

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE CLONES DE *Eucalyptus grandis* EN EL
LITORAL DEL URUGUAY

por

Lorena CAAMAÑO LAMELA
María Joaquina STIRLING ESTIGARRIBIA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2009

Tesis aprobada por:

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

Ing. Agr. Carmelo Centurión

Ing. Agr. Luís Galo

Fecha: -----

Autor: -----
Lorena Caamaño

María Joaquina Stirling

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a nuestras familias por habernos apoyado incondicionalmente a lo largo de toda la carrera, pudiendo así lograr nuestros objetivos personales.

A la Facultad de Agronomía, incluyendo todo el equipo docente y funcionarios que estuvieron junto a nosotros durante todos los años de estudio.

Por otro lado agradecemos a todos los que participaron directa o indirectamente para que esta tesis pueda ser realizada. A la empresa Forestal Oriental por proporcionarnos todos los materiales necesarios, así como por poner a nuestra disposición colaboradores idóneos que nos apoyaron en las tareas realizadas a campo. A Robert por habernos acompañado y guiado en todas las tareas realizadas a campo y al Ing. Carmelo Centurión quien nos apoyó en la etapa final de nuestro trabajo. Al Ing. Agr. Rafael Escudero quien fue imprescindible para poder culminar con esta tesis y al Ing. Agr. Oscar Bentancur quien fue indispensable para resolver temas estadísticos.

Finalmente queremos hacer mención a quien nos guió y acompañó hasta las últimas etapas de este trabajo y hoy lamentablemente no esta con nosotros, agradecemos y dedicamos este trabajo muy especialmente a nuestro tutor el Dr. Ing. Agr. José García de León.

Joaquina y Lorena.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>CONCEPTOS GENERALES DE MEJORAMIENTO GENETICO</u> ...	3
2.1.1. <u>Mejoramiento genético foresta</u>	3
2.1.2. <u>Genotipo y fenotipo</u>	3
2.1.3. <u>Interacción genotipo-ambiente</u>	6
2.1.4. <u>Variación</u>	9
2.1.5. <u>Características cuantitativas y cualitativas</u>	11
2.1.6. <u>Heredabilidad</u>	12
2.1.7. <u>Selección</u>	16
2.1.8. <u>Propagación vegetativa</u>	20
2.1.8.1. <u>Estacas enraizadas</u>	22
2.2. <u>CONCEPTOS ESTADÍSTICOS</u>	23
2.2.1. <u>Diseño experimental</u>	23
2.2.1.1. <u>Diseños de bloques completos al azar</u>	23
2.2.2. <u>Modelo lineal y análisis de varianza</u>	24
2.2.3. <u>Modelo binomial</u>	25
2.2.4. <u>Pruebas de comparación múltiples</u>	25
2.2.4.1. <u>Procedimiento de Tukey</u>	25
2.3. <u>CONCEPTOS DASOMÉTRICOS</u>	26
2.3.1. <u>Medición forestal</u>	26
2.3.2. <u>Factor de forma</u>	26
2.3.3. <u>Porcentaje de corteza</u>	29
2.3.4. <u>Sitio y productividad</u>	30
2.3.5. <u>Crecimiento</u>	31
2.4. <u>CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE <i>Eucalyptus grandis</i></u>	32
2.4.1. <u>Clasificación taxonómica</u>	32
2.4.2. <u>Distribución natural</u>	32
2.4.3. <u>Requerimientos</u>	32
2.5. <u>ANTECEDENTES</u>	33
2.5.1. <u>Antecedentes en el mundo</u>	33
2.5.2. <u>Antecedentes nacionales</u>	37
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	40
3.1. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL</u>	40

3.2. MANEJO EXPERIMENTAL.....	42
3.3. RECURSOS NATURALES.....	42
3.3.1. <u>Caracterización geológica</u>	42
3.3.2. <u>Caracterización edafológica</u>	43
3.3.2.1. Coneat.....	44
3.3.2.2. Clasificación del suelo según Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay.....	44
3.3.2.3. Descripción de suelos muestreados.....	45
3.3.2.4. Análisis químico.....	48
3.3.3. <u>Caracterización climática</u>	49
3.4. METODOLOGÍA.....	50
3.4.1. <u>Trabajo de campo</u>	50
3.4.1.1. Determinación de diámetro.....	51
3.4.1.2. Determinación de altura.....	51
3.4.1.3. Procedimiento para la determinación del factor de forma.....	52
3.4.1.4. Determinación de espesor de corteza.....	54
3.4.1.5. Clasificación de fuste y aspectos sanitarios.....	54
3.4.2. <u>Etapas de gabinete</u>	56
3.4.2.1. Cálculo de variables.....	56
3.4.2.2. Análisis de variables.....	59
3.4.2.3. Análisis evolutivo de variables.....	63
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	64
4.1. <u>ANÁLISIS DE VARIANZA POR SITIO</u>	64
4.1.1. <u>Análisis de varianza para la localidad de Algorta</u>	64
4.1.1.1. Dap.....	64
4.1.1.2. Altura.....	64
4.1.1.3. Volumen.....	65
4.1.1.4. Supervivencia.....	66
4.1.2. <u>Análisis de varianza para la localidad de Tres Bocas</u>	66
4.1.2.1. Dap.....	66
4.1.2.2. Altura.....	66
4.1.2.3. Volumen.....	67
4.1.2.4. Supervivencia.....	68
4.1.3. <u>Análisis de varianza para la localidad de Viraroes</u>	68
4.1.3.1. Dap.....	68
4.1.3.2. Altura.....	68
4.1.3.3. Volumen.....	68
4.1.3.4. Supervivencia.....	69
4.2. <u>ANÁLISIS DE VARIANZA ENTRE SITIOS</u>	69
4.2.1. <u>Análisis de varianza para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP)</u>	70

4.2.1.1. Efecto clon.....	70
4.2.1.2. Efecto localidad.....	70
4.2.1.3. Interacción tratamiento x localidad.....	70
4.2.2. <u>Análisis de varianza para la variable altura</u>	72
4.2.2.1. Efecto clon.....	72
4.2.2.2. Efecto localidad.....	72
4.2.2.3. Interacción localidad x tratamiento.....	72
4.2.3. <u>Análisis de varianza para la variable volumen</u>	74
4.2.3.1. Efecto clon.....	74
4.2.3.2. Efecto localidad.....	74
4.2.3.3. Interacción localidad x tratamiento.....	75
4.2.4. <u>Análisis de varianza para la variable sobrevivencia</u>	76
4.2.4.1. Efecto clon.....	76
4.2.4.2. Efecto localidad.....	76
4.2.4.3. Interacción localidad x tratamiento.....	77
4.3. <u>CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES</u>	77
4.3.1. <u>Correlación entre variables en la localidad de Viraroes</u>	78
4.3.2. <u>Correlación entre variables en la localidad de Algorta</u>	78
4.3.3. <u>Correlación entre variables en la localidad de Tres Bocas</u>	79
4.4. <u>EVOLUCIÓN DE DAP Y ALTURA</u>	80
4.4.1. <u>Evolución de Dap y altura en la localidad de Viraroes</u>	80
4.4.2. <u>Evolución de Dap y altura en la localidad de Algorta</u>	84
4.4.3. <u>Evolución de Dap y altura en la localidad de Tres Bocas</u>	86
4.5. <u>ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE CORTEZA</u>	90
4.5.1. <u>Porcentaje de corteza en la localidad de Viraroes</u>	90
4.5.2. <u>Porcentaje de corteza en la localidad de Algorta</u>	92
4.5.3. <u>Porcentaje de corteza en la localidad de Tres Bocas</u>	94
4.5.4. <u>Variación del porcentaje de corteza según tratamiento al variar de localidad</u>	96
4.6. <u>ANÁLISIS DE FACTOR DE FORMA</u>	96
4.6.1. <u>Factor de forma en la localidad de Viraroes</u>	96
4.6.2. <u>Factor de forma en la localidad de Algorta</u>	98
4.6.3. <u>Factor de forma en la localidad de Tres Bocas</u>	100
4.6.4. <u>Variación del factor de forma según tratamiento</u>	103
4.7. <u>ANÁLISIS DE DAÑOS EN EL FUSTE</u>	104
4.7.1. <u>Análisis de daños de fuste en Viraroes</u>	104
4.7.2. <u>Análisis de daños de fuste en Algorta</u>	106
4.7.3. <u>Análisis de daños de fuste en Tres Bocas</u>	108
4.7.4. <u>Análisis de daños de fuste según tratamiento</u>	111
5. <u>CONCLUSIONES</u>	113

6. <u>RESUMEN</u>	117
7. <u>SUMMARY</u>	118
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	119
9. <u>ANEXOS</u>	125

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Análisis químico de muestras de suelo según localidad.....	48
2. Criterios de clasificación de fuste.....	55
3. Interacción localidad x tratamiento para la variable Dap.....	71
4. Interacción localidad x tratamiento para la variable altura.....	73
5. Interacción localidad x tratamiento para la variable volumen.....	75
6. Interacción localidad x tratamiento para la variable sobrevivencia.....	77
7. Porcentaje de daños totales según tratamiento en la localidad de Viraroes.....	104
8. Porcentaje de daños totales según tratamiento en la localidad de Algorta.....	106
9. Porcentaje de daños totales según tratamiento en la localidad de Tres Bocas.....	109
Figura No.	
1. Ubicación de ensayos.....	40
2. Ubicación de tratamientos en los distintos ensayos.....	41
3. Perfil de suelo de muestras tomadas en la localidad de Viraroes.....	46
4. Perfil de suelo de muestras tomadas en la localidad de Algorta.....	47
5. Perfil de suelo de muestras tomadas en la localidad de Tres Bocas...	48
6. Variación de temperaturas mensuales promedio en 2002-2003.....	49
7. Ocurrencia de heladas en el período 2002-2003.....	49
8. Variación de precipitaciones mensuales promedio en 2002-2003.....	50
9. Medición de diámetro a la altura del pecho (DAP).....	51
10. Procedimiento para determinación del factor del forma.....	53
11. Medición del espesor de corteza.....	54
12. Defectos.....	55

13. Volumen medio según tratamiento en la localidad de Algorta.....	65
14. Volumen medio según tratamiento en la localidad de Tres Bocas....	67
15. Volumen medio según tratamiento en la localidad de Viraroes.....	69
16. Correlación entre Dap y volumen en la localidad de Viraroes.....	78
17. Correlación entre Dap y volumen en la localidad de Algorta.....	79
18. Correlación entre Dap y volumen en la localidad de Tres Bocas.....	79
19. Variación de Dap entre años según tratamiento en la localidad de Viraroes.....	81
20. Correlación entre Dap 2004-2008 y 2006-2008 en la localidad de Viraroes.....	82
21. Variación de altura entre años según tratamiento en la localidad de Viraroes.....	82
22. Correlación entre altura 2004-2008 y 2006-2008 en la localidad de Viraroes.....	83
23. Variación de Dap entre años según tratamiento en la localidad de Algorta.....	84
24. Correlación entre Dap 2004-2008 y 2006-2008 en la localidad de Algorta.....	85
25. Variación de altura entre años según tratamiento en la localidad de Algorta.....	85
26. Correlación entre altura 2004-2008 y 2006-2008 en la localidad de Algorta.....	86
27. Variación de Dap entre años según tratamiento en la localidad de Tres Bocas.....	87
28. Correlación entre Dap 2004-2008 y 2006-2008 en la localidad de Tres Bocas.....	87
29. Variación de altura entre años según tratamiento en la localidad de Tres Bocas.....	88

30. Correlación entre altura 2004-2008 y 2006-2008 en la localidad de Tres Bocas.....	89
31. Porcentaje de corteza según tratamiento en Viraroes.....	90
32. Volumen Smalian con y sin corteza según tratamiento en la localidad de Viraroes.....	91
33. Porcentaje de corteza según tratamiento en la localidad de Algorta.....	92
34. Volumen Smalian con y sin corteza según tratamiento en la localidad de Algorta.....	93
35. Porcentaje de corteza según tratamiento en la localidad de Tres Bocas.....	94
36. Volumen Smalian con y sin corteza según tratamiento en la localidad de Tres Bocas.....	95
37. Variación en el porcentaje de corteza por tratamiento según localidad.....	96
38. Factor de forma Smalian y Huber según tratamiento en la localidad de Viraroes.....	97
39. Correlación entre factor de forma Smalian y Huber en la localidad de Viraroes.....	98
40. Factor de forma Smalian y Huber según tratamiento en la localidad de Algorta.....	99
41. Correlación entre factor de forma Smalian y Huber en la localidad de Algorta.....	100
42. Factor de forma Smalian y Huber según tratamiento en la localidad de Tres Bocas.....	101
43. Correlación entre factor de forma Smalian y Huber en la localidad de Tres Bocas.....	102
44. Factor de forma Smalian por tratamiento según localidad.....	103

45. Factor de forma Huber por tratamiento según localidad.....	103
46. Frecuencia de daños en la localidad de Viraroes.....	105
47. Frecuencia de daños en la localidad de Algorta.....	108
48. Frecuencia de daños según tratamiento en la localidad de Tres Bocas.....	110
49. Frecuencia de daños en la localidad de Tres Bocas.....	111
50. Daños totales según tratamiento.....	112

1 INTRODUCCIÓN

El sector forestal tuvo un importante desarrollo a partir de la Ley Forestal promulgada en el año 1987. Partiendo de un área forestada de 38.663 hectáreas en el período 1975-1989, existen actualmente en el orden de 750.000 hectáreas de montes implantados (URUGUAY. MGAP, 2008).

El modelo forestal actual apunta a la producción de pulpa, papel y madera aserrada y está básicamente orientado a la exportación. Se sustenta en plantaciones comerciales de especies de rápido crecimiento del género *Eucalyptus* y *Pinus*, con predominancia del primer género, a razón del 70% de la superficie plantada (INIA, 2009).

El sector forestal, al igual que todas las cadenas agroindustriales, está sometido a un proceso de competitividad intenso, que conduce al sector productivo a implementar cambios tecnológicos, de modo de poder producir materia prima de alta calidad, en menor tiempo y a menores costos.

La competitividad del negocio forestal se basa en la eficiencia lograda por los actores en la combinación de la especie y el suelo-clima adecuados, adicionándole el mejor material genético, herramientas silviculturales y un uso de madera acorde con el desarrollo tecnológico intrínseco en su producción (Sierra, 2004).

Esta situación impulsa al sector forestal a realizar investigaciones en el área genética de modo de lograr genotipos de alta calidad con rápidos crecimientos. De esto surge la utilización de la biotecnología como herramienta del mejoramiento genético forestal y dentro de esta la propagación vegetativa como metodología de multiplicación de individuos genéticamente superiores previamente seleccionados.

La silvicultura intensiva clonal de eucaliptos se basa en un modelo silvícola intensivo, de alto rendimiento, homogeneidad y calidad de la materia prima para usos industriales específicos. La existencia de estos componentes es fundamental para que la ecuación productiva resulte en una mayor rentabilidad, competitividad y sostenibilidad del sistema (López, 1996).

La experiencia mundial muestra que la silvicultura clonal, si bien exige más esfuerzo, especialización y aplicación de tecnologías más “sofisticadas”, es una de las principales alternativas para la obtención de mayores ganancias cuali y cuantitativas (López, 1996).

El presente trabajo forma parte del programa de mejoramiento clonal desarrollado por la empresa Forestal Oriental, y tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento de veintiséis genotipos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, desarrollados por la empresa y propagados vegetativamente por la técnica de estacas enraizadas.

El análisis se enfoca principalmente en características de crecimiento, con el objetivo de determinar cuales son los individuos con mayores rendimientos volumétricos. Para lograr esto se realizaron mediciones de altura, diámetro a 1.30 m. y factor de forma. Se consideró importante conocer el valor real de los distintos factores de forma que presentan los diferentes genotipos, de manera de aproximarse con mayor exactitud al volumen real de los individuos.

Se analizan también otras características importantes a tener en cuenta a la hora de seleccionar individuos para plantaciones comerciales, como ser aspectos sanitarios, sobrevivencia y malformaciones en el fuste.

El objetivo de este trabajo es entonces determinar cuales son los genotipos con mejores comportamientos en cada una de las tres zonas del departamento de Río Negro en las que están instalados los ensayos: Tres Bocas, Algorta y Viraroes.

Por otro lado se busca determinar si existe interacción genotipo-ambiente, con el objetivo de determinar si aquellos individuos con comportamientos superiores tienen un comportamiento plástico, o sea mantienen dicha superioridad en las tres zonas estudiadas; o por el contrario si existe algún clon que no tiene un comportamiento superior cuando se analizan datos promedios de las tres localidades, pero si presenta un comportamiento muy bueno en alguno de los ambientes en particular.

Otro objetivo que busca el presente trabajo es conocer la correlación juvenil adulta que existe en las características de crecimiento estudiadas, de modo de poder determinar si es posible realizar selecciones tempranas, de modo de disminuir los costos y aumentar la eficiencia del programa de mejoramiento.

Por último se busca conocer la correlación existente entre diámetro a la altura del pecho (DAP) y volumen, con el objetivo de poder determinar si es posible realizar selecciones por DAP, disminuyendo de este modo tiempo y costos.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEPTOS GENERALES DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

2.1.1 Mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal consiste en el desarrollo de poblaciones (poblaciones mejoradas) o individuos (individuos mejorados) genéticamente superiores, a partir de poblaciones amplias y diversas (poblaciones bases) de especies forestales y su uso operacional como semillas, a partir de poblaciones de producción o clones mediante multiplicación agámicas (Marcó, 2005).

El mejoramiento genético forestal es una herramienta adicional de la silvicultura que estudia el tipo y constitución genética de los árboles utilizados en las operaciones forestales. Estudia como varían los árboles y como se utiliza esta variación para mejorar la productividad del bosque (Zobel y Talbert, 1992).

Un programa de mejoramiento genético forestal utiliza como materia prima la variación, que se manifiesta a través de diferencias entre los individuos de una población (Marcó, 2005). La naturaleza ha creado la variación necesaria para utilizarla en los programas de mejoramiento genético forestal. La tarea principal del mejorador forestal es ser capaz de reconocer la variabilidad, aislarla, reunirla en un árbol deseado y multiplicarla (Zobel y Talbert, 1992).

La finalidad de un programa de mejoramiento genético forestal es la de mejorar las principales características cuantitativas y cualitativas de rendimiento y calidad, así como de garantizar la seguridad de cosecha a través de la selección de genes deseables y su perpetuación mediante la utilización de semillas o clones mejorados (Marcó, 2005).

Gracias a la mejora genética puede lograrse, entre otras cosas, mayor productividad por hectárea, mejor calidad del producto, adaptación a áreas marginales del cultivo, reducción del turno de aprovechamiento y de los costos de establecimiento, cosecha y/o procesos industriales. Esto lleva a considerar al mejoramiento genético forestal como una herramienta operacional de uso corriente como las prácticas silviculturales (Marcó, 2005).

2.1.2 Genotipo y fenotipo

En términos estrictos, el genotipo describe el conjunto completo de los genes heredados por un individuo (Griffiths et al., 2002). Es el potencial genético del árbol, no puede verse directamente y solo es posible determinarlo

a través de pruebas bien elaboradas. Esta determinado por los genes que residen en los cromosomas del núcleo de cada célula del árbol (Zobel y Talbert, 1992).

El genotipo es el conjunto particular de genes que posee el individuo (Ramírez y Egaña, 2003).

Dos individuos cualesquiera difieren al menos un poco en su genotipo, exceptuando aquellos que proceden de otro por multiplicación asexual (Griffiths et al., 2002).

El genotipo, o suma de material hereditario ancestral que recibe el cigoto, determinan el curso de desarrollo de un individuo en un medio en particular (Mettler y Gregg, 1972).

Las variaciones de caracteres observadas entre las poblaciones se expresan como diferencias fenotípicas. Fenotipo es la suma de los atributos morfológicos, fisiológicos, ecológicos y de conducta de un individuo en cualquier etapa de su existencia y en todas. La expresión es su patrón tal como se presenta al observador. La expresión fenotípica de un organismo que cambia continuamente desde el estadio de cigoto hasta la muerte es el resultado de la interacción de los factores del medio y de la influencia directriz de sus genotipos (Mettler y Gregg, 1972).

Un solo genotipo puede dirigir el desarrollo del individuo por distintos caminos y producir diferentes fenotipos en condiciones diversas del medio (Mettler y Gregg, 1972).

El Fenotipo describe todos los aspectos morfológicos, fisiológicos, de conducta y de relaciones ecológicas (Griffiths et al., 2002). Para un carácter cualquiera (rendimiento – altura – resistencia a la sequía etc.), se define fenotipo como la expresión lograda por el “genotipo” en un “ambiente” condicionante de la acción de los genes que afectan el carácter en cuestión (Mariotti, 1994).

El fenotipo es el árbol que se ve. Es afectado por el potencial genético del árbol y por el ambiente en el cual crece, incluyendo la historia de manejo del sitio (Zobel y Talbert, 1992).

El ambiente es el conjunto de todas las causas no genéticas que influyen en el valor fenotípico. El genotipo da un cierto valor al individuo, pero este valor se ve afectado por el ambiente, que produce un incremento positivo o negativo (Ramírez y Egaña, 2003).

La suma total de factores no genéticos que afectan el crecimiento y reproducción de los árboles se denomina ambiente (Zobel y Talbert, 1992).

La potencial expresión fenotípica de un genotipo dado, considerada en relación con todas las situaciones del medio en el que el genotipo puede sobrevivir, es su campo de reacción o norma de reacción. Algunas “normas” son relativamente estrechas, lo que quiere decir que si el fenotipo finalmente existe, se puede predecir la constancia de su expresión fenotípica. Pero si los campos de reacción son amplios, el desarrollo es más flexible y se producen diversos fenotipos en condiciones ambientales diferentes. Si los campos de reacción se traslapan, genotipos diferentes pueden producir fenotipos semejantes (Mettler y Gregg, 1972).

Un genotipo puede producir diferentes fenotipos, dependiendo del medio ambiente en que se desarrollen los organismos. También dependiendo del medio ambiente, varios genotipos distintos pueden producir el mismo fenotipo (Griffiths et al., 2002).

El fenotipo (F) es determinado por una “carga” genotípica (G) que se expresa en un ambiente (E) determinado, se puede concebir un modelo simple que explique conceptualmente la expresión del fenotipo:

$$F = G + E$$

Este modelo reconoce entonces que existe una parte del fenotipo que no puede explicarse únicamente por la información genética contenida en el genotipo. Este componente “E” en consecuencia, no se trata de un efecto “puramente ambiental”, si no que reconoce una “modelación” de los efectos genéticos del genotipo, determinada por el ambiente en el que este se expresa (Mariotti, 1994).

Un genotipo dado no produce siempre un efecto constante en cada ambiente, sino que puede reaccionar de un modo distinto ante condiciones externas diferentes (Lerner, 1964).

Si no existiera influencia del ambiente el valor genotípico sería igual al fenotípico. Cuando medimos el valor fenotípico de un carácter en individuos que han crecido en el mismo ambiente, las diferencias entre unos y otros se deben exclusivamente a causas genéticas. Si no hubiera influencia del genotipo, todo el valor fenotípico se debería al efecto ambiental. Cuando medimos el valor fenotípico de un carácter en individuos con el mismo genotipo, las diferencias se deberán a causas ambientales (Ramírez y Egaña, 2003).

Si un mismo genotipo, como por ejemplo un clon o una línea pura, se reproduce en diferentes ambientes, por ejemplo localidades agro – ecológicas diferentes, los fenotipos para el carácter que interese medir serán diferentes, en la medida que varíe el componente “E”, por cuanto se supone que G es fijo (Mariotti, 1994).

Nunca se tiene la certeza de saber si las características observadas son determinadas principalmente por el ambiente en el cual crece el árbol o por el control genético del genotipo del mismo (Zobel y Talbert, 1992).

El objetivo del mejoramiento forestal es reunir los mejores genes en genotipos mejorados y manipular el ambiente de modo que este genotipo reaccione en una forma positiva para producir el fenotipo más conveniente (Zobel y Talbert, 1992).

2.1.3 Interacción genotipo-ambiente

La interacción genotipo ambiente puede definirse como la falta de uniformidad en la respuesta de dos o más grupos de plantas cultivadas en dos o más ambientes; un grupo puede demostrar el mejor crecimiento en un ambiente, pero ser mediocre en otro (FAO, 1980).

El término interacción genotipo ambiente se utiliza para describir la situación donde existe un cambio en el rendimiento de determinados genotipos cuando se cultivan en diferentes ambientes (Zobel y Talbert, 1992).

La interacción puede manifestarse por un cambio en la posición relativa de los grupos en cada ambiente o por diferencias en la magnitud de superioridad, aún cuando las posiciones de rango sean iguales en cada ambiente (FAO, 1980).

Las diferencias en las expresiones de los genotipos según el ambiente, se conoce genéricamente como “interacción genotipo-ambiente”. Si las diferencias que muestran los genotipos entre si, se mantienen constantes en diferentes ambientes, se dice que no han ocurrido interacciones genotipo-ambiente. Por el contrario, si estas diferencias se modifican según el ambiente de expresión, se dice que existe interacción genotipo x ambiente (GXE). Los genotipos en consecuencia, pueden exhibir cierta inestabilidad en su expresión, lo cual no necesariamente implica la ocurrencia de interacción genotipo ambiente. (Mariotti, 1994).

La presencia de interacción genotipo ambiente refleja la existencia de variaciones ambientales, aún sobre distancias relativamente pequeñas, y de

variaciones en las exigencias de diferentes genotipos, tanto a macro como micro ambientes. Esta es la razón fundamental de la necesidad de la replicación de experimentos en espacio (control de variación ambiental local) y en tiempo (control de variación cíclica) (FAO, 1980).

Es más probable que ocurran interacciones genotipo – ambiente sólidas cuando los ambientes difieren ampliamente (Zobel y Talbert, 1992).

En los casos en la que la población esta expuesta a un ambiente único uniforme, no existirá una interacción tangible ambiente-genotipo (Lerner, 1964).

Entre los factores del medio que influyen en la detección de interacciones tenemos las condiciones de suelo, como las más sensibles, pues se detectan a nivel ínter parcela, sobre extensiones relativamente pequeñas. Las condiciones climáticas necesitan puntos más extremos para ser detectados; por ejemplo, variaciones debido a condiciones limitantes de temperatura (baja o alta), de humedad (sequía o inundaciones), etc. (FAO, 1980).

La interacción genotipo ambiente es una preocupación importante en la cría de plantas por dos razones, primero reduce el progreso de la selección, y segundo, hace que las recomendaciones de cultivos sean difíciles ya que estadísticamente es imposible interpretar el principal efecto. La interacción genotipo ambiente ocurre tanto en términos cortos (3 a 4 años testeados en una localidad) como largos (muchos años y muchas localidades) (Kang y Pham, citados por Kang y Gauch, 1996).

Usualmente los investigadores ignoran la interacción genotipo ambiente, especialmente en ensayos de corta duración. Recientemente se centró la atención en la utilidad de la incorporación de la interacción genotipo ambiente en la selección de genotipos en ensayos de corta duración (Kang y Pham, citados por Kang y Gauch, 1996).

Un obstáculo en adoptar un método o criterio de selección que simultáneamente seleccione por rendimiento y estabilidad, puede ser el falso concepto de que puede haber reducción en el rendimiento cuando la selección se basa en el rendimiento y estabilidad. Entendiendo que el principal propósito de los ensayos de performance de cultivos es estimar o predecir, usando datos de performance anteriores, el comportamiento futuro de los genotipos, puede clarificar este falso concepto. Especialmente cuando la interacción genotipo ambiente esta presente, el rendimiento de los genotipos selectos por un método que combina rendimiento y estabilidad podría ser menor que los genotipos seleccionados en base solo a rendimiento (Kang et al., citados por Kang y Gauch, 1996). A pesar de esto, la reducción en el rendimiento se relaciona con

la performance en el pasado, y no es necesariamente trasladada a la reducción en el rendimiento en las granjas de los cultivadores (Kang y Gauch, 1996).

La interacción puede considerarse como indicador de la estabilidad relativa de un genotipo. Si la interacción se aproxima a cero los genotipos son bastante estables para las características en consideración, o sea que sus posiciones relativas y las diferencias en magnitud de respuestas son similares en los diferentes ambientes; sólo cambia la magnitud de las respuestas que serán función de los genotipos particulares (especies, procedencias, individuos) y de los sitios bajo consideración (FAO, 1980).

Los genotipos con un amplio rango de adaptabilidad, determinado por una interacción nula o poco significativa, se denominan plásticos, mientras aquellos con una alta susceptibilidad de variación marcada en comportamiento con ligeras variaciones de ambiente, se denominan rígidos o estrictos (FAO, 1980).

En el pasado, la principal preocupación de las investigaciones de agricultura era el desarrollo de cultivares de alto rendimiento. Recientemente, sin embargo, la estabilidad y el rendimiento sostenido en las distintas variaciones ambientales, esta ganando importancia sobre el aumento en el rendimiento. La principal estrategia en la subsistencia de productores de pequeña escala, particularmente en áreas marginales, es la minimización de riesgos. En esta área, la estabilidad del rendimiento es la llave para la provisión sustentable de alimentos (Kang y Gauch, 1996).

El interés de los criadores de cultivos en la estabilidad se deriva en la necesidad de desarrollar buenos cultivares buffer. El término estabilidad se refiere al comportamiento de los cultivos en diferentes ambientes. El objetivo de los criadores es desarrollar cultivares estables en un rango de diferentes ambientes. Ambientes pueden ser localidades, años o combinación de ambas (Kang y Gauch, 1996).

Dos accesos diferentes para evaluar la estabilidad deberían ser diferenciadas: el concepto estático y el concepto dinámico (Becker y León, citados por Kang y Gauch, 1988). De acuerdo al concepto estático, la máxima estabilidad ocurre cuando el rendimiento del genotipo bajo consideración es constante a través de los ambientes, por ejemplo, estabilidad en el sentido de la homeostasis. De acuerdo al concepto dinámico, un genotipo es considerado como estable si su performance en los diferentes ambientes es cercana a lo que puede ser esperado de los potenciales de dichos ambientes. La máxima estabilidad ocurre si la diferencia entre el rendimiento del genotipo y el índice ambiental, comúnmente definido como la media de todos los genotipos testeados, es constante a través de los ambientes (Kang y Gauch, 1996).

La interacción genotipo ambiente se ve en la práctica de la silvicultura. El valor económico de una masa puede incrementarse por medio de aclareos, podas y demás tratamientos, pero ningún forestal podrá convertir una masa fracasada por su origen inadecuado en una masa sobresaliente (Gustafsson y Mergen, 2005).

2.1.4 Variación

Un programa de mejoramiento genético forestal utiliza como materia prima la variación, que se manifiesta a través de diferencias entre los individuos de una población (Marcó, 2005).

Todas las diferencias entre los árboles son resultado de tres factores: los diferentes ambientes en los cuales crecen, las diferencias genéticas entre los árboles y las interacciones existentes entre el genotipo de los árboles y los ambientes en los cuales éstos crecen (Zobel y Talbert, 1992).

En poblaciones de individuos sexuados que se entrecruzan hay una multitud de genotipos y la variación es la regla. La variación hereditaria es el producto de las mutaciones, del paso del material genético entre poblaciones y de la recombinación de factores genéticos juntamente con las fuerzas de selección que modelan el patrón de la variación (Mettler y Gregg, 1972).

Las principales causas de la variación observada en los seres vivos son las debidas a la información genética (diferencias en el complejo hereditario que trajeron los individuos cuando comenzaron sus vidas, codificadas en el ADN, que constituyen los cromosomas) y al ambiente (medio al cual estuvieron expuestos en el curso de sus vidas). Las primeras son heredables, las segundas solo reflejan una respuesta al ambiente circundante (Marcó, 2005).

Los miembros del mismo demos muestran variación interna con respecto a la población (variación individual), en tanto que la variación entre poblaciones (variación geográfica) significa las diferencias que se observan en individuos representantes de poblaciones separadas (Mettler y Gregg, 1972).

Las poblaciones de árboles son por lo general genéticamente variables. Esta variación permite que los árboles sobrevivan, crezcan y se reproduzcan en las diferentes condiciones y numerosos ambientes que prevalecen durante una sola o muchas generaciones (Antonovics y Nienstedt, citados por Zobel y Talbert, 1992).

En los árboles forestales existen varias categorías de variación que pueden agruparse ampliamente en especies, orígenes geográficos (procedencias),

rodiales, sitios, árboles individuales y la variabilidad dentro de árboles individuales (Zobel et al., citados por Zobel y Talbert, 1992).

Para la mayoría de las especies forestales de interés existe una gran variabilidad aún no totalmente explotada. Esta variación puede ser continua o clinal (sigue un gradiente ambiental) o discontinua o ecotípica (grupo de individuos con genotipo similares que ocupan un nicho ecológico específico), la que en realidad es la respuesta genotípica de una especie a un hábitat específico. Ambas pueden denominarse variación geográfica (Marcó, 2005).

La variación entre los árboles causada por diferencias ambientales no puede utilizarse en un programa de mejoramiento genético y con frecuencia incluso no puede predecirse. Las fuerzas ambientales son la causa más importante de variabilidad en algunas características, especialmente en las relacionadas con el crecimiento. La forma y calidad también pueden ser afectadas notablemente por las diferencias ambientales, pero en general las características de calidad en los árboles forestales tienden a ser ampliamente heredables y menos afectadas por el ambiente que las características de crecimiento (Zobel y Talbert, 1992).

Es importante entender los tipos de variación que se encuentran en las poblaciones, ya que gran parte de la genética tiene que ver con el análisis de variantes. Una forma conveniente de clasificar la variación es dividirla en continua y discontinua. En la variación discontinua, un carácter aparece en la población en dos o más formas distintas y fácilmente separables llamadas fenotipos. Tales fenotipos alternativos resultan estar determinados a menudo por distintos alelos de un gen (Griffiths et al., 2002).

La variación continua de un carácter supone la existencia en la población de un espectro ininterrumpido de fenotipos. Los fenotipos intermedios suelen ser más frecuentes que los extremos, de modo que si representamos en una gráfica las frecuencias de cada fenotipo, aparece una distribución en forma de campana (Griffiths et al., 2002).

Zobel y Talbert (1992) separan a la variación genética en componentes aditivos y no aditivos, de modo que la variación genética = variación aditiva + variación no aditiva. La variación aditiva es causada por los efectos acumulativos de los alelos en todos los loci que determinan una característica. La variación genética no aditiva se divide en dos tipos. La variación por dominancia es causada por la interacción de los alelos específicos en un locus, mientras que la variación por epistasis es causada por la interacción entre loci (Zobel y Talbert, 1992).

La mayoría de las características de importancia económica de los árboles forestales están bajo algún grado de control genético aditivo. Esto constituye una ventaja, ya que la variación aditiva puede utilizarse eficazmente en sistemas de selección simple. Características como peso específico de la madera, la rectitud del fuste y otras características cualitativas de los árboles, tienen componentes de variación aditiva más fuertes que las características de crecimiento (Zobel y Talbert, 1992).

Cualquier programa de selección debe incluir la prueba de progenie de fenotipos seleccionados para determinar el valor genético real del árbol. La respuesta a la selección de las características con una considerable variación no aditiva, por ejemplo: el crecimiento, es por lo general menos satisfactoria que la de las características cualitativas que están por lo general bajo un notable control genético aditivo (Stonecypher et al., citados por Zobel y Talbert, 1992).

La tarea inicial de un genetista forestal es determinar la magnitud y tipo de variación presente en las poblaciones naturales o no mejoradas y después utilizarla atinadamente (Zobel y Talbert, 1992).

2.1.5 Características cuantitativas y cualitativas

La mayoría de los primeros estudios incluyeron genes con efectos mayores; es decir, la expresión de la característica está controlada por sólo uno o dos loci génicos que tienen un profundo efecto sobre el fenotipo. Los fenotipos pueden clasificarse en diferentes categorías, como alto o corto, o café o blanco, y rara vez existe sobreposición entre ellos. Estas características se conocen como cualitativas (Zobel y Talbert, 1992).

Los caracteres mendelianos clásicos son de naturaleza cualitativa, es decir, caracteres de fácil clasificación en diferentes categorías fenotípicas. Estas diferentes categorías están bajo control genético de uno o varios genes expuestos a pocas o a ninguna modificación ambiental que pueda alterar sus defectos (Ramírez y Egaña, 2003).

La variación observada de un carácter es, por lo general cuantitativa o polimórfica. Es cuantitativa cuando existe una serie continua o graduada de tipos morfológicos como los que se basan en el tamaño, el peso y el color de la piel de los seres humanos. La variación es polimórfica cuando en una población existen dos, tres, o pocos más tipos diferentes de "morfos", fácilmente identificables, como las variaciones cromosómicas. Con frecuencia es difícil distinguir entre caracteres cuantitativos y polimórficos. Además, es importante comprender que la clasificación de los caracteres como cuantitativos y polimórficos es algo arbitraria, pues la base genética en esencia es la misma

para ambos patrones. La diferencia depende principalmente del número y la acción de los factores genéticos que determinan los caracteres. Los caracteres cuantitativos son los gobernados por varios genes, con efecto de acumulación (Mettler y Gregg, 1972).

La principal diferencia que existe entre los caracteres cualitativos y los cuantitativos, se basa en el número de genes que contribuyen a la variabilidad fenotípica y el grado de modificación del fenotipo por medio, de factores ambientales. Los caracteres cuantitativos pueden ser codificados por muchos genes (quizás de 10 a 100 o más), contribuyendo al fenotipo con tan pequeña cantidad cada uno, que sus efectos individuales no pueden ser detectados por los métodos mendelianos (Ramírez y Egaña, 2003).

Los caracteres económicamente importantes, como son la altura de las plantas, rendimiento, etc. son caracteres cuantitativos o métricos, con variabilidad continua. Su estudio depende más de la medición que de la enumeración, de manera que la clasificación de estos individuos en grupos (clases fenotípicas) resulta ambigua (Ramírez y Egaña, 2003).

Muy pocas características económicas de los árboles forestales son heredadas en un patrón que pueda atribuirse a los efectos de genes mayores. Casi todas las características importantes de los árboles forestales son afectadas por varios o muchos loci génicos, cada uno de los cuales tiene un efecto relativamente pequeño sobre el fenotipo. Esto da como resultado una gran diversidad de genotipos para las características afectadas por muchos genes si existe variación genética en dichos loci. Cuando los efectos ambientales se añaden a esta diversidad, se obtiene un continuo de fenotipos (Zobel y Talbert, 1992).

2.1.6 Heredabilidad

Uno de los factores más importantes para la mejora vegetal es el conocimiento de la contribución relativa de los genes a la variabilidad de un carácter que se está considerando (Ramírez y Egaña, 2003).

Al estudiar los caracteres cuantitativos de los árboles, tales como producción en volumen, crecimiento en altura o diámetro, forma del tronco y propiedades de la madera, las experiencias deberán establecerse de forma que puedan separarse las influencias genéticas de las del ambiente y estimar hasta que punto un cierto fenotipo está condicionado por la herencia y hasta que punto por el medio (Gustafsson y Mergen, 2005).

Los mejoradores frecuentemente calculan una estima de la heredabilidad, un valor que predice hasta que punto su esfuerzo de selección tendrá éxito. La heredabilidad es el incremento en rendimiento obtenido dividido por la cantidad de selección que se ha practicado. Si no hay respuesta la heredabilidad será cero y los mejoradores comprenderán que por mucha selección que practiquen no aumentará su producción, por lo que quizás sea mejor no malgastar su tiempo (Tamarin, 1996).

