área de prueba.

El espaciamiento utilizado entre cada árbol es de 2,5 metros. Con el fin de eliminar el efecto borde, se establecieron dos hileras de árboles entre cada bloque (figura 2).

² En el documento se utilizará el término Clones para referirse a los tratamientos.

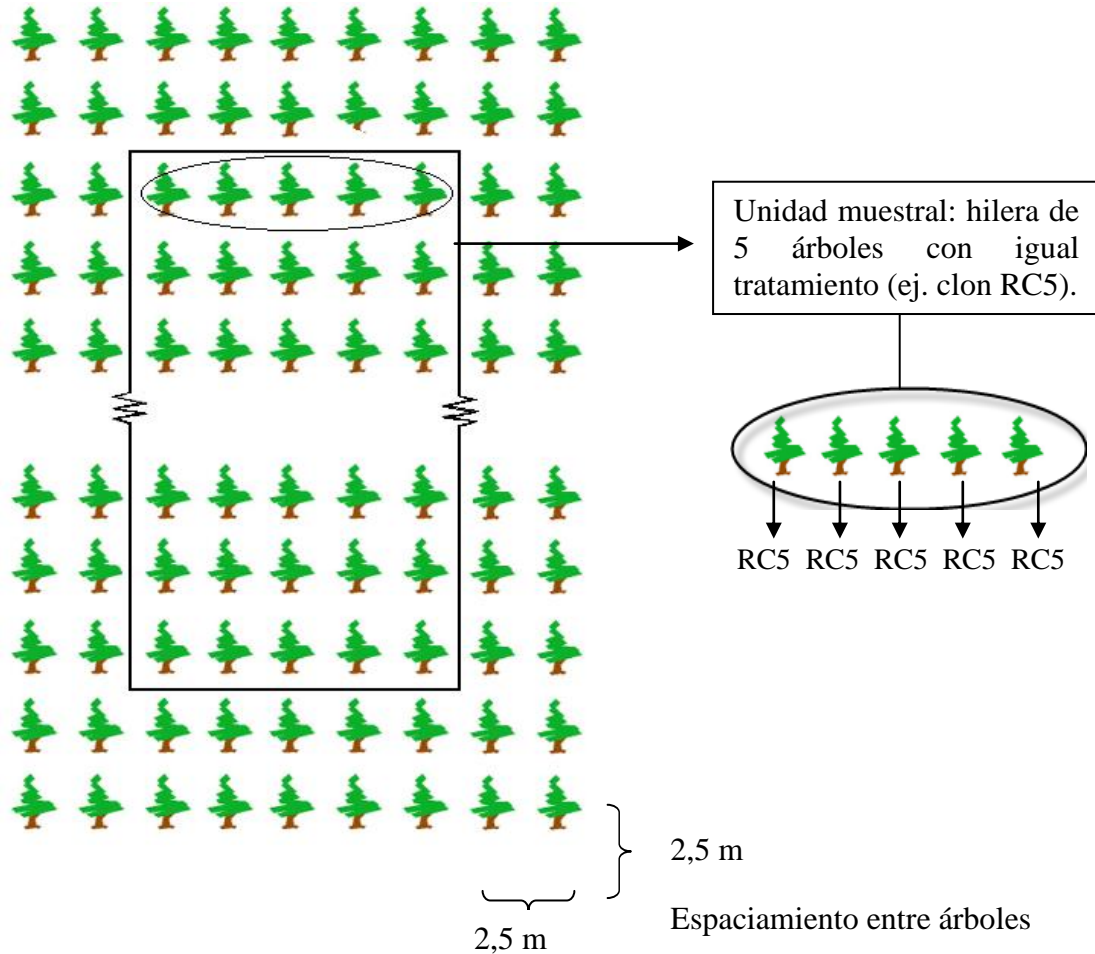


Figura 2. Esquema de distribución de los clones en cada bloque del ensayo.

2.2 Método

Para la elaboración de la evaluación del ensayo clonal de *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl, se realizó la toma de datos en el mes de abril del año 2009.

2.2.1 Evaluación del ensayo

2.2.1.1 Mediciones. Para el cumplimiento de este objetivo, se midió a la totalidad de los árboles presentes en el ensayo, el diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro a la altura de la base (DAB) y altura total (H). Además, se determinó la rectitud del fuste, presencia de daño, excentricidad del fuste, grosor de ramas y presencia de bifurcaciones.

- La medición de los diámetros se realizó con una forcípula de precisión milimétrica, la cual se colocó a la altura de 1,3 metros para obtener el DAP y a 0,2 metros para obtener el diámetro basal.

- La altura total se midió colocando una vara recta y graduada apegada al fuste en la base y de manera recta siguiendo el eje del árbol hasta el ápice principal.
- La rectitud del fuste, presencia de daño, excentricidad del fuste, grosor de ramas y presencia de bifurcaciones, se evaluó otorgando una calificación a cada uno de estos criterios, con la escala de calificación que se presenta a en el cuadro 1.

Cuadro 1. Calificación de criterios de evaluación de los árboles de los ensayos.

Daño	Rectitud fuste
1 Sin daño	1 Recto
2 Con daño	2 Ligeramente curvado
3 Bifurcado bajo 2 m de altura	3 Curvado en una dimensión
4 Bifurcado entre 2 y 4 metros de altura	4 Curvado en varias dimensiones
Bifurcación	Grosor de ramas
0 Sin bifurcación	1 Ramas Finas
1 Dos fustes	2 Ramas regulares
2 Tres Fustes	3 Ramas gruesas
3 Más de tres fustes	4 Ramas muy gruesas
Excentricidad del fuste	
1 Circular	
2 Medianamente elíptico	
3 Fuertemente elíptico	

Fuente. Modificado de Wienstroer *et al.*, 2003

- Además, se otorgó a la rectitud fustal hasta los 3,5 m de altura, una puntuación determinada por el promedio del número de curvaturas por metro de fuste (nc_m) y la dimensión de la máxima desviación respecto al eje del tronco de la curvatura más cercana a la altura del pecho en centímetros (dc), utilizando la siguiente expresión:

$$R = nc_m \times dc \quad (\text{modificado de Perry, 1960})$$

Siendo

$$nc_m = \frac{Nc}{H} \quad \text{Donde, } Nc \text{ el número total de curvaturas del árbol y } H \text{ la altura del mismo. Cuando la altura es superior a 3,5 m, } H \text{ en la fórmula toma este valor (3,5).}$$

La desviación máxima de la curvatura se midió colocando una vara recta siguiendo el eje del fuste y midiendo con una cinta métrica la desviación existente (Perry, 1960). Cuando la curvatura se encontró entre los 2 y 3,5 m de altura la desviación se estimó en clases de 5 cm.

Se consideraron en este análisis los árboles cuya desviación del fuste respecto a su eje fue mayor a 3 cm.

Los fustes bifurcados no se incluyeron en el análisis de curvatura por la dificultad de determinar si la bifurcación es a causa de daño pasado (corte apical) o por una expresión de curvatura (Perry, 1960).

2.2.1.2 Modelo estadístico. Según Mora (2009)³, “la metodología de análisis de varianza (ANDEVA) para comparaciones múltiples de medias, es una herramienta potente cuando se trabaja con un máximo de diez tratamientos. A medida que este valor se excede disminuye la capacidad discriminante y con ello la confiabilidad de los resultados”.

Por esta razón, en ambos ensayos se trabajó, con los promedios por bloque por clon de los diez clones que presentaron mejores rendimientos de las variables DAP, H, DAB y DAP²H. Siendo los modelos utilizados de efectos fijos, donde las conclusiones son exclusivas para los clones seleccionados (Canavos, 1988)

Previo a los Análisis de Varianza, se realizó la prueba de Shapiro- Wilks, para comprobar la normalidad de cada uno de los tratamientos. Esta prueba se utiliza para muestras pequeñas, de tamaño menor o igual a 30 (Morales, 2005).

Posteriormente y con el fin de evaluar la homocelastividad de las varianzas, se aplicó la prueba de Hartley. Esta prueba se utiliza para diseños balanceados, es decir cuando el número de observaciones por tratamiento es el mismo y cuando $n \geq 10$.

Los análisis de varianza se realizaron utilizando un diseño bloques completos al azar, con un modelo de efectos fijos. Esto último debido a que se analizan sólo los diez clones con mejores resultados por cada variable, no siendo una muestra aleatoria (Canavos, 1988; Morales, 2005).

El modelo se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i=1, \dots, 10$$

$$j=1, \dots, 10$$

$$\mu, \beta_j: \text{Ctes: } \sum_{j=1}^{10} \beta_j = 0$$

$$\tau_i: \text{v.a.i.i.d } N \sim \sigma (0, \sigma^2_\tau)$$

$$\varepsilon_{ij}: \text{v.a.i.i.d } N \sim \sigma (0, \sigma^2)$$

}

Ambas variables aleatorias incorrelacionadas

³ Comunicación personal Sergio Mora O. Profesor de Estado en Matemáticas. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.

Donde:

Y_{ij} : i-ésimo clon del j-ésimo bloque

μ : corresponde al promedio total del ensayo,

τ_i : al efecto del i-ésimo clon

ε_{ij} : al error aleatorio que recibe el clon j del bloque i.

Para probar si existen diferencias significativas entre los efectos de los clones, la hipótesis que se plantea es:

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_j \quad (j=1, \dots, 10)$ No existen diferencias entre los efectos de los clones

$H_1: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \dots \neq \tau_j \quad (j=1, \dots, 10)$ Existen diferencias entre los efectos de los clones, es decir, al menos uno de los clones posee diferencias con el resto de los clones.

Se utilizó un análisis de varianza paramétrico cuando los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianza de los errores se cumplían, ya sea para la variable en sí o para alguna transformación de ésta. Cuando los requisitos ya nombrados no se cumplían, se realizó un análisis de varianza no paramétrico de Friedman. Esta prueba es la alternativa cuando se tiene tratamientos y bloque y, se basa en la comparación de rangos de observaciones en cada bloque (Canavos, 1988; Morales, 2005). El estadístico de contraste corresponde a:

$$x_F^2 = \frac{12}{b * t * (t + 1)} \sum_{j=1}^{10} r_j^2 - 3 * b * (t + 1)$$

Donde:

b es el número de bloques,

t el número de clones

r_j^2 corresponde a los rangos al cuadrado del j-ésimo clon.

El estadístico de Friedman se distribuye según el modelo de probabilidad Chi- cuadrado con t-1 grados de libertad.

Dado lo anterior se quiere saber si las funciones de distribución de los clones son iguales, por lo que la hipótesis son:

$H_0: F(\tau_1)=F(\tau_2)=\dots=F(\tau_j) \quad (j=1,\dots, 10)$ (todos los clones tiene igual función de distribución, Chi- cuadrado)

$H_1: F(\tau_1) \neq F(\tau_2) \neq \dots \neq F(\tau_j) \quad (j=1,\dots, 10)$ (al menos un clon posee función de distribución diferente a Chi- cuadrado)

2.2.2 Jerarquización de los clones

Se calcularon los valores medios de las variables DAP, DAB, H y DAP^2H . Luego de obtenidos estos valores se ordenaron de manera descendente los clones utilizando como prioridad los valores de las variables DAP^2H , DAP, H y DAB, obteniendo de esta forma una jerarquía en cada ensayo.

3 RESULTADOS

3.1 Evaluación del ensayo

En este ensayo se observó que a abril de 2009, el 16,1% de los árboles establecidos inicialmente ya no se encuentran o están muertos.

El clon que presentó mayor sobrevivencia es el RB3-57-77-7, el cual no disminuyó la presencia de ejemplares desde su establecimiento, en tanto el clon RB54-225-13 es el que mostró mayor mortandad (60%). El promedio de la sobrevivencia de los clones fue de 83,9%.

3.1.1 Resultado de las mediciones de DAP, DAB, H y DAP²*H. El Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), Diámetro a la Altura de la Base (DAB) y altura de los clones del ensayo, mostró una distribución platicúrtica (coeficiente de Curtosis menor a cero) cuando es comparada con una distribución normal, indicando un bajo grado de concentración alrededor de los valores centrales de cada variable. Por su parte el índice de biomasa en el ensayo presentó una distribución leptocúrtica (coeficiente de Curtosis es un valor mayor a cero), es decir, un elevado grado de concentración de los datos alrededor de los valores centrales de la variable (cuadro 2).

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas básicas del ensayo.

	DAP (cm)	DAB(cm)	H (m)	DAP ² H (m ³)
Promedio	5,3	7,8	4,0	0,02
Desv. estándar	2,9	3,6	1,4	0,02
Varianza	8,5	12,6	2,0	0,00
Curtosis	-0,5	-0,5	-0,8	4,7

A continuación se presentan dos figuras para cada una de las variables. En la primera, los clones se presentan dispuestos en un gradiente latitudinal (de norte a sur), considerando su lugar de procedencia en el condado de Humboldt, estado de California, Estados Unidos; mientras que en el segundo se presentan en orden jerárquico (de mayor a menor) según los resultados obtenidos.