El concepto de heredabilidad (h^2) fue ideado para representar aquella parte de la varianza fenotípica total (v_p) causada por factores genéticos con efectos aditivos (v_a) (Lush, citado por Gustafsson y Mergen, 2005).

El concepto de heredabilidad de un carácter denomina la proporción de la varianza total que se debe a la acción de los genes (FAO, 1980).

Llamamos heredabilidad de un carácter que muestra variación continua a la fracción de la varianza fenotípica debida a las diferencias entre los genes o los genotipos de los individuos (Sánchez y Esteruelas, 1952).

Los valores de heredabilidad expresan la proporción de la variación en la población que es atribuible a diferencias genéticas entre los individuos por lo tanto, es una proporción que indica el grado en el cual los progenitores transmiten sus características a su descendencia. La heredabilidad es de importancia fundamental para estimar los beneficios que pueden obtenerse de los programas de selección (Zobel y Talbert, 1992).

El concepto de heredabilidad se aplica a un carácter determinado en una población determinada. Siendo una relación por cociente puede variar por cambios en su numerador o en su denominador. Por ejemplo, si un carácter está sujeto grandemente a las influencias ambientales, puede mostrar una heredabilidad, muy baja en poblaciones en que las variaciones ambientales sean muy amplias y, en cambio, una heredabilidad muy alta en otra población en la que sea muy pequeña la variación ambiental (Sánchez y Esteruelas, 1952).

Existen dos tipos de heredabilidades, la heredabilidad en sentido amplio (H^2) y la heredabilidad en sentido estricto (h^2). La heredabilidad en sentido amplio o lato (H^2) se refiere al funcionamiento de todo el genotipo y se emplea como contraste con la varianza ambiental. La definición de heredabilidad en sentido estricto incluye solamente los efectos promedios de los genes, transmitidos de los genitores a la descendencia a través de la meiosis (segregación cromosómica) y subsiguiente fecundación (recombinación cromosómica) (Gustafsson y Mergen, 2005).

Esta acepción restringida de la heredabilidad se emplea cuando se tiene especial interés en expresar que fracción de las diferencias fenotípicas entre genitores puede esperarse razonablemente sea recuperada en la descendencia (Lush, citado por Gustafsson y Mergen, 2005).

La heredabilidad en sentido amplio (H^2) se define como la proporción entre la varianza genética y la varianza fenotípica (Ramírez y Egaña, 2003).

$$H^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P}$$

Donde:

- H^2 = heredabilidad en sentido amplio
- σ^2_G = variación genética
- σ^2_P = variación fenotípica
(Zobel y Talbert, 1992).

Puesto que el valor de la heredabilidad depende, de la magnitud de todos los componentes de la varianza, un cambio en cualquiera de estas la afectará (Ramírez y Egaña, 2003).

La heredabilidad en sentido amplio puede ir de 0 a 1. Si la variación de una población no fuera atribuible a la genética, existiría un límite inferior igual a 0. Si toda la variación se debiera a la genética, entonces la heredabilidad en sentido amplio sería igual a 1. La heredabilidad de este tipo tiene una aplicación limitada en el mejoramiento genético forestal y es de importancia fundamental cuando la variación tanto aditiva como no aditiva puede ser transferida del progenitor a la descendencia, como cuando se utiliza propagación vegetativa (Zobel y Talbert, 1992).

La heredabilidad en sentido estricto (h^2) es el cociente entre la varianza genética aditiva sobre la varianza fenotípica (Ramírez y Egaña, 2003).

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_E}$$

Donde:

- h^2 = heredabilidad en sentido estricto
- σ^2_A = variación aditiva
- σ^2_P = variación fenotípica
- σ^2_{NA} = variación de la interacción genotipo - ambiente
- σ^2_E = variación ambiental
(Zobel y Talbert, 1992).

Esta heredabilidad también toma valores entre 0 y 1. Si toda la varianza genética es de tipo aditivo, la heredabilidad en sentido estricto es igual a la heredabilidad en sentido amplio.

Un carácter con alta heredabilidad, significa que tiene un componente genético aditivo más importante que otros componentes. Los caracteres de alta heredabilidad serán más fácil de mejorar genéticamente, en cambio, en caracteres con baja heredabilidad, otros componentes como el ambiental, tendrán más importancia, lo cual hará más difícil la mejora genética (Rodríguez y Egaña, 2003).

Si la heredabilidad en sentido estricto es elevada, debe darse importancia a la selección masal. Si la heredabilidad es pequeña, hay que confiar más en la prueba de los progenitores por el comportamiento de sus progenies (Sánchez y Esteruelas, 1952).

Las estimaciones de heredabilidad sólo se aplican a una población particular que crece en un ambiente particular y en un período particular (Zobel y Talbert, 1992).

La heredabilidad no es ninguna magnitud fija, sino que depende tanto de la población como del medio ambiente. Por consiguiente, la indicación de una heredabilidad siempre debe ir acompañada de una indicación del medio ambiente de los componentes (FAO, 1980).

Los valores de heredabilidad de una determinada característica de una población, suelen cambiar con la edad cuando el ambiente cambia y cuando el control genético de la característica cambia a medida que los árboles maduran (Zobel y Talbert, 1992).

La heredabilidad es estimable mediante métodos variables, todos los cuales, de un modo o de otro, se basan en la medición del grado de similitud entre los individuos emparentados por una descendencia lineal o colateral (Lerner, 1964).

La técnica que más se utiliza en genética forestal para estimar la heredabilidad consiste en cultivar la progenie de un grupo de progenitores o bien cruza, juntos en la misma plantación de prueba genética. Las estimaciones de heredabilidad se derivan entonces del rendimiento relativo de las progenies dentro y entre los árboles progenitores (Zobel y Talbert, 1992).

Otro método para estudiar las heredabilidades es a través de las técnicas de regresión de la progenie con el progenitor (Falconer, citado por Zobel y Talbert, 1992).

Algunas características, como el peso específico de la madera, parecen estar genéticamente controladas sin importar la especie y son uniformes en ambientes un poco distintos. Otras características, como el crecimiento en altura, están bajo un menor grado de control genético y son afectadas notablemente por el ambiente en el cual crecen los árboles (Zobel y Talbert, 1992).

2.1.7 Selección

El objetivo de un programa de mejoramiento genético forestal, es cambiar la frecuencia de los alelos deseados que afectan características importantes de los árboles, en forma tal que las plantas mejoradas tengan un rendimiento superior al del material no mejorado. La forma de lograr esto es a través del proceso de selección, el cual puede definirse como “la selección de individuos con cualidades deseadas para servir de progenitores en la siguiente generación” (Zobel y Talbert, 1992).

La selección consiste en separar y preservar ciertas combinaciones de genes con exclusión de otras. Un grupo seleccionado de animales o plantas representa, entonces, una porción restringida de la amplitud total de variación posible en las especies. La selección no crea nada nuevo, simplemente separa, aísla, recombina y conserva diferencialmente los genes determinantes de los caracteres seleccionados (Snyder, 1953).

La selección debe tener como base las variaciones hereditarias. Para obtener una selección efectiva debemos trabajar con caracteres hereditarios y no con fluctuaciones debidas al ambiente, y el grupo de individuos debe ser heterogéneo para los caracteres que se desee seleccionar (Snyder, 1953).

Para que la selección sea efectiva debe existir variación genética en la población (Zobel y Talbert, 1992).

Los fines de la selección artificial con respecto a un carácter medible, son: a) modificar su medida (selección dirigida); b) reducir su variabilidad (selección estabilizadora), y c) extender su manifestación en una dirección (selección dirigida a lo largo de resultados "record") (Lerner, 1964).

La selección está basada en el principio de que el valor genético promedio de los individuos seleccionados será mejor que el valor promedio de los individuos de la población como un todo (Zobel y Talbert, 1992).

El objetivo de selección uniformemente aplicado a todas las especies forestales es la velocidad de crecimiento, debido a que es la base biológica del retorno económico de las plantaciones. Otras características ampliamente utilizadas son rectitud de fuste, disposición y características de las ramas, resistencia a plagas y enfermedades, calidad de la madera (siendo la densidad básica la más utilizada) y a condiciones desfavorables del ambiente (sequías, inundaciones, bajas temperaturas, entre otras) (Marcó, 2005).

La existencia de diferentes formas o alelos de un gen, así como la ocurrencia de poligenia, pleiotropia, epistasis, etc., determina una gran complejidad en las expresiones de un carácter y variadas combinaciones de ellos. De toda esta gama de expresiones, o variación, se aprovecha el mejorador para escoger los tipos o combinaciones más favorables. La selección practicada por el mejorador es del tipo direccional o truncada por cuanto selecciona hacia un extremo de la población original y busca incrementar la media de las futuras poblaciones en esa dirección (FAO, 1980).

El árbol que a primera vista es fenotípicamente deseable y que va a ser objeto de evaluación se denomina candidato o preseleccionado. Una vez evaluado en sus características y aceptado para posterior uso, pasa a ser selecto o plus. Una vez valorado en sus características genéticas superiores, es un árbol élite. Este último requiere, a menudo, varios ciclos de ensayos de progenie (FAO, 1980).

El mejoramiento que potencialmente puede lograrse por selección de una característica, es una función de la heredabilidad de esa característica así como de la variación de ésta en la población (Zobel y Talbert, 1992).

La variación total, o fenotípica, es importante debido a su efecto sobre el diferencial de selección (S). El diferencial de selección se define como “el valor fenotípico promedio de los individuos seleccionados, expresado como una desviación de la media de la población”. Si existe una gran variación fenotípica para una determinada característica, entonces el diferencial de selección puede ser grande; mientras que si la variación total es mínima, entonces dicho valor es pequeño (Zobel y Talbert, 1992).

Para medir la selección aplicada se utiliza el diferencial de selección (S). Es una medida de la superioridad de los progenitores seleccionados. Se define como la desviación con respecto a la media de la población del valor fenotípico medio de los individuos seleccionados como progenitores. Esto es, una desviación del valor fenotípico medio de la generación parental antes de que fuera hecha la selección (Ramírez y Egaña, 2003).

Se puede demostrar que la respuesta a la selección es el producto de la heredabilidad en sentido estricto y el diferencial de selección (Ramírez y Egaña, 2003).

Dada la superioridad de los progenitores seleccionados sobre la media de su generación y la heredabilidad del carácter en cuestión, es posible calcular la ganancia a esperar de una generación de selección. De hecho, para la selección masal, la ganancia es simplemente igual al producto de la heredabilidad (h^2) por el diferencial de selección expresado en unidades reales (i) (Lerner, 1974).

Según Zobel y Talbert (1992) el mejorador puede influir sobre las ganancias por selección de dos formas, disminuyendo la variación ambiental uniformizando el ambiente y por lo tanto aumentar la heredabilidad, o aumentando el diferencial de selección.

Estos mismos autores mencionan que el diferencial de selección depende de la intensidad de selección y de la desviación estándar fenotípica.

La intensidad de selección, i , depende únicamente de la proporción de la población incluida en el grupo seleccionado, y puede ser determinado por medio de tablas de distribución normal, siempre que la distribución de los valores fenotípicos sea normal (Ramírez y Egaña, 2003).

La intensidad de selección está relacionada con la proporción de individuos de la población que son seleccionados. Cuando la población de la cual se harán las selecciones consta de sólo unos pocos individuos, las intensidades de selección serán menores para cualquier proporción dada (Zobel y Talbert, 1992).

El éxito de selección, expresado como avance o ganancia genética, dependen de varios factores, entre los cuales se destacan el tipo y número de caracteres en la selección, la intensidad de selección y el método de propagación (FAO, 1980).

El tipo de carácter se refiere a su heredabilidad, aquellos caracteres con alta heredabilidad como rectitud de fuste, resistencia a enfermedades y bifurcaciones, tienen una respuesta más predecible que caracteres de baja heredabilidad (ejemplo: propiedades físicas y químicas de la madera) (FAO, 1980).

En cuanto al número de caracteres se ha demostrado que mientras mayor sea el número de caracteres seleccionados más difícil resulta obtener avances de algunos de ellos individualmente. Esto se debe a que por un lado los diferentes caracteres tienen patrones hereditarios distintos por lo que necesitarían distintas intensidades de selección y al aumentar el número de individuos para satisfacer los requerimientos de un carácter dado, se podría afectar otro por introducir fenotipos no deseables al mismo. Por otro lado, diferentes caracteres pueden estar inversamente correlacionados, con lo cual el ser muy estricto en un carácter resultaría negativo para otro (FAO, 1980).

Las estimaciones de correlación genética entre diferentes características son un indicador de la eficiencia de la selección indirecta y también indican el efecto que tiene el seleccionar por una característica sobre otras (Balmelli, 2001).

El volumen por árbol y el DAP tienen similares niveles de control genético y están altamente correlacionados, sugiriendo que después del tercer año el DAP puede ser usado como criterio de selección, siendo una clara oportunidad para reducir costos y tiempo, sin sacrificar ganancias por volumen (Balmelli, 2001).

Existen evidencias de que el crecimiento de *E. grandis*, está positivamente correlacionado con otras características de importancia como tolerancia al frío y rectitud del fuste (Van Wyk et al., citados por Balmelli, 2001), implicando que la selección por todas estas características podría realizarse simultáneamente. Desde otro punto de vista, incluso más importante para un programa de

mejoramiento de bajo costo, la selección por rápido crecimiento podría indirectamente mejorar la tolerancia al frío y la rectitud del fuste (Balmelli, 2001).

2.1.8 Propagación vegetativa

El uso de la propagación vegetativa en los programas de mejoramiento genético es una herramienta muy valiosa y eficaz que permite acelerar los ciclos de mejora y realizar estudios específicos (INIA, 2003).

La propagación vegetativa es una forma de reproducción en la cual no ocurre fecundación, es asexual. Es un método de reproducción asexual que consiste en la propagación a partir de partes vegetativas bien diferenciadas (FAO, 1980).

Un clon se define como un grupo de individuos genéticamente idénticos que derivan de un solo individuo mediante propagación asexual. Según la teoría de la totipotencia celular todas las especies vegetales podrían clonarse si les ofrecemos las condiciones adecuadas. Esto se debe a que cada célula que compone el individuo tiene la información genética necesaria para originar una nueva planta completa. Solo es necesario ofrecerle las condiciones para que esta información se exprese de una manera determinada (INIA, 2003).

El uso práctico de los métodos vegetativos de propagación se basa en dos consideraciones biológicas:

1. El mantenimiento de la misma condición fisiológica del árbol padre en la parte propagada.
2. El mantenimiento de una constancia genética. Esto es, la parte propagada es genéticamente idéntica al individuo original (FAO, 1980).

La propagación vegetativa tiene muchos usos como: preservación de genotipos mediante el uso de bancos clonales; multiplicación de genotipos convenientes para usos especiales, tales como huertos semilleros o huertos de investigación; evaluación de los genotipos y su interacción con el ambiente a través de pruebas clonales; y obtención de máximas ganancias genéticas al utilizarla para regeneración en programas operativos de plantación (Zobel y Talbert, 1992).

Existen ciertas ventajas en realizar propagación vegetativa como el potencial para obtener mayores ganancias genéticas, potencial para obtener una uniformidad en la cosecha de árboles mayor que la que es posible a través de la regeneración por semilla, y bajos ciertas condiciones, la oportunidad de

acelerar los resultados de las actividades del mejoramiento genético forestal (Zobel y Talbert, 1992).

Cuando se utiliza la regeneración a partir de semillas, sólo la porción aditiva de la variación puede ser manipulada por el genetista forestal. Para aquellas características que abarquen cantidades significativas de varianza no aditiva, como ciertas características de crecimiento, las ganancias obtenidas a través de la producción por semillas sólo serán una pequeña parte del potencial que sería posible si se utilizara la propagación vegetativa (Fielding, citado por Zobel y Talbert, 1992). La propagación vegetativa permite captar y transferir al nuevo árbol todo el potencial genético del árbol donador (Zobel y Talbert, 1992).

Otra ventaja de la propagación vegetativa es la rapidez con la cual pueden utilizarse las cualidades genéticas deseadas de los árboles seleccionados. No es necesario esperar la producción de semilla para reproducir los propágulos destinados a la plantación (Zobel y Talbert, 1992).

La ventaja especial de un programa de propagación vegetativa es que una vez que se ha localizado un “paquete” apropiado, o se ha desarrollado por selección y cruzamiento, este se reproduce rápidamente muchas veces, por lo que los propágulos obtenidos son esencialmente iguales desde el punto de vista genético al árbol progenitor deseado. La propagación vegetativa permite obtener ganancias grandes y rápidas debido a que aprovecha todos los tipos de variación genética (Zobel y Talbert, 1992).

Existen diferentes métodos para propagar vegetativamente los árboles selectos (micropropagación o macropropagación) y la elección dependerá de las ventajas y desventajas de cada uno y de la infraestructura necesaria (INIA, 2003).

Existen muchos tipos de propagación vegetativa como ser injertos, estacas enraizadas, enraizamiento de fascículos aciculares, acodos aéreos y cultivo de tejidos y órgano, pero el método más utilizado en plantaciones comerciales es el de estacas enraizadas (FAO, 1980).

Existen algunos términos utilizados en relación con los diferentes métodos de propagación vegetativa, como ser ortet, ramet y clon. Se denomina ortet al árbol donador, aquel del cual se han obtenido los propágulos vegetativos. Los propágulos vegetativos de un ortet, o de otros propágulos del mismo, se conocen como ramet. La totalidad de los propágulos que se originan de un ortet se conoce en conjunto como un clon (Zobel y Talbert, 1992).

Una desventaja importante de la utilización de propagación vegetativa es que al ser el genotipo idéntico los riesgos de plantar una superficie importante es mucho mayor.

Los árboles parecen estar menos protegidos en contra de los ataques de plagas que en contra de los extremos climáticos, especialmente en el caso de plagas que provienen de un lugar fuera del área de distribución natural de la especie arbórea (Zobel y Talbert, 1992).

Desde el punto de vista metodológico los factores más determinantes para el éxito de la clonación son: el estado nutricional de la planta que se quiere propagar y las condiciones ambientales que se le ofrecen a los propágulos (INIA, 2003).

El uso conjunto y alternativo de varias técnicas de propagación vegetativa permiten avanzar más rápidamente en la clonación de los genotipos selectos y así acelerar el proceso de liberación y testaje de clones (INIA, 2003).

2.1.8.1 Estacas enraizadas

La técnica de estacas es una de las alternativas más utilizadas, se induce a la formación de raíces a partir de la base del propágulo. La ventaja de esta técnica es la relativa simplicidad de la metodología y la escasa infraestructura necesaria (INIA, 2003).

Las estacas son secciones separadas del árbol y puestas a enraizar en un medio adecuado. Pueden ser de leño o de hojas, aunque los de leños son más importantes en el campo forestal (FAO, 1980).

Una limitante importante para utilizar estacas enraizadas es su dependencia a la edad. Los árboles jóvenes suelen enraizar rápidamente, pero puede ser casi imposible enraizar los mismos árboles cuando están maduros (Zobel y Talbert, 1992).

Existen indicaciones de que los árboles que son propagados vegetativamente a partir de individuos maduros crecen más lentamente que aquellos obtenidos de árboles jóvenes (Talbert, citado por Zobel y Talbert, 1992).

Otra restricción importante al uso de estacas enraizadas de individuos maduros, mencionada por Zobel y Talbert (1992) es que en ocasiones los propágulos no crecen hasta formar un árbol normal, el propágulo no asume la

forma de un árbol, sino que continua creciendo como una rama. Esto se denomina crecimiento plagiotrópico.

Un impedimento para obtener máximas ganancias mediante el uso de estacas enraizadas en plantaciones operativas, es la gran variabilidad clonal que existe en la capacidad de enraizamiento; ésta es especialmente notable en individuos más viejos (Hyun et al., citados por Zobel y Talbert, 1992).

Para la propagación mediante estacas, se obtienen buenos porcentajes de enraizamiento si se lleva adelante un esquema intensivo de fertilización de las plantas madres y se mantienen los propágulos en condiciones de alta humedad y temperatura de entre 20-25° C (INIA, 2003).

Mediante la propagación vegetativa de árboles superiores se logran rápidos avances en el mejoramiento genético de las especies y se agiliza la obtención de genotipos superiores por parte de los productores (INIA, 2003).

2.2 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

2.2.1 Diseño experimental

Para el estadístico el experimento es un conjunto de reglas usadas para sacar la muestra de una población. El conjunto de reglas es el procedimiento experimental o diseño de experimento.

El diseño experimental es la forma de asignación de los tratamientos a las unidades experimentales, implica definir la forma de la parcela, el número de tratamientos y el número de repeticiones entre otras cosas.

2.2.1.1 Diseño de bloques completos al azar

En muchas situaciones, se sabe antes de realizar un ensayo que ciertas unidades experimentales, si se tratan de modo parecido se comportan de forma diferente. En experimentos sobre el terreno, las parcelas adyacentes suelen responder de forma más similar que las parcelas que están a cierta distancia. En estas situaciones pueden construirse diseños o planes de tal modo que la parte de la variabilidad atribuible a una fuente reconocida puede medirse y excluirse así del error experimental; al mismo tiempo las diferencias entre medias de tratamientos no contendrán contribución alguna atribuible a la fuente reconocida (Steel y Torrie, 1985).

El diseño de bloques completos al azar puede usarse cuando las unidades experimentales pueden agruparse; generalmente el número de unidades por

grupo es igual al número de tratamientos. El objetivo del agrupamiento es lograr que las unidades en un bloque sean tan uniformes como sea posible, de modo que las diferencias observadas se deban en gran parte a los tratamientos. En promedio la variabilidad entre unidades de diferentes bloques será mayor que la variabilidad entre unidades del mismo bloque si no van a aplicarse tratamientos. Idealmente, la variabilidad entre unidades experimentales se controla de tal forma que se maximice la variación entre bloques, mientras que la variación dentro de ellos se minimice. La variación entre bloques no afecta claramente a las diferencias medias de tratamientos, ya que cada tratamiento aparece el mismo número de veces en cada bloque (Steel y Torrie, 1985).

Cada bloque consiste en un grupo compacto de parcelas, generalmente cuadradas. Cada tratamiento aparece un número igual de veces, usualmente una vez, en cada bloque y cada bloque contiene todos los tratamientos (Steel y Torrie, 1985).

Cuando se han asignado las unidades experimentales a los bloques, se numeran en cierto orden conveniente. Los tratamientos también se enumeran y luego se asignan aleatoriamente a las unidades dentro de un bloque. Una nueva aleatorización se efectúa en cada bloque (Steel y Torrie, 1985).

2.2.2 Modelo lineal y análisis de varianza

El análisis de varianza permite probar ciertas hipótesis. Descansa fundamentalmente en el estudio de la variabilidad de las observaciones (Gil y Zárate de Lara, 2008).

Para una adecuada evaluación de los datos experimentales, debe establecerse el modelo de manera específica. Dos modelos corrientes son el de efectos fijos y el de efectos aleatorios (Steel y Torrie, 1985).

Otro modelo comúnmente usado es el modelo mixto, que exige por lo menos un criterio de clasificación para incluir efectos fijos y otro para incluir efectos aleatorios (Steel y Torrie, 1985).

El modelo mixto es ciertamente un modelo común. Lo más frecuente es que los bloques suministren los efectos aleatorios y puede suponerse que son representativos de una población de bloques que cubre una gama de condiciones a las cuales van a aplicarse las inferencias respecto a los tratamientos. Los tratamientos son los únicos de interés con respecto a las inferencias, así que se consideran fijos en experimentación repetida. En el modelo sin interacción, las pruebas, como se ve, no ofrecen problemas especiales con o sin muestreo (Steel y Torrie, 1985).

2.2.3 Modelo binomial

Muchos ensayos presentan sólo dos resultados posibles, por ejemplo una planta posee o no cierta característica. A tales pruebas se les llama pruebas binomiales o de Bernoulli y los espacios muestrales apropiados consistirán en dos puntos (Steel y Torrie, 1985).

En el modelo probabilístico binomial, el espacio muestral está constituido por las secuencias de éxitos y fracasos que resultan de n repeticiones independientes de un experimento cuyo modelo probabilístico es de Bernoulli con probabilidad constante (Gil y Zárate de Lara, 2008).

2.2.4 Pruebas de comparación múltiples

Luego de haber realizado el análisis de varianza y haber encontrado que existe por lo menos algún tratamiento estadísticamente diferente, se puede realizar una prueba de hipótesis para encontrar cuales son los tratamientos diferentes.

Las pruebas de comparación múltiple comparan todos los tratamientos contra todos de a pares, por lo tanto estas pruebas tienen la característica de que el número de comparaciones a realizar será mayor en la medida que el número de tratamientos sea mayor.

2.2.4.1 Procedimiento de Tukey

Un tipo de prueba de comparación múltiple es el procedimiento de Tukey. Este procedimiento necesita un solo valor para juzgar la significancia de todas las diferencias, y por lo tanto es rápido y fácil de usar (Steel y Torrie, 1985).

El procedimiento consiste en el cálculo de un valor crítico mediante la siguiente ecuación, y su aplicación a diferencias entre todos los pares de medias (Steel y Torrie, 1985).

$$w = q_{\infty}(p, f_e) s_y$$

Donde:

- q_{∞} , valor de tabla.
- $p=t$, es el número de tratamientos.
- f_e , grados de libertad del error.

2.3 CONCEPTOS DASOMÉTRICOS

2.3.1 Medición forestal

La ciencia de la medición forestal, o mensura forestal, como se le llama también, trata de la determinación de diámetros, alturas o volúmenes de árboles en pie o de sus productos, como tablonas aserradas o cuerdas de leña, y la determinación o predicción de las tasas de crecimiento (Bruce y Schumacher, 1965).

2.3.2 Factor de forma

La forma real del fuste depende de la especie y sobre todo de las condiciones de crecimiento (Sorrentino, 2000). Pero los árboles no presentan una forma cilíndrica sino que la forma geométrica es bastante más compleja.

Se ha observado que la forma aproximada de muchos troncos es la de un paraboloides truncado; por definición este es el sólido engendrado por una parábola que gira alrededor de su eje, con el extremo redondeado cortado (Bruce y Schumacher, 1965).

Teniendo en cuenta el fenómeno de ahusamiento que presentan los fustes, para estimar el volumen de los árboles, se recurre al uso de una serie de factores de corrección convencionales (Sorrentino, 2000).

El factor de forma es uno de los factores de corrección utilizados para el cálculo del volumen real de un rodal. Se entiende por factor de forma a "la relación entre el volumen real del árbol y el volumen del cuerpo geométrico al cual se asemejan (volumen aparente)" (Sorrentino, 2000).

El factor de forma es un factor de reducción del volumen del cilindro (Prodan et al., 1997).

Según Pressler y Kunze (1973), si el diámetro del cilindro de referencia se mide a una altura relativa, el factor de forma se denomina real o verdadero; si se mide a una altura absoluta, el factor de reducción se llama falso o artificial. Los factores de forma verdaderos eran recomendados ya hacia fines del siglo XVIII y luego también por Smalian, citado por Prodan et al. (1997), en los inicios del siglo XIX (Prodan et al., 1997).

El factor de forma verdadero o real es una caracterización de la forma geométrica del fuste. Sin embargo, tiene el defecto que requiere un diámetro de referencia que se encuentra a una distancia variables desde la base y por lo

tanto difícil de medir. El factor de forma falso, por su parte, se refiere al DAP, el cual se puede medir fácil y cómodamente tanto en madera volteada como en árboles en pie, pero caracteriza sólo muy burdamente la forma fustal (Prodan et al., 1997).

En la práctica, para la medición de árboles en pie y rodales, se utiliza el factor de forma falso o artificial (Prodan et al., 1997).

Se pueden definir varios tipos de factores de forma según las variables empleadas para calcular el volumen. Los tipos de factores de forma más comunes son:

- Según los diámetros utilizados:

- Factor de forma absoluto: considera como volumen aparente el de un cilindro cuyo diámetro es igual al diámetro de la base del árbol.
- Factor de forma normal: considera el volumen aparente como el volumen de un cilindro con un diámetro medido a cualquier altura del árbol comprendida entre el 5 y 10% de la altura total, desde la base hasta su ápice.
- Factor de forma al DAP: considera el volumen aparente como el de un cilindro con un diámetro medido a 1.30 m del suelo.

- Según las alturas consideradas:

- Factor de forma comercial: considera para el cálculo del volumen aparente la altura comercial, hasta donde sea utilizada el diámetro límite para el mercado.
- Factor de forma del tronco: Considera para el cálculo del volumen aparente la altura total del fuste.

El factor de forma comercial será cero hasta diámetros de 6-7 cm., para luego crecer aceleradamente. Evidenciará un máximo entre los 14 y 20 cm. por influencia de la fuerte conicidad basal y/o los contrafuertes de los diámetros mayores, el factor puede volver a decrecer. Para coníferas y latifoliadas que crecen bajo condiciones de alta densidad, con pocas ramas gruesas, el factor de forma decrecerá lenta pero constantemente con el aumento del diámetro (Prodan et al., 1997).

El factor de forma en un rodal depende de atributos generales como: especie, edad del rodal, calidad de sitio, zona de crecimiento y densidad del rodal; y de atributos medibles como: DAP, altura, punto de inicio de copa y cuociente de forma o series de ahusamiento (Prodan et al., 1997).

Las especies tienen, por su forma específica, también factores de forma característicos (Prodan et al., 1997).

La mayoría de los estudios realizados muestran que el factor de forma se reduce con la edad y con el tamaño del árbol. En *Eucalyptus grandis*, tomando las tablas de Pande y Jain, citadas en FAO (1981), el factor de forma aumenta con el mayor tamaño del árbol hasta una altura de 20 m y un DAP de 20cm y luego decrece (FAO, 1981).

Las tablas de Pande y Jain, citadas en FAO (1981), muestran que, en cultivos de *Eucalyptus grandis*, en el sur de la India, los árboles que han crecido lentamente (y más viejos) tienen un factor de forma superior al de los árboles de crecimiento rápido (y más jóvenes) con la misma altura y diámetro (FAO, 1981).

Rodales más viejos con clases diamétricas sobre 14 cm. muestran generalmente un desarrollo decreciente del factor de forma en función del diámetro (Prodan et al., 1997).

Las relaciones entre la magnitud del factor de forma y la edad, la zona de crecimiento, la calidad de sitio, la densidad del rodal, etc., se traslapan de tal manera, que se pueden deducir reglas generales. Pero el procedimiento en un caso concreto de estimar un factor de forma en función de sólo estos elementos no es suficientemente confiable (Prodan et al., 1997).

La influencia de la edad, por ejemplo, se expresa en un desplazamiento de la curva del factor de forma. Sin embargo, cuando hay cambios en el tratamiento y en la densidad del rodal, resulta difícil comprobar esta tendencia, de modo que no se puede evidenciar una influencia significativa de la edad en árboles de igual dimensión. El aumento de la intensidad del raleo, y con ello la disminución de la densidad, origina en general una disminución en el factor de forma (Prodan et al., 1997).

La calidad de sitio se expresa en general negativamente en el factor de forma, también muy difícil de comprobar (Prodan et al., 1997).

Por el contrario, la relación del factor de forma y los atributos medibles dentro del rodal, son estadísticamente comprobables, y la precisión de la relación en todos los casos se puede estimar. Por eso, para fines prácticos y científicos, el factor de forma se expresa en función de estos elementos. Mientras más elementos se miden, más exacta será la estimación del factor de forma (Prodan et al., 1997).

Trabajos científicos han mostrado que entre el diámetro en un rodal y el factor de forma, sólo existe una correlación muy baja. Esta puede ser considerada constante para todas las clases diamétricas de un rodal al determinar prácticamente el volumen fustal. Esto justifica asumir una forma fustal media para el rodal (Prodan et al., 1997).

El factor de forma comercial varía entre los valores 0 y 0.55 (Prodan et al., 1997).

Según Cozzo, citado por Daniluk (1992), el factor de forma para *Eucalyptus grandis* de seis años y medio de edad es de 0.49.

2.3.3 Porcentaje de corteza

En general la corteza constituye un desecho, por lo cual es importante conocer el porcentaje de corteza de los árboles para poder calcular el volumen sin corteza de la población, que es en definitiva el importante para calcular el rendimiento en la industria.

La cantidad de corteza presente en un árbol, es función de numerosos factores, pero en forma general disminuye en forma continua siguiendo las siguientes pautas:

- Con el engrosamiento y/o envejecimiento del árbol.
- Al mejorar la calidad del suelo y por lo tanto, al aumentar la rapidez de crecimiento.
- Al disminuir la altitud del terreno.

De cualquier modo, esto varía enormemente con la especie y la edad de los árboles, por lo que, siendo posible, conviene realizar las mediciones de corteza en cada caso particular (Sorrentino, 2000).

Estudios realizados por las cátedras de dasonomía y estadística de la Facultad de Agronomía, UBA, muestran que la proporción de corteza/madera es una característica propia de cada especie y varía en rangos importantes: 10.9% en *Eucalyptus grandis*. Se demostró también que la calidad de sitio, edad del rodal, manejo y la densidad de plantación son factores que influyen sobre el porcentaje de corteza (Salvoni et al., 2009).

Existen diferentes datos sobre el porcentaje de corteza que pueden alcanzar las distintas especies. Según Silva y Neto, citados por Salvoni et al. (2009), el porcentaje de corteza en volumen en distintas especies de *Eucalyptus* puede llegar al 25% dependiendo de la edad, la especie y el sitio (Salvoni et al., 2009).

Según FAO (1981), el porcentaje de corteza de *Eucalyptus grandis* varía entre un 10% y 30%.

Por otra parte existen tablas que indican el porcentaje de corteza de las distintas especies de *Eucalyptus* según la altura y diámetro que estos presentan, para *Eucalyptus grandis* de 15 m. de altura y 15cm. de diámetro en Sudáfrica, se estima un 16.3% de corteza del volumen total (Van Laar, citado en FAO, 1981). Ver anexo No. 1.

La mayoría de los estudios muestran que el porcentaje de corteza disminuye con el mayor tamaño del árbol. Con rotaciones cortas (DAP =15-20 cm.) puede esperarse un porcentaje de corteza del 15 % en especies como *Eucalyptus grandis* (FAO, 1981).

2.3.4 Sitio y productividad

Dos elementos básicos determinan el rendimiento y crecimiento de los rodales: la capacidad productiva del sitio (productividad) y el aprovechamiento que hace el rodal de la potencia del sitio (Prodan et al., 1997).

La calidad de sitio se define como la capacidad de un área determinada para el crecimiento de árboles. Es la respuesta, en el desarrollo de una determinada especie, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar. Su conocimiento resulta fundamental en la ingeniería forestal para elegir los mejores sitios, para plantar la especie apropiada en el lugar adecuado y para cambiar sus características. Antes se estaba sólo supeditado a cambios en el manejo, especialmente en la densidad del rodal; sin embargo, actualmente pueden modificarse también sus características físicas, a través de la fertilización, irrigación, preparación del suelo, etc. (Prodan et al., 1997).

La productividad es un concepto biológico y no puede expresarse matemáticamente. Por ello, se ha optado por representar la calidad de sitio a través de un valor o índice denominado índice de sitio o índice de productividad, ambos muy populares porque son una expresión cuantitativa de la calidad de sitio (Prodan et al., 1997).

El clima obviamente está relacionado con el crecimiento de los árboles, pero su variación dentro de una región forestal determinada suele ser la misma. No así el microclima, que puede tener una incidencia muy fuerte en el sitio. La cantidad de precipitación y su distribución a través del período de crecimiento, junto a las características físicas del suelo, condicionan la disponibilidad de agua para la vegetación. Otros factores del clima son la temperatura, la

radiación y el viento. Estas variables son sustituidas en muchas expresiones de sitio por variables geográficas y topográficas, latitud, altitud, exposición, pendiente, posición en la pendiente, distancia al mar; todas fácilmente determinables por cartografía y fotointerpretación (Prodan et al., 1997).

Las variables del suelo expresan principalmente su estado nutricional y su capacidad de retención de agua. Algunas de ellas (series de suelo, geomorfología) pueden obtenerse de la cartografía y fotointerpretación; otras, como profundidad, textura, estructura, pedregosidad, drenaje, erosión, pH, contenido de nutrientes, requieren trabajo de campo y hasta de laboratorio en algunos casos (Prodan et al., 1997).

Por último, son indicadores de la calidad de un sitio las variables vegetacionales, sea la vegetación arbustiva o herbácea, ella permite calificar la calidad o productividad potencial de un determinado sitio (Prodan et al., 1997).

En las mediciones de calidad de sitio la variable del rodal más comúnmente usada es la altura dominante, a través del índice de sitio definido como la altura dominante o predominante promedio de un rodal a una edad determinada clave. La altura predominante es en alto grado independiente de la densidad y del manejo, esto último siempre que los raleos y/o podas no sean muy intensos (Prodan et al., 1997).

La obtención de la altura dominante debe objetivarse al máximo. Durante muchos años, se definió el sitio como la media de árboles dominantes y codominantes; hoy se recomienda reemplazar ese concepto por una altura representativa objetivamente obtenida; por ejemplo, el promedio de los 100 o 200 árboles más gruesos o más altos del rodal (Prodan et al., 1997).

2.3.5 Crecimiento

El crecimiento es el incremento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado período de tiempo. El crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento a esa edad (Prodan et al., 1997).

La estimación de crecimiento es una etapa esencial en el manejo forestal. El concepto básico de recurso renovable se deriva de la propiedad de crecimiento y cualquier planificación encierra el concepto de predicción de crecimiento (Prodan et al., 1997).

El crecimiento de los árboles individuales está influenciado por sus características genéticas y su interrelación con el medio ambiente, factores climáticos y de suelo y características topográficas, cuya suma representa el

concepto de calidad de sitio. Además de estos factores, la competencia es un factor muy importante y el más controlable a través del manejo silvicultural (Prodan et al., 1997).

En árboles maduros el crecimiento se expresa normalmente en términos de volumen. El volumen cúbico del fuste es un parámetro válido para expresar el crecimiento del árbol. El volumen aserrable, al contrario, está afectado por supuestos arbitrarios de utilización que invalidan las tendencias de crecimiento (Prodan et al., 1997).

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

2.4.1 Clasificación taxonómica

El género *Eucalyptus* pertenece a la familia MYRTACEAE, subfamilia, Leptospermoideas.

2.4.2 Distribución natural

La especie *Eucalyptus grandis*, es nativa de la costa este de Australia (Meskimen y Francis, 1990), donde el clima varia desde templado hasta tropical, con precipitaciones estivales de 1000 a 3500 mm. anuales (Hall y Marryat, citados por Brussa, 1994).

Se encuentra distribuida en zonas con distintas altitudes, 0 a 600 m a 25° y 33° sur, 500m a 21° sur y alrededor de 1100m entre 16 y 19° sur (Hall y Marryat, citados por Brussa, 1994).

2.4.3 Requerimientos

Prefieren suelos con buena capacidad de retención de agua, profundos, de texturas limosas, bien drenados (Chippendale y Johnston, citados por Brussa, 1994).

2.5 ANTECEDENTES

2.5.1 Antecedentes en el mundo

Mientras *Eucalyptus globulus* es la principal especie en plantaciones de zonas templadas de Australia, Chile, Portugal y España, clones híbridos elite entre *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus urophylla* son usados extensivamente por la industria de la pulpa y papel en las zonas tropicales de Brasil, China, República Democrática del Congo y Sudáfrica por sus propiedades de la madera, su rápido crecimiento, la resistencia a enfermedades de cancro y el alto rendimiento volumétrico (FAO, 2007).