Índice de biomasa por clon en el ensayo ubicado en Forestal Voipir

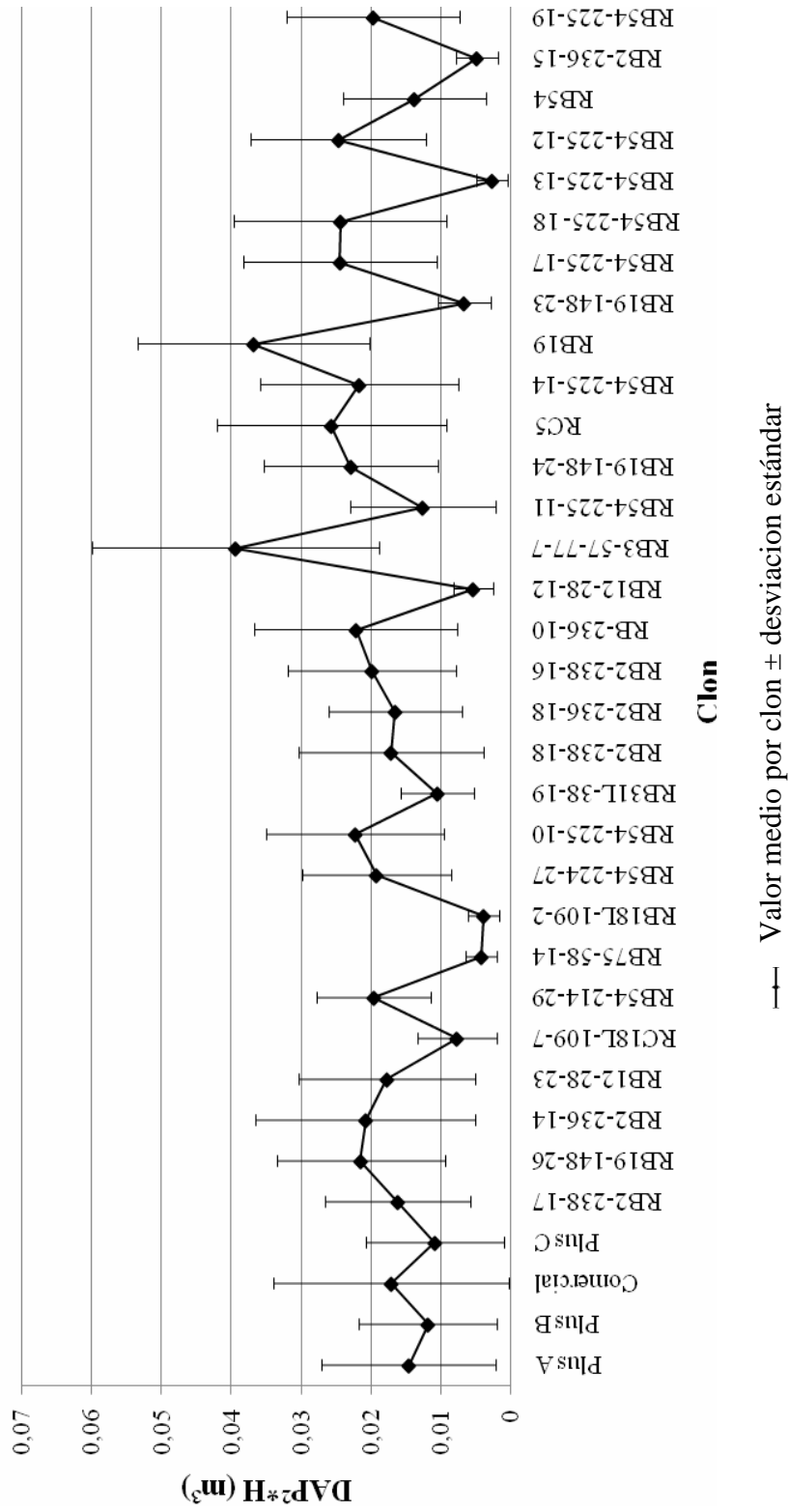


Figura 3. Índice de Biomasa medio (DAP²H) de los clones, presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).

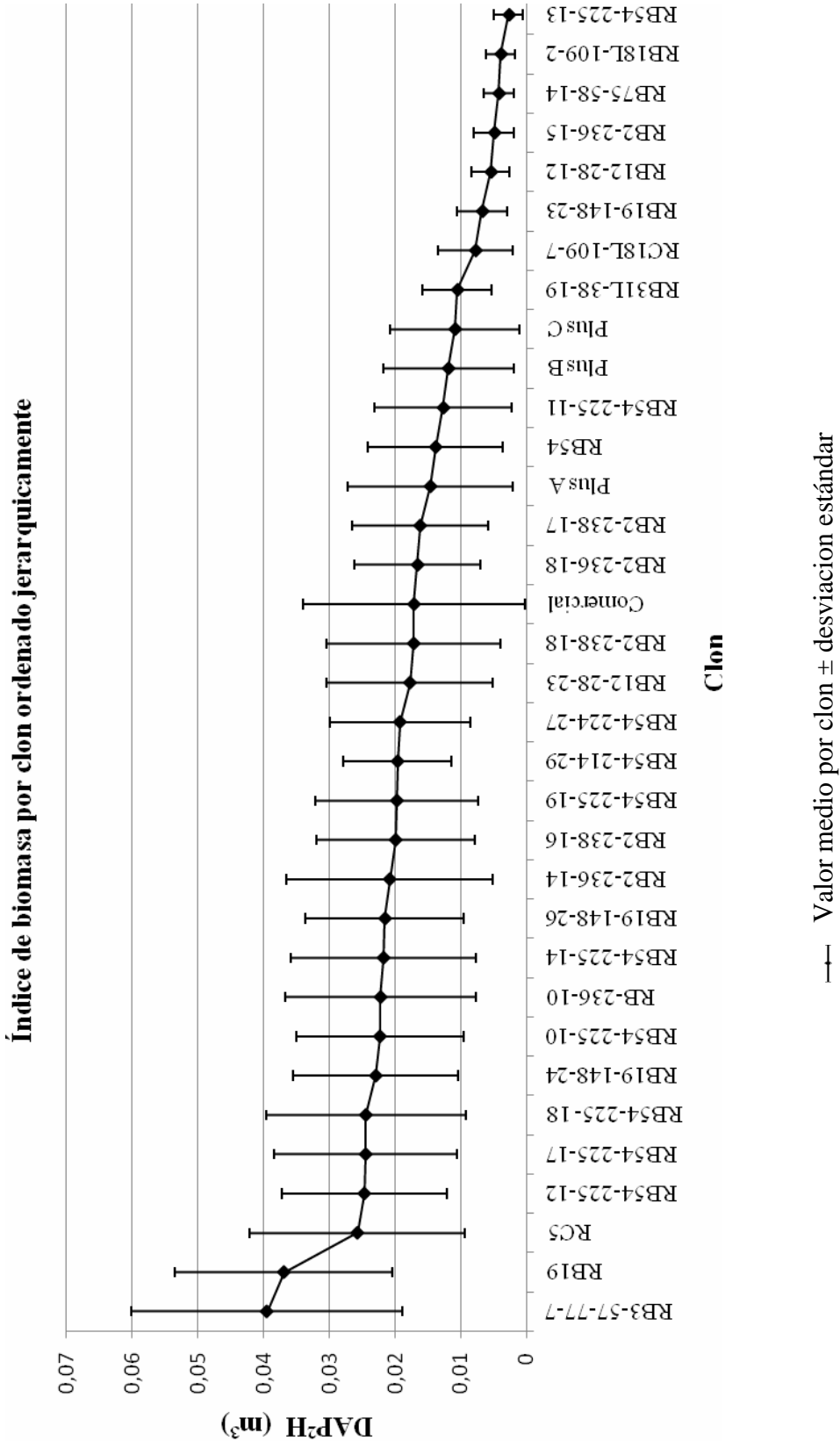


Figura 4. Índice de Biomasa medio (DAP²H) de los clones, presentados en orden jerárquico (de mayor a menos).

Los clones que se ubican en el centro-sur del condado de Humboldt, presentaron los mejores resultados en cuanto a la variable DAP^2*H (m^3) (figura 3).

Los clones RB3-57-77-7 ($0,040 m^3$) y RB19 ($0,037 m^3$) son los que presentan mayores rendimientos medios de índice de biomasa, separándoseos notoriamente del rendimiento del resto de los clones evaluados. Por el contrario, los clones que obtuvieron los menores valores para esta variable fueron RB54 -225-13 y RB18L-109-2 con $0,003 m^3$ y $0,004 m^3$, respectivamente (figura 4).

También se observa que los clones que presentan rendimientos más bajos poseen una desviación estándar pequeña lo que implica una variabilidad baja de los datos, la cual va creciendo a medida que aumenta el rendimiento medio de los clones.

Al igual que con la variable DAP^2H , los clones que en su ámbito natural se encuentran al centro-sur del condado de Humboldt presentaron los mejores resultados para la variable altura (figura 5).

Los clones RB19, RB3-57-77-7, RC5 presentaron los mayores valores medios de altura, los dos primeros con alturas medias de 5 m y el tercero con una altura de 4,7 m. Los clones con menor resultado en esta evaluación fueron RB54-225-13 y RB2-236-15 los cuales tuvieron una altura media de 2,5 cm. Además, cabe destacar que siete clones mostraron una altura media inferior a 3 m, correspondiendo al 20,6% del total (figura 6).

Altura de los clones en el ensayo ubicado en Forestal Voipir

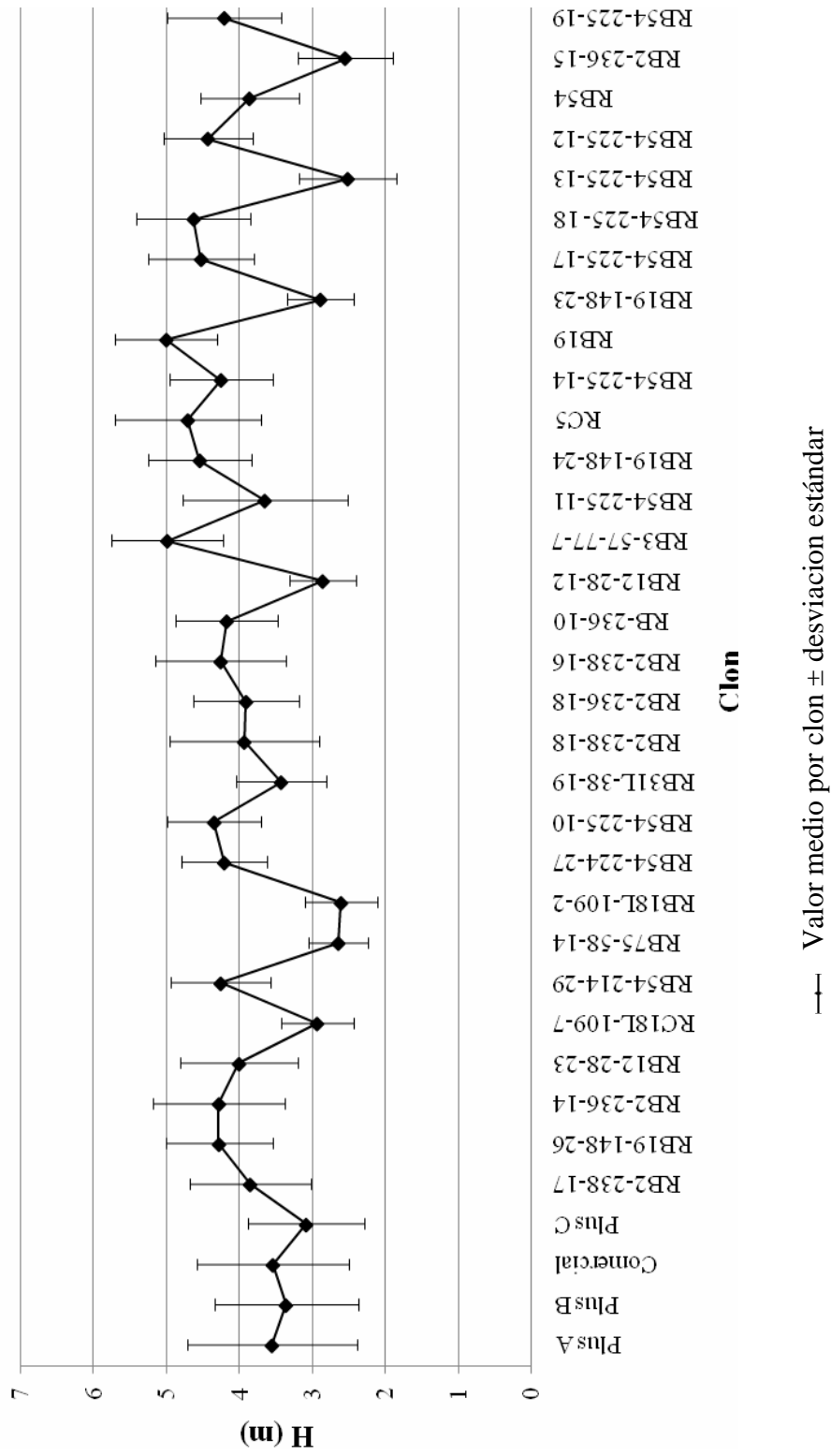


Figura 5. Altura media de los clones, presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).