El género *Eucalyptus* se expandió rápidamente por todo el mundo luego de haber sido descubiertos por los europeos a fines del siglo XVIII (Eldridge et al., citados por FAO, 2007).

La historia del cultivo de eucalyptus es corta en comparación con otros cultivos. Unas de las primeras crías fueron realizadas por forestadores franceses en Marruecos en 1954-55 (Eldridge et al., citados por FAO, 2007).

Este género se introdujo en países como Brasil, Chile, Francia, India, Portugal y Sudáfrica, en el primer cuarto de 1800 (Doughty, citado por FAO, 2007) y rápidamente fueron adoptados en plantaciones forestales al momento que su rápido crecimiento y su buena adaptabilidad fueron conocidas.

Durante el siglo XIX y XX, grandes cantidades de semillas fueron colectadas y distribuidas directamente desde Australia mediante un número de expediciones de colecciones de semillas realizadas tanto por organizaciones de gobierno como de compañías forestales privadas en todas partes del mundo (FAO, 2007).

Los primeros registros sobre propagación vegetativa, indican la utilización de estacas enraizadas de *Cryptomeia japonica* para plantación durante el siglo XIX y principios del siglo XX (Fahler, 2004). Los métodos de enraizamiento se desarrollaron mucho antes de esa época, y la plantación comercial de estacas ha sido un procedimiento común para esta especie por muchos años (Fahler, 2004).

En el caso específico de los eucaliptos los primeros antecedentes de propagación vegetativa se sitúan en los trabajos de propagación de *Eucalyptus citriodora* de Larina, en el año 1939 en Rusia, citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996). Posteriormente otro ruso, Ivashchenko, en el año 1939, citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), también logra propagar

Eucalyptus tereticornis y *Eucalyptus cinerea*, por estacas, con un 40% de enraizamiento.

La escuela francesa tiene sus primeros antecedentes en el año 1951, cuando Bauvier en Azemaur (África), citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), logra enraizar ramas en macetas y posteriormente su hermano Bauvier, citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), retomó esos ensayos en Port Lyaney, logrando enraizar *Eucalyptus gomphocephala*.

En el año 1956, en Marruecos, Franclet, citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), enraíza clones de *Eucalyptus camaldulensis* y a él le siguen Giordano en Italia, en el año 1960, citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), Prior y Willing en Australia, en el año 1963, citados en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996). Montaldi y Marcavillaca, citados en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), realizan trabajos similares en Argentina en el año 1964.

Hasta ese momento los trabajos fueron puntuales y de interés académico, pero ya en el año 1969, Martin, citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), inicia sus trabajos de propagación en el Congo, Brasaville en el Centre Technique Forestation Tropical (C.T.F.T).

El advenimiento de la producción de eucalyptus industrialmente orientado, en los años 60, condujo a un acercamiento más formal de la cría con, por ejemplo, el establecimiento del programa de cría de *Eucalyptus grandis* de Florida en 1961 (Franklin, citado por FAO, 2007), Cría de *Eucalyptus globulus* en Portugal en 1965-66 (Potes et al., citados por FAO, 2007) y ensayos de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* en muchos países (Elderidge et al., citados por FAO, 2007). Sin embargo, el mayor avance en la tecnología de plantaciones de eucalyptus ocurrió en los 70 con el establecimiento del primer soporte comercial de clones seleccionados derivados de estacas provenientes de la República Democrática del Congo (Martin y Quillet, citados por FAO, 2007).

Al mismo tiempo, en muchos países tropicales como ser Brasil y Sudáfrica, los esfuerzos eran intensificados en el establecimiento de extensos ensayos de procedencia y progenie de especies como *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* y otros provenientes del mismo subgénero *Symphyomyrtus* (FAO, 2007).

En el año 1970, Paton, y Willing, citados en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), describen la acción de los inhibidores del enraizamiento (factor G) y abre nuevos rumbos a una investigación que avanza con bases sólidas.

Es Davidson en el año 1973, citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos (1996), el primero en lograr el enraizamiento a gran escala con *Eucalyptus deglupta* en Papua, Nueva Guinea. Este trabajo antecede al realizado en el C.T.F.T con el *Eucalyptus platyphylla* en Congo-Brazzaville y con el híbrido 12-ABL en Madagascar (Martin y Guillet, citados en Jornadas forestales de Entre Ríos, 1996). Con pequeñas modificaciones el método se aplica en la costa húmeda de Brasil en la empresa Aracruz (Ikemori, citado en Jornadas Forestales de Entre Ríos, 1996).

En el año 1977 esta técnica en el Congo permite la producción masiva de *Eucalyptus* híbridos en el C.T.F.T (Centre Technique Forestation Tropical) marcando este hecho la difusión masiva de una tecnología perfectamente ajustada (Jornadas Forestales de Entre Ríos, 1996).

En el año 1979 se logran implantar 3000 hectáreas de *Eucalyptus* en el Congo y Aracruz comienza a producir 1.000.000 de plantas en Brasil. Al mismo tiempo Bimetal Florestas de Minas Gerais sigue el ejemplo de Aracruz; mostrando ya una expansión de la forestación clonal. En Argentina recién comienzan las primeras experiencias de propagación comercial en el año 1971 (Jornadas Forestales de Entre Ríos, 1996).

En la década del 80; debido a los excelentes resultados obtenidos en Brasil, en Congo y Sudáfrica, las experiencias se continúan en países como España, Portugal, Italia, India y USA (Jornadas Forestales de Entre Ríos, 1996).

Después de más de 25 años de la introducción de la forestación clonal de eucalyptus (Campinhos et al., citados por FAO, 2007), este sistema de producción forestal está actualmente integrado perfectamente a las estrategias y planes de avance generacional de los programas de cría. La propagación clonal y la cría de híbridos ha constituido una potente combinación de herramientas para la rápida mejora de la calidad de la madera y los productos de la madera (FAO, 2007).

En una reciente revisión de la forestación clonal de Brasil por ejemplo, considerando las medianas y grandes empresas, el área plantada con clones corresponde a más de 1.008.000 ha, incluyendo 362 clones diferentes, con un número de 2 a 40 clones por compañía, y un rango de 10 a 34.000 ha por clon (media 4150 ha). La introducción anual de nuevas plantaciones clonales para soportar la expansión de la industria forestal, es en el orden de 238.000 ha, con una media de 1820 ha por clon (De Assis et al., citados por FAO, 2007).

El desarrollo de programas clonales por parte de empresas forestales en Argentina, por diversas razones, aun está poco desarrollado. Sin embargo,

durante la década del 80 ya se iniciaron las primeras experiencias tendientes a ajustar técnicas y protocolos de macro y micropropagación por parte de algunos grupos de trabajo pertenecientes a organismos estatales (CONICET, IFONA, INTA y U.N. de La Plata) involucrando varias especies de *Eucalyptus* (López et al., 2001).

A principio de los años 90 el INTA, en algunos casos con la participación del CIEF, inició la instalación de los primeros test clonales de *E. grandis* en Argentina (también de *E. grandis* x *E. camaldulensis* y de *E. grandis* x *E. tereticornis*). En el año 2001, como parte del Programa de Mejoramiento Genético del INTA, alrededor de 120 clones se encontraban en diferentes etapas de estudio y unos 70 estaban siendo evaluados en más de una docena de ensayos distribuidos en el Noreste de Argentina y Norte de la Provincia de Buenos Aires (López et al., 2001).

El comienzo de programas clonales en el sector privado datan de mediados de la década del 90, siendo la experiencia más destacable la de la empresa Forestadota Tapebicuá S.A. que, alrededor de 1994 inició la selección de individuos sobresalientes de *E. grandis* en rodales propios. En 1997 instaló el primer vivero de producción clonal comercial de la Argentina y en el año 2001 tenía 50 clones bajo estudio, 14 en la etapa operacional y más de 600 hectáreas clonales (López et al., 2001).

A comienzos del siglo XXI, otras empresas han iniciado sus propios programas de selección y propagación clonal, los que en su mayoría se encuentran en la fase experimental. En este sentido y en lo que respecta a *E. grandis* algunas empresas asociadas al CIEF tienen en estudio 60 clones seleccionados por velocidad de crecimiento. Forestal Argentina S.A. posee cerca de 100 clones (obtenidos en plantaciones comerciales con una *IS* de $\approx 1:8.500$) y Shell CAPSA unos 500 clones (introducidos de Sudáfrica y Uruguay) (López et al., 2001).

Actualmente existen en el mundo muchos trabajos sobre silvicultura clonal, realizados tanto por organismos públicos como privados.

Un ejemplo de esto es el trabajo realizado por López (1996) en INTA, Argentina. En ese ensayo se evaluó el comportamiento de 12 clones de *Eucalyptus grandis* al segundo año de crecimiento.

En el mismo se midió diámetro sobre corteza a 1.30 m. (DAPcc), altura, rectitud de fuste, espesor de corteza a 1.30 m. y densidad con Pilodyn. A través de este análisis se demuestran algunas de las ventajas de la silvicultura clonal

de los eucaliptos, tales como la mayor homogeneidad en crecimiento, densidad de la madera y forma.

Esta reducción en la variación individual tiene fuertes connotaciones en cuanto a la elección de la distancia de plantación inicial, costos de aprovechamiento y transporte y producción de materia prima con calidad más predecible (López, 1996).

También queda demostrado en este análisis que la propagación asexual de árboles sobresalientes es una estrategia de “fin de línea”, por lo tanto la continuidad a largo plazo de una silvicultura clonal, tarde o temprano, deberá estar ligada a un programa de mejoramiento genético ya que, como es sabido, la selección sin recombinación futura conduce a una situación donde el progreso posterior no es posible (López, 1996).

Por otro lado Lambeth et al. (1994) realizaron en Colombia ensayos de evaluación de 460 clones de *Eucalyptus grandis* y los compararon con testigos de semilla.

En este análisis se encontraron diferencias entre los clones evaluados y en todos los casos fueron superiores los clones que los testigos de semilla en cuanto a crecimiento, sobrevivencia y calidad de madera (Lambeth et al., 1994).

Se estudió también la correlación entre los valores de volumen de primero y tercer año y segundo y tercer año, concluyendo que la correlación del segundo año con respecto al tercero era más alta, con valores de coeficiente de correlación R^2 altos (0.9) (Lambeth et al., 1994).

Estos son algunos de los ejemplos de la gran cantidad de trabajos realizados en todo el mundo acerca del comportamiento de clones de distintas especies forestales, que tienen distintos objetivos específicos pero que buscan en general encontrar genotipos de alto rendimiento con buenas características de acuerdo al objetivo de producción.

2.5.2 Antecedentes nacionales

En respuesta a la demanda del sector forestal, el Programa Nacional Forestal del INIA empezó sus actividades en el 1992 con sede en INIA Tacuarembó y con un área de influencia nacional. El objetivo de este programa es contribuir al desarrollo integral del sector forestal, procurando la competitividad de la cadena de la madera y su sustentabilidad (INIA, 2009).

La investigación forestal del INIA se caracteriza por su cobertura geográfica nacional y por el establecimiento de redes de ensayos en las cuatro zonas de prioridad forestal del país. Las actuales líneas de investigación están orientadas al mejoramiento genético y al manejo silvicultural de las principales especies de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus* en uso en el país (INIA, 2003).

Desde su creación en 1992, el área forestal del INIA y su programa nacional han ejecutado dos planes quinquenales de investigación: el plan operativo de mediano plazo (POMP, 1992-1996) y el plan indicativo de mediano plazo (PIMP, 1998-2002). Un tercer plan quinquenal está actualmente en curso. De 1992 a 2002, el área contó también con el aporte de la cooperación internacional de Japón, a través de su agencia de cooperación internacional (JICA) (INIA, 2003).

En 1993-1994 se lleva adelante un proyecto FPTA (Fondo de promoción de tecnología agropecuaria) con Facultad de Agronomía donde se logra la micropropagación de aproximadamente 30 árboles plus. Con las réplicas de estos clones se instala un jardín clonal y un banco clonal *in vitro*. El jardín clonal se maneja con el objetivo de formar estaqueros para la producción de estacas, y el banco clonal *in vitro* es mantenido como reserva de germoplasma (INIA, 2003).

En el año 2000 se lleva a cabo una segunda etapa de selección para esta especie, seleccionándose los mejores individuos dentro de la red de ensayos. En esta etapa se seleccionaron 500 árboles y se propagaron mediante injerto aproximadamente 200 de ellos (INIA, 2003).

En cuanto a la información generada hasta el momento, sobre el mejoramiento genético de *Eucalyptus*, INIA ha aportado avances sobre, procedencias y progenies de *Eucalyptus*, ha liberado variedades, tanto de *Eucalyptus grandis* como *E. globulus ssp. globulus* y *ssp. maidenii* y liberado clones de *E. grandis*.

Para la especie *Eucalyptus grandis* se cuenta a la fecha con un huerto semillero de primera generación en producción, un huerto de segunda generación y bancos clonales *in vitro* y a campo, compuestos de 30 y 150 genotipos selectos respectivamente (INIA, 2003).

Acompañando este crecimiento en la investigación forestal, se debe destacar la participación del sector privado, a través de distintas líneas de investigación.

Un ejemplo de esto es el área de desarrollo técnico que lleva a cabo la empresa Forestal Oriental S.A. Dicha área incluye tres programas: programa de mejoramiento genético de la producción de fibra, programa de producción clonal y plantas de calidad.

Para dichos programas se ha instalado desde 1992 una importante red de ensayos de 480 ha, donde se investiga y analizan comportamientos de especies, orígenes, procedencias y clones que cubren la mayor parte del patrimonio de la empresa. Actualmente se trabaja en base a las especies *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus dunnii* y sus híbridos, debido al buen rendimiento de su fibra y la adaptabilidad al sitio (FORESTAL ORIENTAL, 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

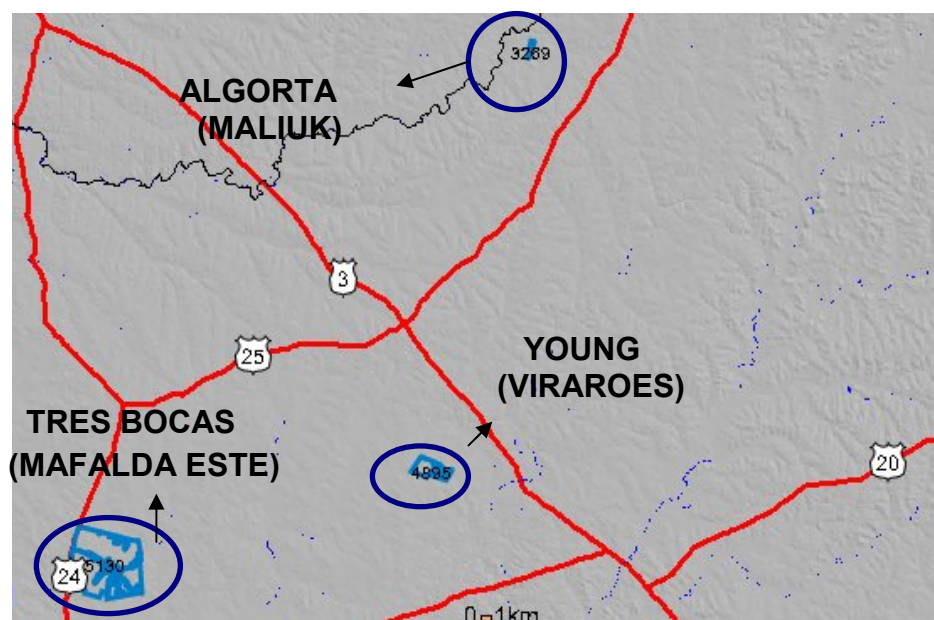
Se evaluaron 3 ensayos clonales de *Eucalyptus grandis*, ubicados en distintas localidades del departamento de Río Negro. Los mismos se encuentran en las proximidades de las localidades de Young (Viraroes), Algorta (Maliuk) y Tres bocas (Mafalda Este). Ver figura No. 1

El diseño experimental consiste en bloques completos al azar con 4 repeticiones por clon, estando formada cada una de las parcelas por 16 individuos (4 surcos por 4 plantas). Las parcelas son rectangulares de 12 x 8 mt., con una superficie de 96 m², siendo el marco de plantación 3 x 2 mt.

Los tres ensayos evaluados presentan en común 9 clones de *Eucalyptus grandis*, mientras que algunos clones se encuentran solo en alguna de las localidades. El ensayo de Viraroes presenta 9 clones, los mismos se repiten tanto en Maliuk como en Mafalda Este. En Maliuk además de los 9 clones ya mencionados se agregan 4 clones más, los cuales también se encuentran en Mafalda Este. Por último en Mafalda Este hay, además de los 13 clones presentes en Maliuk, 13 clones más, presentes únicamente en esta localidad. Ver figura No. 2

Como testigos se utilizaron 2 clones (X 107 y X 59) y una fuente de semillas (3586).

Figura No. 1: Ubicación de ensayos



3.2 MANEJO EXPERIMENTAL

Los tres ensayos fueron sometidos a un manejo experimental similar. El ensayo ubicado próximo a Tres Bocas fue implantado el 4 de octubre del 2002, el próximo a Algorta el 27 de setiembre del 2002 y el ensayo de Viraroes el 10 de octubre del mismo año.

Cabe destacar que el ensayo ubicado en Tres Bocas fue instalado sobre rastrojo de *Eucalyptus grandis*, mientras que los otros dos ensayos se instalaron sobre suelos con usos ganadero – agrícola.

El laboreo fue el mismo en todos los casos, consistiendo en dos pasadas de excéntrica con acamellonado.

La aplicación de herbicida consistió en primera instancia en una aplicación total pre-plantación de glifosato a una dosis de 3 lt./ha., y una semana luego de la plantación se aplicó herbicida pre-emergente (oxifluorfen) a una dosis de 2lt./ha., aplicado en la fila de plantación. Luego se realizaron aplicaciones post-plantación de glifosato, en función de la presencia de malezas, tratando en todos los casos de mantener los tratamientos sin competencia.

La fertilización se realizó al momento de plantación, con una dosis de 60 g. por planta de 20-46-0.

3.3 RECURSOS NATURALES

3.3.1 Caracterización geológica

El ensayo ubicado en la localidad de Viraroes se encuentra sobre la formación Fray Bentos. Esta formación se apoya discordantemente sobre rocas de varias unidades: substrato granítico metamórfico del Terreno Piedra Alta, basalto de las formaciones Mariscal y Arapey, así como todas las litologías Cretáceas. Es cubierta también discordantemente por las formaciones suprayacentes: Camacho, Raigón, Salto y Libertad. Agrupa litologías diamictíticas, areniscas finas, loess y algunos niveles pelíticos, que como carácter unificante posee un color bastante homogéneo en tonos anaranjados, pardo anaranjados o pardo rosados. Las areniscas constituyen las litologías dominantes y corresponden a facies finos y muy finos de buena selección, de composición cuarzo feldespáticas (UDELAR (FACULTAD DE AGRONOMÍA), 1983).

El ensayo ubicado en la localidad de Algorta se encuentra ubicado sobre la formación Asencio. Esta unidad fue redefinida por Ford y Gancio (1988) como una formación haloestratigráfica, que corresponde a los materiales resultantes de muy intensos procesos pedogenéticos y de alteración sufridos por distintas litologías, y en particular por las de Mercedes, pero que incluye además rocas graníticas e incluso basaltos. Se incluye las denominadas areniscas del Palacio, areniscas de Asencio y la parte superior de la formación Asencio a partir de Bossi (1966). Estas litologías son cubiertas discordantemente por las formaciones Palmitas, Raigón, Libertad y principalmente por Fray Bentos (UDELAR (FACULTAD DE AGRONOMÍA), 1983).

Finalmente el ensayo ubicado en la localidad de Tres Bocas se encuentra sobre la formación Salto. Esta formación está definida por ciclos sedimentarios predominantemente granodecrecientes. El perfil tipo comienza en la base con un nivel de diamictitas sobre las que se apoyan areniscas y conglomerados, silicificados o no, que se alternan hasta la cima con neto predominio de las estructuras lenticulares y con estratificaciones cruzadas (UDELAR (FACULTAD DE AGRONOMÍA), 1983).

3.3.2 Caracterización edafológica

Para la caracterización de los suelos presentes en cada sitio, en primera instancia se recabaron antecedentes como ser Coneat y carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamarino et al., 1976).

Por otro lado se realizaron dos tipos de muestreos. Uno con el objetivo de caracterizar el perfil del suelo, de manera de clasificarlo correctamente, y otro muestreo con el objetivo de determinar las propiedades químicas de los suelos.

Para clasificar los suelos se tomaron muestras del perfil utilizando taladro. La cantidad de muestras tomadas en cada ensayo varió según las variaciones topográficas de cada sitio. Las muestras fueron tomadas hasta la profundidad del material madre, con excepción de aquellos suelos en los cuales el material madre se encontraba a una profundidad mayor que el largo del taladro (1.30 mt.).

Con el instrumento ya mencionado se fueron sacando los diferentes horizontes hasta formar el perfil, de manera de poder describir y clasificar los horizontes, para así llegar a una posterior clasificación del suelo.

Para la descripción de los horizontes se tuvieron en cuenta características como:

- Color
- Textura (% Limo, Arena y Arcilla)
- Profundidad de cada horizonte, utilizando cinta métrica
- Transición entre horizontes (Abrupta, gradual, etc.)
- Presencia de coloraciones rojizas
- Concreciones de Fe/ Mn
- Carbonato de calcio (CaCO_3), determinándose su presencia a través de la reacción con ácido clorhídrico (HCl)

Las muestras para caracterización químicas fueron tomadas siguiendo la metodología recomendada por la Dirección Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).

Finalmente estas muestras se enviaron al Laboratorio de Análisis de suelos de MGAP.

3.3.2.1 Coneat

El ensayo ubicado en la localidad de Algorta se encuentra sobre el grupo de suelos Coneat 9.3. Este grupo tiene un índice de productividad promedio de 88. Ver Anexo No. 2.

En cuanto a los ensayos ubicados en Viraroes y Tres Bocas, ambos se encuentran sobre grupos de suelos Coneat 09.3, el cual presenta un índice de productividad promedio de 74. Ver Anexo No. 2.

3.3.2.2 Clasificación del suelo según carta de reconocimiento de suelos del Uruguay

Según la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (Altamarino et al., 1976) el ensayo ubicado en Viraroes se encuentra sobre la unidad de suelos Young. Esta unidad ocupa un área de 246201 ha, y los materiales generadores son sedimentos francos y limo arcillosas/ Fray Bentos.

Los suelos dominantes de la unidad Young son Brunosoles Éútricos Típicos Fr. y Brunosoles Éútricos Típicos LAc v, mientras que los suelos asociados son Brunosoles Éútricos Háplicos Típicos Fr., Brunosol Éútricos Háplicos LAc. y Vertisoles Rúpticos Lúvicos Fr.

Por otro lado, el ensayo ubicado próximo a la localidad de Algorta, se encuentra sobre la unidad de suelos Algorta. Esta unidad tiene un área de 141696 ha., siendo los materiales generadores Sedimentos Arcillo-arenosos/ areniscas cretácicas

Los suelos dominantes de la unidad Algorta son Argisoles Dístricos Ócricos Abrúptico Ar h. y Planosoles Dístricos Ócricos Ar h. Mientras que los suelos asociados son Brunosoles Subéutricos Típicos Ar.

Por último el ensayo ubicado próximo a la localidad de Tres Bocas, se encuentra sobre la unidad de suelos Tres Bocas, según la carta de reconocimiento de suelos (Altamarino et al., 1976). Esta unidad tiene un área de 83044 ha. y los materiales generadores son sedimentos areno-arcillosos y arenosos de Salto.

Los suelos dominantes de esta unidad son Argisoles Dístricos Ócricos Abrúpticos Ar hm. y los suelos asociados son Brunosoles Subéutricos Lúvicos ArFr. y Vertisoles Rúpticos Lúvicos Fr.

3.3.2.3 Descripción de suelos muestreados

Como fue mencionado anteriormente, se tomaron muestras de los suelos de cada uno de los ensayos de modo de realizar una descripción de los mismos.

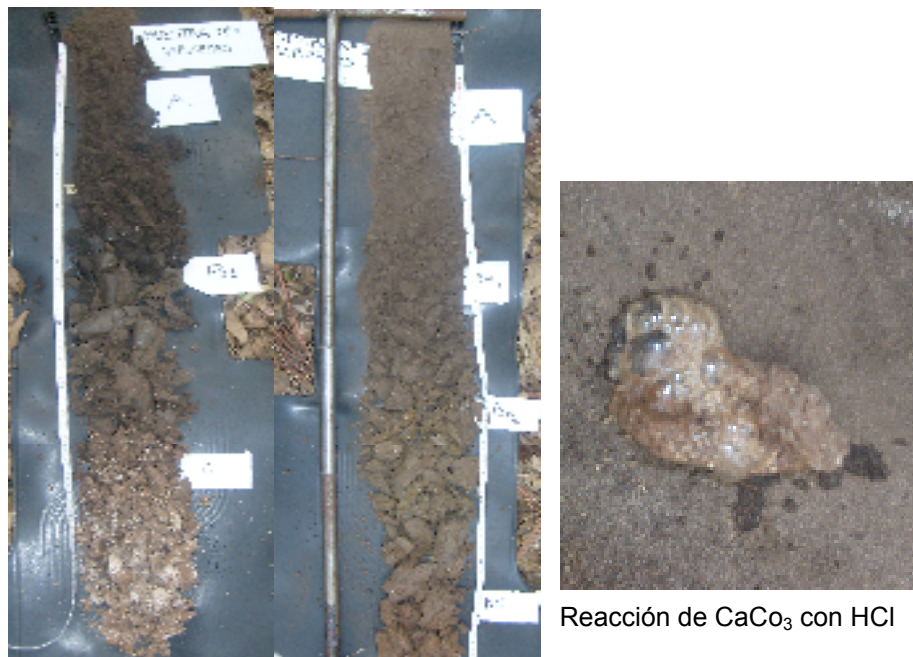
En el ensayo de Viraroes, se observó la presencia de un horizonte A de 30 a 35 cm. de profundidad, de coloración parda y textura franco arenosa. A continuación de este horizonte se observó un horizonte diagnóstico subsuperficial argilúvico, de coloraciones pardas oscuras a rojizas, textura arcillosa franca y presencia de CaCO_3 . Finalmente se encontró a los 70 – 80 cm. aproximadamente (variando esta profundidad entre las distintas muestras), un horizonte C franco areno arcilloso, con coloraciones pardo rojizas y presencia de CaCO_3 . Ver anexo No. 3

A partir de esta descripción y considerando la información obtenida en el análisis químico, con la clave de órdenes y grandes grupos de la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, se realizó la clasificación de estos suelos.

Los suelos muestreados en Viraroes tienen un contenido de materia orgánica de 1.6 % por lo cual no presentan un horizonte superficial melánico, y si presentan un horizonte sub-superficial argilúvico. Por estas razones se podría considerar que este suelo pertenece al orden suelos Desaturados lixiviados,

gran grupo Argisoles. Para obtener la clase se debe contar con datos de capacidad intercambio catiónico (CIC), por lo que solo se pudo llegar al gran grupo. Ver anexo No. 3

Figura No. 3. Perfil de suelo de muestras tomadas en la localidad de Viraroes

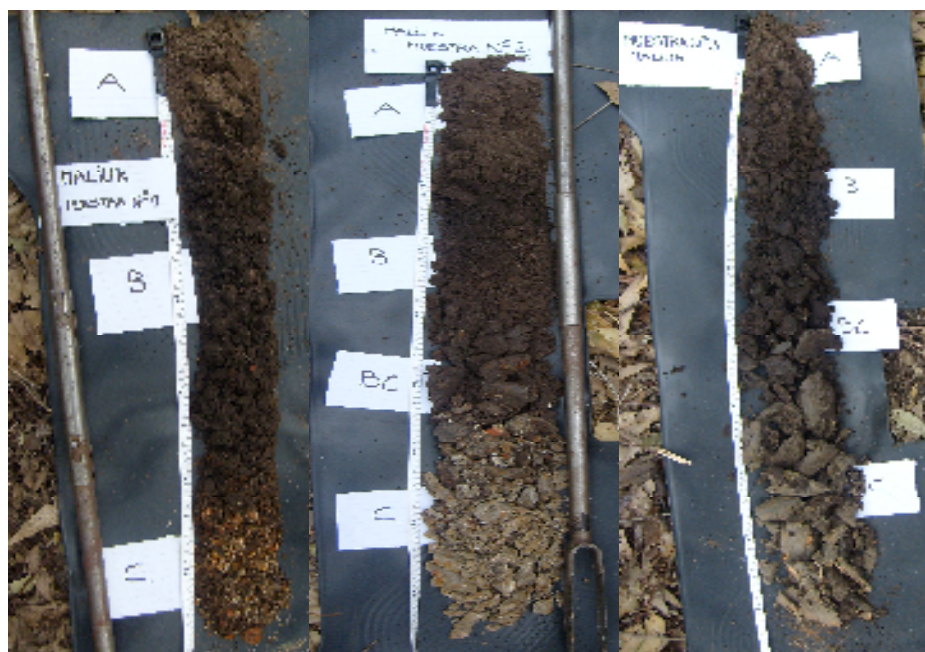


En el caso de los suelos muestreados en el ensayo próximo a la localidad de Algorta, estos presentan un horizonte A de 20 cm. aproximadamente, de textura arenoso franco y coloración parda. A continuación se observó un horizonte B de 20 – 42 cm. aproximadamente, de textura franca arenosa, de coloraciones pardas a pardas oscuras. Luego se observó un horizonte transicional BC de textura franco arcillosa, de 15 cm. aproximadamente de profundidad, con coloraciones pardas a pardas rojizas y presencia de CaCO_3 y concreciones de Fe. Finalmente a una profundidad aproximada de 55 cm. se observó un horizonte C, de textura franca arcillosa, con coloraciones pardas grisáceas con betas rojizas. Ver anexo No. 3

Estos suelos presentan un horizonte superficial melánico y un horizonte diagnóstico sub-superficial cámbrico y carecen de un horizonte nátrico, oleico, álbico o argilúvico. Por estas razones se considera que pertenece al orden de suelos Melánico, gran grupo Brunosoles. Para obtener la clase se debería

contar con datos de CIC, pero se podría suponer que esta va a ser relativamente baja por el bajo contenido de arcillas y por el contenido no muy alto de materia orgánica. Considerando esto y los antecedentes que indican para esta unidad de suelos Brunosoles subéutricos, podría tratarse de la clase subéutrica o quizás dístrica, pero se debería confirmar con valores reales de CIC.

Figura No. 4: Perfil de suelo de muestras tomadas en la localidad de Algorta

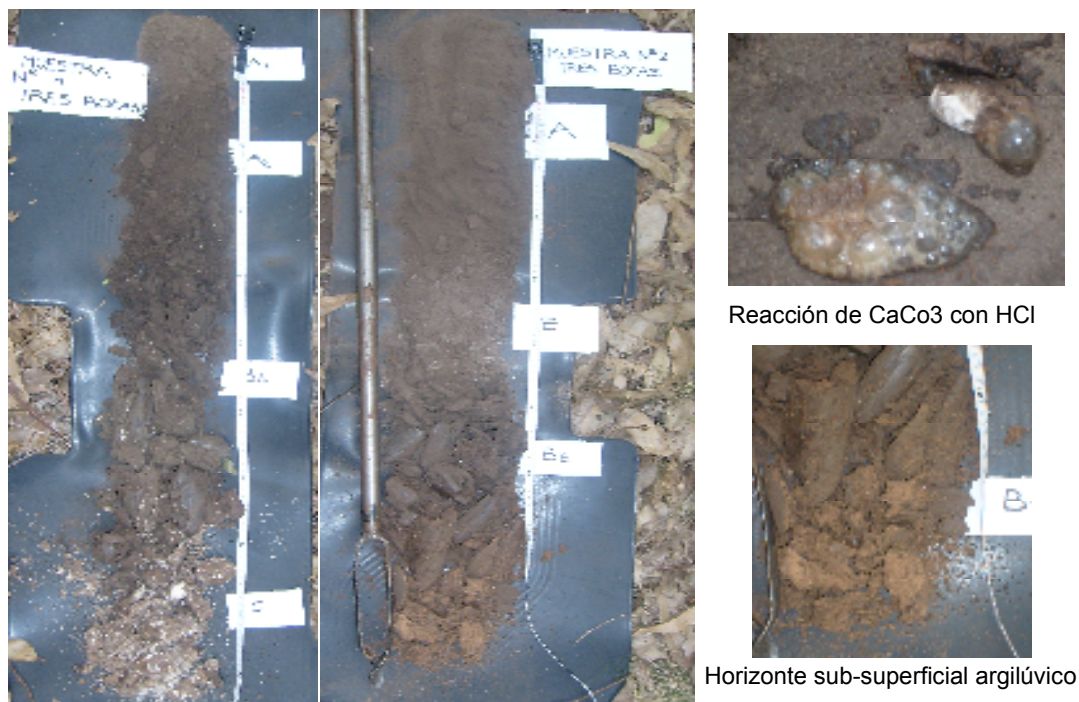


Finalmente, para el caso de los suelos muestreados en el ensayo próximo a Tres Bocas, se observó un horizonte A de 38 cm., de textura franco arenosa, que se podría dividir en dos estratos de acuerdo a su coloración, el estrato superior más claro que el inferior. A continuación se observa un horizonte B con diferenciación textural muy marcada, presentando una textura arcillosa y coloraciones pardas rojizas con betas blancuzcas, y una profundidad de 40cm. Finalmente se observó un horizonte C, a más de 78 cm. de profundidad, con textura franco areno arcilloso y presencia de CaCO_3 .

Estos suelos presentan entonces un horizonte sub-superficial argilúvico, un horizonte superficial que no llega a ser melánico por su contenido de materia orgánica inferior a 2%. Por estas razones y siguiendo con la clave de clasificación de suelos, se considera que este suelo podría pertenecer al orden Desaturados lixiviados, gran grupo Argisoles. Por su bajo contenido de arcilla y considerando los antecedentes encontrados para esta zona, se podría pensar

que podría tratarse de la clase Dístrico, aunque el contenido de materia orgánica no es muy bajo. Para llegar a este nivel de clasificación, como fue mencionado anteriormente, se debe contar con datos reales de CIC.

Figura No. 5: Perfil de suelo de muestras tomadas en la localidad de Tres Bocas



3.3.2.4 Análisis químico

Se realizó un análisis químico de muestras de suelo extraídas en cada localidad, en el mes de setiembre del año 2008. A continuación se muestran los resultados.

Cuadro No. 1: Análisis químico de muestras de suelo según localidad

LOC.	pH		% M.O	P ppm	K Meq/100gms	Ca Meq/100gms	Mg Meq/100gms	Na Meq/100gms
	H2O	KCl						
Algorta	4.9	3.8	0.8	2	0.12	2.4	0.6	0.08
Tres Bocas	5.4	3.9	1.1	4	0.20	3.7	0.6	0.09
Viraroes	5.1	4.0	1.6	2	0.16	4.7	0.9	0.12

Como se observa en el cuadro anterior, el suelo de Viraroes es la que presenta mayores porcentajes de macro y micro nutrientes, en segundo lugar se encuentra el suelo de Tres Bocas y Algorta presenta los menores valores.

3.3.3 Caracterización climática

Para realizar la caracterización climática se contó con datos meteorológicos brindados por la empresa Forestal Oriental S.A., para cada una de las tres localidades en las cuales se encuentran los ensayos.

Se analizan a continuación tres variables meteorológicas: temperaturas, precipitaciones y ocurrencia de heladas.

Figura No. 6: Variación de temperaturas mensuales promedio en 2002-2003

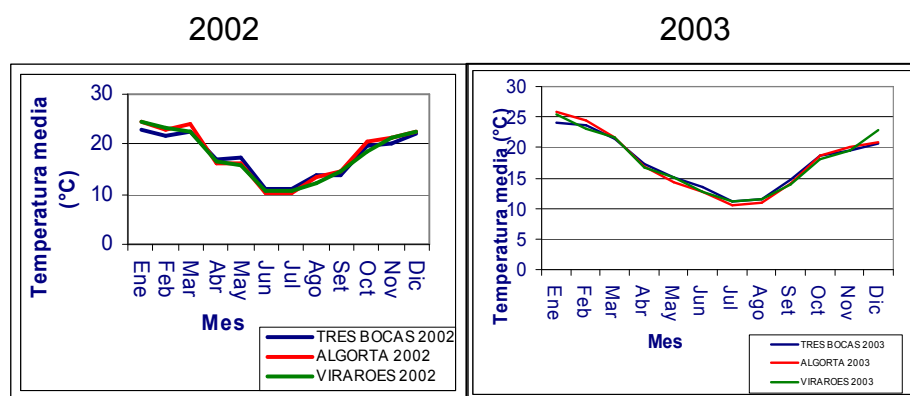
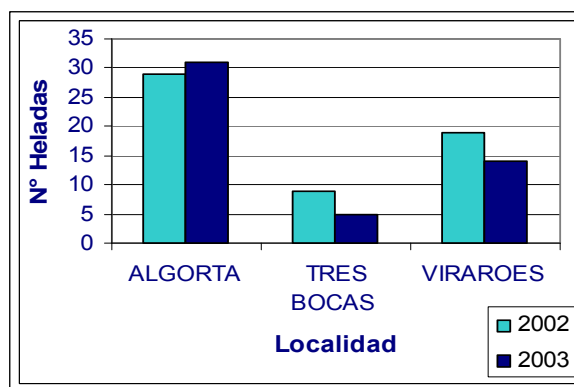


Figura No. 7: Ocurrencia de heladas en el período 2002-2003



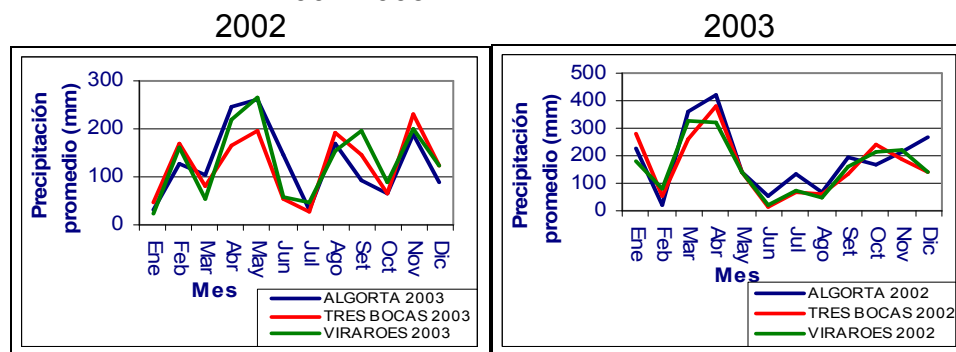
Si se analizan las temperaturas en el período estival, se observa que tanto para el año 2002 como el 2003, la localidad de Tres Bocas presenta temperaturas medias mensuales más bajas que en las otras dos localidades, no

encontrándose diferencias importantes entre las temperaturas de Viraroes y Algorta.

En cuanto al período invernal, se observa que tanto en el año 2002 como en el 2003, la localidad de Algorta presenta en general temperaturas mensuales promedio menores, mientras que Tres Bocas es la localidad con mayores temperaturas invernales.

Si se analiza la ocurrencia de heladas, Algorta es la localidad con mayor cantidad de heladas en ambos años, mientras que Tres Bocas es la localidad con menor ocurrencia de estas.

Figura No. 8: Variación de precipitaciones mensuales promedio en 2002-2003



Si se analiza las precipitaciones se observa que en el período estival, en el cual la evapotranspiración potencial (ETP) es más alta, la localidad que presenta mayores precipitaciones mensuales promedio es Tres Bocas para el período 2002-2003.

En cuanto al período invernal, la localidad que presenta mayores precipitaciones mensuales promedio es Algorta.

Se observa también que el período con mayores precipitaciones para ambos años es entre marzo y mayo.

3.4 METODOLOGIA

3.4.1 Trabajo de campo

En esta etapa se realizó la medición de diferentes variables como ser diámetro a la altura del pecho (DAP), altura, factor de forma y espesor de corteza. También fueron evaluados aspectos sanitarios y forma de los fustes.

3.4.1.1 Determinación de diámetro

Se realizó la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP). Este diámetro es de referencia y se mide a 1,30 m. sobre el nivel del suelo.

Para la medición de dicha variable se utilizó cinta diamétrica. Este instrumento consiste en una cinta con escalas a ambos lados, en uno posee una escala métrica, la cual sirve para la determinación del perímetro, y al otro lado esta graduada en los diámetros del círculo correspondiente. Ver figura No.9.

Figura No. 9: Medición de diámetro a la altura del pecho



3.4.1.2 Determinación de altura

Para la medición de la altura se utilizó clinómetro Suunto. Este instrumento está basado en principios trigonométricos, el principio de construcción y funcionamiento se basa en relaciones entre triángulos rectángulos (Sorrentino, 2000).

El aparato posee en su interior dos bandas longitudinales que oscilan alrededor de un eje horizontal, que corresponden a escalas de distancias horizontales de 15 y 20 m. respectivamente (Sorrentino, 2000).

La banda de 15 m. fue utilizada, como es recomendado, para el caso de árboles cuya altura es similar a 15 m., mientras que la escala de 20 m. fue utilizada para el caso de árboles con altura cercana a dicha medida. Para ubicarse a la distancia adecuada del árbol se utilizó una cinta métrica.

Una vez ubicados a la distancia adecuada, se realizaron dos lecturas por árbol, una inferior, donde se enfoca la base del árbol (lectura 1), y una superior (lectura 2), en la cual se enfoca el borde superior de la copa del árbol.

Las lecturas se obtienen moviendo el instrumento hasta que la línea horizontal del retículo coincida con la base (lectura 1) o copa del árbol (lectura 2). Con un ojo el observador enfoca el punto de lectura, mientras que con el otro enfoca la banda interior del clinómetro seleccionada. La lectura es realizada cuando la banda queda equilibrada.

Finalmente la altura se obtiene mediante la suma o sustracción de las dos lecturas realizadas, lo cual depende de la pendiente del terreno.

3.4.1.3 Procedimiento para la determinación del factor de forma

El procedimiento de campo para el posterior cálculo del factor de forma, consistió en primera instancia en la selección de un árbol representativo de cada uno de los clones analizados. Este procedimiento fue realizado en los tres ensayos.

Se seleccionó el árbol medio de cada clon, considerándose aquel cuya características dasométricas, como ser diámetro y altura, se encuentren dentro de los rangos medios de la población. Además de este criterio se tuvo en cuenta a la hora de la selección, características sanitarias así como forma de fuste, no seleccionándose aquellos árboles enfermos o con deformaciones.

Luego de realizada la selección se procedió al apeo de dichos árboles con motosierra, siguiendo la metodología recomendada por el código nacional de cosecha.

Posterior al apeo se midió, utilizando cinta métrica, la altura total del árbol y la altura comercial. Para determinar la altura comercial se consideró la altura hasta un diámetro de 5 cm. Este diámetro fue determinado utilizando una cuña graduada a 5 cm. Ver figura No. 10.

Luego se marcaron trozas de 1 m. de longitud a lo largo del fuste, utilizando un marcador y una cinta métrica, para realizar el posterior trozado. Este procedimiento se realizó hasta la altura comercial. Para facilitar el trozado se desramó el árbol apeado. Ver figura No. 10.

Finalmente se midieron los diámetros de las trozas obtenidas, necesarios para determinar el volumen real y posteriormente calcular el Factor de forma. Ver figura No. 10.

Se seleccionaron dos metodologías de cálculo de volumen real, Smalian y Huber, para luego determinar la que más se adapta a las características de los clones estudiados. Cada una de estas metodologías requiere diferentes datos:

- Para la determinación del volumen Smalian, se realizaron dos medidas por trozas, el diámetro mayor y menor de cada una de las trozas
- Por otro lado para determinar el volumen Huber se midió el diámetro medio de cada troza y el diámetro mayor y menor del fuste.

Con los datos obtenidos en esta etapa se procederá, en la posterior etapa de gabinete, al cálculo del factor de forma.

Figura No. 10: Procedimiento de determinación de factor de forma



3.4.1.4 Determinación de espesor de corteza

Para poder obtener el volumen total y comercial sin corteza, que es finalmente el valor que refleja con más exactitud el rendimiento maderero, se midió el espesor de corteza.

Esta variable fue medida en aquellos árboles apeados y trozados para la determinación del factor de forma, se determinó cada 1 m., hasta la altura comercial.

Se midió, utilizando cinta métrica, el espesor de corteza en la base de cada una de las trozas. Se realizaron dos medidas por troza y luego se realizó un promedio ya que en muchos casos el espesor no es constante a lo largo del perímetro.

Figura No. 11: Medición del espesor de corteza



3.4.1.5 Clasificación de fuste y aspectos sanitarios

Además de las mediciones ya mencionadas, para todos los árboles censados se realizó una clasificación de fuste, de manera de cuantificar los defectos. Es importante cuantificar estos daños debido a que si existen defectos importantes se dificulta el procesamiento mecánico de las trozas.

A continuación, en el siguiente cuadro, se presentan los criterios utilizados para la realización de la clasificación y luego se presentan fotos de cada uno de los daños descriptos (figura No. 12).

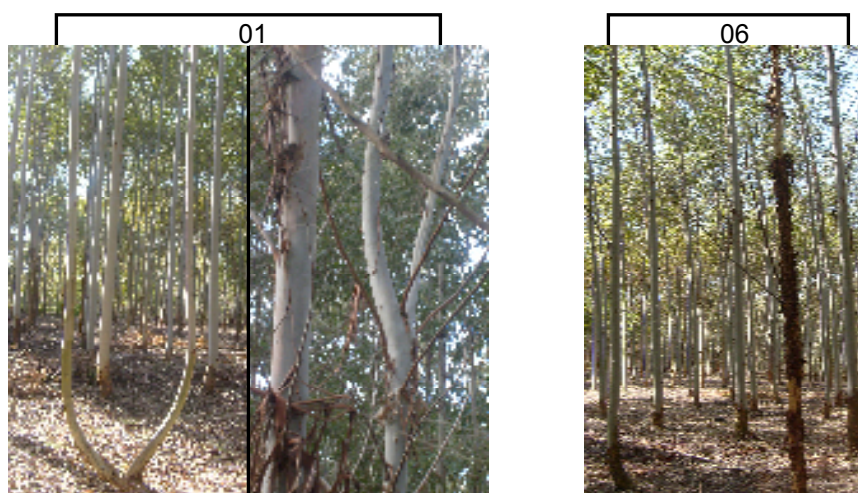
Cuadro No. 2: Criterios de clasificación de fuste

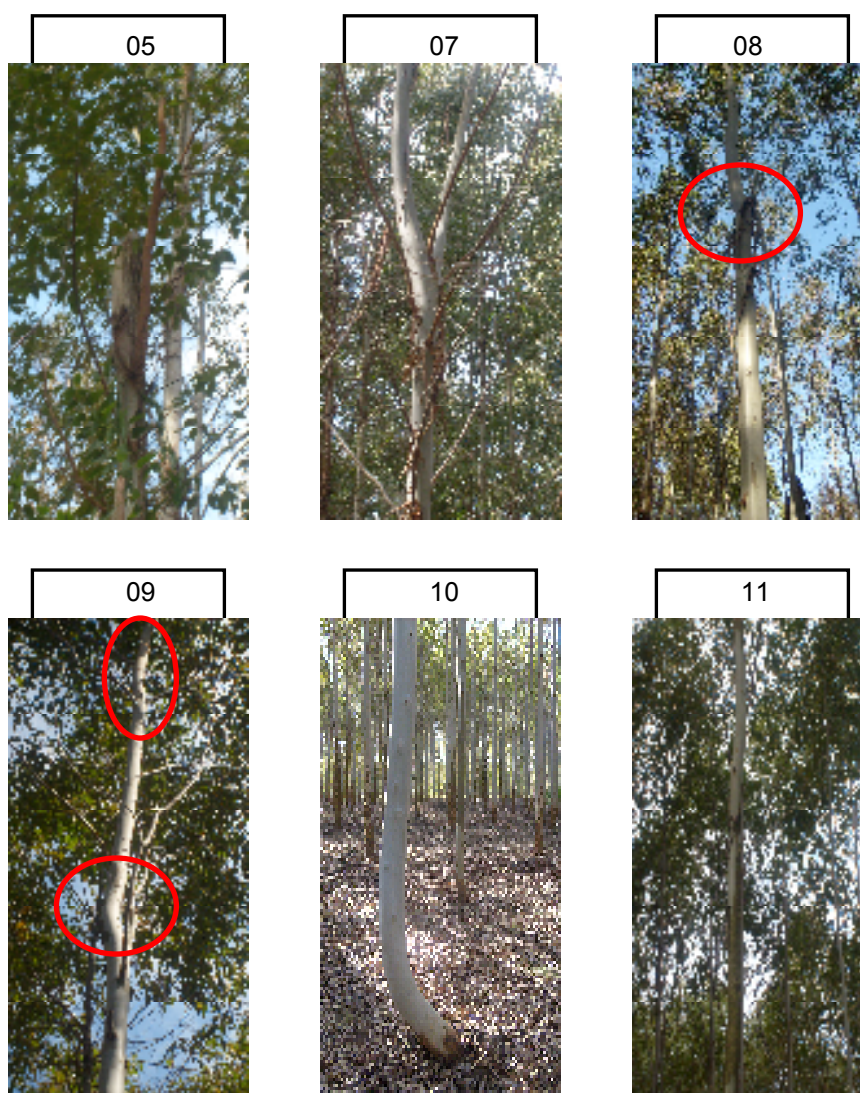
No. DEFECTO	DEFECTO
1	ARBOL BIFURCADO
2	ARBOL MUERTO
3	ARBOL FALTANTE
4	ARBOL CAIDO
5	ARBOL QUEBRADO
6	ENFERMO, SUPRIMIDO
7	REBROTOS MULTIPLES
8	UNA TORCEDURA BIEN MARCADA EN EL FUSTE
9	MAS DE UNA TORCEDURA
10	TORCEDURA EN LA BASE
11	ARBOL LEVEMENTE TORCIDO

FUENTE: Datos proporcionados por Forestal Oriental

Los defectos remarcados son considerados graves, por lo cual es de suma importancia su consideración al momento del análisis de resultados ya que pueden condicionar la potencialidad de los diferentes clones.

Figura No. 12: Defectos





3.4.2 Etapa de gabinete

3.4.2.1 Cálculo de variables

A partir de los datos obtenidos en las mediciones realizadas a campo se procedió al cálculo de las variables de interés: factor de forma, volumen, porcentaje de corteza y sobrevivencia.

- Factor de forma

Para la determinación del Factor de forma en primer lugar se calculó el volumen comercial real de los individuos muestreados. Para dicho cálculo,

como fue mencionado anteriormente, se utilizaron dos metodologías, Smalian y Huber, utilizando en ambos casos la fórmula acumulada.

El volumen Smalian se calcula como:

$$\text{Volumen Smalian (c/corteza)} = (\pi/8) * (D^2 + d^2 + (\sum d_i^2)) * l$$

Donde:

- D^2 = Diámetro mayor al cuadrado c/corteza
- d^2 = Diámetro menor al cuadrado c/ corteza
- d_i^2 = Diámetros intermedios al cuadrado c/corteza
- l = Largo de troza (se utilizó 1 mt.)

Por otro lado, el volumen Huber se calcula como:

$$\text{Volumen Huber (c/corteza)} = (\pi/4) * (\sum d_{0.5}^2) * l$$

Donde:

- $D_{0.5}^2$ = Diámetros medios de las trozas al cuadrado c/corteza
- l = Largo de troza (se utilizó 1 mt.)

Posteriormente se calculó el volumen comercial aparente de los árboles apeados. Para este cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen aparente} = \pi/4 * DAP^2 * \text{Altura comercial}$$

Luego de obtenidos ambos volúmenes se calculó el factor de forma como:

$$\text{Factor de Forma} = \frac{\text{Volumen Comercial Real}}{\text{Volumen Comercial Aparente}}$$

▪ Volumen

A partir del cálculo del factor de forma anteriormente explicado, se obtuvo un factor de forma para cada tratamiento en cada uno de los sitios. De esta

manera se pudo estimar el volumen real de cada uno de los individuos, en los diferentes sitios, utilizando el factor de forma correspondiente.

El volumen fue calculado como:

$$\text{Volumen} = (\pi/4) * \text{DAP}^2 * \text{Altura total} * \text{FF}$$

- Porcentaje de corteza

La determinación del porcentaje de corteza se realizó para aquellos árboles que fueron apeados. Para realizar dicha determinación se partió de la sustracción del diámetro del fuste, medido cada un metro, menos los correspondientes espesores de corteza.

Con los valores obtenidos, en primer lugar se calculó el volumen sin corteza, utilizando la fórmula acumulada de Smalian.

Luego se restó el volumen con corteza menos el volumen sin corteza, obteniéndose de esta manera el volumen de corteza. Finalmente se calculó el porcentaje de corteza mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Corteza} = \frac{\text{Volumen corteza} * 100}{\text{Volumen c/corteza}}$$

- Supervivencia

Por último se determinó la supervivencia, considerando como individuos sobrevivientes aquellos que estuvieran al momento de la medición en pie y no pertenezcan a la clase seis de la clasificación de fuste. Por lo tanto no se considera como sobreviviente individuos suprimidos.

Para el cálculo de esta variable se clasificaron los individuos en uno o cero. Si el individuo pertenece a la clasificación sobreviviente se lo considera uno, mientras que si no era sobreviviente se lo consideró cero. Esta clasificación cero y uno se realizó para poder realizar posteriormente el análisis estadístico.

3.4.2.2 Análisis de variables

Luego de haber calculado las distintas variables se procedió con el análisis de estas.

Para el caso de la altura, DAP, volumen y sobrevivencia, se realizó un análisis estadístico.

Por otro lado, en el caso de las variables porcentaje de corteza, factor de forma y presencia de defectos en el fuste, no se realizó un análisis estadístico ya que no se contó con repeticiones, por lo tanto se realizó un análisis descriptivo de dichas variables.

- Análisis estadístico

Para estudiar el efecto de los clones y los experimentos sobre DAP, Altura y Volumen por árbol, se efectuó un análisis por experimento, y otro análisis combinando los experimentos.

Para efectuar el análisis por experimento, se ajustaron modelos lineales generales que tuvieron la siguiente forma:

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

Donde:

- Y_{ijk} es la variable aleatoria estudiada (DAP, Altura o Volumen)
- μ es la media general
- τ_i es el efecto fijo del i-ésimo clon
- β_j es el efecto aleatorio del j-ésimo bloque
- ε_{ij} es el error experimental (entre parcelas)
- ε_{ijk} es el error de muestreo (entre árboles dentro de parcelas)

Se usó el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS versión 9.1.3. El método de estimación de componentes de varianza fue REML. Cuando el efecto Clon fue estadísticamente significativo, sus medias fueron separadas usando el test de Tukey.

Para efectuar el análisis conjunto, solo se consideraron aquellos clones que se presentan en las tres localidades. Se ajustaron modelos lineales generales con la siguiente forma:

$$Y_{ijkl} = \mu + \gamma_i + \tau_j + (\gamma\tau)_{ij} + \beta_j(\gamma_i) + \varepsilon_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} es la variable aleatoria estudiada (DAP, Altura o Volumen)
- μ es la media general
- γ_i es el efecto de la i -ésima localidad
- τ_j es el efecto fijo del j -ésimo clon
- $(\gamma\tau)_{ij}$ es la interacción entre localidad y Clon
- $\beta_j(\gamma_i)$ es el efecto aleatorio del k -ésimo bloque dentro de cada localidad
- ε_{ijk} es el error experimental (entre parcelas)
- ε_{ijkl} es el error de muestreo (entre árboles dentro de parcelas)

Para realizar este análisis también se usó el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS de la misma versión ya citada. El método de estimación de componentes de varianza fue también REML y cuando algún efecto fue estadísticamente significativo, sus medias fueron separadas usando el test de Tukey. Se estudió la heterogeneidad de varianza entre localidades, y dado que las varianzas entre sitios no resultaron estadísticamente diferentes, los modelos ajustados en forma definitiva, no consideraron dicha posible heterogeneidad.

Para estudiar el efecto de los clones sobre la sobrevivencia por experimento, se ajustaron modelos lineales generalizados, asumiendo que el número de árboles vivos en relación al número de árboles plantados, tuvo distribución binomial, donde la probabilidad de éxito es la probabilidad de sobrevivencia.

Los modelos tuvieron la siguiente forma:

$$\text{Ln}(p_i / (1-p_i)) = \beta_0 + \tau_i + \beta_j$$

Donde:

- $\text{Ln}(p_i / (1-p_i))$ es la función logit de la probabilidad de sobrevivencia del i -ésimo clon
- β_0 es un intercepto
- τ_i es el efecto fijo del i -ésimo clon
- β_j es el efecto aleatorio del j -ésimo bloque

Se usó el procedimiento Glimmix del mismo paquete estadístico antes mencionado. Los logit de las probabilidades de sobrevivencia de los clones fueron comparadas usando el test de Tukey, y a efectos de presentar los datos, se destransformaron las probabilidades estimadas así como sus errores estándar. A los efectos de considerar la sobredispersión de los datos, se efectuó el ajuste correspondiente.

Para el análisis conjunto de los experimentos, nuevamente se usaron solo los clones que estuvieron en todos los experimentos. El modelo lineal generalizado tuvo la siguiente forma general:

$$\text{Ln}(p_{ij} / (1-p_{ij})) = \beta_0 + \gamma_i + \tau_j + (\gamma\tau)_{ij} + \beta_j(\gamma_i)$$

Donde:

- $\text{Ln}(p_{ij} / (1-p_{ij}))$ es la función logit de la probabilidad de sobrevivencia de de la i-ésima localidad y el j-ésimo clon
- β_0 es un intercepto
- γ_i es el efecto de la i-ésima localidad
- τ_j es el efecto fijo del j-ésimo clon
- $(\gamma\tau)_{ij}$ es la interacción entre localidad y Clon
- $\beta_j(\gamma_i)$ es el efecto aleatorio del k-ésimo bloque dentro de cada localidad

Las demás características del modelo fueron similares al modelo ajustado por cada experimento.

▪ Análisis descriptivo

Para el caso del porcentaje de corteza, factor de forma y presencia de defectos, como fue mencionado anteriormente, se realizó un análisis descriptivo de las variables.

- Porcentaje de corteza

El porcentaje de corteza fue promediado por tratamiento, de tal modo de obtener un valor de dicha variable por tratamiento para cada una de las localidades.

Con estos datos se analizó la variación del porcentaje de corteza entre los distintos genotipos estudiados para cada una de las localidades. Así mismo se comparó el volumen con y sin corteza por tratamiento con el objetivo de poder

definir si existen variaciones en el ranking de tratamientos cuando se estudia el volumen con y sin corteza.

Finalmente se realizó un análisis en conjunto entre las tres localidades, de modo de determinar las variaciones en el porcentaje de corteza de cada genotipo al cambiar el ambiente.

- Factor de forma

Para el caso del factor de forma, como fue mencionado anteriormente, se calcularon dos factores de forma, uno utilizando la metodología de cálculo de volumen real de Smalian y otro la de Huber.

El factor de forma fue calculado por tratamiento para cada una de las localidades. Por lo cual se analizó la variación del factor de forma entre los tratamientos en cada una de las localidades.

Por otro lado se estudiaron las correlaciones existentes entre el factor de forma Smalian y Huber en cada localidad, de manera de determinar si ambas metodologías obtienen valores similares o no y si esta tendencia se mantiene en los tres ensayos estudiados.

Finalmente se analizaron las variaciones del factor de forma de cada tratamiento entre las tres localidades, de manera de determinar si esta variable es afectada por las condiciones ambientales.

- Defectos del fuste

En cuanto al análisis de defectos en el fuste, se realizó un análisis de manera de poder cuantificar los defectos presentes en cada uno de los tratamientos en análisis, a partir de la clasificación de fuste realizada en la etapa de campo.

En primer lugar se evaluaron los daños totales encontrados por tratamiento para cada uno de los tres ensayos. Este análisis permite identificar clones con altos porcentajes de daños totales, lo cual podría indicar la necesidad de eliminar ese material del programa de mejoramiento genético.

Luego se analizaron los distintos daños encontrados, de manera de determinar las proporciones en las cuales se presenta cada uno de los daños en cada tratamiento y las frecuencias de los distintos daños en la población.

Finalmente se realizó un análisis comparando las tres localidades, con el objetivo de determinar si existen variaciones en los daños encontrados en cada uno de los tratamientos al cambiar de ambiente.

3.4.2.3 Análisis evolutivo de variables

Para el caso de las variables DAP y altura, la empresa Forestal Oriental realizó dos mediciones anteriores a la realizada en el 2008, una en el año 2004 y otra en el 2006.

Al contar con tres mediciones de estas variables para los tres ensayos (Algorta, Viraroes y Tres Bocas) se realizó un análisis de la evolución de cada una de estas variables para cada una de las localidades.

Este análisis tiene como objetivo determinar si a lo largo de los años se mantiene el ranking de tratamientos, o por el contrario si aquellos clones que tienen excelentes comportamientos al comienzo del ciclo no mantienen esta superioridad en etapas más avanzadas del ciclo de desarrollo. Esto es importante para poder aproximarse a la edad óptima de selección de individuos superiores.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA POR SITIO

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) por sitio de modo de poder determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos analizados (clones). Este análisis fue realizado por sitio para cada una de las variables analizadas: DAP, altura, volumen y sobrevivencia.

4.1.1 Análisis de varianza para la localidad de Algorta

Si se analiza el sitio Algorta se encontraron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos para las cuatro variables: DAP, altura, volumen y sobrevivencia.

4.1.1.1 DAP

Para la variable DAP, los clones X469 y X591, son superiores significativamente a los tratamientos: X751, X912, 3586, X985, X59, X449, pero no se encontraron diferencias significativas con los tratamientos: X564, X565, X107, X2358, X627, X744, X463 y X99.

Los clones X564 y X565 presentan DAP medios significativamente superiores a los tratamientos X 59 y X449.

Por lo tanto los clones X469 y X591, son superiores a dos de los testigos, X59 y 3586, mientras que los clones X564 y X565 son significativamente superiores a uno de los testigos (X59). No se encontró entonces ningún tratamiento estadísticamente superior al testigo X107. Ver anexo No. 4

4.1.1.2 Altura

En el caso de la variable altura el tratamiento X591 es significativamente superior a los tratamientos: X751, X744, X627, X99, X59, 3586, X449, X912, X985 y X463, mientras que no se puede afirmar que sea superior a los tratamientos: 2358, X565, X469, X564 y X107.

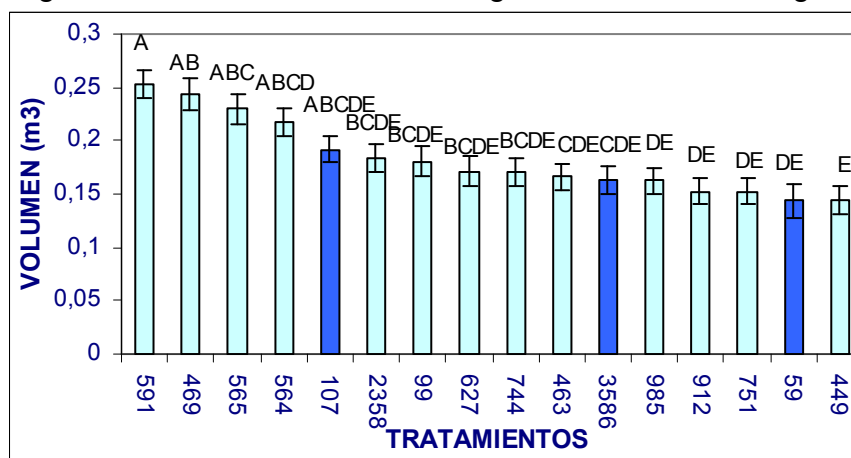
Los tratamientos X2358 y X565 presentan alturas promedio significativamente superiores a los tratamientos X744, X627, X99, X59, 3586, X449, X912, X985 y X463.

Por lo tanto, los tratamientos X591, X2358 y X565, son estadísticamente superiores a dos de los testigos (X59 y 3586), no encontrándose ningún tratamiento superior al testigo X107. Ver anexo No. 5.

4.1.1.3 Volumen

Dentro de la variable volumen, que es en definitiva la importante comercialmente, el clon X591 es superior significativamente a los tratamientos: 2358, X99, X627, X744, X463, 3586, X985, X912, X751, X59, X449, mientras que no se puede decir que existan diferencias significativas con los clones: X469, X565, X564 y X107. Esto se visualiza en la gráfica siguiente, en la cual los tratamientos que no tienen letras en común son significativamente diferentes según la prueba Tukey.

Figura No. 13: Volumen medio según tratamiento en Algorta



Los clones X591 y X469 son los únicos tratamientos superiores estadísticamente a dos de los testigos, 3586 y X59, no encontrándose diferencias con el testigo X107. Así mismo el clon X565 es significativamente superior al testigo X59, no encontrándose superioridad con respecto a los otros dos testigos.

En cuanto al error estándar no se observan grandes diferencias entre tratamientos, siendo el valor más alejado de la media de 0.013 para el clon X985. Este menor valor muestra una mayor confianza de la media como indicador estadístico, los valores de volumen individuales están cerca de la media calculada.

4.1.1.4 Sobrevivencia

Si se analiza la sobrevivencia, se encuentran también ciertas diferencias significativas entre los diferentes genotipos analizados. Los tratamientos X591, X469 y X565 son significativamente superiores a los tratamientos: X985, X912, X751, X59 y X449. Además los clones X469 y X591 son significativamente superiores a los tratamientos 3586, X463 y X744. Al mismo tiempo el clon X591 es significativamente superior a los tratamientos X627, X99 y X2358.

Por lo tanto, los clones que presentan un comportamiento superior para el caso del volumen (X591 y X469) tienen también un comportamiento estadísticamente diferencial para el caso de la sobrevivencia. Estos dos clones son para el caso de sobrevivencia, al igual que lo ocurrido para volumen, superiores estadísticamente a dos de los testigos, 3586 y X59. Ver anexo No. 6.

4.1.2 Análisis de varianza para la localidad de Tres Bocas

4.1.2.1 DAP

En el caso de la localidad de Tres Bocas, si se analiza la variable DAP se encuentran ciertas diferencias entre tratamientos. El clon X648 es diferente y superior significativamente a los clones X747, X472, X99, X591, X162, X284, X627, X763, X463, X449, X751 y X912; mientras que no se puede afirmar que existan diferencias significativas de dicho clon con los genotipos: X2358, X498, X564, X549, X942, X107, X469, X675, X985, X6, X502, 3586, X59, X744, X565 y X75.

El clon X591, que en la localidad de Algorta tuvo un comportamiento superior junto con el clon X469, no mantuvo dicha superioridad en Tres Bocas.

Es importante destacar que en esta localidad existen más genotipos que en Algorta, como ser el clon X648, que tiene en Tres Bocas un comportamiento superior a muchos tratamientos.

No se encontró ningún tratamiento superior estadísticamente a los testigos. Ver anexo No. 7.

4.1.2.2 Altura

Si se analiza la altura, el genotipo X648 es significativamente superior a los clones X449, X463, X912 y X284, no encontrándose diferencias entre dicho clon y el resto de los tratamientos. Ver anexo No. 8.

Los tratamientos X2358, X498 y X107 presentan alturas medias significativamente superiores a los tratamientos X463, X912 y X284.

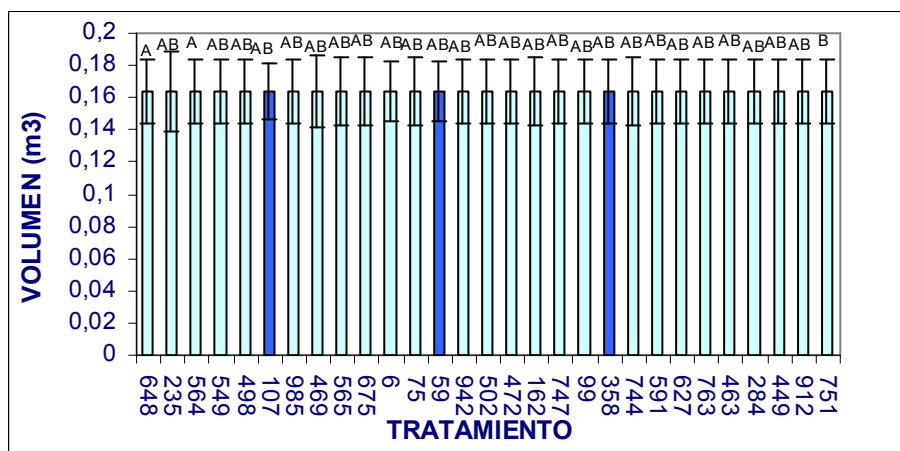
Por otro lado los clones X99 y X549 son superiores estadísticamente a los clones X912 y X284, y los tratamientos X59 y X564 son significativamente superiores al clon X284.

Por lo tanto, al igual que lo sucedido para la variable DAP, no se encontró ningún tratamiento superior estadísticamente a los testigos.

4.1.2.3 Volumen

Para el caso del volumen se encontraron pocas diferencias significativas entre los genotipos estudiados. La única diferencia significativa encontrada es la superioridad de los clones X648 y X564 con respecto al clon X751, no encontrándose diferencias significativas entre los otros tratamientos.

Figura No. 14: Volumen medio según tratamiento en Tres Bocas



Si se analiza el error estándar para esta variable, no existen grandes diferencias entre tratamientos, siendo el valor mínimo de error estándar 0.01777 para el clon X107 y el mayor valor 0.02495 en el caso del clon X2358. Estas variaciones muestran, en el caso del valor más grande de desvío estándar, menor representatividad de la media como indicador, ocurriendo lo contrario en el caso de un valor más pequeño de desvío estándar.

4.1.2.4 Sobrevivencia

En cuanto a la sobrevivencia se encontraron pocas diferencias. La única superioridad encontrada fue del clon X648 y X564 con respecto al clon X751.

Por lo tanto la situación es similar a la encontrada en el caso del volumen, lo que significa que los únicos tratamientos superiores encontrados (X648 y X564) tienen a su vez mayor capacidad de sobrevivencia con respecto al tratamiento inferior (X751). Ver anexo No.9.

4.1.3 Análisis de varianza para la localidad de Viraroes

En la localidad de Viraroes se encontraron diferencias significativas entre algunos de los tratamientos para las variables DAP, altura y volumen, no encontrándose ninguna diferencia significativa en la sobrevivencia.

4.1.3.1 DAP

Si se analiza la variable DAP, los clones X564, X469, X99, 3586 y X59, son significativamente superiores al clon X449. Así mismo los clones X564 y X469 son significativamente superiores al clon X463 y a su vez el clon X564 es significativamente superior al clon X107. Ver anexo No. 10.

Por lo tanto la única superioridad encontrada con respecto a los testigos es la del clon X564 con respecto al clon X107, a diferencia de lo ocurrido en las otras localidades donde no se encontró ningún tratamiento superior al testigo X107.

4.1.3.2 Altura

Dentro de la variable altura se encontró que los clones X564, X59 y X469, X99, X591 y X751, son significativamente superiores al clon X449. Al mismo tiempo los clones X564, X59 y X469, son significativamente superiores al clon X463. Ver anexo No. 11.

Por lo tanto, no existe ningún tratamiento significativamente superior a los testigos.

4.1.3.3 Volumen

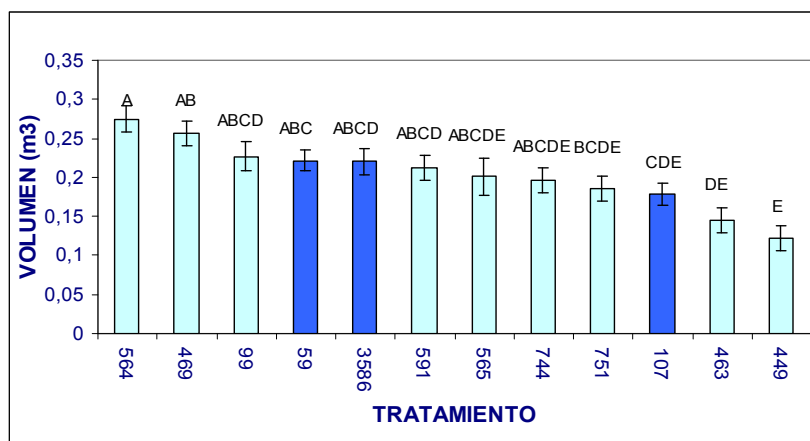
En cuanto al volumen, los clones X564, X469, X59, X99, 3586 y X591 son significativamente superiores al clon X449. Al mismo tiempo los clones X59, X469 y X564 son estadísticamente superiores al tratamiento X463.

Los clones X469 y X564 son también superiores a los clones X463, X449 y X107. Al mismo tiempo el clon X564 es estadísticamente superior al clon X751.

La única superioridad encontrada a los testigos es la de los clones X564 y X469 con respecto al clon X107, no encontrándose ningún tratamiento estadísticamente superior a los testigos X59 y 3586.

Por lo tanto en esta localidad, el clon X469 también tuvo un comportamiento superior, al igual que lo ocurrido en Algorta, con la diferencia que en Algorta es superior a los testigos X59 y 3586 y aquí en Viraroes es superior al testigo X107.

Figura No. 15: Volumen medio según tratamiento en Viraroes



En cuanto al error estándar para esta variable no existen grandes variaciones entre tratamiento siendo el valor máximo para el clon X565 (0.02382) y el mínimo valor para el clon X59 (0.01316).

4.1.3.4 Sobrevivencia

Si se analiza la sobrevivencia no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Ver anexo No. 12.

4.2 ANÁLISIS DE VARIANZA ENTRE SITIOS

En este análisis se obtuvieron resultados sobre el efecto tratamiento, el efecto localidad y sobre la interacción localidad por tratamiento para las variables: DAP, altura, volumen y sobrevivencia.

Este análisis combinado fue realizado únicamente para los tratamientos que están presentes en las tres localidades estudiadas: Viraroes, Tres Bocas y Algorta.

4.2.1 Análisis de varianza para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP)

4.2.1.1 Efecto clon

Si se analiza el efecto clon para la variable DAP se encuentra que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos en la prueba de Tukey muestran que los clones X469 y X564 son significativamente superiores a los clones: X59, X751, X463, y X449. Así mismo se encuentra otra diferencia entre tratamientos, siendo los tratamientos: X565, X591, X107, X99, X744, 3586 y X59, significativamente superiores al clon X449. Ver anexo No. 13.

Por lo tanto, los únicos tratamientos superiores significativamente a algunos de los testigos son los clones X469 y X564 con respecto al testigo X59, no encontrándose ningún tratamiento superior a los testigos 3586 y X107.

4.2.1.2 Efecto localidad

En cuanto al efecto localidad también se encuentran diferencias significativas, presentando la localidad de Tres Bocas, DAP medios significativamente inferiores a los de las localidades de Viraroes y Algorta. Ver anexo No. 14.

4.2.1.3 Interacción tratamiento x localidad

Se encontró una clara interacción tratamiento x localidad para los tratamientos estudiados. Esta variación en el ranking de tratamientos en las distintas localidades queda reflejado en el cuadro a continuación, donde se observa que en las tres localidades (Algorta, Tres Bocas y Viraroes) existe un comportamiento diferencial entre los tratamientos. Los distintos tratamientos no responden de la misma manera al cambio de ambiente, algunos clones mejoran su comportamiento cuando pasan de Algorta a Viraroes, mientras que otros se ven perjudicados ante dicho cambio de ambiente. En el caso de la localidad de Tres Bocas, el comportamiento es siempre inferior en comparación con las otras dos localidades, aunque las diferencias no son iguales para todos los tratamientos.

Cuadro No. 3: Interacción localidad x tratamiento para la variable DAP

ALGORTA		VIRARROES		TRES BOCAS
469	↘	564	↘	107
591	↘	469	↘	564
564	↘	99	↘	469
565	↘	565	↘	59
107	↘	3586	↘	3586
744	↘	59	↘	744
463	↘	591	↘	99
99	↘	744	↘	565
751	↘	751	↘	591
3586	↘	107	↘	463
59	↘	463	↘	449
449	↘	449	↘	751

En este gráfico se puede observar que algunos tratamientos tienen comportamientos muy diferentes en los distintos ambientes, mientras que otros son más plásticos, o sea tienen un comportamiento similar en los distintos ambientes. Este último caso es el de por ejemplo los clones X469 y X564, en los cuales se puede observar que las diferencias en las medias de DAP entre las tres localidades no son muy grandes en comparación con los otros tratamientos.

Si se analizan las pruebas de medias realizadas para la localidad de Algorta, el clon X591 es significativamente superior a los clones X59 y X449. Así mismo para esta localidad se encontró también que el tratamiento X469 es significativamente superior al clon X449. Ver anexo No. 15.

En el caso de Tres Bocas el tratamiento X107 obtuvo un valor medio de DAP significativamente superior al clon X751 y X449. Ver anexo No. 16.

Finalmente en Viraroes se encontraron varias diferencias entre tratamientos. El clon X564 obtuvo en promedio valores de DAP superiores significativamente a los clones X107, X463 y X449. Por otro lado el clon X469 es significativamente superior a los tratamientos X463 y X449. Ver anexo No. 17.

4.2.2 Análisis de varianza para la variable altura

4.2.2.1 Efecto clon

Si se analiza el efecto clon para la variable altura se encuentra que existen diferencias significativas entre tratamientos. Los clones X564 y X591 tienen alturas medias significativamente superiores a los clones X744, X751, 3586, X463 y X449. Por otra parte los clones X565 y X469 son superiores significativamente a los clones 3586, X463 y X449; los clones X99, X107 y X59 son superiores a los clones X463 y X449. Por último el clon X744 es superior estadísticamente al clon X449. Ver anexo No. 18.

Por lo tanto, la única superioridad encontrada sobre los testigos es la de los tratamientos X564, X591, X565 y X469 con respecto al testigo 3586.

4.2.2.2 Efecto localidad

En cuanto al efecto localidad se encontraron también diferencias significativas. Al igual que lo ocurrido con la variable DAP, la localidad de Tres Bocas obtuvo una altura media significativamente inferior a Viraroes y Algorta, no encontrándose entre estas dos últimas localidades diferencias significativas. Ver anexo No. 19.

4.2.2.3 Interacción localidad x tratamiento

Existe interacción localidad x tratamiento para la variable altura, al igual que lo encontrado para DAP.

En el siguiente cuadro se muestra la altura media según tratamiento para las diferentes localidades de modo de poder visualizar claramente dicha interacción.