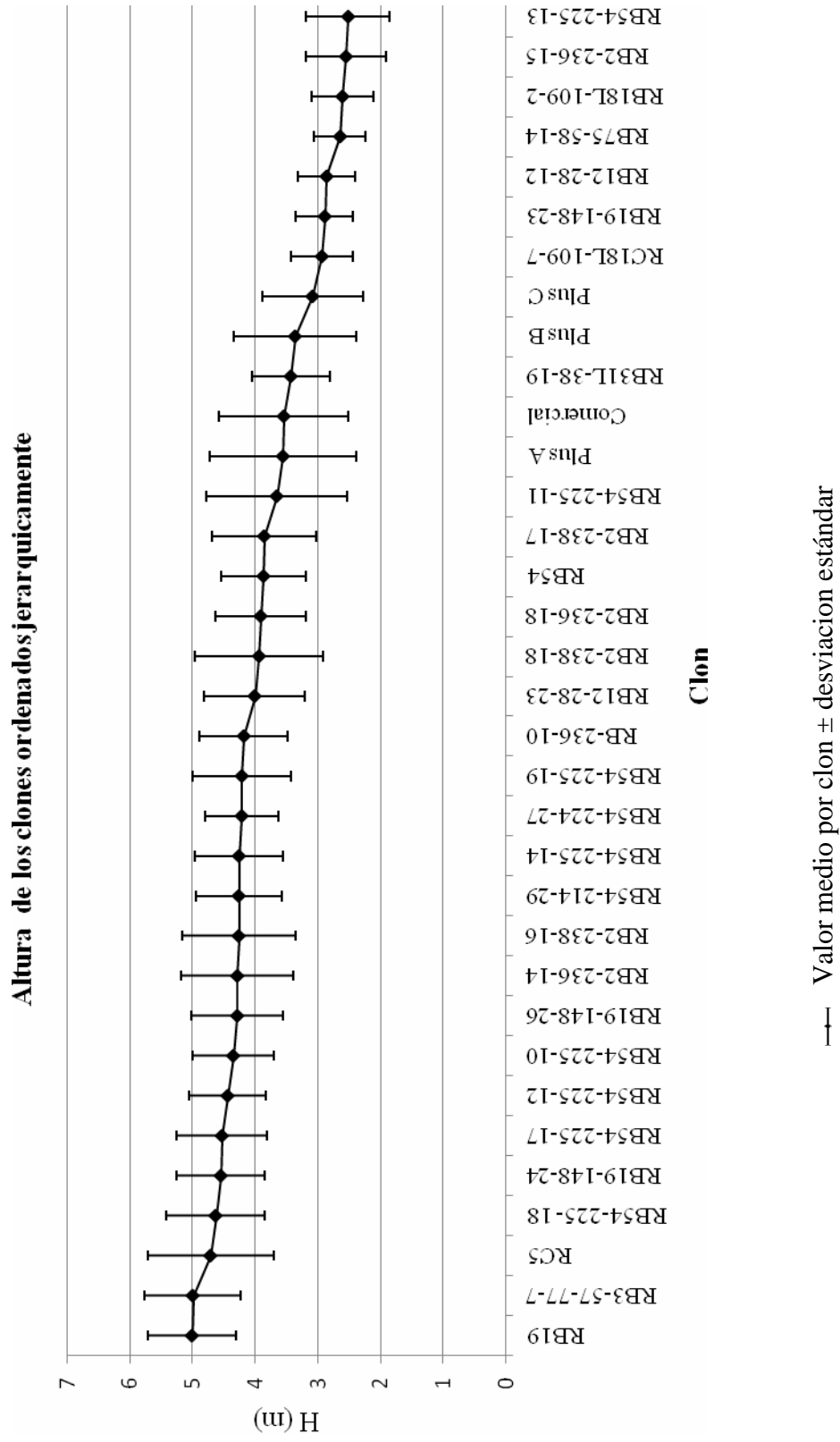


Figura 6. Altura media de los clones, presentados en orden jerárquico (de mayor a menor).

El diámetro a la altura del pecho (DAP) sigue la tendencia de las variables anteriormente descritas, observándose que los clones del centro- sur del condado de Humboldt presentaron los mejores resultados (figura 7).

Los clones que presentaron mejores resultados fueron el RB19 y el RB3-57-77-7, siendo los únicos clones cuyos valores sobrepasaron los 7 cm de DAP. El clon RC5, obtiene el tercer mejor rendimiento, con menos de un centímetro de diferencia de los clones ya mencionados. Mientras que las que obtuvieron menores valores medios son RB54-225-13, RB2-236-15, RB18L-109-2, no superando los 3 cm (figura 8).

En cuanto al diámetro a la altura de la base medio (DAB), se observa una leve tendencia a que clones que en su distribución natural se encuentran al centro sur del condado de Humboldt presentaron los rendimientos más altos (figura 9)

Los clones RB19, RB3-57-77-7 obtuvieron rendimientos medios superiores a los 10 cm de diámetro en la base. Seguidos cercanamente por los clones RB54-225-18 y RB54-225-12. Los valores inferiores de esta variable fueron observados en los clones RB54-225-13, RB18L-109-2 y RB2-236-15 siendo los únicos cuyos valores medios no superan los cinco centímetros (figura 10).

Al igual que en el índice de biomasa, en DAP y DAB se observa que los clones de menor rendimiento medio presentan desviaciones estándares más pequeñas con rendimientos más altos, es decir la variabilidad de los datos aumenta a medida que sus rendimientos también lo hacen.

DAP de los clones en el ensayo ubicado en Forestal Voipir

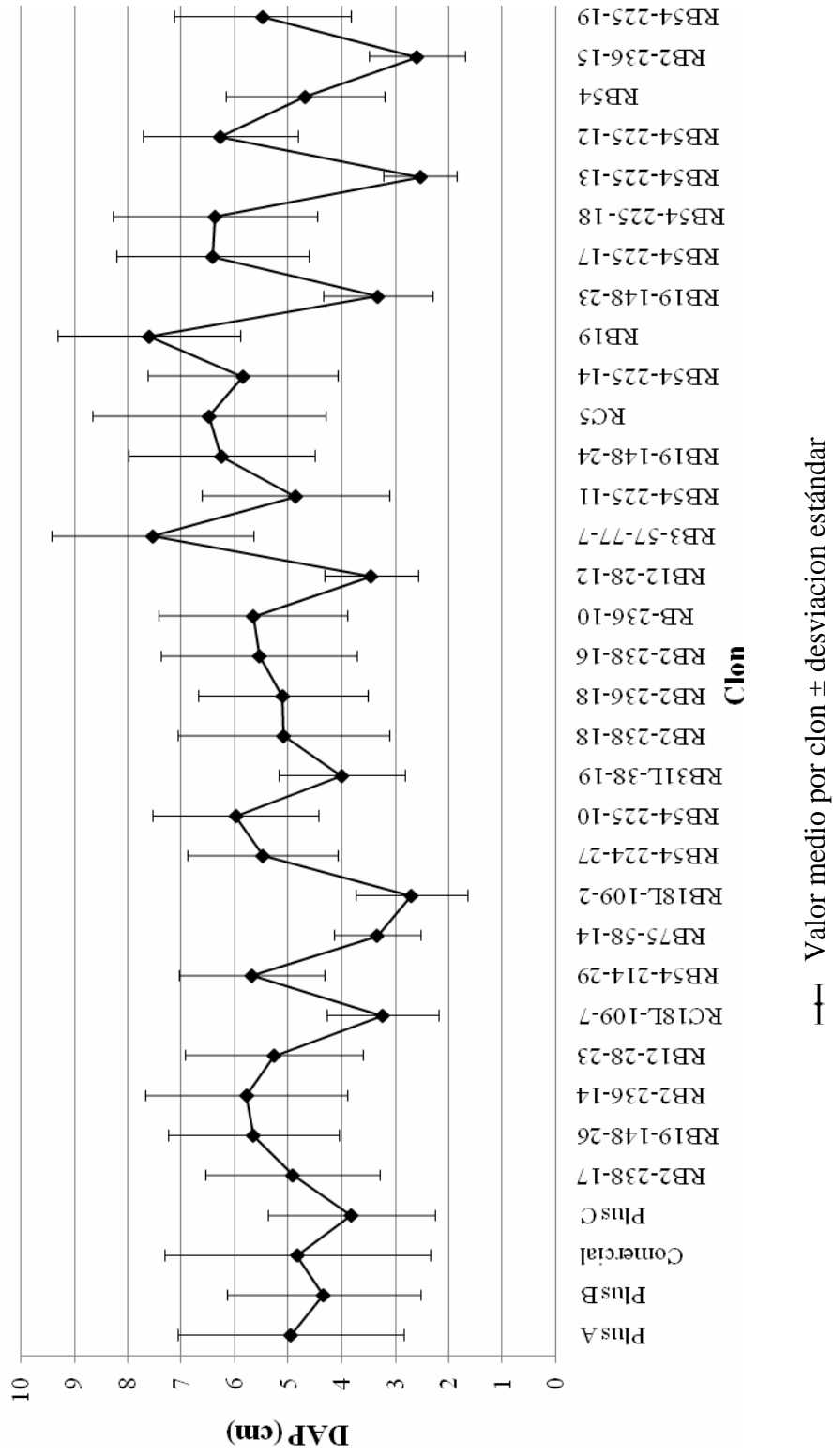


Figura 7. Diámetro a la altura del pecho medio (DAP) de los clones, presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).

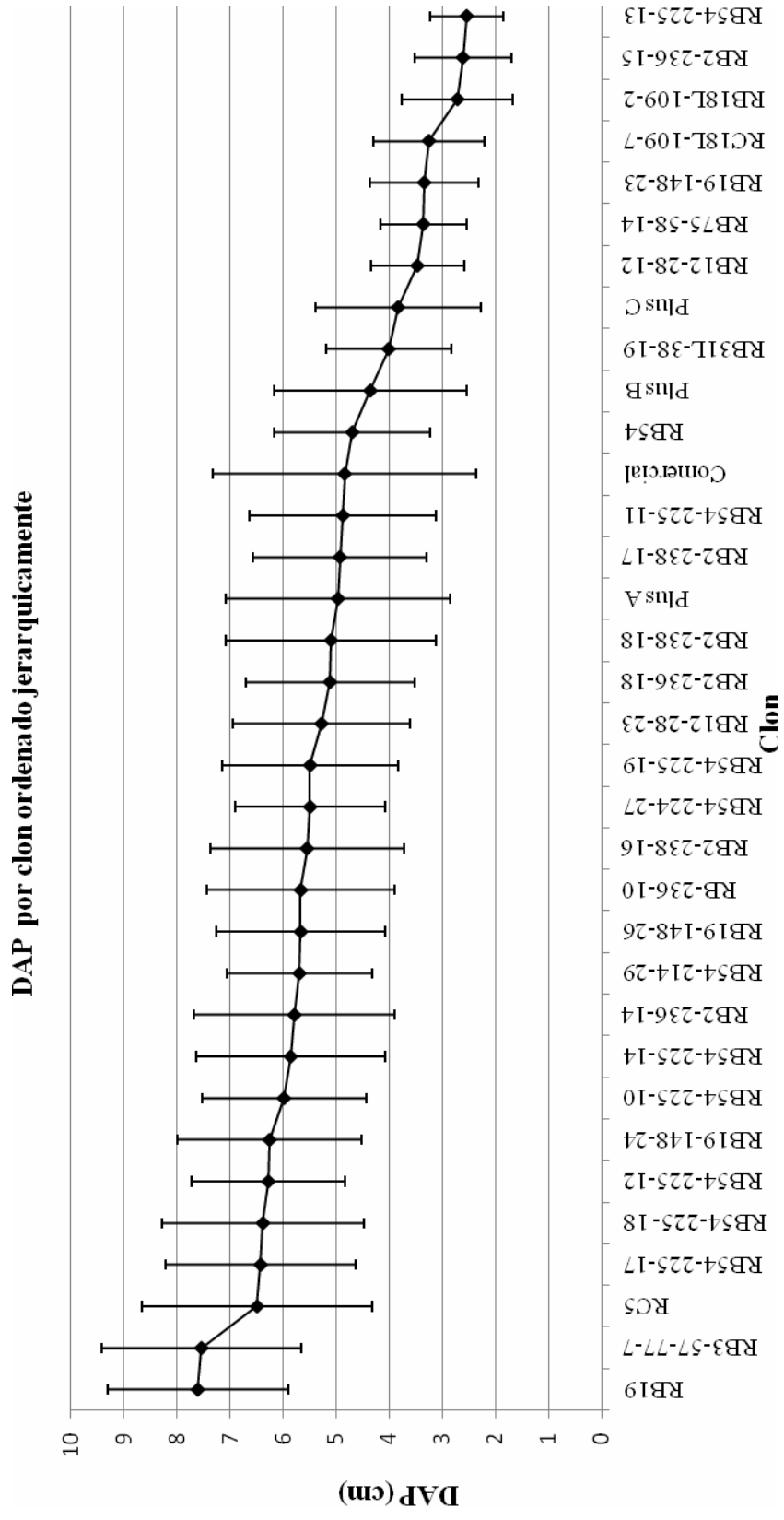


Figura 8. Diámetro a la altura del pecho medio (DAP) de los clones, presentados en orden jerárquico (de mayor a menor).

DAB de los clones en el ensayo establecido en Forestal Voipir

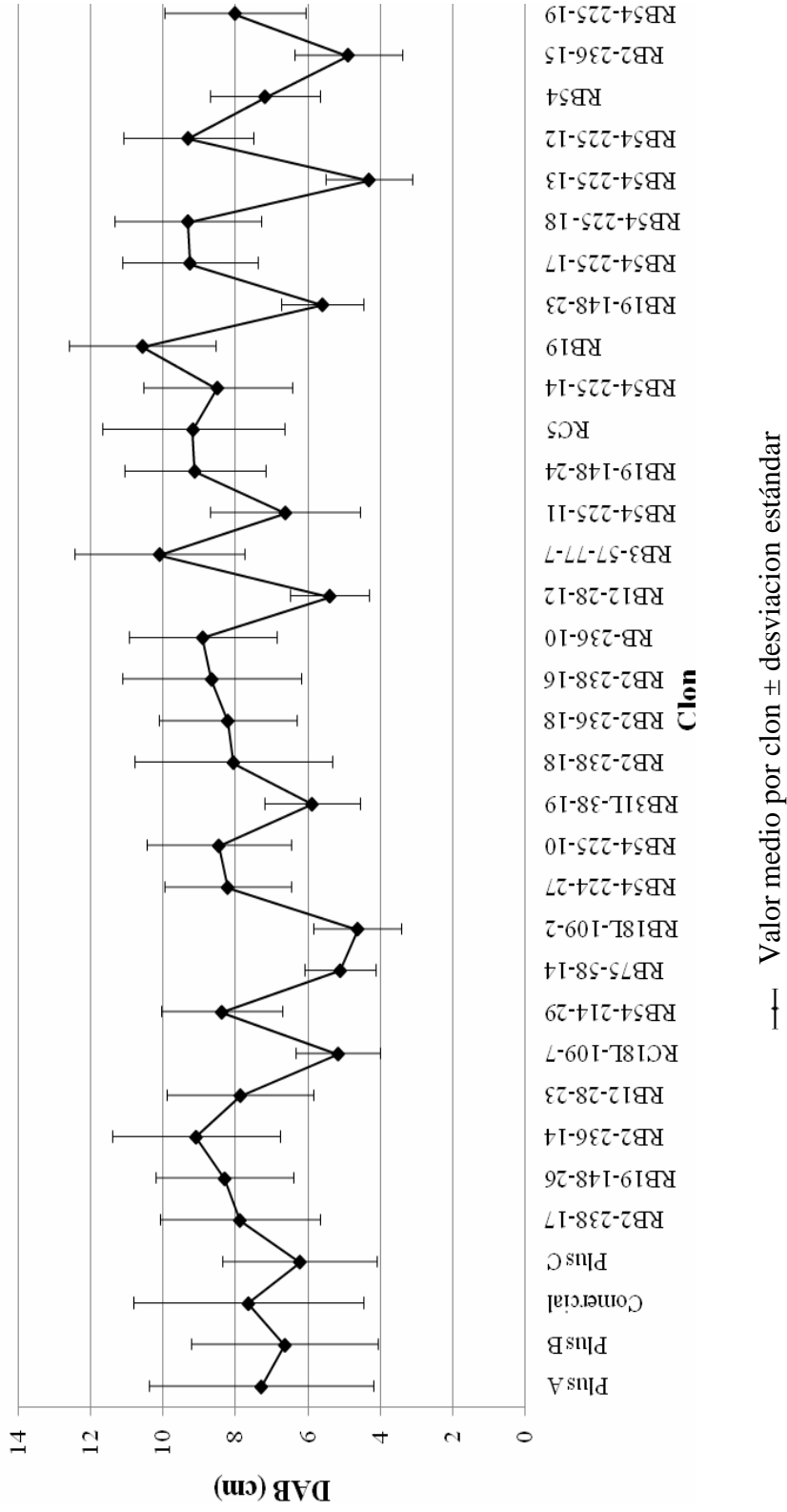


Figura 9. Diámetro a la altura de la base medio (DAB) de los clones, presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).

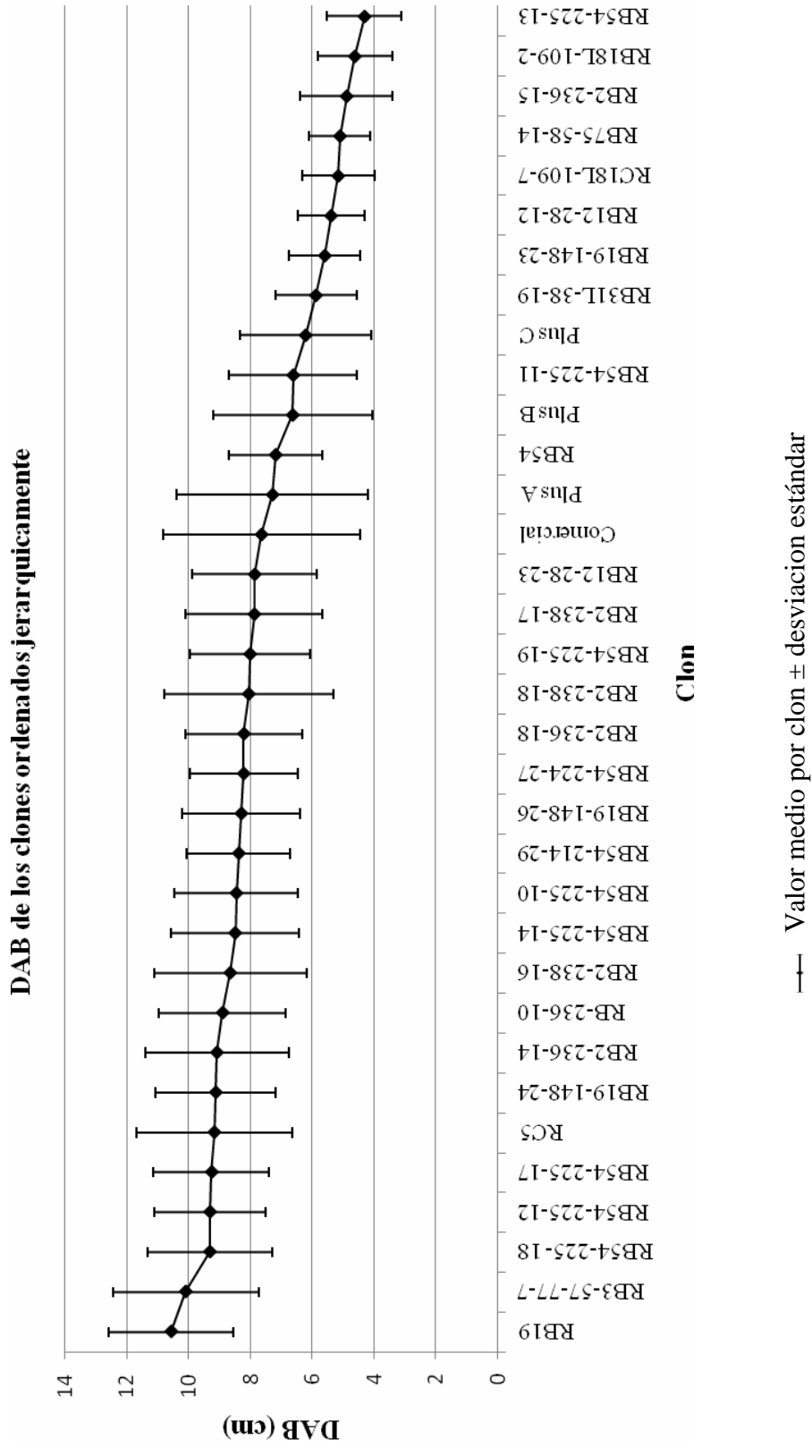


Figura 10. Diámetro a la altura de la base medio (DAB) de los clones, presentados en orden jerárquico (de mayor a menor)

3.1.2 Evaluación de daño, rectitud fustal, grosor de ramas, presencia de bifurcaciones y excentricidad de fuste. Como se puede apreciar en el siguiente gráfico (figura 11), el 91,0% de los clones sobrevivientes del ensayo no presentaron ningún tipo de daño. Del porcentaje restante, el 5,6% presentó daño y el 3,4% bifurcación bajo los dos metros de alto. No se observó clones con bifurcaciones entre los dos y los cuatro metros de altura.

Los clones RB18L-109-2 y RB31L-38-19 fueron los que con mayor recurrencia presentaron algún tipo de daño.

Bifurcaciones bajo los dos metros de altura se observaron en mayor porcentaje en los clones Plus A, Plus B, Plus C y RB18L-109-2.



Figura 11. Daños observados en el ensayo clonal de Forestal Voipir.

La figura 12 muestra la condición de los clones a siete años de establecido el ensayo, considerando como 100% el total de los clones probados. En la figura los clones se encuentran ordenados en gradiente latitudinal y, se desprende que los clones originarios del centro-norte del condado de Humboldt fueron los que presentaron resultados más bajos, ya que si sobrevivieron tuvieron mayor porcentaje de árboles dañados (Con daño y bifurcados).

En general, se observó que los clones con mayor mortalidad fueron los que presentaron mayor daño, destacándose el clon B18L-109-2 que presentó una mortalidad cercana al 40% y cuyos individuos sobrevivientes tuvieron un alto porcentaje de daños (%). No obstante, se observaron excepciones a esto como RB54-225-12, el cual presentó una alta mortalidad (60%) sin embargo, los clones restantes no presentaron ningún tipo de daño. El clon RB19-148-24 por su parte presentó baja mortalidad y los clones que sobrevivieron no presentan daños.