Cuadro No. 4: Interacción localidad x tratamiento para la variable altura

ALGORTA		VIRAROE		TRES BOCAS
591	↘	564	↘	99
565	↗	469	↗	107
469	↘	59	↘	59
564	↗	99	↗	564
107	↘	591	↘	565
751	↗	565	↗	591
744	↘	751	↘	469
99	↗	744	↗	744
59	↘	107	↘	3586
3586	↗	3586	↗	751
449	↘	463	↘	449
463	↗	449	↗	463

Como queda reflejado en el cuadro, existe una inconsistencia en los resultados al variar los tratamientos de ambiente, algunos tratamientos presentan un comportamiento superior en Algorta en comparación con Viraroes, mientras que otros por el contrario, presentan un comportamiento superior en Viraroes que en Algorta.

En el caso de la localidad de Tres Bocas, los tratamientos presentan en todos los casos un comportamiento inferior, aunque existe una variación en las diferencias de alturas según los tratamientos, algunos tratamientos tienen en Tres Bocas una altura más cercana a los promedios de alturas de las otras dos localidades (Viraroes y Algorta), mientras que otros están más alejados.

Por otro lado se puede observar que existen tratamientos que tienen promedios de alturas entre las tres localidades bastantes alejados, mientras que otros son algo más plásticos y se comportan de manera más uniforme en las diferentes localidades, aunque no se encontró ningún tratamiento que se comporte de manera uniforme en las tres localidades, por lo tanto no hay ningún tratamiento totalmente plástico.

Si se analiza los datos obtenidos en la prueba de medias para la localidad de Algorta, se encontró que el clon X591 es significativamente superior en altura a los tratamientos: 3586, X449 y X463. Así mismo se encontró que el clon X565 es significativamente superior al clon X463. Ver anexo No. 20.

En cuanto a la localidad de Tres Bocas, se encontró que los clones X99 y X107 son significativamente superiores a los tratamientos: X751, X449 y X463; y los tratamientos X59 y X564 son significativamente superior al clon X463. Ver anexo No. 21.

Por último para la localidad de Viraroes se encontró que los tratamientos X564 y X59 son significativamente superiores a los clones X463 y X449; y los clones X469, X99 y X591 son significativamente superiores al clon X449. Ver anexo No. 22.

4.2.3 Análisis de varianza para la variable volumen

4.2.3.1 Efecto clon

Al igual que lo ocurrido en las otras dos variables anteriormente analizadas, se encontraron diferencias significativas para el efecto clon para el caso del volumen.

El clon X564 resultó significativamente superior a los tratamientos: X107, 3586, X59, X744, X463, X751 y X449.

El clon X 469 es significativamente superior a los tratamientos: 3586, X59, X744, X463 X751 y X449.

Los clones X591 y X565 son significativamente superiores a los clones X463, X751 y X449.

Por último el clon X99 es significativamente superior a los tratamientos X751 y X449; y los tratamientos X107, 3586, X59 y X744 son significativamente superiores al clon X449.

Por lo tanto, el único tratamiento superior estadísticamente a los tres testigos es el clon X564. El clon X469 es superior únicamente a los testigos X59 y 3586. Ver anexo No. 23.

4.2.3.2 Efecto localidad

En cuanto al efecto localidad también se encontraron diferencias significativas. Al igual que lo encontrado en el análisis de las otras dos variables (DAP y altura), la localidad de Tres Bocas presenta volúmenes significativamente inferiores a los de Viraroes y Algorta, no encontrándose diferencias significativas entre estas últimas. Ver anexo No. 24.

4.2.3.3 Interacción localidad x tratamiento

Se encontró, al igual que para las otras dos variables analizadas anteriormente (DAP y Altura), interacción localidad tratamiento para el volumen. Existe por lo tanto un cambio en el ranking de tratamientos entre las distintas localidades, siendo esto reflejado en el cuadro a continuación.

Cuadro No. 5: Interacción localidad x tratamiento para la variable volumen (m^3)

ALGORTA		VIRAROE		TRES BOCAS
591	→	564	→	564
469	→	469	→	107
565	→	99	→	469
564	→	59	→	59
107	→	3586	→	565
99	→	591	→	99
744	→	565	→	3586
463	→	744	→	744
3586	→	751	→	591
751	→	107	→	463
449	→	463	→	449
59	→	449	→	751

Como puede observarse en este cuadro, sucede algo similar a lo ocurrido con altura y DAP, hay tratamientos que se comportan mejor en Viraroes, mientras que otros en Algorta.

Se observa que existen tratamientos que tienen grandes variaciones en su comportamiento en los tres ambientes estudiados, mientras que otros son más plásticos y tienen un comportamiento más homogéneo como ocurre en el caso de los clones X469, X744 y X449.

El clon X591, el cual se encontró superior a los tres testigos, no presenta un comportamiento muy plástico, teniendo valores promedios de volumen de $0.2 m^3$ en Viraroes, $0.23 m^3$ en Algorta y $0.091 m^3$ en Tres Bocas.

Si se analiza la prueba de medias de Tukey, se encontró para el caso de la localidad de Algorta, que el clon X591 es significativamente superior a los tratamientos: X744, X463, 3586, X751, X449 y X59. Para la misma localidad se encontró también superioridad del clon X469 con respecto a los clones X751, X449 y X59, y del clon X565 con respecto al X449. Ver anexo No. 25.

En cuanto a la localidad de Tres Bocas, la única diferencia significativa encontrada fue de los clones X564 y X107 con respecto al clon X751. No se encontró ningún tratamiento superior a los testigos. Ver anexo No. 26.

Por último en la localidad de Viraroes el clon X564 es significativamente superior a los clones: X751, X107, X463 y X449. También se encontró que el clon X469 es significativamente superior a los clones X107, X 463 y X449; y el clon X59 superior a los clones X463 y x449. Por lo tanto los tratamientos X565 y X469 son superiores al testigo X107, no encontrándose ningún tratamiento superior a los testigos 3586 y X59. Ver anexo No. 27.

4.2.4 Análisis de varianza para la variable sobrevivencia

4.2.4.1 Efecto clon

Se encontraron diferencias significativas para el efecto clon en la variable sobrevivencia, al igual que lo ocurrido en las variables anteriormente analizadas.

Los clones X751, X463 y X449 tienen en promedio una sobrevivencia significativamente superior a los tratamientos 3586 y X469. A su vez el clon X751 es significativamente superior al clon X565. Ver anexo No. 28.

No se encontró ninguna diferencia significativa en la sobrevivencia del clon X564, el cual fue el único tratamiento superior a los tres testigos para volumen.

En cuanto al clon X469, superior a dos de los testigos para volumen, tuvo menor sobrevivencia que algunos tratamientos (X751, X463 y X449).

4.2.4.2 Efecto localidad

A diferencia de lo ocurrido en las variables anteriormente analizadas, se encontró que en la localidad de Algorta la sobrevivencia es significativamente inferior a las localidades de Viraroes y Tres Bocas, no encontrándose diferencias entre estas dos últimas. Ver anexo No. 29.

Esta menor sobrevivencia encontrada en Algorta podría ser causa del clima más desfavorable para el crecimiento vegetal en las primeras etapas del crecimiento de las plantaciones, con mayor ocurrencia de heladas, veranos más secos e inviernos con mayores precipitaciones en comparación con las otras dos localidades.

4.2.4.3 Interacción localidad x tratamiento

Se encontró interacción localidad x tratamiento para la variable sobrevivencia. Existen tratamientos que tienen mayor sobrevivencia en Algorta (X107 y X751), otros en Viraroes (X59, X449, X469 y 3586), mientras que otros tienen mayor sobrevivencia en Tres Bocas (X99, X463, X564, X565 y X591). Este comportamiento se visualiza en el gráfico presentado a continuación.

Cuadro No. 6: Interacción tratamiento x localidad para la variable sobrevivencia

ALGORTA		VIRAROES		TRES BOCAS
751	→	449	→	449
463	→	463	→	463
107	→	59	→	99
449	→	751	→	751
591	→	99	→	564
564	→	107	→	591
565	→	591	→	107
3586	→	469	→	59
99	→	564	→	565
59	→	3586	→	469
469	→	565	→	3586

En el cuadro se observa que existen tratamientos que tienen un comportamiento similar en las distintas localidades, como ser los clones X463 y X449, mientras que otros por el contrario tienen grandes variaciones en la sobrevivencia entre las distintas localidades.

Si se analiza la prueba de medias de Tukey se encuentran pocas diferencias significativas entre tratamientos para la sobrevivencia. La única diferencia encontrada es para el caso de la localidad de Algorta, en la cual el clon X751 tiene una sobrevivencia significativamente superior al clon X469. Para el caso de Tres Bocas y Viraroes no fueron encontradas ninguna diferencia significativa entre tratamientos para esta variable. Ver anexo No. 30, 31 y 32.

4.3 CORRELACION ENTRE VARIABLES

Según Balmelli (2001) el volumen por árbol y el DAP tienen similares niveles de control genético y están altamente correlacionados, sugiriendo que después del tercer año el DAP puede ser usado como criterio de selección, siendo una clara oportunidad para reducir costos y tiempo, sin sacrificar ganancias por volumen.

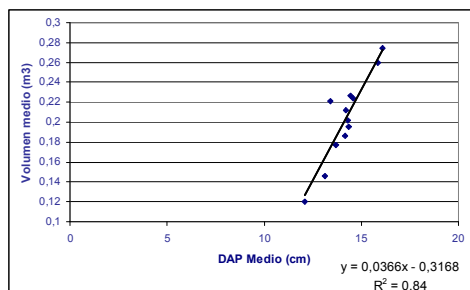
Si esta correlación es alta se podría hacer una selección por DAP sin tener que realizar mediciones de altura y factor de forma, lo cual implicaría una simplificación importante, reduciendo no solo el tiempo sino también los costos.

Por esta razón se realiza a continuación un análisis de la correlación existente entre el DAP y el volumen y entre la altura y el volumen, de modo de ver si en las condiciones de los ensayos analizados se cumple la afirmación citada por Balmelli (2001).

4.3.1 Correlación entre variables en la localidad de Viraroes

En la localidad de Viraroes se encontró una correlación relativamente alta entre DAP y volumen, con un coeficiente de correlación R^2 de 0.84. Esta relación se muestra en el gráfico a continuación.

Figura No. 16: Correlación entre DAP y volumen en Viraroes



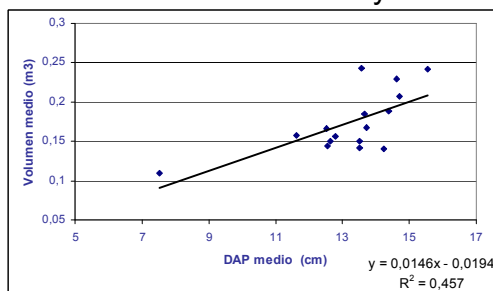
Como muestra el gráfico las dos variables analizadas tienen una relación lineal positiva.

Si este mismo análisis se realiza con la altura y volumen, la correlación disminuye, presentando un coeficiente de correlación de 0.54. Ver anexo No. 33.

4.3.2 Correlación entre variables en la localidad de Algorta

En Algorta se encontró una correlación relativamente baja entre el DAP y el volumen, presentando un coeficiente de correlación R^2 de 0.457. A continuación se grafica la relación existente entre estas dos variables.

Figura No. 17: Correlación entre DAP y volumen en Algorta

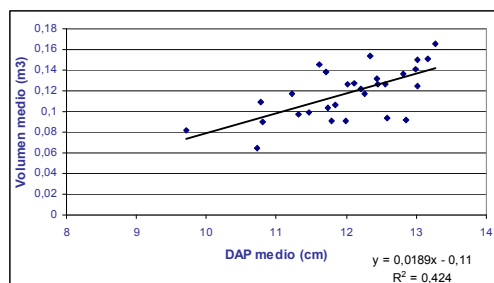


Si se relaciona la altura con el volumen la correlación es aún menor, con un valor del coeficiente de correlación R^2 de 0.3. Ver anexo No. 34.

4.3.3 Correlación entre variables en la localidad de Tres Bocas

En la localidad de Tres Bocas se encontró una correlación relativamente baja entre DAP y volumen, encontrándose un coeficiente de correlación R^2 de 0.424. Esto se visualiza en el gráfico presentado a continuación.

Figura No. 18: Correlación entre DAP y volumen en Tres Bocas



En cuanto a la relación entre altura y volumen esta es aún más baja, presentando un coeficiente de correlación R^2 de 0.2408. Ver anexo No. 35.

Por lo tanto este análisis muestra que la correlación entre DAP y volumen es baja en la mayoría de los casos, con excepción de la localidad de Viraroes que es relativamente alta. Esta baja correlación podría ser causada debido a la variación del factor de forma o de la altura de los distintos tratamientos en estudio. En el cálculo del volumen, como se mencionó en el capítulo anterior, se utilizó la fórmula:

$$\text{Volumen} = \left(\frac{\pi}{4}\right) * \text{DAP}^2 * \text{Altura total} * \text{FF}$$

En dicha fórmula se utilizó el factor de forma calculado para cada tratamiento. Por lo tanto si existen grandes variaciones en el factor de forma de los distintos tratamientos, la correlación entre las variables DAP y volumen van a disminuir.

Por otro lado, se observó en todos los casos una menor correlación de la altura con el volumen en comparación del diámetro.

Por lo tanto, en el caso de los ensayos analizados, no sería conveniente realizar una selección por DAP debido a que los tratamientos seleccionados quizás no se correspondan con los tratamientos de mayor rendimiento volumétrico por presentar una baja correlación entre estas dos variables.

4.4 EVOLUCIÓN DE DAP Y ALTURA

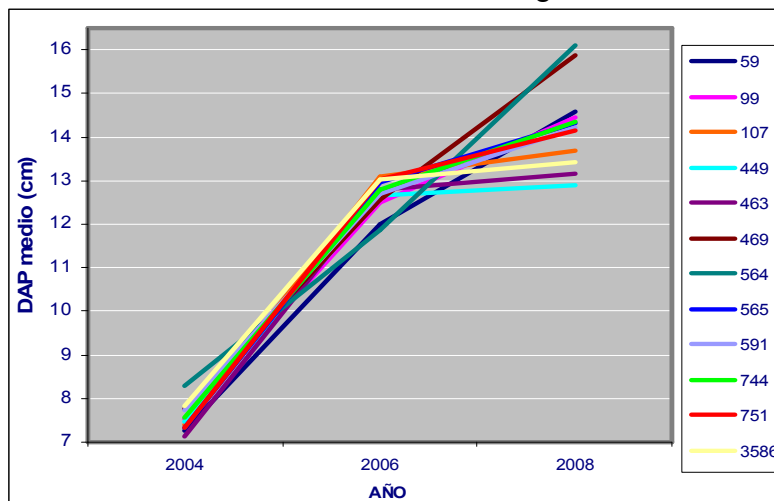
Previo a las mediciones realizadas en setiembre del 2008, la empresa Forestal Oriental realizó dos mediciones en los tres ensayos evaluados. Estas fueron realizadas en los años 2004 y 2006.

Por lo tanto se tienen tres mediciones para cada ensayo, lo cual permite realizar un análisis de la evolución de las variables DAP y Altura. A continuación se muestran los resultados de este análisis para cada una de las localidades en estudio.

4.4.1 Evolución de DAP y altura en la localidad de Viraroes

Si se analiza la variación del diámetro a la altura del pecho (DAP) desde la primera medición, realizada en el año 2004, hasta la última medición en el año 2008, se observan algunos cambios en el ranking. Esto se visualiza en el gráfico a continuación.

Figura No. 19: Variación de DAP entre años según tratamiento en Viraroes



Si se analiza el gráfico, en el año 2004 el mejor clon es el X564, siguiéndole los tratamientos 3586, X469, X591.

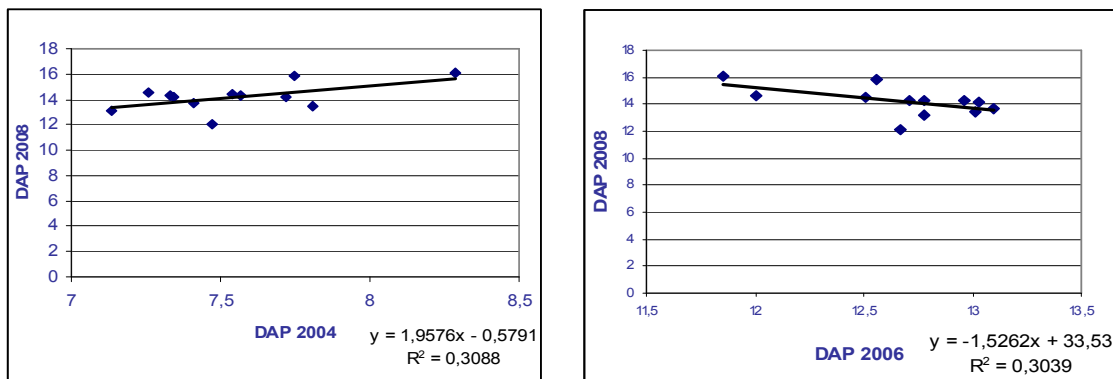
En el año 2006 el clon de mayor DAP promedio es el X107, siguiéndole el X751, 3586 y X565. Mientras que el tratamiento de menor DAP promedio es el X564, el cual tenía el mejor comportamiento en el año 2004. Por lo tanto existe una variación en el ranking si se compara con los resultados obtenidos en el año 2004.

Finalmente en el año 2008 también existe un cambio en el ranking con respecto a los años anteriores. El clon que obtuvo mayor DAP promedio fue el X564, al igual que lo ocurrido en el 2004, siguiéndole a estos los tratamientos X469, X59, X99 y X744.

Por lo tanto existe una variación en el ranking de tratamientos si se analiza el DAP promedio en los tres años evaluados, por lo que una selección temprana de tratamientos no sería representativa del comportamiento final de los clones.

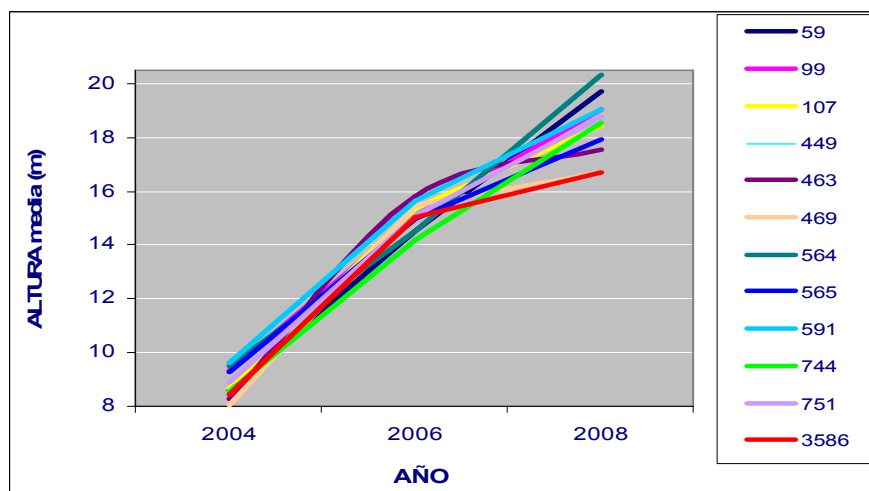
Si se estudia la correlación entre el DAP medio del 2004 con el del 2008 y el DAP medio del 2006 con el 2008, los valores del coeficiente de correlación R^2 son prácticamente iguales, mostrando en ambos casos una correlación baja. A continuación se muestran los gráficos que representan estas relaciones.

Figura No. 20: Correlación entre DAP 2004–2008 y 2006–2008 en Viraroes



En el caso de la altura, también se observó un cambio en el ranking durante los años evaluados. A continuación se grafica la evolución de la altura promedio por tratamiento en el período evaluado.

Figura No. 21: Variación de la altura entre años según tratamiento en Viraroes



En el gráfico presentado anteriormente se observa que en el año 2004 el clon que obtuvo mayor altura promedio fue el X591, a este le siguen los tratamientos X564, X99, X565, X751.

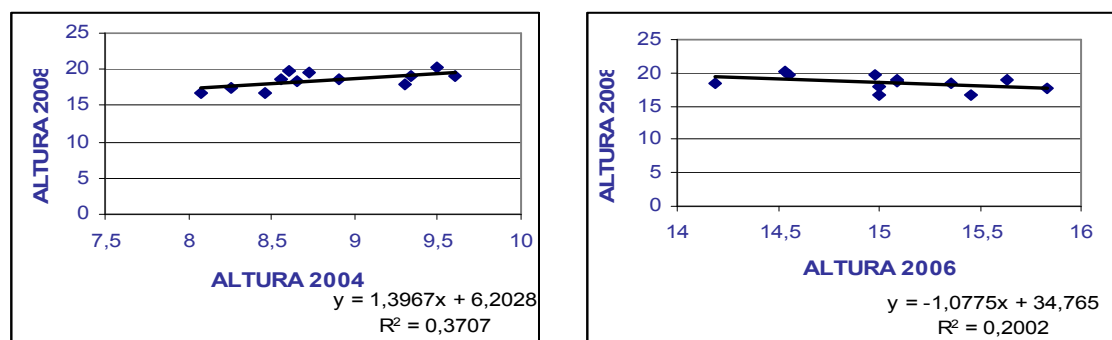
En el año 2006, el clon con mayor altura promedio fue el X463 y seguido de los tratamientos: X591, X449, X107 y X99.

Finalmente en la última medición realizada en el año 2008, el tratamiento con mayor altura promedio es el X564, y siguiendo a este los tratamientos X59, X469 y X99.

El tratamiento X564, de mayor altura en el año 2008, ocupa el segundo puesto en el ranking en el año 2004 y el penúltimo en el año 2006.

Si se correlaciona la altura promedio del año 2004 con la del 2008 y la altura promedio del 2006 con la del 2008, los coeficientes de correlación indican una menor correlación entre las mediciones 2006 – 2008 con respecto a las 2004 – 2008, aunque en ambos casos las correlaciones son débiles. Esto se visualiza en los gráficos a continuación donde se muestran las relaciones existentes entre estas variables.

Figura No. 22: Correlación entre altura 2004–2008 y 2006–2008 en Viraroes



Por lo tanto este análisis demuestra, que si se seleccionaran tempranamente los mejores clones, ya sea por DAP o altura, estos no se corresponderían con los mejores a turno final, pudiendo quedar fuera de la selección tratamientos con excelentes comportamientos finales que no demuestran su potencial al inicio del análisis. Por ejemplo si se seleccionara el 50% de los tratamientos para el caso de la altura, en el año 2004, quedaría fuera del grupo seleccionado el tratamiento X59 y X744, los cuales se encuentran entre los 6 tratamientos mejores en el año 2008.

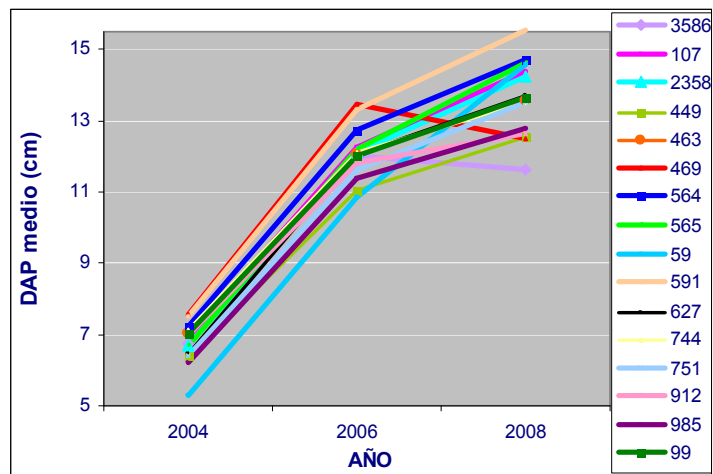
Cabe destacar que en este análisis el criterio de selección más importante sería el volumen y no la altura y DAP por separado, pero esto no fue posible ya que no se cuenta con datos reales de factor de forma para los años 2004 y 2006.

4.4.2 Evolución de DAP y altura en la localidad de Algorta

En el caso de la localidad de Algorta la situación es similar a la analizada anteriormente en Viraroes, también existen variaciones en el posicionamiento de los distintos tratamientos al analizar las mediciones realizadas en los tres años.

Si se analiza el DAP, existe una coincidencia entre los tres tratamientos superiores de las mediciones del año 2004 y 2006. En estos dos años el clon X469 es el de mayor DAP promedio siguiendo a este el clon X591 y luego el X564. Esto se visualiza en el gráfico presentado a continuación.

Figura No. 23: Variación de DAP entre años según tratamiento en Algorta



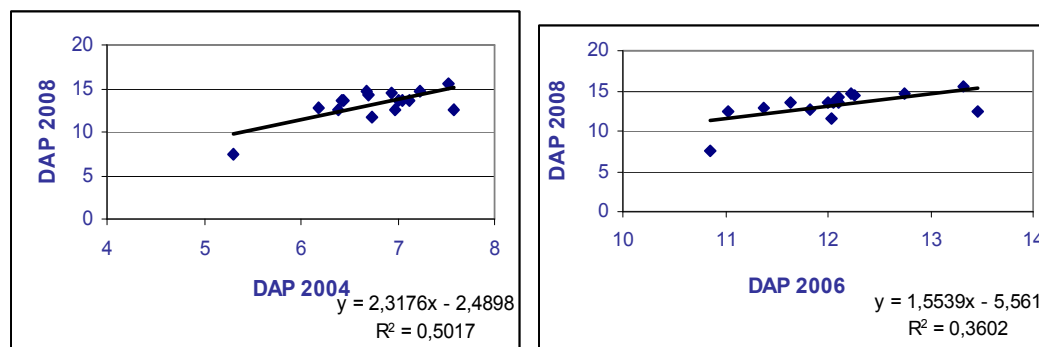
Este comportamiento no se mantiene en el 2008, por el contrario el clon X469, el de mayor DAP en las mediciones anteriores, se encuentra entre los de menor DAP en este año. Pero los clones X591 y X564 si se mantienen dentro de los de mayor DAP.

El clon X565 se encuentra en tercer lugar en el año 2008, mientras que en el 2004 ocupaba el puesto número once y en el 2006 el quinto lugar. Por debajo de este clon se ubican los clones X107 y X2358 ocupando el cuarto y quinto lugar respectivamente en el año 2008.

Si se estudian las correlaciones entre los DAP del 2004 con los del 2008, y los DAP del 2006 con los del 2008, el coeficiente de correlación es más elevado para el caso de la relación DAP 2004 – 2008 que para 2006 – 2008, aunque ambos valores son relativamente bajos. A continuación se grafican las

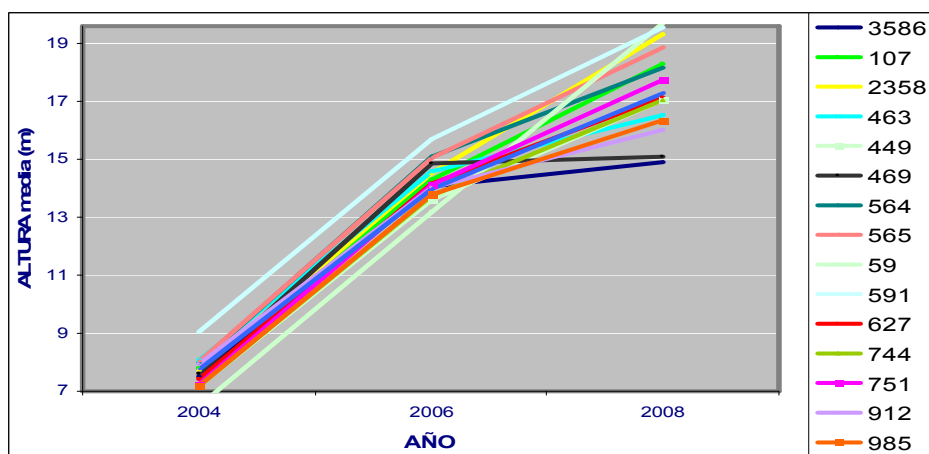
relaciones entre estas variables con sus correspondiente coeficientes de correlación R^2 .

Figura No. 24: Correlación entre DAP 2004 –2008 y 2006–2008 en Algorta



Si se analiza la altura en Algorta también existen variaciones en el ranking, aunque se observa que la mayoría de los tratamientos que se encuentran dentro del 50 % superior en el 2004 se mantienen en el 2008 salvo excepciones.

Figura No. 25: Variación de altura entre años según tratamiento en Algorta



En este gráfico se observa que en el año 2004 el tratamiento de mayor altura promedio es el X591, seguido de los tratamientos X463, X565 y X564.

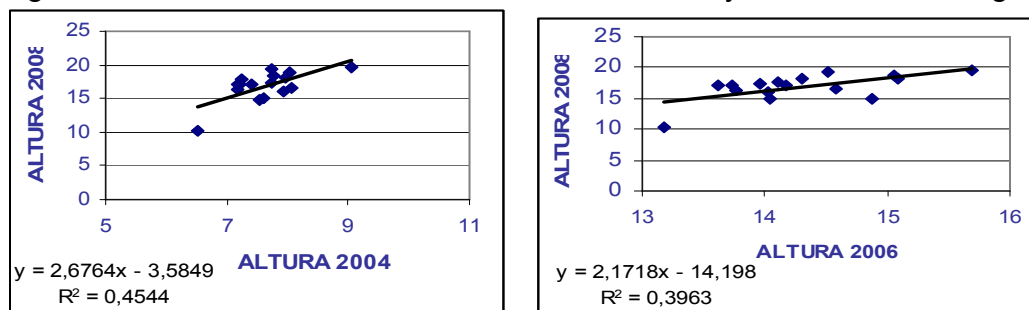
Si se observa el año 2006, el clon X591 mantiene su superioridad siguiéndole a este los tratamientos X564, X565, X469 y X463.

Finalmente si se analiza el año 2008, el clon X591 sigue manteniendo su superioridad y seguido a este se encuentran los tratamientos X2358, X565, X107 y X564.

Por lo tanto para el caso de la altura en Algorta se observan ciertas variaciones en el ranking de los tratamientos, pero existen ciertas coincidencias entre las tres mediciones realizadas. El clon X591 es en todos los casos el de mayor altura promedio.

Si se analiza la correlación entre la altura de los distintos tratamientos entre los años 2004 – 2008 y 2006 – 2008, se observa que la correlación es un poco menor entre los años 2006 y 2008 con respecto a la 2004 – 2008, aunque en ambos casos los coeficientes de correlación R^2 son muy bajos. A continuación se grafica la relación entre estas variables.

Figura No. 26: Correlación entre altura 2004–2008 y 2006–2008 en Algorta

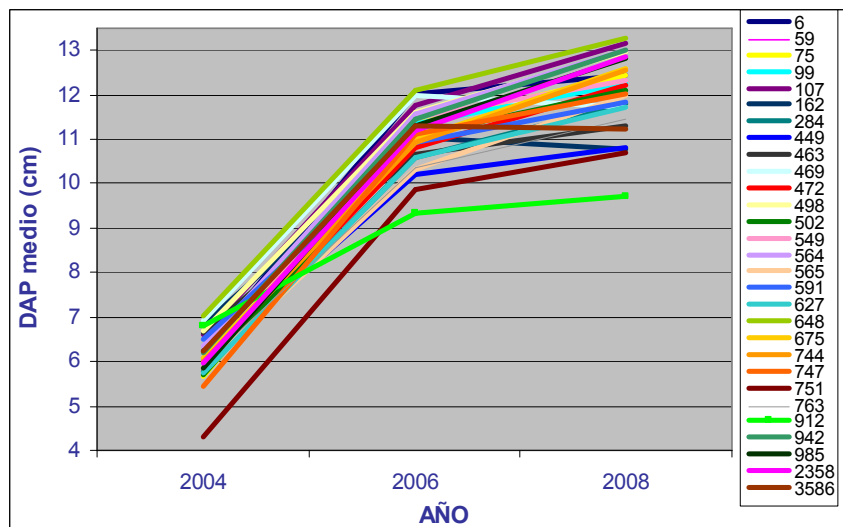


Si se hubieran seleccionado en el año 2004 la mitad de los tratamientos, se hubieran seleccionado casi todos los tratamientos superiores del año 2008, con excepción de los tratamientos X751 y X627 que no entran entre los mejores en el año 2004, pero si se encuentran entre la mitad superior en el año 2008; y se hubieran seleccionado los tratamientos X463 y X912 que no entran dentro de los tratamientos superiores en el año 2008.

4.4.3 Evolución de DAP y altura en la localidad de Tres Bocas

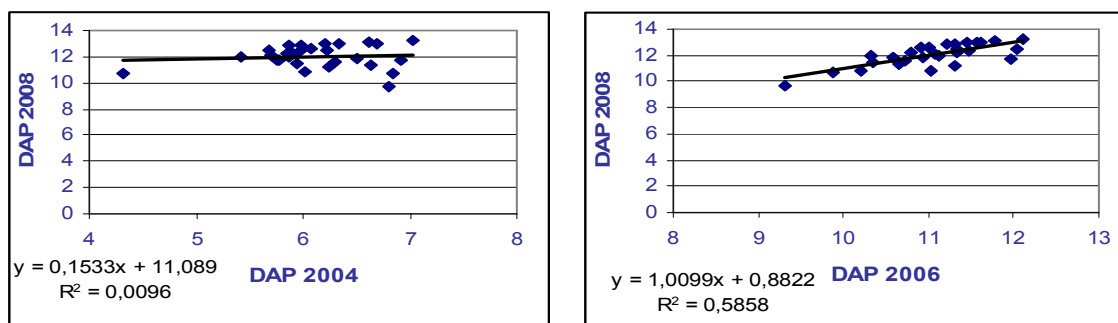
Si se analiza la evolución del DAP en la localidad de Tres Bocas se observa, al igual que en los otros dos sitios estudiados, que existe una variación en el ranking de los tratamientos entre los años estudiados, aunque en este caso se mantiene el clon X648 como el de mayor DAP promedio durante el período evaluado. Esta situación se observa en el gráfico presentado a continuación.

Figura No. 27: Variación de DAP entre años según tratamiento en Tres Bocas



Si se correlacionan los valores de DAP 2004 con los del 2008 y los del 2006 con los del 2008, se observa que la correlación de DAP 2006 – 2008, es bastante más alta que la del 2004 – 2008. Este comportamiento se observa en el gráfico a continuación.

Figura No. 28: Correlación entre DAP 2004–2008 y 2006–2008 en Tres Bocas



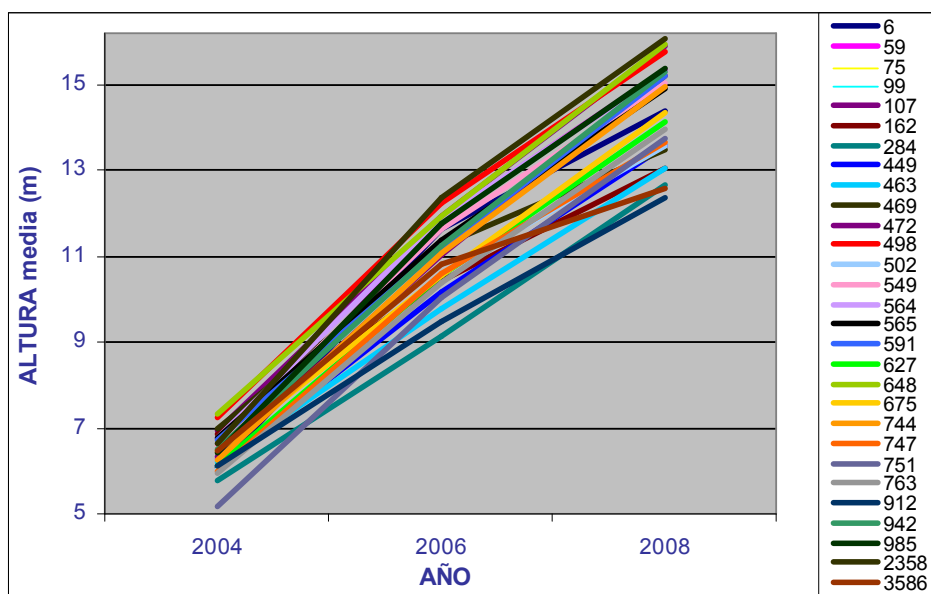
Si se observan los diez mejores tratamiento en el 2008 se observa que estos no son los mismos que en el 2004. Solo cuatro de los tratamientos que pertenecen a los diez superiores en el 2008 también pertenecen a este grupo en la medición del 2004, estos son los tratamientos X648, X107, X564 y X498.

Si este mismo análisis se realiza comparando los resultados de las mediciones del 2006 y 2008 son cinco los tratamientos que pertenecen a los

diez mejores en el 2006 y se mantienen en este grupo en el 2008. Estos tratamientos son los tratamientos X648, X107, X498, X564 y X942.

En el caso de la altura también existe una variación en el ranking entre los tres años evaluados. Esto se visualiza en el gráfico mostrado a continuación.

Figura No. 29: Variación de altura entre años según tratamiento en Tres Bocas



En el año 2004 hay cinco tratamientos que pertenecen a los diez superiores y se mantienen en el 2008, estos son los tratamientos X498, X107, X564, X99 y X2358.

Por otro lado en el 2006 hay ocho tratamientos que pertenecen a los diez mejores y se mantienen en el 2008, estos son los tratamientos X2358, X99, X498, X648, X107, X564, X59 y X985.

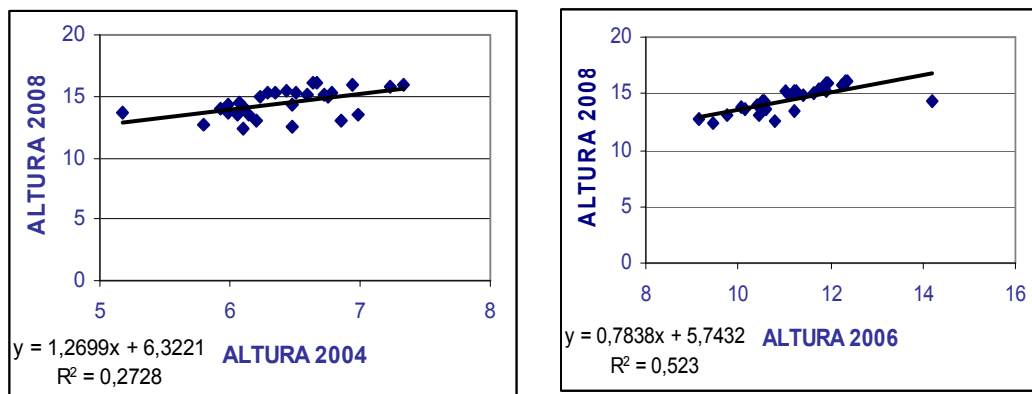
Los tratamientos X942 y X472, que pertenecen a los diez mejores en el 2008, ocupan el lugar doce y dieciséis respectivamente en el 2004 y también en el 2006.

Por lo tanto existe en todos los casos analizados una variación en el ranking entre años.

Si se analizan las correlaciones de la altura de los distintos tratamientos entre los años 2004 – 2008 y 2006 – 2008, se observa que hay una mayor

correlación entre las alturas 2006 – 2008 con respecto a la 2004 – 2008. Esto se visualiza en el gráfico a continuación donde se muestran los respectivos coeficientes de correlación R^2 , los cuales en ambos casos indican correlaciones relativamente débiles.

Figura No. 30: Correlación entre altura 2004–2008 y 2006-2008 en Tres Bocas



Por lo tanto este análisis muestra que en todos los casos las correlaciones entre las mediciones del 2004 y las del 2006 con respecto a las del 2008 son bajas, mostrando coeficientes de correlación menores a 0.6 en todos los caso.