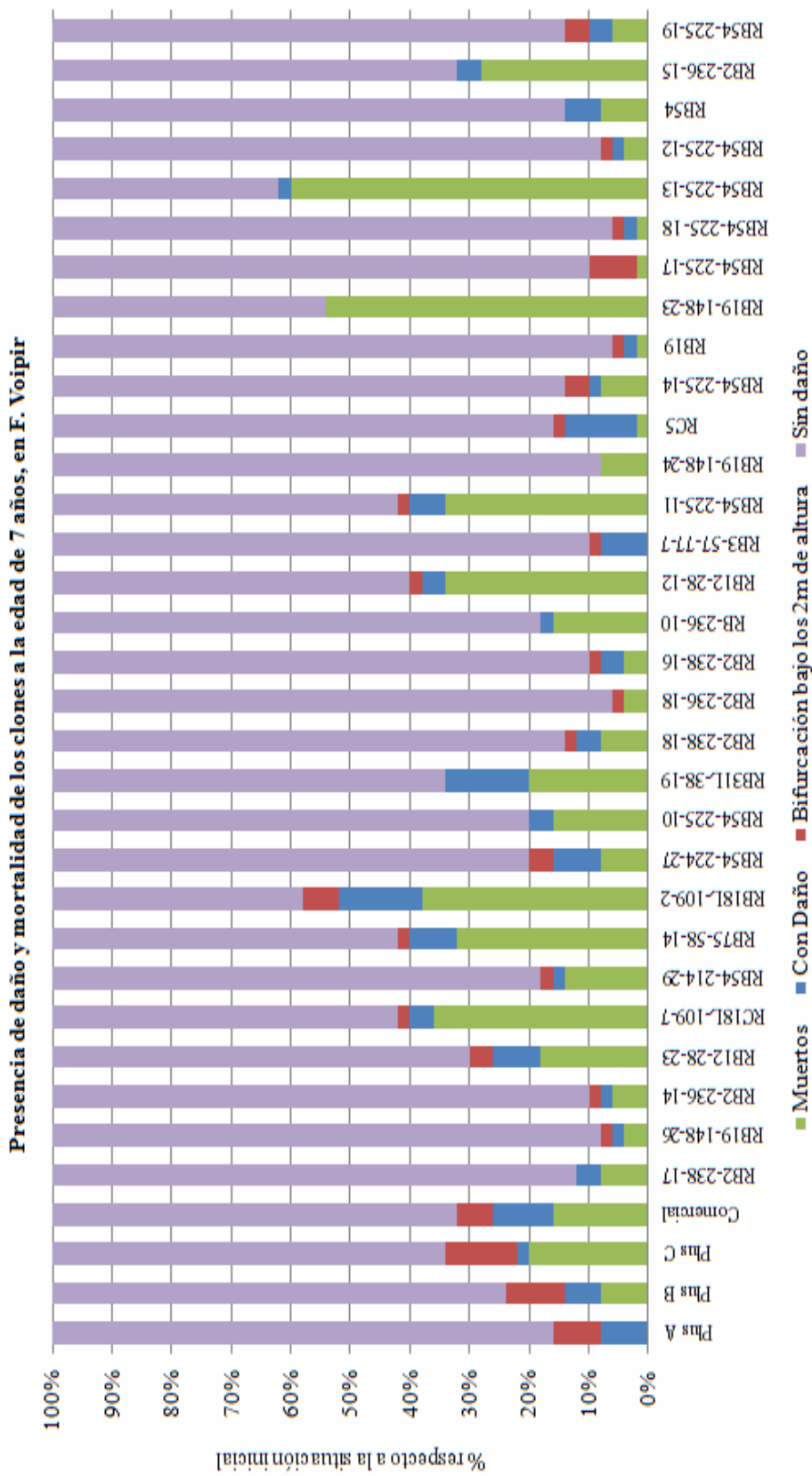


Figura 12. Presencia de daño y mortalidad de los clones presentados en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).

De los 1.426 individuos presentes en el ensayo establecido en Forestal Voipir el 88,7% presentó sus fustes rectos, un 7,0% con ligera curvatura, el 2,6% de individuos fustes curvos en una dimensión y un 1,7% fustes curvos en varias dimensiones (figura 13).

Los clones Plus A, B y C y RB18L-109-2, fueron los que presentaron mayor porcentaje de árboles ligeramente curvos. Por otro lado, los clones RC5 y RB3-57-77-7 fueron los que presentaron mayor frecuencia de árboles con curvaturas en una sola dimensión. Finalmente, los árboles con curvaturas en varias dimensiones se concentraron en los clones RB18L-109-2 y RB31L-38-19.

Rectitud fustal de los clones del ensayo ubicado en F. Voipir

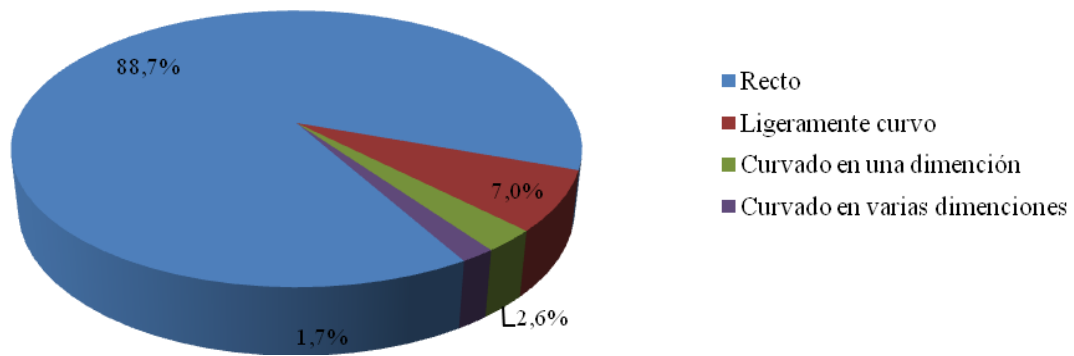


Figura 13. Evaluación de rectitud fustal

La siguiente figura se muestra cómo se comportaron los clones cuando a la presencia de algún tipo de curvatura se le adiciona los clones que han muerto (figura 14).

En la figura se observa que desde el norte y hasta el centro del condado de Humboldt, la presencia de curvatura y mortalidad de los clones fue más alta que desde el centro hacia el sur del mismo condado.

Cabe destacar, que la totalidad de los árboles del clon RB54-225-13 resultaron rectos, sin embargo, presentaron una mortandad del 60%.

Precencia de curvatura y mortalidad de los clones del ensayo ubicado en F. Voipir

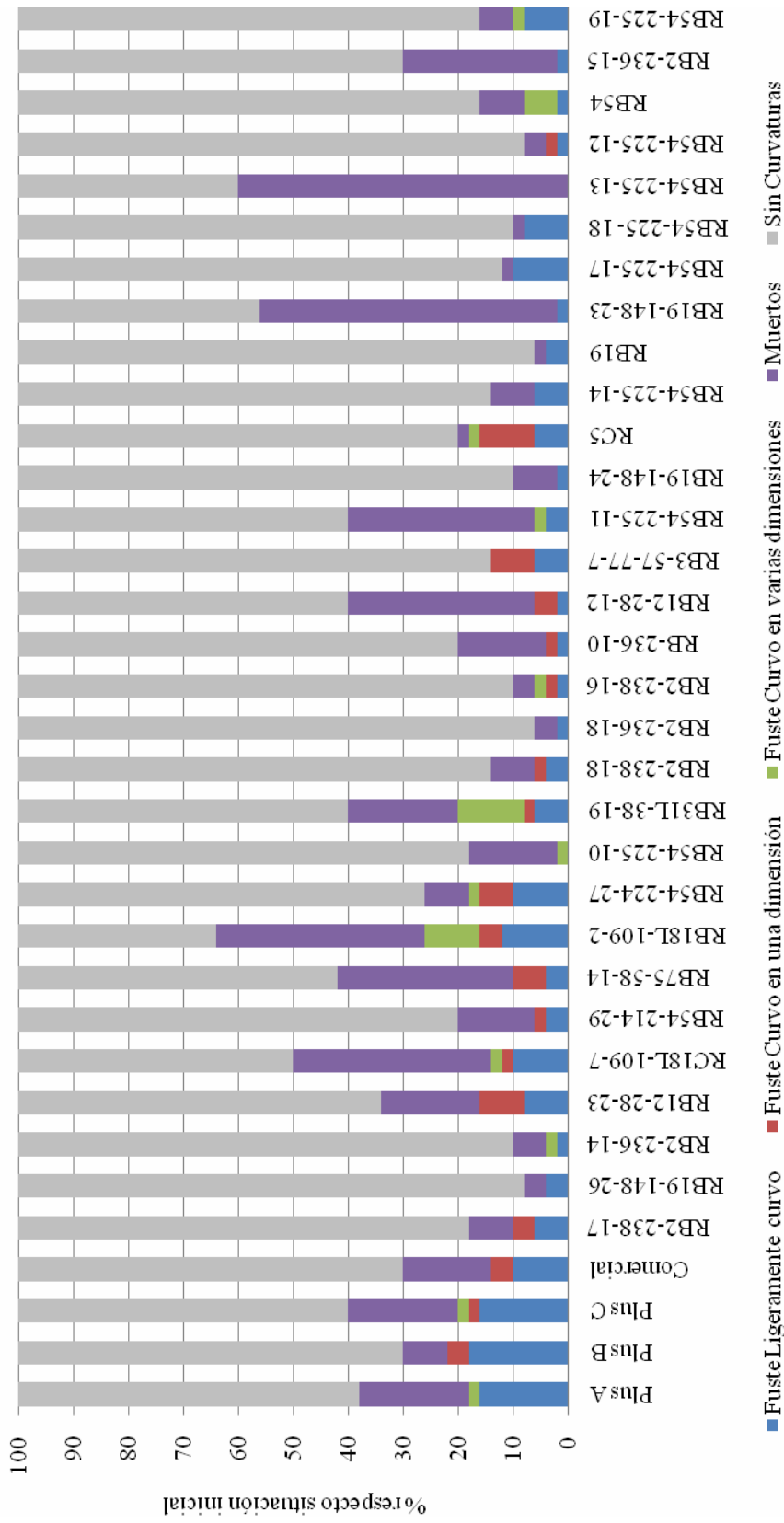


Figura 14. Presencia de curvatura y mortalidad de los clones en gradiente latitudinal en Estados Unidos (de norte a sur).

La figura 15 muestra que el 96,6% de los clones presentes en el ensayo no presentó ninguna bifurcación, el 3,2% de los árboles presentó bifurcaciones con dos fustes y el 0,2% restante bifurcaciones con tres o más fustes.

En el ensayo sólo se encontraron dos árboles con tres fustes, siendo un ejemplar del clon RB12-28-23 y uno del clon Plus A.

Por último, se encontró sólo un árbol con más de tres fustes siendo un ejemplares del clon RB18L-109-2.

Presencia de fustes bifurcados en clones del ensayo ubicado en F. Voipir

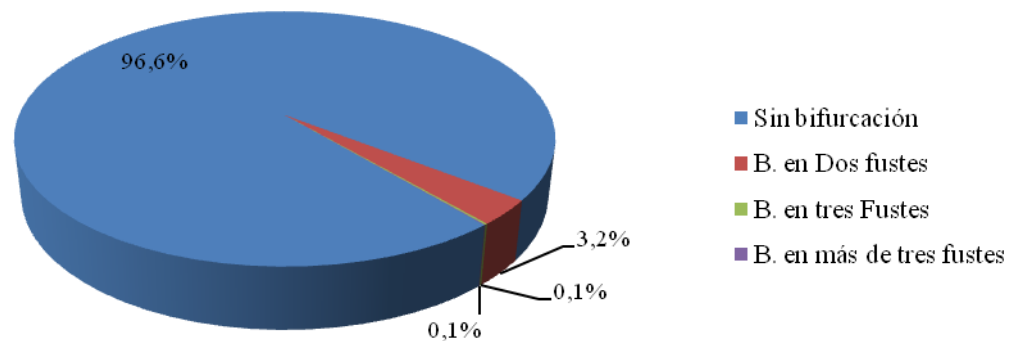


Figura 15. Evaluación de la presencia de bifurcaciones

El 98,3% de los clones del ensayo presentó una sección transversal circular y en un 1,7% medianamente elíptica (Figura 16)

Los fustes con sección transversal medianamente elíptica se observaron con mayor frecuencia en los clones RB31L-38-19 y RB54-225-17. Mientras que, ningún árbol del ensayo tuvo sección transversal fuertemente elíptica.

Sección transversal de los clones en el ensayo ubicado en F. Voipir

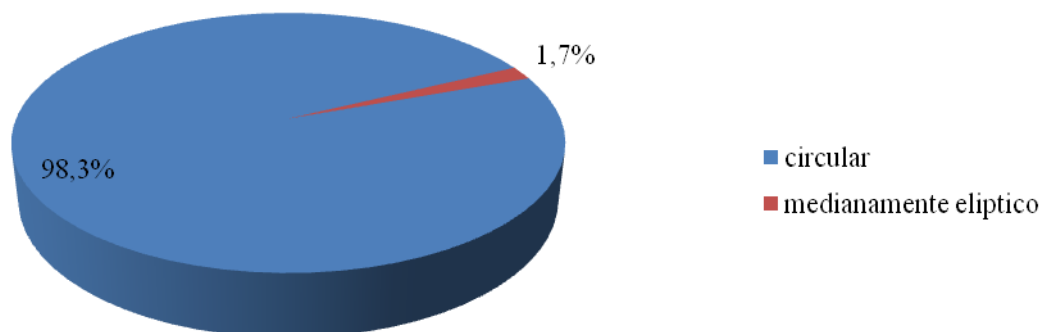


Figura 16. Evaluación de la sección transversal de los fustes.

La figura 17 muestra que el 52,1% de los árboles del ensayo presentaron ramas finas, el 37,4% ramas regulares, el 10,2% ramas gruesas y el 0,2% ramas muy gruesas.

Los clones con mayor porcentaje de ramas delgadas fueron RB18L-109-2 y RB2-236-15 en cambio clones con menor porcentaje fueron el RB3-57-77-7 y RB54-225-14.

Los clones que con mayor y menor frecuencia presentaron ramas regulares fueron el RB54-225-14 y RB18L-109-2, respectivamente.

En cuanto a los árboles con ramas gruesas, el clon RB3-57-77-7 es el que con mayor recurrencia presentó ramas gruesas, mientras que los clones RB54-225-13 y RB19-148-23 no presentaron árboles con esta característica.

Finalmente los árboles con ramas muy gruesas sólo se encontraron en los clones RB54-225-10, RB2-238-18, y RB54-225-17.

Grosor de ramas de los clones del ensayo ubicado en forestal Voipir

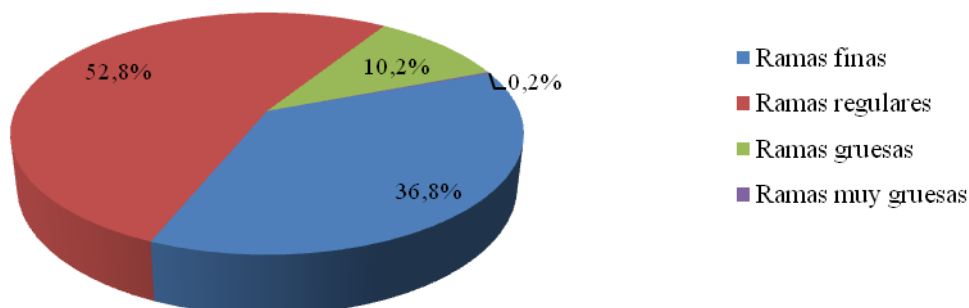


Figura 17. Evaluación del grosor de ramas de los árboles presentes en el ensayo ubicado en Forestal Voipir.

3.1.3 Resultado de la medición de rectitud. En este predio se midió la rectitud asignando puntuación a 109 árboles, correspondiendo al 7,6% de los árboles vivos en el ensayo, los que poseían desviaciones al eje del fuste de más de 4 cm de amplitud

El índice presentó grandes variaciones encontrándose valores que van de 0,7, en uno de los ejemplares del clon RB3-57-77-7 a 142,9, en uno de los clones RC18L-109-7.

Al agrupar los valores en rangos y contabilizar el número de árboles bajo cada categoría se observó que la categoría 0-10 concentra la mayor frecuencia, es decir, los árboles que presentan curvaturas en el ensayo lo hacen con un número bajo de curvaturas por metro lineal de fuste y/o las magnitud de las desviación del fuste no supera los 15 cm de amplitud (Cuadro 3).

Una mayor puntuación en la rectitud indica que los fustes de los árboles presentan mayor dimensión de la curvatura más cercana al DAP, o bien que el número de curvaturas por metro de fuste es mayor, por tanto, a mayor puntuación (valor de R), la magnitud y/o frecuencia de curvatura es mayor.

Cuadro 3. Análisis de frecuencias de la calificación numérica de rectitud fustal.

Rango de puntuación R [a, b]*	n	% **
0-10	93	85,3
11-20	4	3,7
21-30	4	3,7
31-40	2	1,8
41-50	1	0,9
51-60	1	0,9
91-100	3	2,8
141-150	1	0,9
Total	109	100

*a y b corresponden a los límites superior e inferior, respectivamente, de los intervalos de puntuación de rectitud.

** % se calculó respecto al total de árboles a los que se les otorgó calificación de rectitud fustal.

En relación a los clones que presentaron mayor frecuencia de curvaturas superiores a los 3,5cm, corresponden a RB18L-109-2 y RC5. Mientras que los clones RB2-236-14, RB2-236-18 y RB19, no tuvieron árboles con la característica antes mencionada.

Al calcular el promedio de rectitud por clon se tuvo los valores más elevados en RC18L-109-7, RB18L-109-2 y RB54-225-11, los que a su vez presentaron las desviaciones estándares más altas. Por el contrario, los clones RB19-148-26 y Plus C fueron los que resultaron con los promedios más bajos.

La puntuación de rectitud (R) presentó una correlación de 95,9% con la amplitud de curvatura más cercana al DAP. Mientras que, con el número de curvas por metro de fuste esta correlación fue de 74,4%

3.1.4 Resultado de las pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y análisis de varianza. Antes de exponer los resultados, se presentan los valores de mortalidad de los diez clones con mejor rendimiento, que son los que se utilizan en estos análisis.

Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad de los clones con mayor jerarquía.

Clon	Código de terreno	Jerarquía	Porcentaje de mortalidad (%)
RB3-57-77-7	T47	1	0
RB19	T52	2	2
RC5	T50	3	2
RB54-225-12	T57	4	4
RB54-225-17	T54	5	2
RB54-225-18	T55	6	2
RB19-148-24	T49	7	8
RB54-225-10	T40	8	12
RB-236-10	T45	9	14
RB54-225-14	T51	10	8

La variable DAP^2H , no cumplió con los supuestos de normalidad y homogeneidad necesarios para la realización de un análisis de varianza. Sin embargo, los supuestos se cumplieron con la variable transformada a $\sqrt{DAP^2H}$, por lo que se procedió con el análisis de varianza. El ANDEVA, mostró que los valores medios no poseen diferencias significativas, aceptándose la hipótesis nula que plantea la igualdad de los diez primeros clones de la jerarquía ($F_{9,81} > 1,24$; $P > 0,29$) (apéndice 1).

Para la variable altura (H), los supuestos no se cumplieron aún cuando las variables fueron transformadas. Por consiguiente, se realizó un análisis no paramétrico de los datos, con el cual se aceptó la hipótesis nula y se concluyó que las alturas de los clones analizados son iguales ($\chi^2_{(0,05),(9)} > 22,3$; $P > 0,24$).

El análisis paramétrico de la variable DAP reveló la no existencia de diferencias significativas, por lo cual se aceptó la hipótesis nula que supone la igualdad de las medias del los diez clones con mejores resultados ($F_{9,81} > 1,69$; $P < 0,11$).

En el caso de la variable DAB, el análisis de varianza paramétrico concluyó la no existencia de diferencias significativas entre los clones que poseen los diez primeros lugares de la jerarquía ($F_{9,81} < 0,83$; $P > 0,59$), aceptándose la hipótesis nula que plantea la igualdad de los valores medios de la variable DAB de los clones que ocupan los diez primeros lugares de la jerarquía.

3.2 Jerarquización de Clones.

A continuación, se presenta la jerarquía de los clones, la cual se obtuvo en base a los valores medios de las variables DAP²H, H, DAP y DAB.

La jerarquía que se muestra el cuadro 5 expone que los clones RB3-57-77-7, RB19 y RC5 fueron los de mayor ranking. Por el contrario, los clones RB75-58-14, RB18L-109-2 y RB54-225-13 se posicionaron en los últimos lugares del ranking.

Cuadro 5. Ranking de Clones en Ensayo ubicado en Forestal Voipir.

Clon	Código de terreno	Jerarquía
RB3-57-77-7	T47	1
RB19	T52	2
RC5	T50	3
RB54-225-12	T57	4
RB54-225-17	T54	5
RB54-225-18	T55	6
RB19-148-24	T49	7
RB54-225-10	T40	8
RB-236-10	T45	9
RB54-225-14	T51	10
RB19-148-26	T32	11
RB2-236-14	T33	12
RB2-238-16	T44	13
RB54-225-19	T60	14
RB54-214-29	T36	15
RB54-224-27	T39	16
RB12-28-23	T34	17
RB2-238-18	T42	18
Comercial	S	19
RB2-236-18	T43	20
RB2-238-17	T31	21
Plus A	P1	22
RB54	T58	23
RB54-225-11	T48	24
Plus B	P2	25
Plus C	P3	26
RB31L-38-19	T41	27
RC18L-109-7	T35	28
RB19-148-23	T53	29
RB12-28-12	T46	30
RB2-236-15	T59	31
RB75-58-14	T37	32
RB18L-109-2	T38	33
RB54-225-13	T56	34

Al graficar la sobrevivencia presentada por los clones junto con su jerarquía, resultó que los árboles con mejores resultados fueron generalmente los que presentaron mayor sobrevivencia, con una correlación positiva del 82,0% (figura 18).

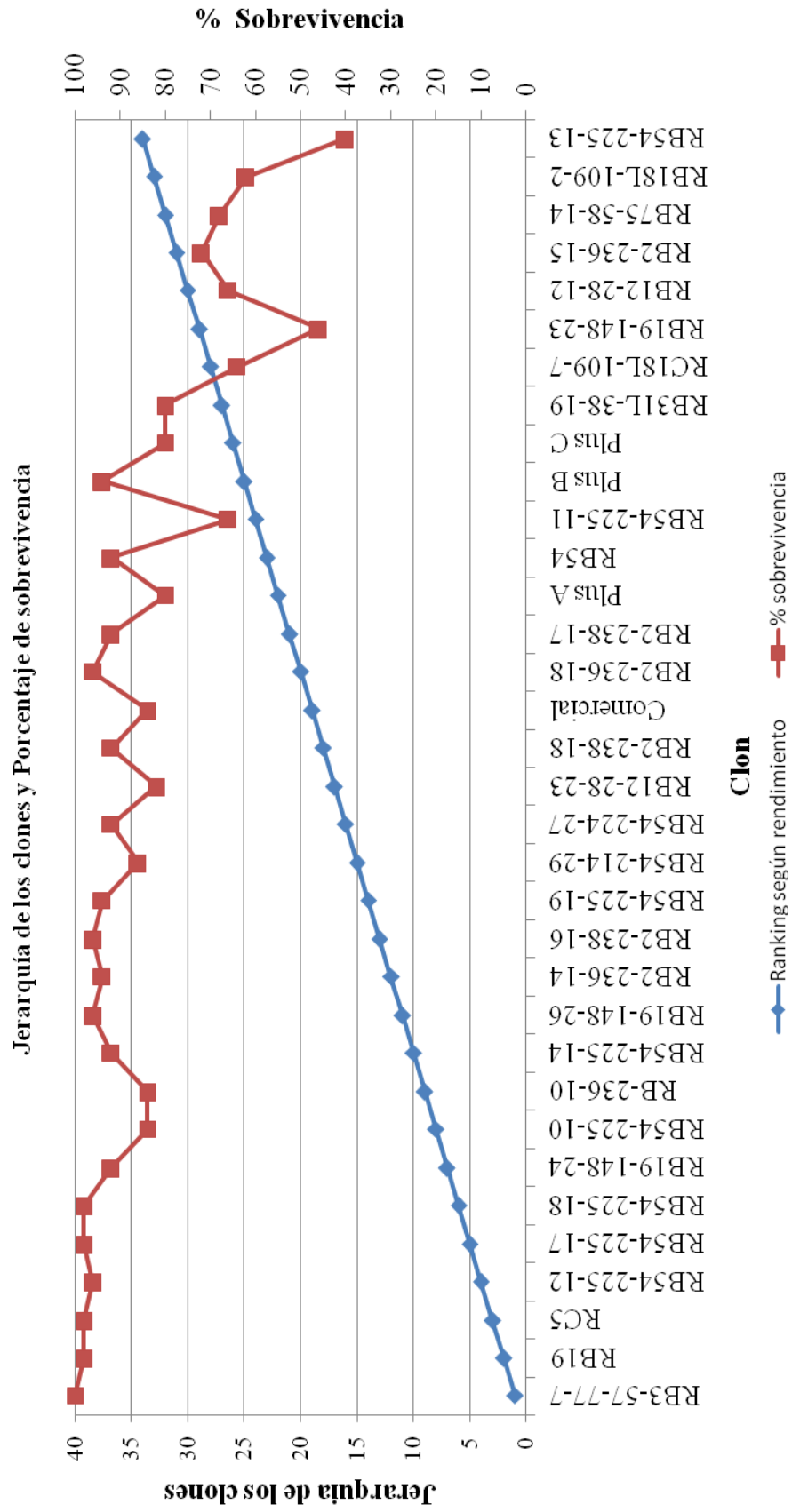


Figura 18. Comparación de las jerarquías según rendimiento y sobrevivencia de los clones, presentados en según jerarquía.

4 DISCUSIÓN

En la zona norte de la distribución natural de secuoya, que incluye el condado de Humboldt en California, Estados Unidos, la precipitación anual puede exceder los 2.500 mm. La nieve está presente a fines de invierno y principios de primavera, aunque se funde rápidamente (Noss 2000). Esta característica concuerda con la de la zona es la que se sitúa el ensayo en Forestal Voipir, Villarrica, donde el monto medio de precipitación varían entre 2.000 a 3.000 mm y donde la precipitación de agua nieve es escasa y concentrada en las zonas altas.

Los mejores rendimientos de *Sequoia* se obtienen en sitios que registren una temperatura templada y moderada con escasos períodos de calor, donde la temperatura media anual oscile entre los 8 y 15 °C. También, las temperaturas medias en invierno no deben ser inferiores a 1 °C y en verano no superiores a 27 °C (Hauxwell *et al.*, 1981).