Por otro lado en algunos casos se observan mayores correlaciones entre las medidas 2004 con respecto a las 2008, en otros se encontró mayor coincidencia entre las medidas de 2006 con respecto a las del 2008, mientras que en otros casos las correlaciones son iguales entre ambos años. Por lo tanto no se desprende ninguna conclusión consistente de este análisis.

Lo que si se observa es que tanto las mediciones del año 2004 como las del 2006, son muy tempranas y no son precisas para realizar selecciones en estas etapas de desarrollo del cultivo. Si se realizaran selecciones en estas etapas se dejarían fuera en muchos casos, clones de gran potencial que no alcanzan a mostrarlo en etapas tempranas del ciclo. Para evitar esto se podrían realizar selecciones tempranas con un mayor número de tratamientos, para evitar dejar fuera de la selección poblaciones de alto rendimiento que no muestran su potencial hasta cierta etapa del ciclo de desarrollo.

Es importante destacar que no se cuentan con mediciones a turno final, las cuales son importantes para determinar si el comportamiento a los seis años se sigue manteniendo a turno final o si existen cambios en el ranking.

La mayor parte de las publicaciones sobre la mayoría de las especies indica que no puede obtenerse una estimación confiable del rendimiento de genotipos individuales maduros sino hasta casi la mitad de la edad de rotación (Wakeley y Franklin, citados por Zobel y Talbert, 1992).

4.5 ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE CORTEZA

El volumen sin corteza es en definitiva el volumen importante comercialmente, por lo tanto si un clon tiene un rendimiento volumétrico con corteza alto, pero cuando se estudia su porcentaje de corteza este también es alto, puede dejar de ser considerado de alto rendimiento por tener un volumen sin corteza bajo.

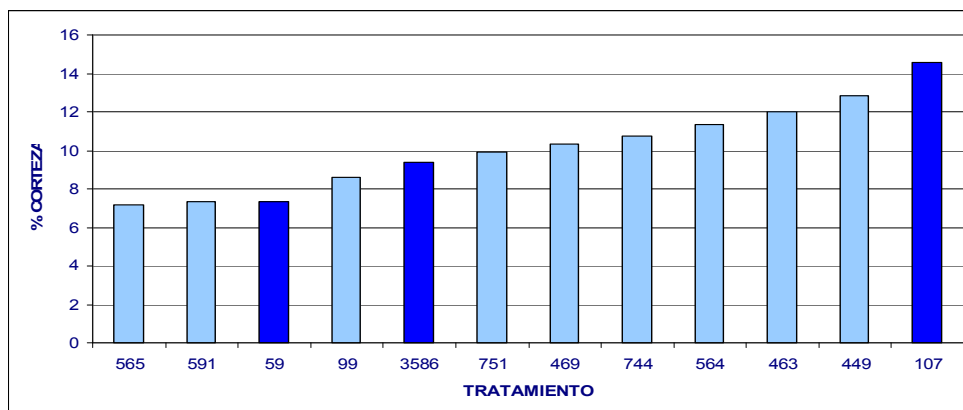
Por otro lado existen “taras” genéticas que producen individuos defectuosos con altos porcentajes de corteza y estos deben ser cuantificados para poder ser eliminado del programa de mejoramiento.

Por estas razones es importante conocer el porcentaje de corteza de los distintos genotipos. A continuación se realiza un análisis del porcentaje de corteza de cada tratamiento para cada uno de los sitios analizados.

4.5.1 Porcentaje de corteza en la localidad de Viraroes

En la localidad de Viraroes se encontró que el clon X107 es en promedio el de mayor porcentaje de corteza, con una media de 14.54%. El clon X565, es por el contrario el de menor porcentaje de corteza con una media de 7.18%. Esta variación en el porcentaje de corteza según los distintos clones estudiados se visualiza en el gráfico a continuación.

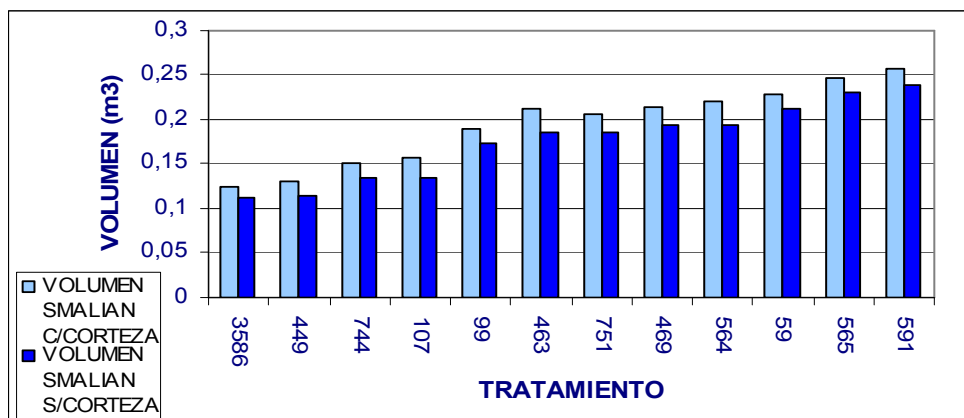
Figura No. 31: Porcentaje de corteza según tratamiento para la localidad de Viraroes.



Considerando datos de referencia, que indican que para la especie *Eucalyptus grandis* de 15 a 20 cm. de DAP, se espera un porcentaje de corteza de 15 % (FAO, 1981), el porcentaje de corteza del clon X107 (14.54%), esta dentro de los rangos esperables, teniendo en cuenta que el DAP medio de este clon es de 14 cm. Por el contrario, el clon X565, que tiene un DAP medio de 17.9 cm. tiene un bajo porcentaje de corteza (7.18%), si se compara con estos datos de referencia.

Esta variación en el porcentaje de corteza produce algunos cambios en el ranking de tratamientos cuando se analiza el volumen sin corteza en comparación con el volumen con corteza calculado en etapas anteriores. Estas variaciones son visualizadas en el gráfico a continuación donde se muestra el volumen con y sin corteza para cada uno de los tratamientos.

Figura No. 32: Volumen Smalian con y sin corteza según tratamiento en la localidad de Viraroes



Este gráfico muestra que existen ciertos cambios en el ranking de volumen según clon cuando se analiza el volumen sin corteza en comparación con el volumen con corteza.

Los clones X751 y X463 ocupan las posiciones seis y siete respectivamente cuando se analiza el volumen con corteza en forma ascendente; mientras que si se analiza el volumen sin corteza la posición número seis la ocupa el clon X463 y la siete el clon X751. No existe variación en el ranking entre el resto de los clones analizados.

Por lo tanto, más allá que existan variaciones en el porcentaje de corteza, en este caso no se modifica prácticamente la posición en el ranking de los mejores tratamientos. Por ejemplo, si se selecciona el 50% de los tratamientos con mayor volumen sin corteza, lo cual corresponde a los seis mejores, los cinco

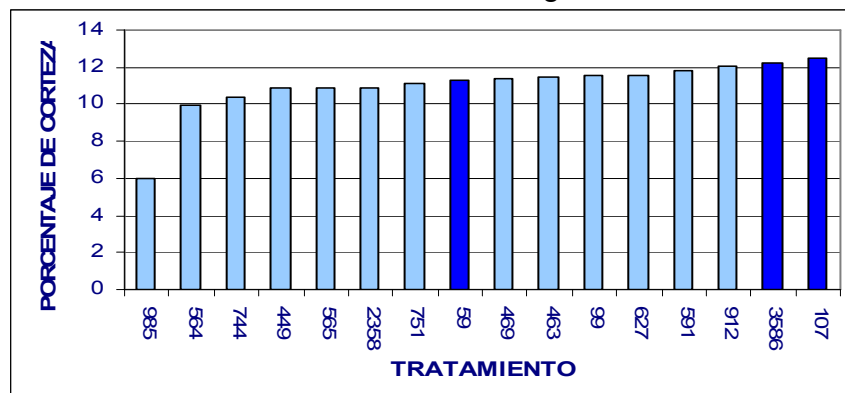
tratamientos con mayor volumen sin corteza son los mismos que si se analiza el volumen con corteza, mientras que el sexto lugar si cambia si se compara el volumen con y sin corteza.

Si se analiza el coeficiente de correlación para la relación volumen con y sin corteza, este es muy alto, siendo R^2 de 0.9926, lo cual indica una relación muy directa entre estas dos variables. Ver anexo No. 36

4.5.2 Porcentaje de corteza en la localidad de Algorta

En la localidad de Algorta el clon X107 nuevamente presentó mayor porcentaje de corteza en promedio, al igual que lo sucedido en Viraroes. Por otro lado, el clon X985 es el de menor porcentaje de corteza promedio.

Figura No. 33: Porcentaje de corteza según tratamiento en la localidad de Algorta



El clon X107, tiene un 12.5 % de corteza y un DAP medio de 14.38, lo cual es un poco menor que el porcentaje de corteza que indica FAO (1981) para *Eucalyptus grandis* de 15 – 20 cm. de DAP (15 %). También es menor a lo indicado por Van Laar (citado por FAO 1981) que indica un porcentaje de corteza promedio de 16.3 % para *Eucalyptus grandis* de 15 m. de altura y 15 cm. de DAP.

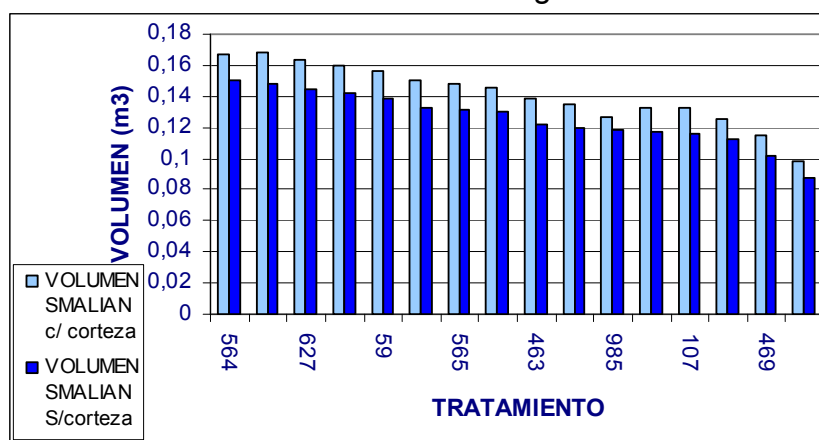
Si se analiza el ranking en el porcentaje de corteza existen ciertas diferencias entre Viraroes y Algorta. Por ejemplo el clon X565, que fue el de menor porcentaje de corteza media en Viraroes, ocupa la posición quinta en esta localidad.

Al igual que lo sucedido en Viraroes, la variación en el porcentaje de corteza según tratamiento produce una variación en el ranking de volumen según clon cuando se analiza el volumen con y sin corteza.

Si se analiza el volumen con corteza, el tratamiento con mayor volumen es el 3586 y en segundo lugar el clon X564; mientras que cuando se analiza el volumen sin corteza el clon de mayor volumen en promedio es el X564 siguiéndole a este el tratamiento 3586.

Por otro lado los clones X912, X107 y X985 ocupan las posiciones número once, doce y trece respectivamente cuando se analiza el volumen con corteza, mientras que cuando se analiza el volumen sin corteza el puesto número once lo ocupa el clon X985, el doce el clon X912 y el trece el clon X107. Estas variaciones entre el volumen con y sin corteza se visualizan en el gráfico a continuación.

Figura No. 34: Volumen Smalian con y sin corteza según tratamiento en la localidad de Algorta



Si se hace el mismo análisis que el realizado en Viraroes, donde se supone que se selecciona el 50% de los clones con mayor volumen, que en este caso corresponde a los ocho mejores, no habría prácticamente diferencias al seleccionar por volumen con o sin corteza. La única diferencia es en la primera y segunda posición, las cuales están cambiadas como fue explicado anteriormente (3586 y X564).

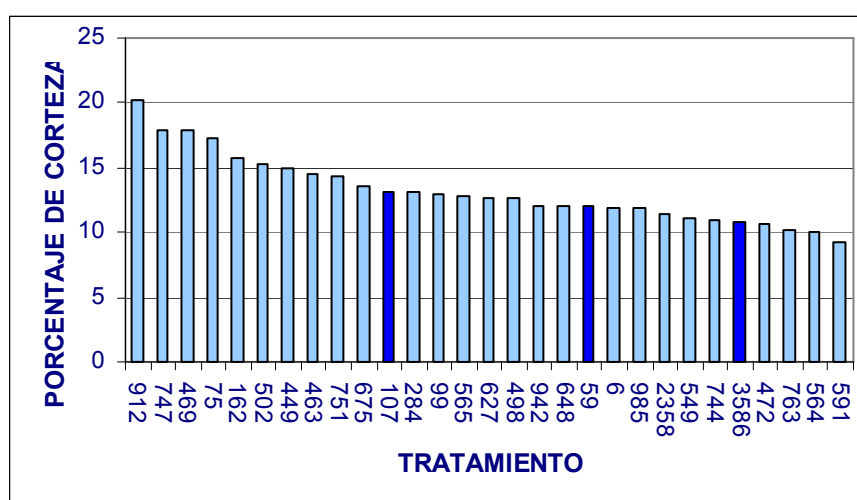
La correlación entre el volumen con y sin corteza es muy alta, al igual que lo sucedido en Viraroes, siendo el coeficiente de correlación R^2 de 0.9874. Ver anexo No. 37.

4.5.3 Porcentaje de corteza en la localidad de Tres Bocas

En la localidad de Tres Bocas el clon de mayor porcentaje de corteza media, a diferencia de las otras dos localidades, es el clon X912.

El clon X591, es el de menor porcentaje de corteza y en segundo lugar el clon X564. Esto se visualiza en el gráfico a continuación.

Figura No. 35: Porcentaje de corteza según tratamiento en la localidad de Tres Bocas.

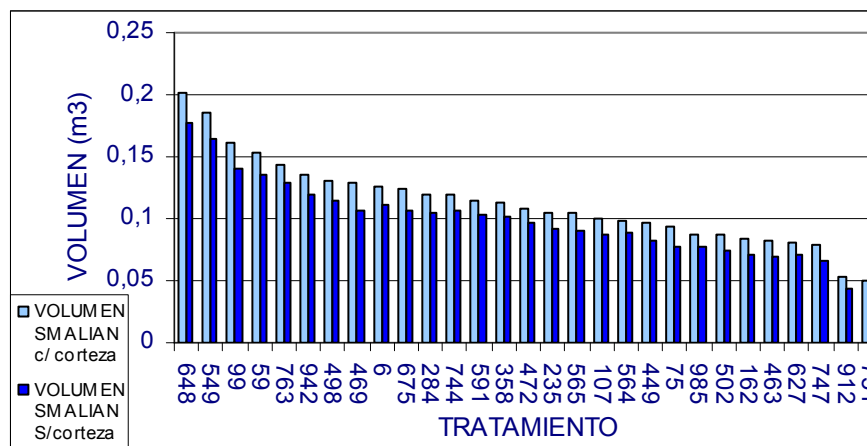


El clon X912, presenta 20.25% de corteza, con un DAP medio de 9.7 cm., lo cual es un valor elevado en comparación con los datos de referencia de FAO (1981), que indican para la especie *Eucalyptus grandis* de 15 – 20 cm. de DAP, un porcentaje de corteza aproximado de 15 %.

Es importante destacar que el clon X591 y X912, que son el de menor y mayor porcentaje de corteza respectivamente en esta localidad, no se encuentran en Viraroes.

Al igual que lo sucedido en las otras dos localidades estudiadas, existen variaciones en el ranking cuando se compara el volumen con y sin corteza. Esto se puede observar en el gráfico a continuación.

Figura No. 36: Volumen Smalian con y sin corteza según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



Quando se analiza el volumen con corteza, los clones X469, X6, X675, X284 y X744, ocupan las posiciones ocho, nueve, diez, once y doce respectivamente en orden descendente; mientras que si se analiza el volumen sin corteza el puesto número ocho lo ocupa el clon X6, el nueve el clon X675, el diez el X744, el once el X469 y el doce el X284.

Por otro lado el puesto dieciocho y diecinueve lo ocupan los clones X107 y X564 en el ranking de volumen con corteza, mientras que si se analiza el volumen sin corteza, estos clones ocupan las posiciones diecinueve y dieciocho respectivamente.

Por último los clones X162, X463, X627, X912 y X751, ocupan los puestos veinticuatro, veinticinco, veintiséis, veintiocho y veintinueve respectivamente en el ranking de volumen con corteza. Estos puestos son ocupados en el caso de volumen sin corteza por los clones X627, X162, X463, X751 y X912.

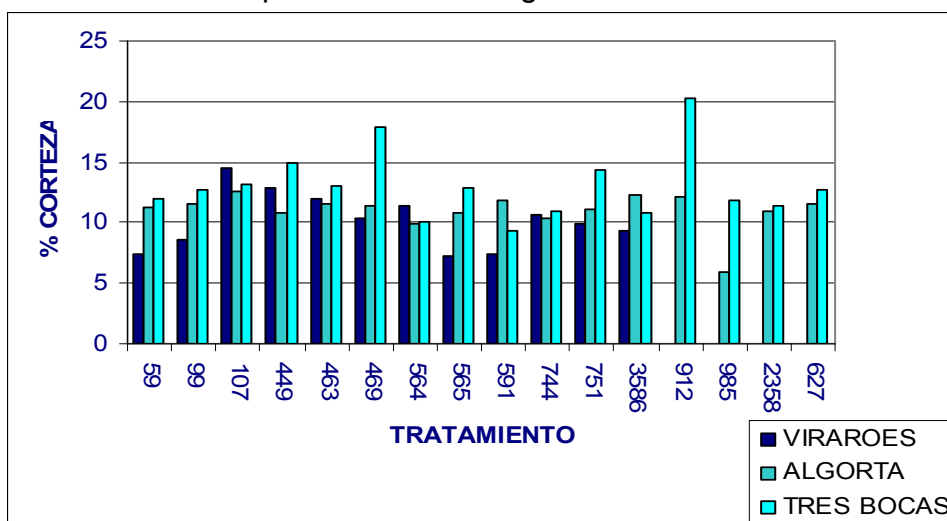
Si se selecciona el 50% de los tratamientos con mayor volumen, que corresponde aproximadamente a los 15 mejores, se seleccionarían los mismos tratamientos tanto si la selección se realiza por volumen con corteza que sin corteza, aunque existen algunos cambios en el ranking dentro de estos tratamientos.

En cuanto a la correlación entre el volumen con y sin corteza, esta es muy alta al igual que lo ocurrido en las otras dos localidades. El coeficiente de correlación R^2 es de 0.9955, valor muy cercano a 1, lo cual indica una relación directamente proporcional entre ambas variables. Ver anexo No. 38.

4.5.4 Variación del porcentaje de corteza según tratamiento al variar de localidad

Se observa que existen variaciones en el porcentaje de corteza entre cada tratamiento según la localidad en la cual se encuentra. Estas variaciones se visualizan en el gráfico a continuación.

Figura No. 37: Variación en el porcentaje de corteza por tratamiento según localidad



Es importante destacar que en el gráfico presentado anteriormente, solo se muestran aquellos tratamientos que se repiten al menos en dos localidades y no se muestran aquellos tratamientos que están presentes únicamente en Tres Bocas.

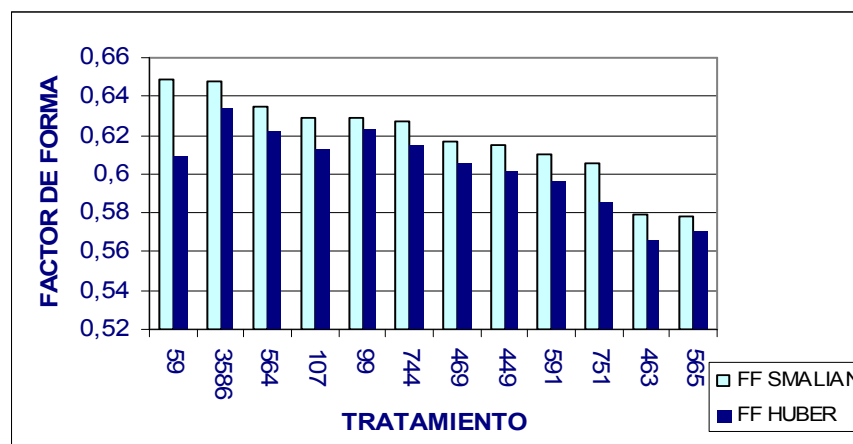
Este análisis muestra que el porcentaje de corteza es variable según el ambiente en el cual se encuentra el tratamiento, por lo tanto es una variable afectada por el ambiente.

4.6 ANÁLISIS DE FACTOR DE FORMA

4.6.1 Factor de forma en la localidad de Viraroes

En la localidad de Viraroes se encontró que el tratamiento con mayor factor de forma es el X59 cuando se realiza el factor de forma utilizando la fórmula de Smalian, mientras que cuando se utiliza la fórmula de Huber el tratamiento con mayor factor de forma es el 3586.

Figura No. 38 Factor de forma Smalian y Huber según tratamiento en la localidad de Viraroes



El clon X59, el de mayor factor de forma según la fórmula Smalian ocupa la posición sexta cuando el análisis se realiza utilizando la fórmula Huber. Mientras que el tratamiento 3586, que es el de mayor factor de forma según la fórmula Huber, ocupa el segundo puesto según la fórmula Smalian.

Por otro lado el tratamiento de menor factor de forma utilizando la fórmula Smalian es el X565, presentando un factor de forma de 0.578, mientras que según Huber esta posición la ocupa el clon X463, con un valor de 0.566 y el clon X565 ocupa el penúltimo lugar.

El clon X59, tiene un factor de forma de 0.649, utilizando la fórmula de Smalian, lo cual puede ser considerado un valor alto si tenemos en cuenta que según Cozzo, citado por Daniluk (1992), el factor de forma para *Eucalyptus grandis* de seis años y medio de edad es de 0.49. Se debe considerar que el factor de forma varía según la velocidad de crecimiento de los árboles, los árboles que han crecido lentamente (y más viejos) tienen un factor de forma superior al de los árboles de crecimiento rápido (y más jóvenes) con la misma altura y diámetro (Pande y Jain, citados en FAO, 1981).

Considerando estos mismos datos de referencia, el clon X565, el de menor factor de forma según fórmula de Smalian (0.578), presenta un valor también algo superior a lo mencionado por Cozzo, citado por Daniluk (1992).

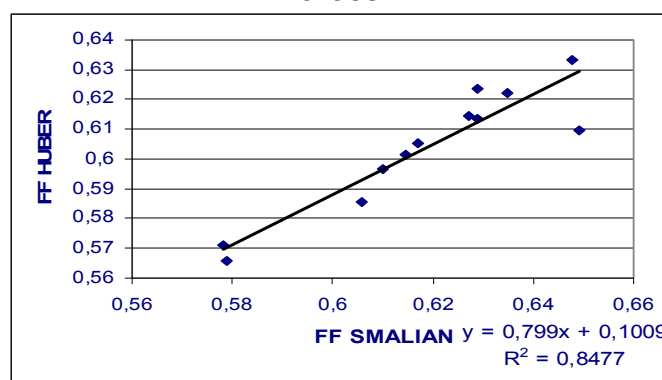
Por otro lado, si se analizan las variaciones del factor de forma Smalian, la diferencia entre el mayor valor (X59) y el menor valor (X565) es de 0.0709, lo cual corresponde a un 10.92% menos de factor de forma del clon X565 con respecto al clon X59. La varianza de estos datos es de 0.000527.

Si este mismo análisis se realiza con los datos de factor de forma Huber, la diferencia entre el mayor valor de factor de forma (3586) y el menor valor (X463) es de 0.0677. Este valor indica que el factor de forma del clon X463 es un 10.684% menor al tratamiento 3586. En cuanto a la varianza, esta es un poco menor que en el caso de la fórmula Smalian, con un valor de 0.000432.

Estas variaciones en el factor de forma son relativamente importantes y demuestran la trascendencia de conocer el valor real de este coeficiente de corrección para poder tener valores reales de volumen.

El coeficiente de correlación entre el factor de forma Huber y Smalian es de 0.8477, lo cual implica una correlación relativamente alta teniendo en cuenta que el valor 1 significa una correlación total. Como el valor es positivo la correlación es positiva, o sea que cuando aumenta el factor de forma Smalian aumenta también el Huber. A continuación se muestra el gráfico que representa la relación existente entre las dos metodologías utilizadas para el cálculo del factor de forma.

Figura No. 39: Correlación entre factor de forma Smalian y Huber en Viraroes

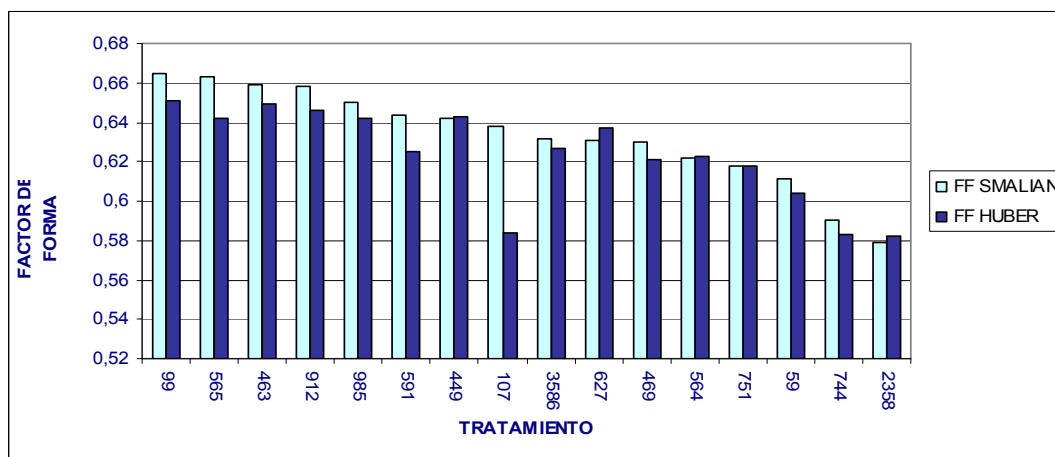


La función que más se adapta a esta relación es una función lineal, con pendiente positiva, lo cual indica una relación directamente proporcional.

4.6.2 Factor de forma en la localidad de Algorta

Para el caso de la localidad de Algorta, el tratamiento con mayor factor de forma es el X99 tanto para la fórmula de Smalian como para la de Huber. El tratamiento con menor factor de forma, también coincide utilizando ambas fórmulas y es el X2358.

Figura No. 40: Factor de forma Smalian y Huber según tratamiento en la localidad de Algorta



El clon X99, presenta un factor de forma de 0.665 según la fórmula de Huber y 0.651 según Smalian. Ambos valores pueden considerarse altos si se compara con los datos proporcionados por Cozzo, citado por Daniluk (1992), que indican que el factor de forma para *Eucalyptus grandis* de seis años y medio de edad es de 0.49.

El tratamiento de menor factor de forma, X2358, presenta un valor de 0.582 según Huber y 0.579 según Smalian. Ambos valores también están por encima de los valores de referencia citados anteriormente.

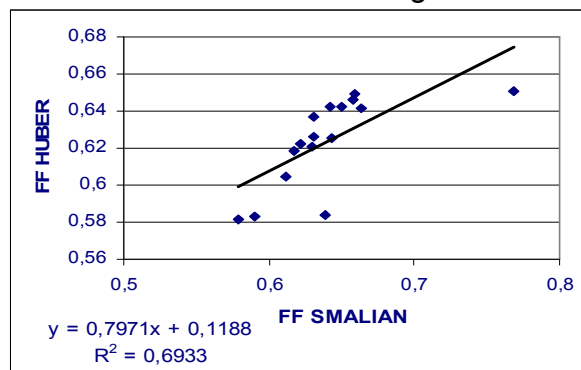
Como se observa en el gráfico anteriormente presentado, a pesar de que el tratamiento con mayor y menor factor de forma coinciden en ambas metodologías, existen variaciones en posiciones intermedias, el ranking no se mantiene cuando se comparan los dos métodos empleados.

Cuando se analiza la variación en los datos, para el caso del factor de forma Smalian la varianza es de 0.00062. La diferencia entre el tratamiento con mayor factor de forma (X99) y el de menor (X2358) es de 0.0856, lo que indica que el clon X2358 tiene un factor de forma 12.3876% menor al clon X99. Esta variación es algo mayor a la encontrada en Viraroes.

Para el caso del factor de forma Huber, la diferencia entre el tratamiento de mayor y menor factor de forma es de 0.06915, lo que indica que el clon X2358 tiene un factor de forma 10.622% menor al clon X99. En cuanto a la varianza esta es un poco menor que en el caso anterior con un valor de 0.000568.

El coeficiente de correlación entre el factor de forma Smalian y el Huber para la localidad de Algorta es menor a la encontrada para Viraroes, con un valor de 0.6933, indicando una menor correlación entre estas dos variables. El gráfico a continuación representa esta relación.

Figura No. 41: Correlación entre factor de forma Smalian y Huber en la localidad de Algorta



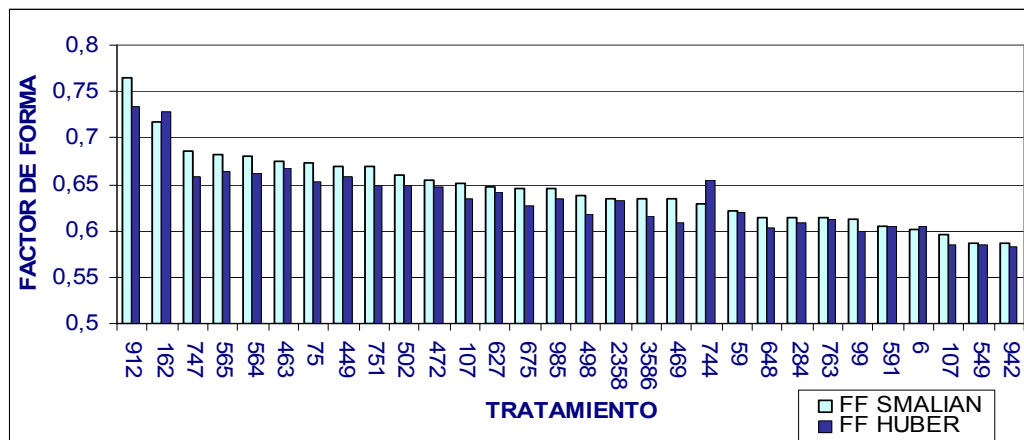
Al igual que en el caso anterior, la función que más se adapta a esta relación es la de la recta indicando una relación directamente proporcional, aunque no es tan representativa debido al valor no muy alto del coeficiente de correlación.

4.6.3 Factor de forma en la localidad de Tres Bocas

En el caso de la localidad de Tres Bocas, al igual que lo sucedido en Algorta, hay una coincidencia entre los tratamientos que obtuvieron mayor y menor factor de forma a través de las dos metodologías utilizadas, Smalian y Huber. El tratamiento que obtuvo mayor factor de forma es el X912 y el de menor factor de forma es el clon X942.

A pesar de esta coincidencia, sí existen variaciones en las posiciones intermedias cuando se comparan los ranking utilizando las dos metodologías. Esto se observa en el gráfico presentado a continuación.

Figura No. 42: Factor de forma Smalian y Huber según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



El clon X912 tiene un factor de forma de 0.765 según Smalian y 0.733 según Huber. Estos valores son altos en comparación con los datos citados por Cozzo, citado por Daniluk (1992), que indican para *Eucalyptus grandis* de seis años y medio de edad un factor de forma 0.49.

El clon X942, quien presenta el menor factor de forma, presenta un factor de forma de 0.586 según Smalian y 0.583 según Huber. Estos valores son también altos en comparación con los datos de referencia que cita Cozzo, citado por Daniluk (1992).

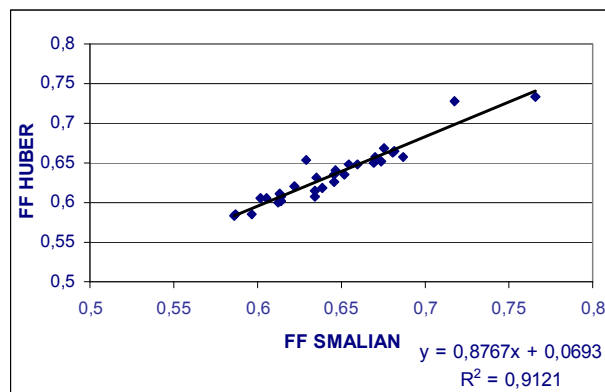
Cuando se analiza la variación de datos, en el caso de la metodología Smalian la varianza es de 0.00156. La diferencia entre los tratamientos de mayor (X912) y menor (X942) factor de forma, es de 0.1798, lo que significa que el clon X942 tiene un factor de forma 23.48% menor que el clon X912.

En el caso del factor de forma Huber, el clon X942 tiene un factor de forma 20,53% menor que el clon X912 y la varianza es también menor que la obtenida con la metodología anterior con un valor de 0.001317.

La variación de los factores de forma entre tratamientos obtenida en esta localidad es mucho mayor a la obtenida en las otras dos localidades. Se debe tener en cuenta que en esta localidad existen muchos más tratamientos que en las otras localidades, lo cual puede ser causa de esta mayor variación.

El coeficiente de correlación entre el factor de forma Smalian y Huber es más alto en comparación con las otras localidades, teniendo un valor de 0.9121. Esta relación se representa en el gráfico a continuación.

Figura No. 43: Correlación entre factor de forma Smalian y Huber en la localidad de Tres Bocas



Al igual que en las localidades anteriores la función que más se adapta a esta relación es la de la recta con pendiente positiva, indicando una relación directamente proporcional entre estas dos variables.

Este análisis muestra que en la mayoría de las situaciones existe una alta correlación entre el factor de forma Smalian y Huber, aunque si se analizan los ranking del valor de factor de forma existen variaciones entre ambas metodologías.

Las fórmulas de Smalian y Huber tienen resultados similares cuando las trozas son cilíndricas, un paraboloides o un paraboloides truncados. En el caso de que sean un paraboloides truncados ambas fórmulas dan resultados iguales, pero generalmente se utiliza Smalian ya que en trozas cortadas es más fácil medir sus extremos. Por otro lado si la troza no es un paraboloides la fórmula de Huber es más precisa que la de Smalian (Sorrentino, 1994). En el caso de las poblaciones estudiadas, las trozas son un paraboloides truncados, por lo cual las diferencias entre ambas metodologías no son muy importantes, lo cual queda demostrado por los altos coeficientes de correlación encontrados.

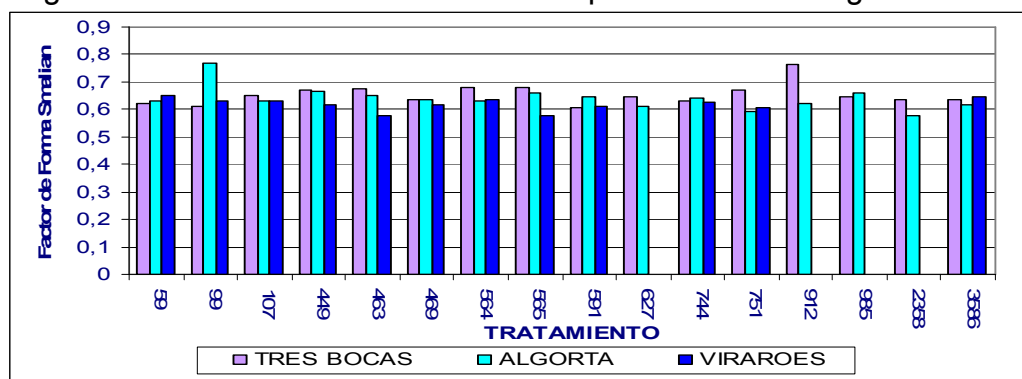
La variación en el factor de forma entre los distintos tratamientos es relativamente alta, encontrándose variaciones de hasta un 20% entre tratamientos. Estas variaciones del factor de forma provocan variaciones importantes en el volumen real, por lo cual es importante la determinación del factor de forma real de cada tratamiento.

Se debe considerar que estos datos corresponden a poblaciones de 6 años de edad y el factor de forma disminuye con la edad, por lo que es probable que estos valores disminuyan en etapas posteriores.

4.6.4 Variación del factor de forma según tratamiento

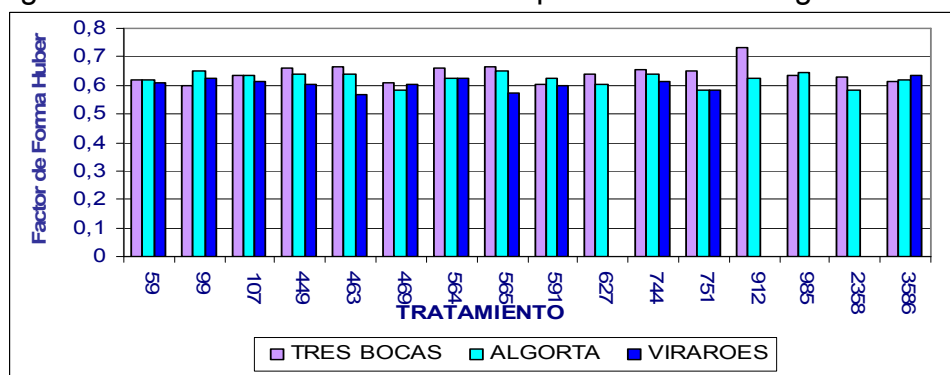
Si se compara el factor de forma Smalian según tratamiento entre las tres localidades, no hay ninguna tendencia marcada, en algunos tratamientos el factor de forma aumenta en Algorta, otros en Viraroes y otros en Tres Bocas. A continuación se muestran las variaciones entre el factor de forma por tratamiento según la localidad.

Figura No. 44: Factor de forma Smalian por tratamiento según localidad



Si este análisis se realiza con los resultados de la metodología Huber, la situación es similar, no existe ninguna localidad en la cual el factor de forma sea siempre superior o inferior a las otras localidades, sino que en algunos tratamientos el factor de forma aumenta al pasar de una localidad a otra, mientras que en otros casos disminuye. A continuación se muestra el gráfico que representa esta situación.

Figura No. 45: Factor de forma Huber por tratamiento según localidad



Si se analizan las correlaciones entre el factor de forma entre las distintas localidades los valores del coeficiente de correlación obtenidos son muy bajos tanto para el factor de forma Smalian como Huber. Con ambas metodologías de cálculo de factor de forma, la correlación más alta se da entre los factores de

forma de Tres Bocas con los de Viraroes, siendo los valores del coeficiente de correlación 0.2639 en el caso de la metodología Smalian, y 0.2569 para Huber. Ambos valores indican correlaciones muy bajas entre estas dos variables, lo cual indica que el factor de forma es una variable que se afecta por las condiciones ambientales y estas no afectan a todos los genotipos del mismo modo.

4.7 ANÁLISIS DE DAÑOS DE FUSTE

Como fue explicado en el capítulo de materiales y métodos, se realizó para todos los árboles censados una clasificación de modo de determinar los defectos presentes en los fustes.

A continuación se analizarán todos los daños encontrados con excepción de los daños 2 (muerto), 3 (faltante) y 6 (enfermo), que fueron analizados dentro de la sobrevivencia.

4.7.1 Análisis de daños de fuste en Viraroes

Si se analizan los daños totales para cada uno de los tratamientos, el tratamiento que presenta mayor porcentaje de daños es el X751, el cual presenta un 40.6 % de daños en la población; seguido del clon X99 que presenta un 39.6% de daños totales.