Sequoia se asocia a corrientes de agua y laderas con alto contenido de materia orgánica, como además a suelos profundos o medianamente profundos con buen drenaje (Noss, 2000). El área en estudio posee estas cualidades, por lo cual Voipir es considerada una zonal de buena productividad por Toral y Castillo (2005).

Los antecedentes entregados en los párrafos anteriores sustentan la alta sobrevivencia de los clones del ensayo en Villarrica (83,9%), el cual es inferior al registrado en Brooking, Oregon (Estados Unidos) (95%), que corresponde al ensayo que obtuvo la más alta tasa de sobrevivencia de clones provenientes de la colección Kuser del condado de Humboldt que se instalaron alrededor del mundo (Kuser *et al.*, 1995). A pesar que el porcentaje de sobrevivencia es menor en Voipir, cabe destacar que la diferencia es muy pequeña, pues se está comparando con una localidad en la cual *Sequoia sempervirens* se distribuye naturalmente.

El alto número de clones sobrevivientes desde la intalación del ensayo hace siete años permite afirmar que *Sequoia* es una especie resistente en el sector de Villarrica a factores bióticos, como plagas y enfermedades, competencia entre individuos; y factores abióticos, como medioambientales, daño mecánico, entre otros.

Las distribuciones de las variables medidas presentan bajo grado de concentración alrededor de los valores centrales en DAP, DAB y H, y un elevado grado de concentración de los datos alrededor de los valores centrales en el índice de biomasa DAP²H.

Si se considera la altura media de clones del ensayo y la edad de estos se tiene que han crecido en promedio 0,6 m/año. Este incremento es inferior al obtenido por clones de secuoya en la costa norte de España, donde los crecimientos son en promedio 1 a 1,5 m/año (Toral *et al.*, 2005a).

Por otro lado, en Francia, plantaciones de 40 años presentan 30 a 40 metros de altura, otras más al sur a los 10 años presentan 10 a 12 metros, lo que indica que crecen entre 0,8 a 1,2 m/año (Toral *et al.*, 2005a) y en Chile, en la localidad de Malleco y Cautín, las plantaciones de secuoya de 6 años presentan una altura media de 4.1 m (0,7 m /año) y DAP de 10,4 cm. (Gaete, 1968). En ambos lugares, los crecimientos medios son mayores a los obtenidos por

los clones de la colección de Kuser establecidos en Forestal Voipir, Villarrica donde la altura y el DAP a los siete años es en promedio 4 m y 5,3 cm, respectivamente.

Toral *et al.*, (2005), en el artículo sobre relaciones ambientales y productividad de los rodales de secuoya en distintas regiones de Chile, presentan funciones que relacionan la edad de un árbol individual con las variables altura y DAP. Estas funciones indican que a la edad de siete años los árboles de secuoya tendrían 5,6 m de altura y 9,5 cm de DAP, lo cual supera los crecimientos medios obtenidos por los clones del ensayo en Forestal Voipir, siendo incluso mayores a los valores de DAP y Altura de los clones con mejores rendimientos del ensayo.

El mayor rendimiento de las plantaciones de secuoya puede deberse a que en las plantaciones por lo general se realizan fertilizaciones que contribuirían a un crecimiento más rápido durante los primeros años, actividad que no se realiza en el ensayo en estudio.

En todas las variables analizadas se observa una leve tendencia que indica que los clones ubicados en el centro-sur del condado de Humboldt son los que presentan los mejores resultados.

Tanto los valores máximos como los mínimos de las cuatro variables analizadas son coincidentes, siendo los clones RB3-57-77-7, RB19 y RC5 los que presentan los mejores resultados, mientras que, RB54-225-13, RB18L-109-2 y RB2-236-15 obtienen los valores más bajos.

Los resultados de la evaluación concuerdan con los obtenidos por Miranda (2006) donde el clon RB3-57-77-7 es el que presenta los incrementos medios más altos en altura (H), Índice de biomasa (DAC^2H) y diámetro a la altura del cuello (DAC), mientras que el clon RB19 se encuentra en el tercer lugar para todas las variables en dicho estudio.

En cuanto los tratamientos con peores resultados en la primera evaluación están RB2-236-15 seguido por RB54-225-13 siendo coincidentes con los obtenidos en esta segunda evaluación del ensayo, donde el primer clon nombrado es el que obtuvo menor valor en todas las variables medidas y el segundo se encuentra dentro de los tres peores evaluados.

En el ensayo ubicado en Voipir, la presencia de curvatura es escasa y cuando se presenta es en mayor cantidad ligeramente curvos.

En Voipir, los clones del centro-norte del condado de Humboldt son los que presentan resultados más bajos, ya que los clones que han sobrevivido estos siete años desde la instalación del ensayo, son los que poseen, dentro de la distribución mayor presencia de individuos con daños y curvaturas.

Según Toral⁴ (2010), en el año 2001, un año antes del establecimiento de los ensayos, se realizó corte apical a los clones a fin de obtener material genético adicional para propagar. Si bien las plantas no sufrieron daños por el corte apical, esta actividad favorece el crecimiento de múltiples ápices líderes, que obliga a realizar en los años sucesivos, la eliminación de algunos ápices (Cornell, 2002), por lo que, a partir del año 2003 en Forestal Voipir se realizó cortes apicales con el fin de dejar un sólo ápice dominante, situación que se reflejó en una baja presencia de bifurcaciones, principalmente en dos fustes.

Los árboles, casi en su totalidad, tienen la sección transversal circular. En cuanto al grosor de las ramas, éstas son mayormente delgadas y regulares, siendo en menor medida gruesas y muy gruesas. Lo anterior indica que la arquitectura de los árboles es similar dentro del ensayo.

La presencia de curvatura fue escasa, y los ejemplares que presentaron este defecto se clasificaron en el rango de puntuación más bajo. El índice se correlaciona mayormente con la curvatura más cercana al DAP, que con el número de curvas por metro de fuste.

En general, el ensayo de clones a siete años de su establecimiento es bastante uniforme y se encuentra en buen estado, pues el número de árboles sobrevivientes es alto, no presentan daño, ni bifurcaciones, son cilíndricos, rectos y de ramas finas.

La altura de los clones a los siete años de ser establecido el ensayo no presentan diferencias significativas, indicando que la densidad de plantación seleccionada para el establecimiento de este ensayo ha sido la apropiada, pues además la baja tasa de mortalidad observada indicaría que la competencia entre clones no se ha producido hasta el momento de la medición realizada en abril del 2009, como también que las actividades silviculturales realizadas han sido acertadas. La falta de diferencias significativas en el DAP^2H entre los diez clones con mejor jerarquía indica que tienen un volumen cilíndrico similar (Fassola *et al.*, 2002).

Es importante señalar que ya sea analizando el DAP y la altura por separado, como su interacción (DAP^2*H) no se encontraron diferencias significativas entre los diez clones con mejor jerarquía.

Los análisis de varianza realizados a los diez clones con mejor rendimiento señalan que no existen diferencias significativas en DAP^2H , H, DAP y DAB, lo cual indica que para esta muestra, los árboles son de características homogéneas, por lo que no se puede discriminar entre ellos para una eventual selección de mejora, lo cual es muy esperable, pues se está analizando sólo los diez mejores ejemplares del ensayo de clones provenientes del mismo sector (Humboldt). Mientras que, en la primera evaluación realizada por Miranda (2006) desde el establecimiento del ensayo hasta los tres años, se obtuvo que sólo la variable DAC^2H mostró diferencias significativas en los clones del ranking de este ensayo.

⁴ Comunicación oral Prof. Manuel Toral I. Ingeniero Forestal, Doctor en Ciencias Forestales y Recursos Naturales. Director de proyecto FONDEF D01 I 1008 sobre “Silvicultura y Manejo de la *Sequoia sempervirens* en Chile y Fomento de su Plantación Forestal Sustentable”.

En cuanto a la jerarquización de los clones, el RB3-57-77-7, RB19 y RC5 son los que poseen mejor rendimiento según las variables analizadas, pues tienen una mayor jerarquía. Por el contrario, los clones RB75-58-14, RB18L-109-2y RB54-225-13 son los se ubican más abajo en el orden jerárquico.

Los clones con mejores resultados son generalmente los presentan mayor sobrevivencia, como también, se observa que los clones con jerarquía más baja son los que poseen mayor mortalidad.

5 CONCLUSIONES

La evaluación del ensayo realizada corresponde a una evaluación temprana, debido a que se realiza a siete años de su establecimiento. Por esta razón, los resultados de este estudio no son concluyentes al momento de determinar cuál es el mejor clon para ser masificado y establecido, para lo cual se debiera esperar 15 a 20 años.

Esta memoria es resultado de la etapa de seguimiento del ensayo, convirtiéndose en un material, que junto con las evaluaciones pasadas y venideras, puedan explicar el comportamiento de cada uno de los clones, con el fin de poder concluir cuáles son los más adecuados para su propagación y establecimiento en nuestro país.

Por las razones mencionadas, las conclusiones que se exponen a continuación, sólo son válidas dentro del contexto que se expone.

En Forestal Voipir los clones procedentes del centro- sur del condado de Humboldt son los que muestran mejores resultados en las cuatro variables medidas (DAP^2H , H, DAP y DAB), además de ser los que presentaron menor mortalidad, presencia de daños y curvaturas. Si esta situación se mantiene en el tiempo los clones de ésta zona debieran ser considerados para su masificación.

Basado en los Análisis de Varianza, ninguna de las variables analizadas deben utilizarse para discriminar en eventual selección de mejora dentro de la muestra de los diez clones con mejores rendimientos.

Los clones, el RB3-57-77-7, RB19 y RC5 son los que poseen mayor jerarquía en las dos evaluaciones realizadas, de continuar esta tendencia en las evaluaciones posteriores estos clones debieran seleccionarse dentro de la población de mejora del programa de mejoramiento genético.

6 RECOMENDACIONES

Se sugiere una medida de restauración de la señalética con el fin de facilitar los futuros controles.

Se recomienda realizar un raleo en aquellos ejemplares que presentan más de un fuste, dejando el que presente mejores condiciones de rectitud diámetro y altura. Y una poda en la primera sección del fuste a los árboles remanentes.

7 BIBLIOGRAFÍA

- ALBERT, Federico.1909. Los siete árboles forestales más recomendados para el país. En: Algunas observaciones sobre las especies en la selección de aguas y bosque. Santiago, Chile. Cervantes.52p.
- CANAVOS, George.1988. Probabilidad y estadística: Aplicaciones y métodos. Editorial McGraw-Hill. México. 651pp
- CALIFORNIA REDWOOD ASSOCIATION. Redwood Forests Certified for Sustainable Harvests [en línea] California, Estados Unidos. <<http://www.calredwood.org/forests/forests.htm>> [Consulta: 1 junio 2009]
- CORNELL, W.H. 2002. The New Zealand REDWOOD Growera Handbook. Ed Albion Press Ltd, New Lynn; Auckland.51p.
- FASSOLA, H; MOSCOVICH, F.; FERRERE, P; RODRÍGUEZ, F. 2002. Evolución de las principales variables de árboles de *Pinus taeda* L. sometidos a diferentes tratamientos silviculturales en el Nordeste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Ciência Florestal*, Santa María, v 12, n.2, p. 51-60. FOWELLS, H. 1965. Silvics of Forest Trees of United States. Agriculture Handbook, Forest Service U.S. Departament of Agriculture Washington, D.C. 20250(271): 663-670 p.
- GAETE, R. 1968. Análisis comparado de crecimiento de *Sequoia sempervirens* en las provincias de Bio-Bío y Malleco. En: Actas 4º Jornadas forestales 1968 Asociación Chilena de Ingenieros Forestales. 68-76.
- GONZÁLEZ, Álvaro. Evaluación económica de los tratamientos silviculturales aplicados en rodales mixtos de *Sequoia sempervirens* ((D. Don) Endl.) y *Pseudotsuga menziesii* ((Mirb.) Franco), Villarrica, IX Región. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 2005.93 p.
- GROSSE, H y KANNEGIESSER, U.1989. Investigación para el manejo de Pino Oregon y *Sequoia sempervirens*. Informe fina. CORFO-INFOR, División regional, Concepción. Chile.132p.
- HAUXWELL, D. H., BULKIN, S. P., HANSON, C, A. 1981. The influence of elevation, vegetation type, and distance from the coast on soil temperature in Humboldt Country, California. *Agronomy Abstracts*, American Society of Agronomy, 198p.
- HEMMERICH, Natalie. *Sequoia sempervirens* "Perhaps the Eighth Natural Wonder of the World." [En Línea]. <http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2009/hemmeric_nata/Habitat%20and%20Geography.htm> [consulta 27 Junio 2009]

- HOFFMANN, Adriana. El Árbol Urbano en Chile. 3ª ed. Chile. 1983. Fundación Claudio Gay. 255 p.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR); UNIVERSIDAD DE CHILE, FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES. La Secuoya, el árbol más grande del mundo [en línea] <<http://www.infor.cl/Secuoya/>> [consulta 5 Junio 2009]
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). Estimación de la superficie de bosques plantados por especie según región (A diciembre 2008). [En Línea]. <http://www.infor.cl/archivos/series_estadisticas/recurso3.pdf> [consulta 16 Agosto 2010]
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 1990. Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación. Segunda parte: Aptitud para pulpa y papel de las especies madereras Aromo australiano, Sequoia y renoval de Raulí. Informe Técnico N° 122. Santiago, Chile. 119 p
- KANNEGIESSER, Uler. 1990. Apuntes sobre *Sequoia sempervirens*. Ciencia e Investigación Forestal, 4 (1): 124 – 133.
- KUSER, J. E., BAILLY, A. FRANCKET, A., LIBBY,W., MARTIN, J., RYDELIUS,R., SCHOENIKE, J., Y VAGLE, J. 1995. Primeros resultados de un ensayo de procedencias del ámbito natural de la *Sequoia Sempervirens*. Recursos Genéticos Forestales No. 23. FAO, Roma.
- LOEWE, Verónica.; GONZÁLEZ, Marta. Plantaciones Mixtas. Un modelo productivo con potencial para Chile. INFOR. Santiago, Chile. 2006.
- MIRANDA León, Jorge Daniel. Evaluación de ensayos de procedencia de *Sequoia Sempervirens* (D. Don) Endl. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 2006. 107 p.
- MORALES, E. 2005. Diseño de experimentos a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal. Consultora Carolina. Primera Edición. Valdivia. Chile.
- MORENO, P. s.a. Raleo en un Renoval de Roble-Raulí-Coigüe en la Provincia de Valdivia. En: Documento de trabajo “RESUMEN DE TRABAJOS DE CURSOS DE SILVICULTURA EN BOSQUE NATIVO”. S.a. Corporación Nacional Forestal.
- MERGEN, François. Investigaciones sobre genética de los árboles forestales. FAO-UNASYLVA. 13 (2);81-88, 1959
- NOSS, Reed. The Redwood Forest, History, Ecology and Conservation of the Coast Redwoods. Island Press. 2000. 335 pp.
- OLSON D. JR ; ROY, F. ; WALTERS, G. 1990. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Redwood. Taxodiaceae-Redwood family. [En línea]

<http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_1/sequoia/sempervirens.htm>. [Consulta: 15 Junio 2009]

- PERALTA, M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. SAG, Santiago. 340 pp.
- PERRY, T. The inheritance of crooked stem form in pine form (*Pinus taeda L.*). Journal Forestry 58: 943-947, 1960.
- Protocolos de clonación para *Eucalyptus camaldulensis*: Macro y micropropagación [monografías]. Por CASANOVA, Karoline, *et al.* 1a. ed. Concepción, Chile, INFOR-FIA, 2005. 62 p.
- RODRÍGUEZ, Guillermo y RODRÍGUEZ, Roberto. Las especies de taxodiaceae cultivadas en Chile. Revista Bosque (5) 1: 35 – 46. 1983.
- ROGER, Arnold, CARMONA, Juan Carlos, BALOCCHI Claudio. Programa de propagación clonal para *Eucalyptus globulus* en Chile. Revista Bosque 12(1): 3-9, 1991.
- SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J. M. 1993. Atlas agroclimático de Chile. Regiones sexta, séptima, octava y novena. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Ministerio de Agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación Nacional de Fomento. Santiago. Chile. pp. 99.
- SIERRA, R.; DIEZ-BARRA, R.; ALIA, R. Evaluación de la rectitud del fuste en seis procedencias de *Pinus pinaster*. Investigación agraria.: sistema de recursos Forestales vol. 8 (2), 1999.
- TORAL, Manuel., AGUILERA, María CASTILLO, Miguel. 2005. Relaciones ambientales y productividad de los rodales. En: TORAL, M., GONZÁLEZ, L. y GARFIAS, R. (Eds). 2005. SECUOYA: Nueva opción, productos y mercados para el sur de Chile. Resultados proyecto FONDEF D01 I 1008 “Silvicultura y Manejo de la Sequoia sempervirens en Chile y Fomento de su Plantación Forestal Sustentable”. 208 p.
- TORAL, Manuel. y CASTILLO, Miguel. 2005. Áreas potenciales de establecimiento en Chile. En: TORAL, M., GONZÁLEZ, L. y GARFIAS, R. (Eds). 2005. SECUOYA: Nueva opción, productos y mercados para el sur de Chile. Resultados proyecto FONDEF D01 I 1008 “Silvicultura y Manejo de la Sequoia sempervirens en Chile y Fomento de su Plantación Forestal Sustentable”. 208 p.
- TORAL, Manuel., GONZÁLEZ, Luis y HERRERA, Miguel A. 2005a. Secuoya en California. En: TORAL, M., GONZÁLEZ, L. y GARFIAS, R. (Eds). 2005. SECUOYA: Nueva opción, productos y mercados para el sur de Chile. Resultados proyecto FONDEF D01 I 1008 “Silvicultura y Manejo de la Sequoia sempervirens en Chile y Fomento de su Plantación Forestal Sustentable”. 208 p.
- TORAL, M.; CASTILLO, M.; GARFIAS, R.; PEDERNERA, P. y HERRERA, M. 2004a. Determinación de las principales áreas potenciales para el establecimiento de

plantaciones forestales comerciales de *Sequoia sempervirens* en Chile. Revista Geográfica de Chile "Terra Australis". 49: 197 – 216.

TORAL, M.; GONZALEZ, L.; GARFIAS, R.; CASTILLO, M. y HERRERA, M. 2004b. Aspectos de silvicultura y manejo de la Secuoya en Chile (*Sequoia sempervirens*). In: Seminario Diversificación Forestal; Nuevas opciones, nuevos productos, nuevos mercados: 13 al 15 de octubre de 2004. Villarrica, Chile. 27 p.

TOLEDO, Luis. Descripción del rebrote en cepas de *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 2005. 81 p.

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA. Secuoya [en línea] Extremadura, España. <<http://www.unex.es/botanica/herbarium/html/seqsem.htm>> [Consulta: 1 junio 2009]

WEBER, Walfried. 1957. Silvicultura Chilena actual. Editorial Hunke. Temuco, Chile. 75p.

WIENSTROER, M.; SIEBERT, H.; MÜLLER-USING, B. Competencia entre tres especies de *Nothofagus* y *Pseudotsuga menziesii* en plantaciones mixtas jóvenes, establecidas en la precordillera andina de Valdivia. Revista Bosque 24(3): 17-30, 2003.

ZOBEL, B. y TALBERT, J. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa S.A. de C.V. México. 1994. 545 p.

8 ANEXOS

ANEXO 1. Códigos de terreno del material genético utilizado.

Código original Clon	Código terreno
RB2-238-17	T31
RB19-148-26	T32
RB2-236-14	T33
RB12-28-23	T34
RC18L-109-7	T35
RB54-214-29	T36
RB75-58-14	T37
RB18L-109-2	T38
RB54-224-27	T39
RB54-225-10	T40
RB31L-38-19	T41
RB2-238-18	T42
RB2-236-18	T43
RB2-238-16	T44
RB-236-10	T45
RB12-28-12	T46
RB3-57-77-7	T47
RB54-225-11	T48
RB19-148-24	T49
RC5	T50
RB54-225-14	T51
RB19	T52
RB19-148-23	T53
RB54-225-17	T54
RB54-225-19	T55
RB54-225-13	T56
RB54-225-12	T57
RB54	T58
RB2-236-15	T59
RB54-225-19	T60
PLUS A	P1
PLUS B	P2
PLUS C	P3
COMERCIAL	S

Fuente. Base de datos Forestal Simpson -Korbel-Arcata-California, 2002 (citado por Miranda, 2006).

9 APÉNDICES

APÉNDICE 1. Pruebas de Normalidad de tratamientos, homocelasticidad de varianzas y Análisis de Varianzas

-Prueba de normalidad de los tratamientos Shapiro-Wilk para variable DAP^2H

CLON	Estadístico	Grados de libertad	Significación
RB54-225-10	0,972	10	0,906
RB-236-10	0,893	10	0,185
RB3-57-77-7	0,925	10	0,399
RB19-148-24	0,913	10	0,305
RC5	0,964	10	0,83
RB54-225-14	0,943	10	0,588
RB19	0,955	10	0,733
RB54-225-17	0,838	10	0,042
RB54-225-13	0,952	10	0,688
RB54-225-12	0,774	10	0,007

-Prueba de Hartley para variable. Estadística de prueba =9,91; valor P =7,04

-Prueba de normalidad de los tratamientos Shapiro-Wilk para variable $\sqrt{DAP^2H}$

CLON	Estadístico	Grados de libertad	Significación
RB54-225-10	0,929	10	0,437
RB-236-10	0,934	10	0,492
RB3-57-77-7	0,973	10	0,913
RB19-148-24	0,916	10	0,325
RC5	0,950	10	0,672
RB54-225-14	0,941	10	0,568
RB19	0,989	10	0,996
RB54-225-17	0,890	10	0,171
RB54-225-13	0,932	10	0,463
RB54-225-12	0,920	10	0,356

-Prueba de Hartley para variable $\sqrt{DAP^2H}$., Estadística de prueba =9,91; valor P =4,81

-ANDEVA paramétrico para variable $\sqrt{DAP^2H}$

Fuente	Grados de libertad	F	Significación
Modelo	19	46,975	0,000
Clon	9	1,235	0,286
Bloque	9	4,875	0,000
Error	81		
Total	99		

-Prueba de normalidad de los tratamientos Shapiro-Wilk para variable H

CLON	Estadístico	Grados de libertad	Significación
RB54-225-10	0,854	10	0,064
RB-236-10	0,901	10	0,225
RB3-57-77-7	0,964	10	0,833
RB19-148-24	0,891	10	0,173
RC5	0,952	10	0,695
RB54-225-14	0,797	10	0,013
RB19	0,933	10	0,480
RB54-225-17	0,950	10	0,672
RB54-225-13	0,899	10	0,213
RB54-225-12	0,959	10	0,772

-Prueba de Hartley para variable H. Estadística de prueba =9,91; valor P =4,02

-ANDEVA No Paramétrico Friedman para variable H

Clon	N	Mediana Est.	Suma de clasificaciones
RB54-225-10	10	4,65	47,0
RB-236-10	10	4,73	47,5
RB3-57-77-7	10	5,31	75,0
RB19-148-24	10	4,80	53,0
RC5	10	5,03	63,5
RB54-225-14	10	4,64	42,5
RB19	10	5,33	70,5
RB54-225-17	10	4,81	52,0
RB54-225-13	10	4,83	50,0
RB54-225-12	10	4,73	49,0

Mediana principal = 4,8864

Varianza= 11,60

Grados de Libertad = 9

P = 0,237

-Prueba de normalidad de los tratamientos Shapiro-Wilk para variable DAP

CLON	Estadístico	Grados de libertad	Significación
RB54-225-10	0,924	10	0,389
RB-236-10	0,939	10	0,538
RB3-57-77-7	0,962	10	0,809
RB19-148-24	0,880	10	0,130
RC5	0,984	10	0,983
RB54-225-14	0,960	10	0,781
RB19	0,958	10	0,759
RB54-225-17	0,919	10	0,351
RB54-225-13	0,884	10	0,145
RB54-225-12	0,946	10	0,627

-Prueba de Hartley para variable DAP. Estadística de prueba =9,91; valor P =4,39

- ANDEVA paramétrico para variable DAP

Fuente	Grados de libertad	F	Significación
Modelo	19	62,785	0,000
Clon	9	1,688	0,105
Bloque	9	5,789	0,000
Error	81		
Total	100		

-Prueba de normalidad de los tratamientos Shapiro-Wilk para variable DAB

CLON	Estadístico	Grados de libertad	Significación
RB54-225-10	0,896	10	0,198
RB-236-10	0,936	10	0,511
RB3-57-77-7	0,986	10	0,989
RB19-148-24	0,867	10	0,093
RC5	0,942	10	0,576
RB54-225-14	0,914	10	0,313
RB19	0,956	10	0,739
RB54-225-17	0,946	10	0,626
RB54-225-13	0,904	10	0,240
RB54-225-12	0,935	10	0,503

-Prueba de Hartley para variable DAB. Estadística de prueba =9,91; valor P =4,39

-ANDEVA Paramétrico para DAB

Fuente	Grados de libertad	F	Significación
Modelo	19	92,293	0,000
Clon	9	0,830	0,591
Bloque	9	5,393	0,000
Error	81		
Total	100		