Cuadro No. 7: Porcentaje de daños totales según tratamiento en la localidad de Viraroes

TRATAMIENTO	TOTAL DAÑOS (%)
751	40,6
99	39,6
463	37,5
564	37,5
3586	34,4
744	31,3
107	22,5
59	21,9
449	20,3
591	20,3
469	15,6
565	9,4

Si se observan los tratamientos X564 y X469, que obtuvieron cierto comportamiento superior en el análisis de volumen, presentan un 37.5% y 15.6% de daños totales respectivamente. En el caso del clon X564 el porcentaje de daños totales es bastante alto y dentro de este, el 17.2 % es causado por más de una torcedura en el fuste (daño 9), un 15.6 % por torceduras leves en el fuste (daño 11) y el restante 4.7 % por una torcedura bien marcada en el fuste (daño 8). Por lo tanto no solo el valor de daños totales es elevado sino que el tipo de daño que se presenta en mayor proporción es importante ya que este tipo de defectos en el fuste puede afectar la cosecha mecanizada.

Si se analiza cada uno de los daños por separado, se encuentra que el tratamiento que presenta mayor porcentaje de bifurcaciones (3.13%), es el clon X469.

En el caso del daño 8, que implica una torcedura bien marcada en el fuste, los tratamientos que presentan mayor porcentaje (6.25%) de dicho daño son los clones X3586 y X449. Ver figura No. 46.

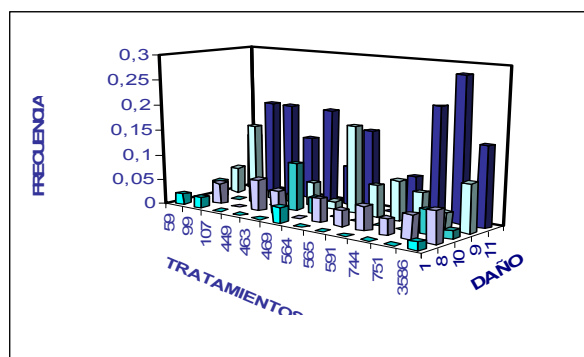
Por otro lado, el tratamiento X564 es el que presenta proporcionalmente mayor daño 9, más de una torcedura, en un 17%. Mientras que el clon X463 es el que presenta mayores torceduras en la base (daño 10), presentando este daño en un 9.4% de la población. Ver figura No. 46.

Finalmente el daño 11, que implica torceduras leves en el fuste, se encontró en mayor proporción (28%) en el clon X751. Ver figura No. 46.

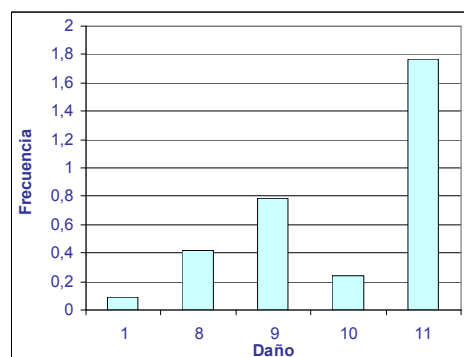
Si se analiza la frecuencia en la cual se presenta cada uno de los daños, se observa que el daño que se presenta en mayor frecuencia son las torceduras leves en el fuste. Seguido de este daño es el daño 9, más de una torcedura, el que se presenta con mayor frecuencia. Esto puede ser visualizado en el gráfico presentado a continuación.

Figura No. 46: Frecuencia de daños en la localidad de Viraroes

Frecuencia de daños según tratamiento



Frecuencia total de cada daño



4.7.2 Análisis de daños de fuste en Algorta

En la localidad de Algorta el tratamiento que presenta mayor porcentaje de daños totales (43.89%) es el clon X99, el cual ocupaba el segundo lugar en Viraroes. Seguido de este tratamiento es el clon X564 el que presenta mayor porcentaje de daños totales.

Cuadro No. 8: Porcentaje de daños totales según tratamiento en la localidad de Algorta

TRATAMIENTO	DAÑO TOTALES
99	43,75
564	42,19
449	40,63
59	34,38
751	34,38
3586	32,81
744	23,44
985	23,44
912	20,31
107	17,19
591	17,19
463	15,63
565	14,06
627	10,94
2358	7,81
469	3,13

DAÑOS	
1	Árbol bifurcado
8	Una torcedura bien marcada en el fuste
10	Torcedura en la base
9	Más de una torcedura
11	Árbol levemente torcido

Los tratamientos X469 y X591, que obtuvieron un comportamiento algo superior para volumen en Algorta, no presentan un porcentaje de daños totales elevado, sobre todo el clon X469, que presenta una proporción muy baja de daños (3.13%). El clon X591, que presenta un valor de daños totales algo más elevado (17.19%), presenta en mayor proporción (12.5%) el daño 11, torceduras leves en el fuste, y el restante 4.69 % de los daños es causado por torceduras bien marcadas en el fuste (daño 8).

El tratamiento que presenta mayor proporción de árboles bifurcados es el X912, presentando este daño en el 14% de la población.

Para el caso del daño 8, que implica una torcedura bien marcada en el fuste, el tratamiento que presenta mayor proporción de este daño, es el X751, presentándose en el 17% de la población. Ver figura No. 47.

La presencia de más de una torcedura, daño 9, se encontró con mayor frecuencia en el clon X99, presentándose en el 20.3% de los individuos. Ver figura No. 47.

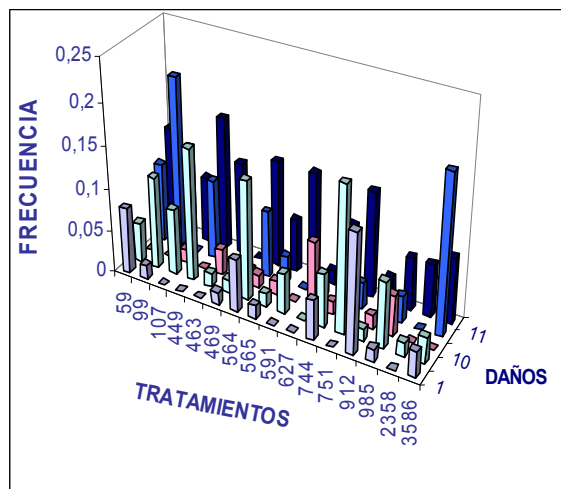
El clon X627 fue el que presentó mayor porcentaje de árboles con torceduras en la base, siendo este daño observado en el 7.8% de la población de este clon. Ver figura No. 47.

Finalmente, el daño 11, que implica torceduras leves en el fuste, fue encontrado en mayor proporción en los clones X99 y X463, presentándose en el 10.9% de los individuos de cada uno de estos tratamientos. Ver figura No. 47.

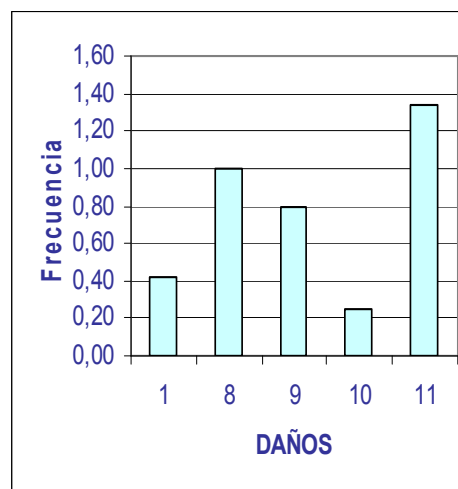
Si se analiza la frecuencia total de cada daño, sin separar por tratamiento, se observa que el daño que se presenta con más frecuencia es el daño 11, torceduras leves en el fuste. El daño 8, que implica una torcedura bien marcada en el fuste, es el que se presenta como segundo más frecuente.

Figura No. 47: Frecuencia de daños en la localidad de Algorta

Frecuencia de daños según tratamiento



Frecuencia total de daños



DAÑOS	
1	Árbol bifurcado
8	Una torcedura bien marcada en el fuste
10	Torcedura en la base
9	Más de una torcedura
11	Árbol levemente torcido

4.7.3 Análisis de daños de fuste en Tres Bocas

En Tres Bocas se encontró que el tratamiento que presentó mayor porcentaje de daños totales es el X6, presentando una proporción de daños muy alta en la población, del 87.5%. Este porcentaje de defectos tan alto podrían determinar la eliminación de este clon del programa de mejoramiento, aunque se debe analizar con detalle la proporción de cada uno de los daños que integran este 87.5%, ya que hay daños que tienen mayor gravedad que otros.

En segundo lugar, el clon que presenta mayor proporción de daños totales es el X162, con un 33% de daños en la población.

Cuadro No. 9: Porcentaje de daños totales según tratamiento en la localidad de Tres Bocas

TRATAMIENTO	DAÑOS TOTALES
6	87,50
162	33,33
75	29,17
648	25,00
747	21,88
763	17,19
912	17,19
675	14,06
284	12,50
942	12,50
469	10,42
2358	10,42
463	9,375
564	9,38
751	9,38
3586	9,38
449	7,81
549	7,81
591	7,81
107	6,25
502	6,25
744	6,25
99	4,69
565	4,69
59	2,50
472	1,56
498	1,56
627	1,56
985	1,56

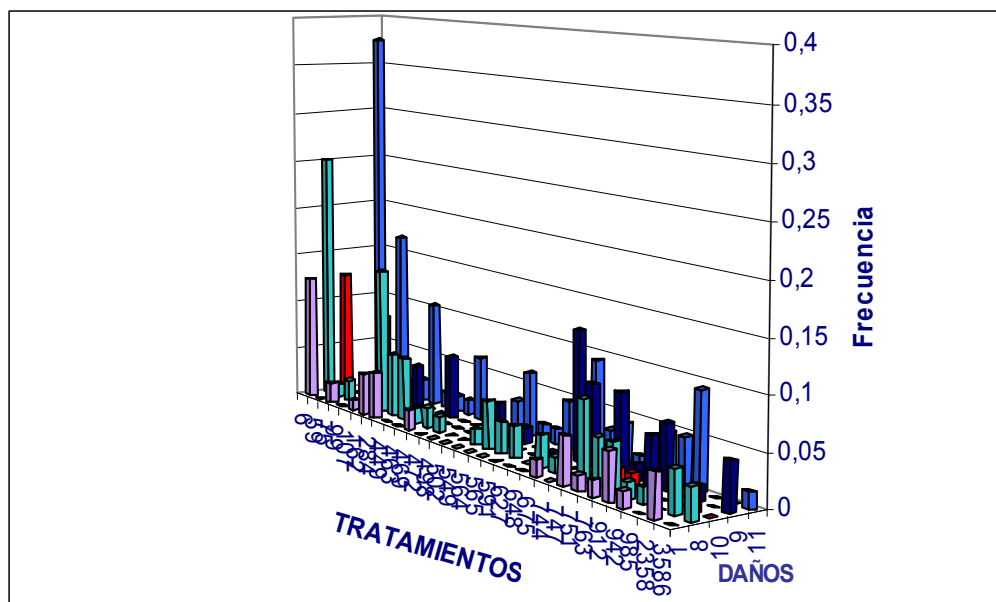
La presencia de bifurcaciones, daño 1, se presenta con mayor frecuencia en el clon X6. Este mismo tratamiento es el que presenta mayores torceduras bien marcadas en el fuste (daño 8), mayores torceduras en la base (daño 10) y mayor proporción de torceduras leves en el fuste (daño 11). Por lo tanto el clon X6 es el que presenta mayores daños totales y presenta altísimas proporciones de daños graves, debido a que torceduras fuertes o bifurcaciones, dificultan o imposibilitan la cosecha mecanizada.

En cuanto al daño 9, más de una torcedura en el fuste, el clon que presenta mayor proporción de este daño es el X75, presentándose este daño en el 8.3% de la población. Ver figura No. 48.

El daño que se presenta con más frecuencia si se analizan en conjunto todos los tratamientos, es el daño 11, torceduras leves en el fuste, al igual que

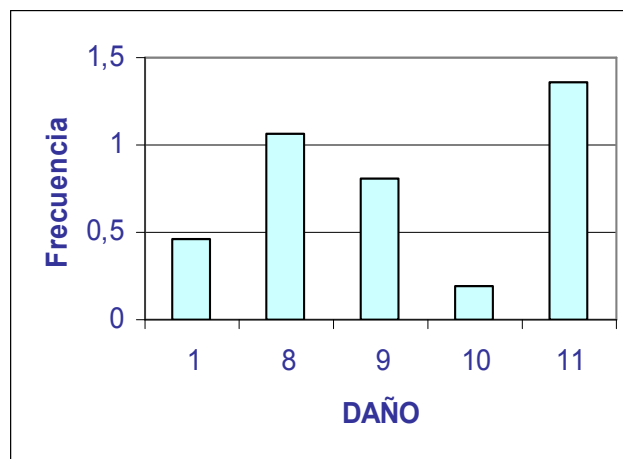
lo ocurrido en las otras dos localidades analizadas anteriormente. El daño 8, una torcedura bien marcada en el fuste, es el segundo daño más frecuente, al igual que lo ocurrido en Tres Bocas. Ver figura No. 49.

Figura No. 48: Frecuencia de daños según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



DAÑOS	
1	Árbol bifurcado
8	Una torcedura bien marcada en el fuste
10	Torcedura en la base
9	Más de una torcedura
11	Árbol levemente torcido

Figura No. 49: Frecuencia total de daños en la localidad de Tres Bocas



En el caso de Tres Bocas es muy importante conocer los defectos que presenta cada tratamiento ya que no se encontraron diferencias significativas importantes en el análisis estadístico de la variable volumen, por lo cual la presencia de defectos puede ser un dato relevante a la hora de la selección.

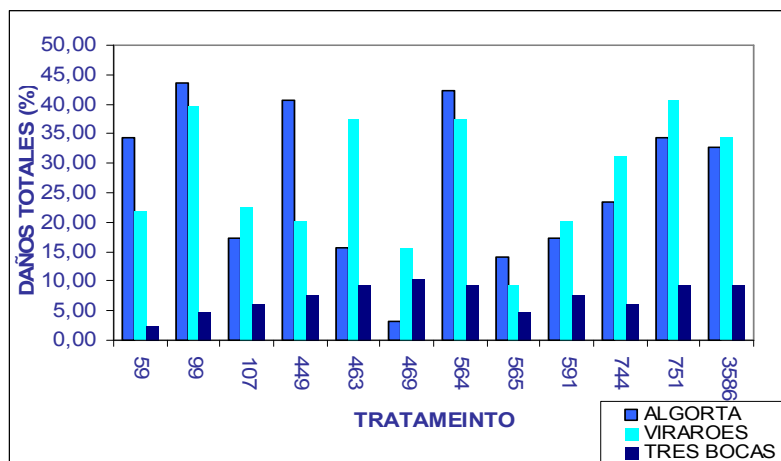
4.7.4 Análisis de daños de fuste según tratamiento

A partir de los análisis realizados anteriormente se observa que los daños que se encontraron en los distintos tratamientos, no se presentan en las mismas proporciones en los distintos ambientes. Existen ciertos cambios en el ranking cuando se comparan los daños totales de las distintas localidades, aunque las variaciones no son de gran magnitud.

Si se analizan solo los tratamientos que están presentes en las tres localidades, el clon X99 es el que presenta mayor proporción de daños totales en Algorta, el clon X751 en Viraroes y el X469 en tres Bocas.

El clon X99, que es el que presenta mayor proporción de daños en Algorta, ocupa el segundo lugar en el ranking en Viraroes y el quinto en Tres Bocas.

Figura No. 50: Daños totales según tratamiento



Los tratamientos que presentan menores daños totales varían también según la localidad. Para el caso de Algorta es el clon X469 el que presenta menor proporción de daños totales, mientras que para Viraroes es el X565 y en Tres Bocas es el clon X59.

Como se observa en el gráfico, la localidad de Tres Bocas tiene cierta tendencia de presentar menores daños totales para la mayoría de los clones, con excepción del clon X469 que presenta mayores daños totales en Tres Bocas que en Algorta.

En cuanto a Algorta y Viraroes no existe una tendencia marcada, algunos genotipos presentan mayores daños totales en Algorta mientras que otros en Viraroes.

Por lo tanto se observa que existen variaciones de daños en los distintos genotipos estudiados pero además estos daños se presentan de manera diferencial en los distintos ambientes. Por lo tanto existe una respuesta diferencial de cada uno de los genotipos estudiados a los diferentes ambientes en los que se encuentran los ensayos.

5 CONCLUSIONES

Del análisis de resultados se desprende que el único tratamiento estadísticamente superior a los tres testigos (3586, X59 y X107) en volumen/árbol, si se analiza en conjunto las tres localidades, es el clon X564. El clon X469 es estadísticamente superior a dos de los testigos (X59 y 3586). Por otro lado, los clones X591 y X565, a pesar de no ser estadísticamente superiores a los testigos, tuvieron un comportamiento superior a varios de los tratamientos.

A partir de la descripción edafológica y climática realizada, se podría esperar que el comportamiento general de los clones sea superior en la localidad de Tres Bocas, debido a que hubo menor ocurrencia de heladas en el período inicial de crecimiento, mayores temperaturas invernales, menores temperaturas estivales y mayores precipitaciones estivales que en Viraroes y Algorta; y el suelo es algo más fértil que en Algorta. Sin embargo, en general se encontró un comportamiento inferior de los tratamientos ubicados próximos a la localidad de Tres Bocas para todas las variables dasométricas evaluadas (DAP, altura y volumen). Se podría pensar que este menor rendimiento que se obtuvo en la localidad de Tres Bocas, podría estar dado porque este ensayo fue instalado sobre rastrojo de *Eucalyptus grandis*, a diferencia de los otros dos ensayos los cuales fueron instalados sobre suelos con usos previos ganadero-agrícola.

Si se analiza solo la localidad de Algorta, los clones que obtuvieron estadísticamente mayores rendimientos volumétricos, coinciden con los mejores para las tres localidades en conjunto, aunque el ranking no es el mismo. En este sitio los mejores tratamientos son los clones X591 y X469, los cuales son superiores a los testigos X59 y 3586. Después de estos los mejores tratamientos son los clones X565 y X564, los cuales no son superiores a ninguno de los testigos.

En el caso del ensayo instalado en Viraroes, los tratamientos estadísticamente superiores, coinciden en general con los mejores para el análisis en conjunto, salvo excepciones. Los clones con mejor comportamiento en lo referente al volumen son X564 y X469, siendo estos superiores al testigo X107. Los tratamientos X59, 3586 y X591, también obtuvieron comportamientos superiores a otros clones, a pesar de no ser superiores a ninguno de los testigos.

Por último, en el caso de la localidad de Tres Bocas la única superioridad encontrada es la del clon X648, no encontrándose ningún tratamiento superior a los testigos.

La sobrevivencia de los genotipos con mayores rendimientos volumétricos en los diferentes sitios, fue en la mayoría de los casos también superior al resto de los tratamientos, salvo la del clon X469. El clon X469, que presenta un excelente rendimiento volumétrico, tiene para el caso del análisis en conjunto de las tres localidades, una sobrevivencia significativamente inferior a otros tratamientos, con un promedio de sobrevivientes del 77% de la población, lo cual puede disminuir el rendimiento por hectárea a pesar de tener un alto rendimiento individual. Este mayor rendimiento por árbol puede ser causado por menor competencia al haber menos individuos por unidad de superficie. Esta menor sobrevivencia del clon X469, no se encontró en los análisis de cada sitio por separado.

Se observó también una mayor sobrevivencia general en la localidad de Tres Bocas que en Viraroes y Algorta. Esta mayor sobrevivencia podría ser causa del clima más favorable al cual estuvo sometida la población durante la primera etapa de crecimiento, en comparación con lo ocurrido en las otras dos localidades.

En cuanto a los defectos, los tratamientos que tuvieron un comportamiento superior en cuanto al volumen en las distintas localidades, no obtuvieron en general grandes porcentajes de defectos que hagan que se deba descartar el clon del programa de mejoramiento. El valor más alto de defectos dentro de estos tratamientos superiores, lo presenta el clon X564 en la localidad de Viraroes, presentando defectos en el 37.5 % de los individuos de la población, y dentro de este porcentaje el 17.2% es del daño nueve, que implica más de una torcedura en el fuste, el 15.6% causado por torceduras leves (daño 11) y el restante 4.7 % por una torcedura bien marcada en el fuste (daño 8).

Se encontró un menor porcentaje general de defectos en la localidad de Tres Bocas que en Algorta y Viraroes. Esto, al igual que la sobrevivencia, podría ser causa del clima más favorable de la etapa inicial de crecimiento.

Por lo tanto si se tuvieran que seleccionar clones para plantaciones comerciales a instalarse en los tres sitios estudiados, se recomiendan los clones X564, X469 y X591.

En el caso específico de Tres Bocas se recomienda el clon X648 que obtuvo un comportamiento superior en esta localidad. A pesar de que este tratamiento no obtuvo un comportamiento estadísticamente superior a ninguno de los testigos, si se tiene en cuenta que este sitio obtuvo para todos los tratamientos un rendimiento volumétrico menor a las otras localidades, es importante tener un genotipo con rendimiento superior. Por otro lado, se considera que este clon debería ser probado en las otras dos localidades, ya que no está presente en

los ensayos de Viraroes y Algorta, para determinar si este comportamiento superior también se mantiene en los otros dos sitios.

En el caso de Viraroes, a pesar de que el clon X564 tuvo un comportamiento muy bueno en lo referente al volumen, presenta, como se mencionó anteriormente, un porcentaje de daños bastante elevado (37.5%), y la mayor parte de estos daños están causados por más de una torcedura en el fuste, defecto que es considerado de importancia por afectar el procesamiento mecánico del fuste. Por lo tanto, en la localidad de Viraroes sería más conveniente instalar los clones X469 y X591.

Si se analizan los resultados del porcentaje de corteza, se observa que, a pesar de que es importante conocer el porcentaje de corteza ya que este varía entre los distintos genotipos, las magnitudes de variación no son tan importantes como para producir cambios muy importantes en el ranking de volumen, al analizar volumen con o sin corteza, salvo ciertas excepciones. Las correlaciones entre el volumen con y sin corteza dieron para las tres localidades estudiadas, valores de coeficiente de correlación muy próximos a uno, indicando una relación directamente proporcional entre ambas variables. Por lo tanto, los resultados de este análisis no modifica la recomendación realizada anteriormente.

El análisis de factor de forma realizado muestra la importancia del cálculo real de este coeficiente, ya que existen variaciones no solo entre los distintos genotipos, sino también entre los distintos ambientes estudiados. Si se hubiera utilizado un valor de factor de forma de referencia, he igual para todos los casos, los resultados quizás hubieran sido diferentes y quizás individuos de alto rendimiento por presentar gran rectitud de fuste, hubieran quedado fuera de la selección por presentar diámetros o alturas no muy sobresalientes.

Por otro lado, el análisis realizado sobre la correlación entre DAP y volumen y altura y volumen, muestra valores de coeficiente de correlación bajos para la mayoría de los casos y muy variables. Por lo que se concluye que a pesar de que utilizar el volumen como criterio de selección es mucho más costoso que usar el DAP, es mucho más preciso que el DAP y la altura. Esto podría ser causado por las variaciones existentes en el factor de forma o en la altura de los distintos genotipos, lo cual modifica de manera diferencial el volumen de cada tratamiento.

En lo referente al análisis de correlación juvenil adulto, se encontró que las correlaciones entre las mediciones a los dos y cuatro años, con respecto a los seis años, son en ambos casos muy bajas, con coeficientes de correlación R^2 en el orden de 0.3. Por lo tanto se concluye que a los cuatro años es aún una

etapa demasiado temprana para realizar selecciones, ya que muchos genotipos no han demostrado aún su potencial, por lo cual si se realizan selecciones de genotipos superiores en estas etapas, pueden quedar fuera individuos de alto rendimiento que aún no han logrado expresarse. Para poder realizar selecciones en etapas tempranas, se podría disminuir la intensidad de selección, aumentando el número de genotipos seleccionados. Es importante destacar que las correlaciones se realizaron con mediciones del 2008, donde las poblaciones tenían 6 años de edad, por lo cual se deberían tener mediciones a turno final y correlacionarlas con los datos de mediciones anteriores, de modo de determinar si el comportamiento de los distintos clones se mantiene, o si por el contrario existen cambios en el ranking.

6 RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento de veintiséis genotipos de *Eucalyptus grandis*, desarrollados por la empresa Forestal Oriental y propagados vegetativamente por la técnica de estacas enraizadas. Los distintos clones evaluados se encuentran en tres ensayos ubicados en el departamento de Río Negro. Se evaluó no solo el rendimiento volumétrico de los genotipos sino también la presencia de defectos en el fuste, que pueden condicionar la eficiencia y posibilidad del procesamiento mecánico. Para determinar el volumen real de los genotipos se calculó el factor de forma de cada uno de los tratamientos y se evaluó la variación de este coeficiente de manera de determinar la importancia que tiene su conocimiento. Por otro lado se evaluó el porcentaje de corteza de los distintos genotipos para determinar si existen variaciones importantes en estos valores y si estas variaciones modifican el ranking de volumen cuando se compara el volumen con y sin corteza. Se evaluó también la correlación juvenil adulto para las variables altura y diámetro a 1.30 m. de altura, con el objetivo de determinar si es posible realizar selecciones tempranas para aumentar la eficiencia del programa de mejoramiento.

Palabras clave: Mejoramiento genético forestal; Clon; *Eucalyptus grandis*; Crecimiento; Volumen; Factor de forma; Corteza; Defectos

7 SUMMARY

The main objective is to evaluate twenty six *Eucalyptus grandis* genotypes, developed by Forestal Oriental S.A. and spread by the rooted stakes technology. The evaluated clones are in tree trials from Río Negro Department. Not only the volumetric yield was evaluated but also damages on the wood which could difficult the mechanic processing and could reduce the efficiency of it. The shape factor was calculated with the objective of determinate the real volume from the treatments and the variation of this coefficient was evaluated to determinate the importance of this. Moreover was calculated the percentage of bark from the different genotypes to evaluate if there are important variation and if this variation modify the volume rankings when the volume with and without bark was compeered. The juvenile-mature correlation was evaluated for the variables height and diameter at 1.30 m., with the objective to determinate if it is possible to do early selections to increase the efficiency of the Program of genetic improvement.

Key words: Genetic forest improvement; Clone; *Eucalyptus grandis*; Growth; Volume; Shape factor; Bark; Damages on the wood.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALCORN, P.J.; BAUHUS, J.; SMITH, G. B.; THOMAS, D.; JAMES, R.; NICOTRA, A. 2008. Growth response following green crown pruning in plantation-grown *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus cloeziana*. (en línea). Canadian Journal of Forest Research. 38(4): 770-781. Consultado 18 dic.2008. Disponible en <http://ingentaconnect.com/content/nrc/cjfr/2008/00000038/00000004/art0012>
2. ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; DURÁN, A.; ECHEVERRÍA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos. Montevideo, MGAP. DSF. 96 p.
3. BALMELLI, G. 2001. Estimación y uso de parámetros genéticos en *Eucalyptus grandis*; algunas implicaciones para el mejoramiento genético y para la producción de semilla comercial. Tacuarembó, INIA. 11 p. (Serie técnica no. 121).
4. BRUCE, D.; SCHUMACHER, F. X. 1965. Medición forestal. México, CRAT. 474 p.
5. BRUSSA, C. A. 1994. Eucalyptus. Montevideo, Hemisferio Sur. 328 p.
6. CALLISTER, A. N.; ADES, P. K.; ARNDT, S.; ADAMS, M. A. 2007. Clonal variation in shoot respiration and tree growth of Eucalyptus hybrids. (en línea). Canadian Journal of Forest Research. 37(8): 1404-1413. Consultado 25 oct. 2008. Disponible en <http://www.ingentaconnect.com/content/nrc/cjfr/2007/00000037/00000008/art00010>
7. CARPINETTI, L. 2005. Importancia de la silvicultura clonal. (en línea). IDIA XXI, Revista de Información y Desarrollo Agropecuario. 5(8): 153-156. Consultado 16 dic. 2008. Disponible en <http://inta.gov.ar/ediciones/idia/forest/genetica02.pdf>
8. CHAVES, J. H.; GONCALVES DOS REIS, G.; FERREIRA REIS, M. D. G.; LIMA NEVES, J. C.; MACEDO PEZZOPANE, J. E.; QUERO POLLI, H. 2004. Selecao precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo;

relacoes hídricas de plantas em tubotes. (en línea). Revista *Árbore*. 28(3): 333-341. Consultado 15 ene. 2009. Disponible en <http://scielo.br/pdf/rarv/v28n3/21599.pdf>

9. DANILUK MOSQUERA, G. A. 1992. Comparación de rendimientos en bosques coetaneos de *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden* y *Eucalyptus globulus labill ssp. globulus kirkp*; en la localidad de Empalme Olmos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 103 p.
10. DIESTE, A. 1999. Caracterización de suelos de los departamentos de Río Negro y Rivera y evolución de sus propiedades al pasar del uso pastoril al forestal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
11. FAHLER, J. C. 2004. La relación entre el mejoramiento genético y la industria forestal. In: Jornadas de Mejoramiento Genético para Productores Forestales (1ª, 2004, Posadas, Misiones). Actas. Posadas, Misiones, FCF. pp. 32-36.
12. FAO. 1980. Mejora genética de árboles forestales. Mérida. s.p. (Colección FAO. Montes no. 20).
13. ----- . 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma. 723 p. (Colección FAO. Montes no. 11).
14. ----- . 2007. Marker – assisted selection; current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish. Roma. 471 p.
15. FERNÁNDEZ HUGHES, E. M. 2004. Selección de clones de *Eucalyptus grandis Hill (ex Maiden)* por crecimiento y propiedades de la madera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 66 p.
16. FORESTAL ORIENTAL. 2009. Desarrollo técnico, mejoramiento genético. (en línea). Paysandú. Consultado 12 mar. 2009. Disponible en http://www.forestaloriental.com.uy/desarrollo_mejoramiento.htm
17. GIL, I.; ZARATE DE LARA, G. 2007. Métodos estadísticos; soluciones a los problemas. México, Trillas. 207 p.

18. GRIFFITHS, J. F.; MILLER, J. H.; SUZUKI, D. T.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M. 2002. Genética. 7ª ed. Madrid, Mc Graw-Hill Interamericana. 860 p.
19. GUSTAFSSON, A.; MERGEN, F. 2005. Algunos principios sobre genética y citología arbórea. (en línea). Roma, FAO. 25 p. Consultado 4 mar. 2009. Disponible en <http://fao.org/docrep/03650S/03650s02.htm>
20. INIA. 2003. Avances en investigación y transferencia de tecnología en zona de prioridad forestal 8. (en línea). Tacuarembó. 36 p. Consultado 4 mar. 2009. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/683411.php>
21. ----- . 2009. Programa nacional de investigación producción forestal. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 20 ene. 2009. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/31704411.php>
22. JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS (11as., 1996, Concordia, Argentina). 1996. Propagación agámica de *Eucalyptus*. Concordia, Argentina, INTA . 31 p.
23. KANG, M.; GAUCH, H. 1996. Genotype by environment interaction. Boca Raton, CRC. 416 p.
24. KAPLÁN, A.; LABELLA, S.; RUCKS, L.; DURÁN, A. 2001. Manual para la descripción e interpretación del perfil del suelo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 69 p.
25. LAMBETH, C.; MASTOSHI, E.; JEFF, W. 1994. Genetic analysis of 16 clonal trials of *Eucalyptus grandis* and comparison with seeding checks. (en línea). Forest Science. 40 (3): 397-411. Consultado 4 nov. 2009. Disponible en <http://fao.org/agris/search/display.do?f=/1995/v2121/US9529775.xml;US9529775>
26. LERNER, M. 1964. La base genética de la selección. Barcelona, Gea. 409 p.

27. LOPEZ, J. A. 1996. Comportamiento de 12 clones de *Eucalyptus grandis* al segundo año de crecimiento. Corrientes, INTA. 7 p.
28. ----- ; MARCO, M. A.; CARPINETTI, L. 2001. Estado actual de los programas clonales de *Eucalyptus* en Argentina. (en línea). Concordia, INTA. 1 p. Consultado 5 mar. 2009. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/forestal/contenido/pdf/2001>
29. MARCÓ, M. A. 2005. Conceptos generales del mejoramiento genético forestal y su aplicación a los bosques cultivados de la Argentina. In: Norberto, C. ed. Mejores árboles para más forestadotes; el programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el proyecto forestal de desarrollo. Buenos Aires, INTA. pp. 9-17.
30. MARIOTTI, J. A. 1994. La interacción genotipo – ambiente; su significado e importancia en el mejoramiento genético y en la evaluación de cultivares. San Miguel, INTA. s.p. (Serie monográfica no.1).
31. MESKIMEN, G.; FRANCIS, J.K. 1990. *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden*, Eucalipto rosado. (en línea). Silvics of North America. 2: 211- 216. Consultado 16 ene. 2009. Disponible en <http://fs.fed.us/global/iitf/Eucalyptusgrandis.pdf>
32. METTLER, L.; GREGG, T. 1972. Genética de las poblaciones y evolución. México, CRAT. 245 p.
33. PARDO GONZÁLES, M. F. 2004. Evaluación de crecimiento de un ensayo de progenies de *E. grandis W. Hill ex Maiden* de 11 años de edad instalado en la estación experimental Bañado de Medina (E.E.B.M.). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 49 p.
34. PELUFO CURBELO, N.; PRUNELL CUARTIN, L. J. 1998. Estudio del sistema radicular de clones selectos de *Eucalyptus grandis*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 107 p.
35. PENRIDGE, L. K.; WALKER, J. 1986. Effect of neighbouring trees on eucalypt growth in a semi-arid woodland in Australia. (en línea). Journal of Ecology. 74(4): 925-936. Consultado 15 set. 2008. Disponible en <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=8302109>

36. PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. 1997. Mensura forestal. Costa Rica, IICA. s.p. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible no. 1).
37. RAMÍREZ, L.; EGAÑA, B. 2003. Guía de conceptos de genética cuantitativa. (en línea). Navarra, Universidad Pública de Navarra. 19 p. Consultado 8 mar. 2009. Disponible en <http://unavarra.es/genmic>
38. RAVERA, G. S. 2002. Crecimiento de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* en diferentes sitios y en relación al desarrollo radicular en el Valle Serrano del arroyo Soldado, departamento de Lavalleja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 62 p.
39. SALVIONI, R.; GRARAU, A.; DELFINO, S. s.f. Porcentaje de corteza en cinco especies de eucalipto en forestaciones de Ramallo, provincia de Buenos Aires. (en línea). Buenos Aires, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. s.p. Consultado 20 ene. 2009. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2003/posters03/196%20Salvioni-Garau-Delfino%20poster.pdf>
40. SANCHEZ, E.; ESTERUELAS, R. 1952. Genética general y agrícola. Barcelona, Salvat. 349 p.
41. SIERRA, V. L. 2004. Situación actual y futura del mejoramiento genético forestal; aportes al negocio de pequeñas y medianas empresas en el noreste argentino. In: Jornadas de mejoramiento genético para productores forestales (1ª, 2004. Posadas, Misiones). Actas. Misiones, Posadas, FCF. p. 29.
42. SNYDER, L. 1951. Los principios de la herencia. 4a. ed. Buenos Aires, Acme. 474 p.
43. SORRENTINO, A. 1994. Manual teórico-práctico, técnicas e instrumentos de medición forestal. Montevideo, Facultad de Agronomía.v.2, 312 p.
44. ----- .2000. Manual teórico – práctico, técnicas e instrumentos de medición forestal. Montevideo, Facultad de Agronomía. v.1, 98 p.
45. STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. 1985. Bioestadística; principios y procedimientos. Bogotá, Mc Graw-Hill Interamericana. 622 p.

46. TAMARIN, R. H. 1996. Principios de genética. Barcelona, Reverté. 607 p.
47. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 1983. Carta geológica departamental del Uruguay. Montevideo. s.p.
48. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL. 2008. Estadística. (en línea). Montevideo. Consultado 20 nov. 2008. Disponible en <http://mgap.gub.uy/Forestal/DGF.htm>
49. ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1992. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, Limusa. 545 p.

9. ANEXOS

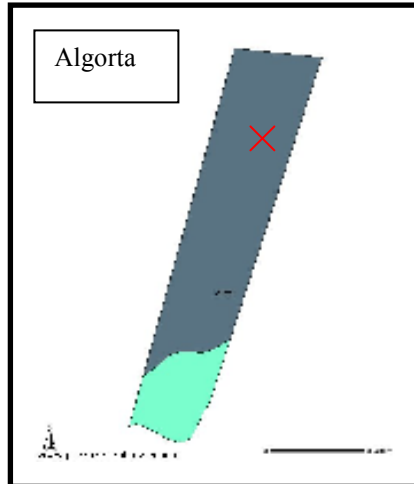
Anexo No. 1: Porcentaje de corteza según especie

Especie	Altura total (m)	Dap con corteza (cm)	Fuente de información	Corteza
<i>Eucalyptus occidentalis</i>	10	10	Italia (Ciancio y Hermanin, 1974)	18.3*
	15	15		15.5*
	20	20		14.1*
<i>Eucalyptus globulus</i>	–	10	Italia (Ciancio, 1966)	19.8**
		15		16.4**
		20		15.1**
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	–	10	Italia, Scicilia (Ciancio, 1966)	30**
		15		24.2**
		20		21.6**
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	–	10	Italia, Basilicata (Ciancio, 1970)	28.1**
		15		25.2**
		20		22.8**
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	10	10	India (Chaturvedi, 1973)	29**
	15	15		24.8**
	20	20		23**
<i>Eucalyptus grandis</i> 6 años de edad	10	10	India (Pande y Jain, 1976)	30.4**
	15	15		15.9**
	20	20		12.9**
	30	30		10.8**
<i>Eucalyptus grandis</i> 14 años de edad	10	10	India (Pande y Jain, 1976)	30.8**
	15	15		16.9**
	20	20		14.2**
	30	30		12.8**
<i>Eucalyptus grandis</i>	10	10	Sudáfrica (Van Laar, 1961)	18.2**
	15	15		16.3**
	20	20		14.8**
	30	30		12.6**
<i>Eucalyptus grandis</i>	10	10	Uganda (Kingston, 1972)	12.1**
	15	15		13.9**
	20	20		13.5**
	30	30		13.5**

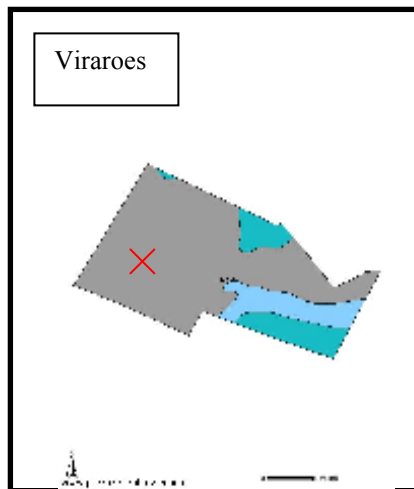
* Porcentaje en peso. ** Porcentaje en volumen

Fuente: FAO (1981).

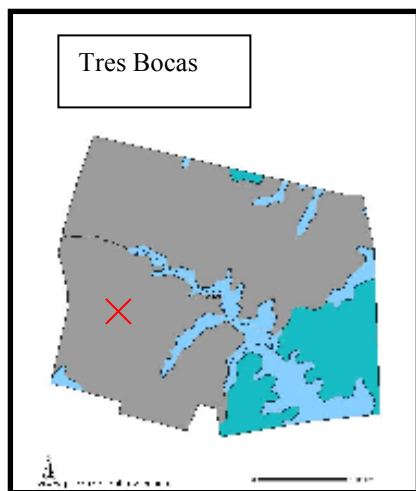
Anexo No. 2: Descripción grupos de suelos Coneat



Algora		
Grupo	Índice	Porc.
9.1	61	18.78 %
9.3	88	81.22 %



Viraroes		
Grupo	Índice	Porc.
03.40	96	11.09 %
09.3	74	74.96 %
10.2	166	13.95 %



Tres Bocas		
Grupo	Índice	Porc.
03.40	96	14.26 %
09.3	74	70.84 %
10.2	166	14.90 %

Grupo de suelos 9.3

Las áreas de mayor extensión se localizan en el Dpto. de Paysandú, siendo de destacar la gran región que se desarrolla al este de Porvenir, observable por ruta 90 y extendida hacia el sur (comprendiendo, en los alrededores de Piedras Coloradas, las plantaciones forestales de la Caja Notarial), Algorta y la región localizada en los alrededores de Quebracho (Colonia Ros de Oger) y Palmar del Quebracho. En el Dpto. de Río Negro se expresa significativamente en los alrededores de Greco, y en el Dpto. de Soriano, en extensiones dispersas que comienzan al suroeste de la ruta 2, a la altura de Risso-Egana hasta las proximidades de la ciudad de Mercedes. En el Dpto. de Durazno es reconocida en pequeñas áreas en los alrededores del poblado Álvarez. El material geológico corresponde a areniscas con cemento arcilloso, frecuentemente de tonos rosados, a veces rojizos o blancos grisáceos. El relieve en general es suavemente ondulado con predominio de 1 a 3% de pendientes. Es una combinación de laderas extendidas de 1-2% de pendiente, predominando sobre laderas de disección de mayor convexidad y pendiente (3 a 5%), que corresponden a las litologías mas gruesas del sedimento. Los suelos predominantes corresponden a Planosoles Dístricos Ócricos, a veces Melánicos y Argisoles Dístricos Ócricos Abrúpticos, a veces Típicos (Planosoles arenosos, Praderas Planosólicas y Praderas Pardas máximas arenosas). El color de los horizontes superiores es pardo grisáceo oscuro, la textura es arenoso franca y son de fertilidad baja e imperfectamente drenados. En las laderas de mayor convexidad y pendiente, los Planosoles Dístricos Ócricos presentan mayor espesor de horizonte A, de color pardo grisáceo, textura arenosa y fertilidad muy baja. Como asociados, en laderas medias y bajas de pendiente máxima de 1%, existen Brunosoles Subéutricos, a veces Dístricos Típicos y Lúvicos

(Praderas Pardas medias y máximas). Son de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa, fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a imperfecto. El uso predominante es pastoril y la vegetación es de praderas estival en general con baja densidad de malezas, aunque casi siempre con la presencia de *Paspalum quadrifarium* en los bajos y concavidades húmedas y *Andropogon* y *Schizachyrium* en las laderas. Existen áreas bajo cultivo, fundamentalmente de verano, dependiendo la densidad de los mismos de la localización geográfica de la unidad. Este grupo corresponde a la unidad Algorta e integra la unidad Cuchilla del Corralito (Dpto. de Soriano) en la carta a escala 1:1.000.000.

Grupo de suelos 09.3

Este grupo se localiza en los alrededores de Pueblo Sánchez, siendo observable por Ruta 24, en el tramo comprendido al norte de Nueva Mehlen hasta Tres Bocas, en el Dpto. de Río Negro. Existen extensiones menores en los Dptos. de Paysandú, Soriano y Colonia. El material geológico corresponde a sedimentos areno arcillosos de color pardo, a veces pardo rojizo, existiendo en algunos lugares losas de areniscas silicificadas. Al este de la región existen cantos rodados que en algunas áreas alcanzan alta concentración (casquetes). Todos estos materiales corresponden a la formación Salto. El relieve está constituido por lomas de laderas asimétricas, donde las laderas sur son de marcada convexidad y pendientes de 4 a 8% y las laderas de exposición norte son más extendidas y de pendientes suaves, de 1 a 3%. Los suelos dominantes están correlacionados con las posiciones topográficas arriba indicadas, ya que en las laderas fuertes existen Argisoles (a veces Planosoles) Dístricos Ócricos a veces Melánicos Típicos, a veces Abrúpticos, hidromórficos, de color pardo oscuro, textura franco arenosa a arenoso franca, fertilidad baja y drenaje imperfecto. (Praderas pardas y Planosoles arenosos). En las laderas suaves los suelos corresponden a Brunosoles Subéutricos Típicos y Lúvicos, a veces hidromórficos de color pardo muy oscuro, textura franco arenosa o franco arcillo arenosa, fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a imperfecto (Praderas Pardas algo arenosas). La vegetación es de pradera estival, con existencia de especies gruesas (paja colorada, canutillo, etc.) en las áreas de texturas más arenosas (Argisoles y Planosoles). Existen áreas con cultivos estivales pero predomina el uso pastoril estival. Este grupo corresponde a la unidad Tres Bocas en la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F).

Anexo No. 3: Descripción de perfiles de suelos muestreados

- VIRARROES

Muestra No. 1

PROFUNDIDAD (cm.)	HORIZONTE	TEXTURA	COLOR	OBSERVACIONES
0 – 31	A	Franco arenosa	Pardo	
31 – 49	Bt1	Arcillosa franco	Pardo oscuro	
49 - 67	Bt2	Arcillosa franco	Pardo rojizo	Coloraciones rojizas y presencia de CaCO ₃
+ 67	C	Arcillosa	Rojizo claro	Presencia de CaCO ₃

Muestra No. 2

PROFUNDIDAD (cm.)	HORIZONTE	TEXTURA	COLOR	OBSERVACIONES
0 – 35	A	Franco arenoso	Pardo	
35 – 60	Bt1	Arcilloso franco	Pardo oscuro	
60 – 80	Bt2	Arcilloso	Pardo	Coloraciones rojizas y presencia de chumbos
+ 80	BC	Arcilloso	Pardo rojizo	

- ALGORTA

Muestra No. 1 (Extraída de la parte superior del monte)

PROFUNDIDAD (cm.)	HORIZONTE	TEXTURA	COLOR	OBSERVACIONES
0 - 12	A	Arenoso	Pardo grisáceo	
13 - 53	B	Franco Arenoso		
+ 53	C	Franco Arenoso		Concreciones de CaCo3

Muestra No. 2 (Extraída de la parcela 59 repetición 2)

PROFUNDIDAD (cm.)	HORIZONTE	TEXTURA	COLOR	OBSERVACIONES
0 - 20	A	Arenoso franco	Pardo	
20 - 33	B1	Franco arenosa	Pardo oscuro	
33 - 43	B2	Franco arenoso	Pardo	
43 - 53	BC	Franco arcilloso	Pardo rojizo	Presencia de CaCO_3 y concreciones de Fe
+ 53	C	Arcilloso franco	Pardo claro	Coloraciones blancuzcas y rojizas

Muestra No. 3 (Extraído de la parcela 469 repetición 4)

PROFUNDIDAD (cm.)	HORIZONTE	TEXTURA	COLOR	OBSERVACIONES
0 - 17	A	Arenoso franco	Pardo claro	
17 - 39	B	Franco Arenoso	Pardo oscuro	
39 - 62	BC	Franco arcilloso	Pardo	
+ 62	C	Arcilloso franco	Gris claro	Coloraciones rojizas

- TRES BOCAS

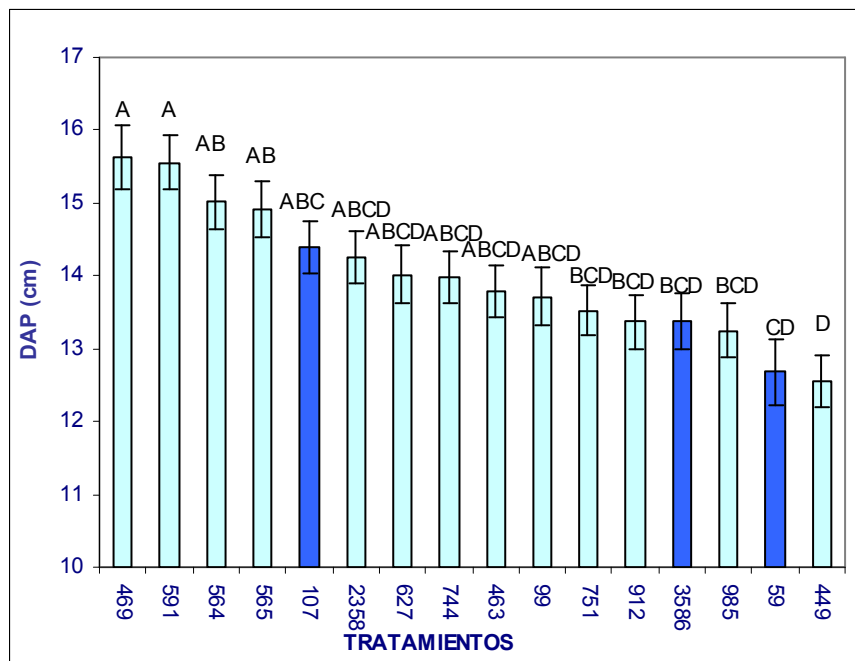
Muestra No. 1

PROFUNDIDAD (cm.)	HORIZONTE	TEXTURA	COLOR	OBSERVACIONES
0 - 13	A1	Franco arenoso	Pardo claro	
13 - 38	A2	Franco arenoso	Pardo oscuro	
38 - 78	Bt	Arcilloso	Pardo rojizo con vetas blancuzcas	
+ 78	C	Arcilloso		Presencia de CaCO_3

Anexo No. 4: Análisis de Tukey para variable dap en la localidad de Algorta

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTANDAR	GRUPO
469	15,6240	0,4358	A
591	15,5576	0,3599	A
564	15,0138	0,3682	AB
565	14,9204	0,3818	AB
107	14,3850	0,3547	ABC
2358	14,2505	0,3534	ABCD
627	14,0200	0,3894	ABCD
744	13,9811	0,3548	ABCD
463	13,7933	0,3548	ABCD
99	13,7189	0,3971	ABCD
751	13,5253	0,3515	BCD
912	13,3719	0,3682	BCD
3586	13,3689	0,3857	BCD
985	13,2474	0,3656	BCD
59	12,6872	0,4543	CD
449	12,5445	0,362	D

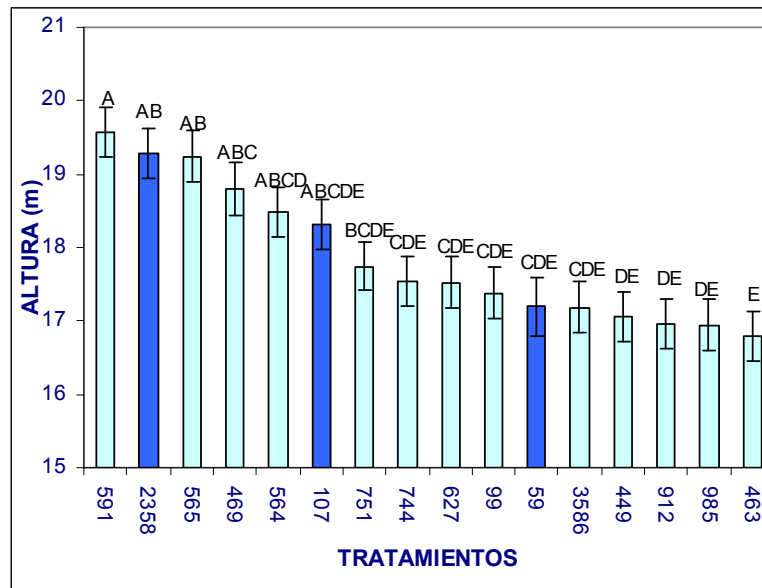
Dap medio según tratamiento en la localidad de Viraroes



Anexo No. 5: Análisis de Tukey para la variable altura en la localidad de Algorta

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTANDAR	GRUPO
591	19,5708	0,3385	A
2358	19,2783	0,3361	AB
565	19,2433	0,3481	AB
469	18,7973	0,3709	ABC
564	18,4870	0,3419	ABCD
107	18,3208	0,3365	ABCDE
751	17,7436	0,3353	BCDE
744	17,5449	0,3365	CDE
627	17,5171	0,3502	CDE
99	17,3830	0,3578	CDE
59	17,1942	0,4026	CDE
3586	17,1886	0,3494	CDE
449	17,0585	0,3394	DE
912	16,9568	0,3419	DE
985	16,9465	0,3407	DE
463	16,7890	0,3365	E

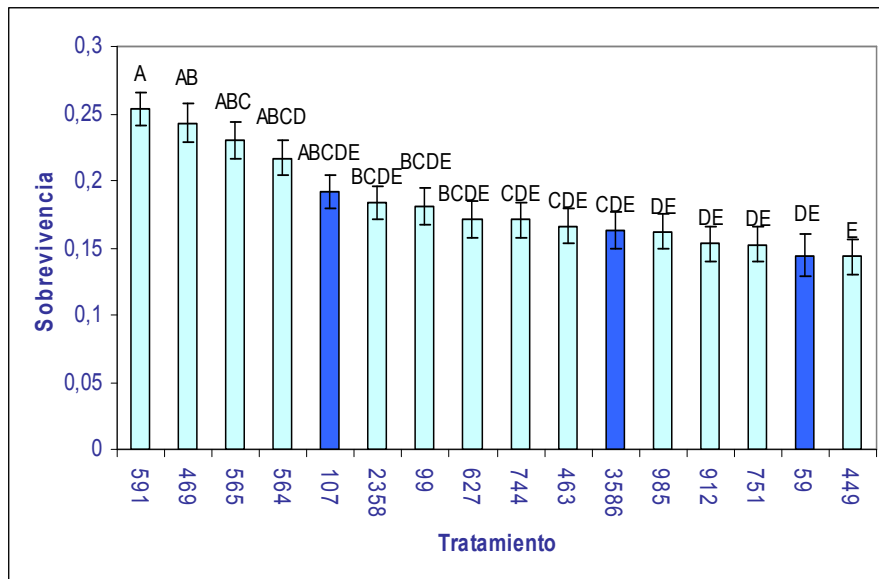
Altura media según tratamiento en la localidad de Algorta



Anexo No. 6: Análisis de Tukey para la variable sobrevivencia en la localidad de Algorta

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTANDAR	GRUPO
751	0,9692	0,02455	A
2358	0,9566	0,02896	A
744	0,9386	0,03521	A
463	0,9386	0,03521	A
107	0,9375	0,03564	A
591	0,8911	0,04893	AB
449	0,8786	0,05215	AB
985	0,8443	0,06019	AB
912	0,8326	0,06291	AB
564	0,8326	0,06291	AB
3586	0,7256	0,08201	AB
565	0,7199	0,08228	AB
99	0,7035	0,08633	AB
627	0,6881	0,08622	AB
469	0,4996	0,0973	B
59	0,4901	0,09964	B

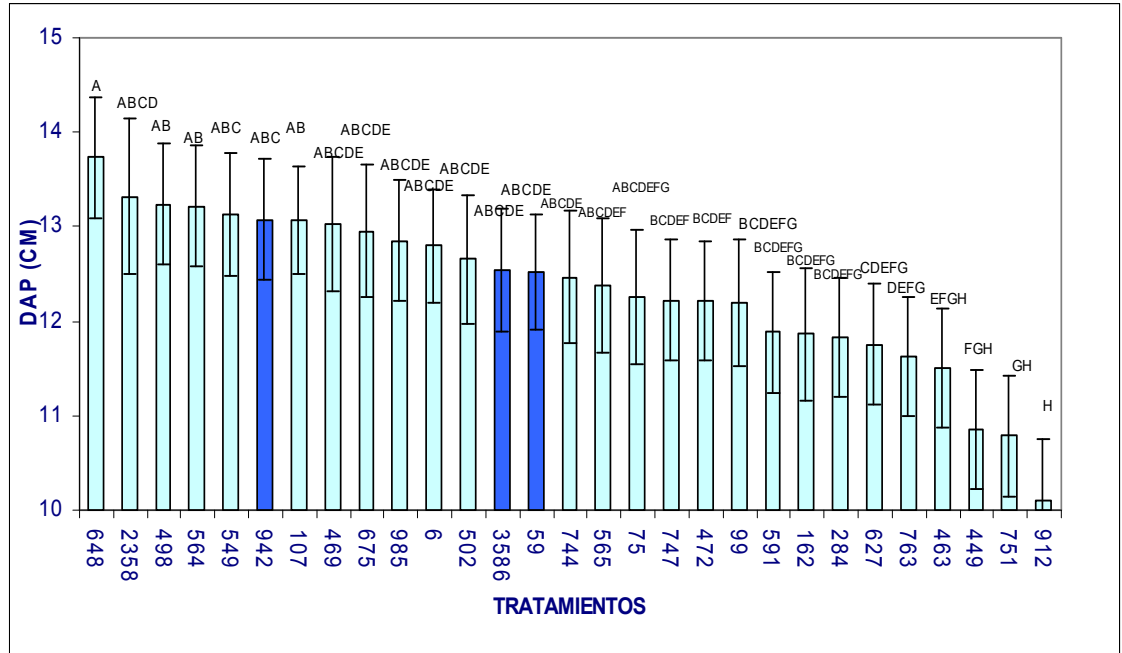
Sobrevivencia media según tratamiento en la localidad de Algorta



Anexo No. 7: Análisis de Tukey para variable dap en la localidad de Tres Bocas

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
648	13,731	0,6458	A
2358	13,322	0,8224	ABCD
498	13,241	0,6385	AB
564	13,216	0,6369	AB
549	13,133	0,6471	ABC
942	13,076	0,64	ABC
107	13,068	0,5718	AB
469	13,026	0,7186	ABCDE
675	12,956	0,7066	ABCDE
985	12,849	0,6378	ABCDE
6	12,796	0,5967	ABCDE
502	12,654	0,6728	ABCDE
3586	12,547	0,6461	ABCDE
59	12,517	0,6121	ABCDE
744	12,464	0,6989	ABCDE
565	12,380	0,7071	ABCDEF
75	12,256	0,7039	ABCDEF
747	12,221	0,6361	BCDEF
472	12,213	0,6346	BCDEF
99	12,196	0,6647	BCDEF
591	11,886	0,6385	BCDEF
162	11,867	0,7039	BCDEF
284	11,830	0,6369	BCDEF
627	11,757	0,6376	CDEF
763	11,623	0,6361	DEF
463	11,504	0,6361	EFGH
449	10,857	0,6362	FGH
751	10,790	0,6397	GH
912	10,108	0,6504	H

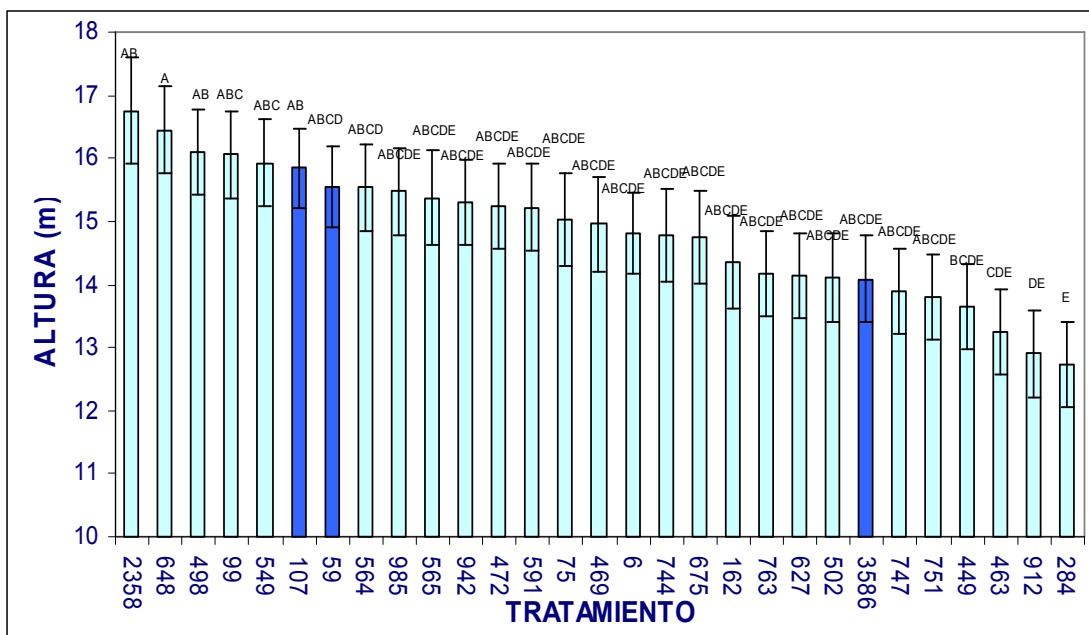
Dap medio según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



Anexo No. 8: Análisis de Tukey para variable altura en la localidad de Tres Bocas

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
2358	16,757	0,855	AB
648	16,445	0,682	A
498	16,100	0,679	AB
99	16,062	0,692	ABC
549	15,926	0,682	ABC
107	15,841	0,615	AB
59	15,541	0,646	ABCD
564	15,536	0,679	ABCD
985	15,472	0,679	ABCDE
565	15,375	0,743	ABCDE
942	15,305	0,680	ABCDE
472	15,230	0,678	ABCDE
591	15,223	0,679	ABCDE
75	15,024	0,742	ABCDE
469	14,958	0,747	ABCDE
6	14,804	0,640	ABCDE
744	14,787	0,740	ABCDE
675	14,752	0,743	ABCDE
162	14,354	0,742	ABCDE
763	14,165	0,678	ABCDE
627	14,137	0,679	ABCDE
502	14,114	0,697	ABCDE
3586	14,087	0,682	ABCDE
747	13,886	0,678	ABCDE
751	13,806	0,680	ABCDE
449	13,638	0,678	BCDE
463	13,257	0,678	CDE
912	12,906	0,684	DE
284	12,722	0,679	E

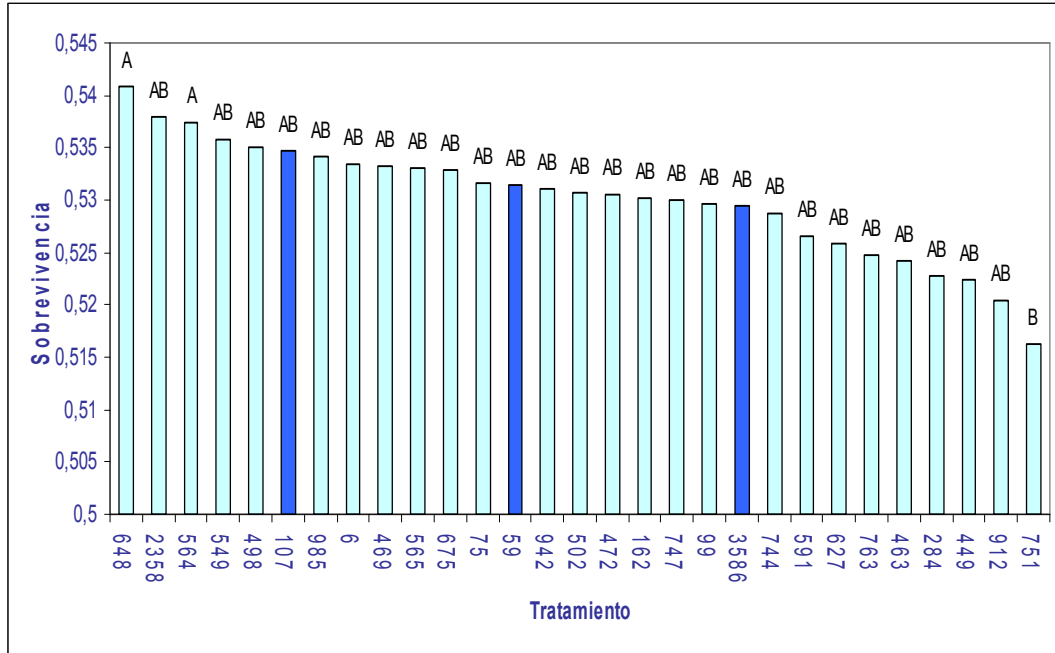
Altura media según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



Anexo No. 9: Análisis de Tukey para variable sobrevivencia en la localidad de
Tres Bocas

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTANDAR	GRUPO
648	0,5409	0,004917	A
2358	0,5379	0,00621	AB
564	0,5375	0,004883	A
549	0,5358	0,004931	AB
498	0,5351	0,004894	AB
107	0,5347	0,004415	AB
985	0,5341	0,004892	AB
6	0,5334	0,004889	AB
469	0,5333	0,005433	AB
565	0,5331	0,005382	AB
675	0,5329	0,00538	AB
75	0,5316	0,00537	AB
59	0,5314	0,004673	AB
942	0,5311	0,004906	AB
502	0,5307	0,005089	AB
472	0,5305	0,004883	AB
162	0,5302	0,005372	AB
747	0,53	0,00489	AB
99	0,5297	0,005037	AB
3586	0,5294	0,004934	AB
744	0,5287	0,005352	AB
591	0,5265	0,004904	AB
627	0,5258	0,004901	AB
763	0,5248	0,004896	AB
463	0,5243	0,004896	AB
284	0,5228	0,004901	AB
449	0,5224	0,004898	AB
912	0,5204	0,004964	AB
751	0,5163	0,004918	B

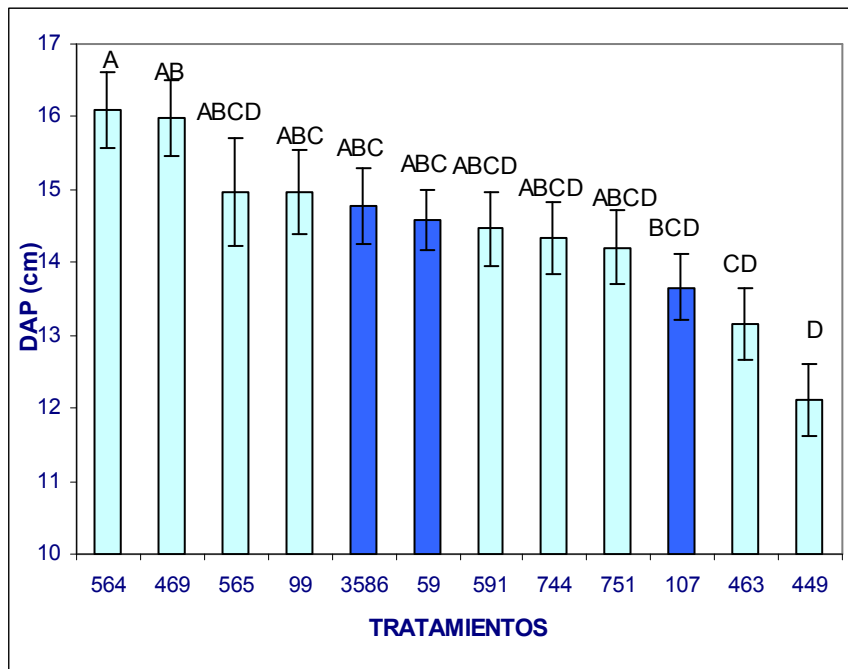
Sobrevivencia media según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



Anexo No. 10: Análisis de Tukey para variable dap en la localidad de Viraroes

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTANDAR	GRUPO
564	16,100	0,5149	A
469	15,980	0,5131	AB
565	14,975	0,7362	ABCD
99	14,973	0,5839	ABC
3586	14,786	0,5223	ABC
59	14,579	0,4164	ABC
591	14,470	0,5104	ABCD
744	14,335	0,5003	ABCD
751	14,205	0,5028	ABCD
107	13,657	0,4567	BCD
463	13,162	0,5003	CD
449	12,110	0,4967	D

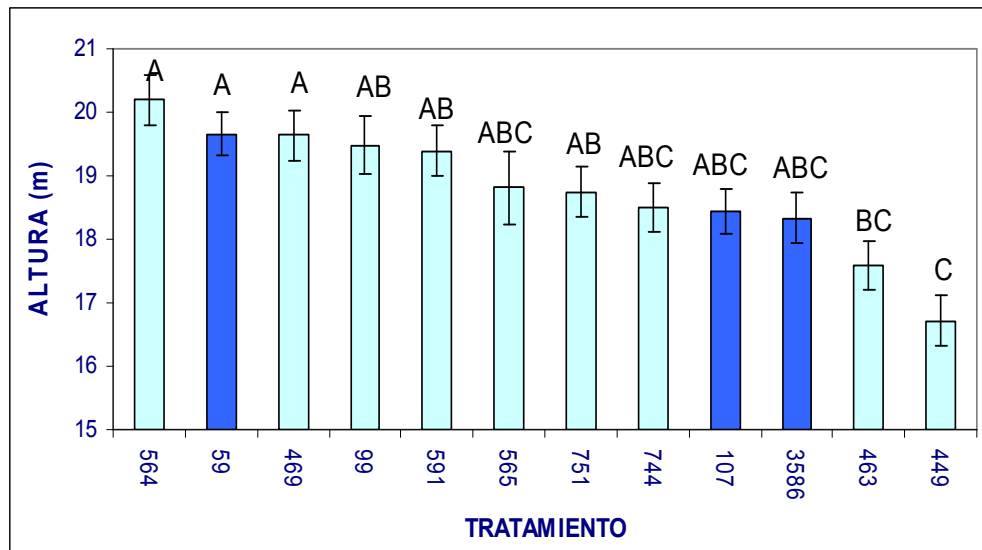
Dap medio según tratamiento en la localidad de Viraroes



Anexo No. 11: Análisis de Tukey para variable altura en la localidad de Viraroes

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTANDAR	GRUPO
564	20,193	0,4009	A
59	19,658	0,3338	A
469	19,644	0,4002	A
99	19,479	0,4542	AB
591	19,388	0,3988	AB
565	18,810	0,5611	ABC
751	18,740	0,3955	AB
744	18,499	0,3943	ABC
107	18,444	0,3617	ABC
3586	18,331	0,4043	ABC
463	17,588	0,3943	BC
449	16,715	0,3926	C

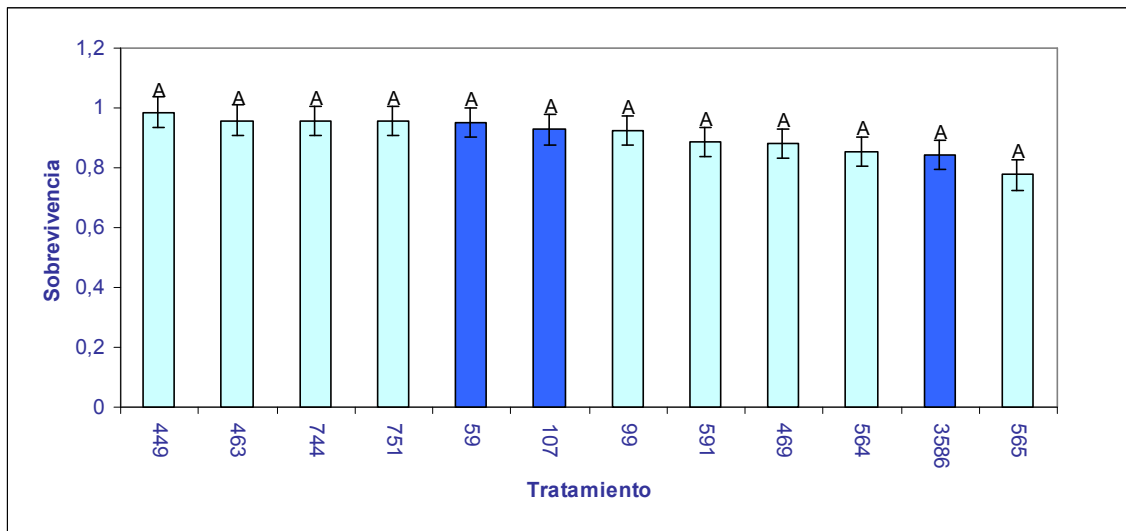
Altura media según tratamiento en la localidad de Viraroes



Anexo No. 12: Análisis de Tukey para variable sobrevivencia en la localidad de Viraroes

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTANDAR	GRUPO
449	0,9857	0,01656	A
463	0,9583	0,03034	A
744	0,9576	0,03064	A
751	0,9563	0,03165	A
59	0,9519	0,0268	A
107	0,9274	0,03907	A
99	0,9241	0,05334	A
591	0,8869	0,05946	A
469	0,8799	0,06236	A
564	0,8545	0,07034	A
3586	0,8425	0,07431	A
565	0,776	0,1294	A

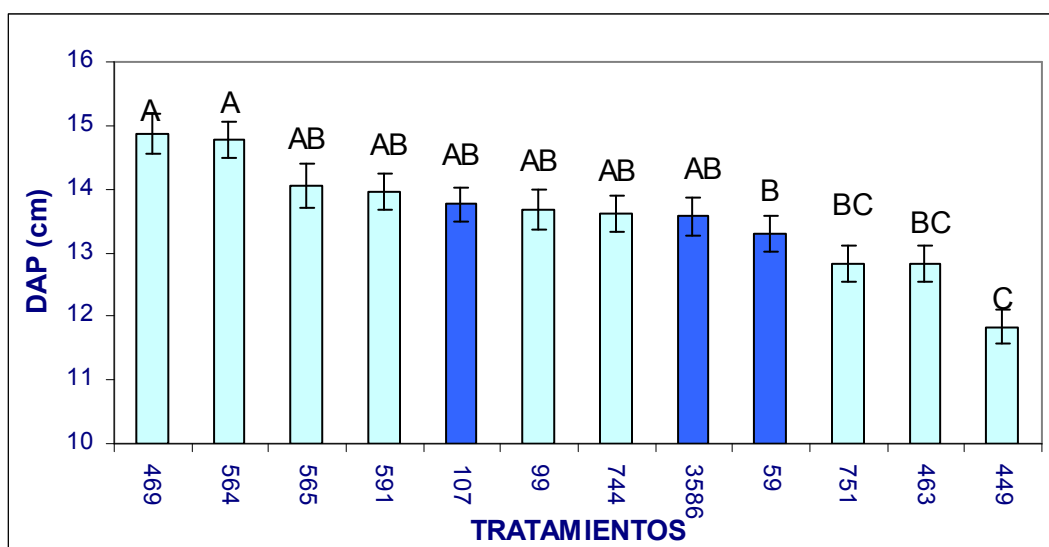
Sobrevivencia media según tratamiento para la localidad de Viraroes



Anexo No. 13: Análisis de Tukey para efecto clon de variable dap en anova combinado

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
469	14,881	0,313	A
564	14,781	0,283	A
565	14,043	0,341	AB
591	13,968	0,282	AB
107	13,754	0,259	AB
99	13,675	0,308	AB
744	13,613	0,292	AB
3586	13,568	0,290	AB
59	13,289	0,285	B
751	12,838	0,280	BC
463	12,820	0,279	BC
449	11,834	0,279	C

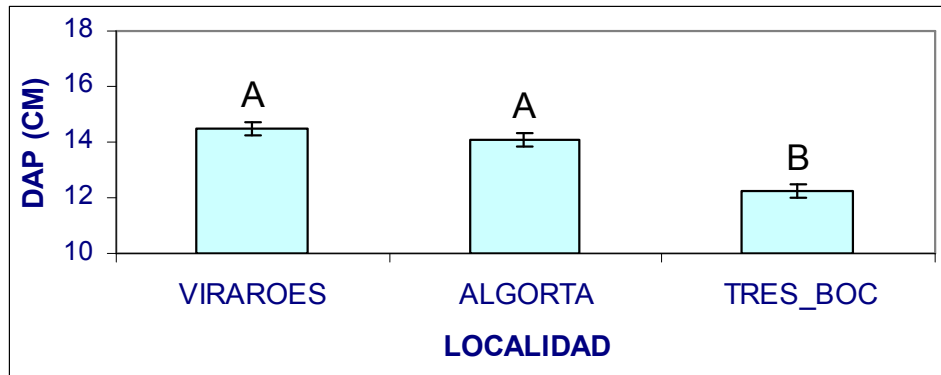
Dap medio según tratamiento



Anexo No. 14: Análisis de Tukey para efecto localidad de variable dap en anova combinado

OBSERVACIÓN	LOCALIDAD	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
13	VIRARROES	14,451	0,232	A
14	ALGORTA	14,091	0,233	A
15	TRES BOCAS	12,225	0,232	B

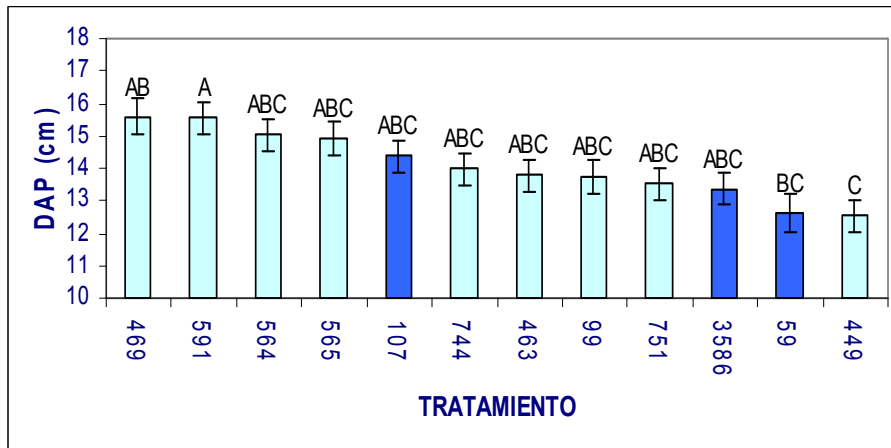
Dap medio según localidad



Anexo No. 15: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable Dap en Algorta

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
469	15,597	0,554	AB
591	15,558	0,488	A
564	15,026	0,495	ABC
565	14,918	0,506	ABC
107	14,385	0,484	ABC
744	13,987	0,484	ABC
463	13,794	0,484	ABC
99	13,760	0,524	ABC
751	13,525	0,481	ABC
3586	13,365	0,510	ABC
59	12,629	0,589	BC
449	12,543	0,490	C

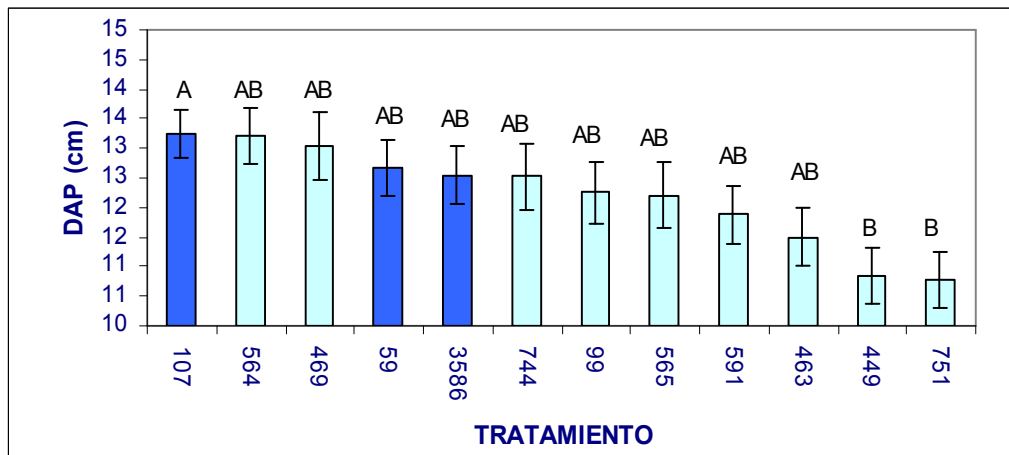
Dap medio según tratamiento en la localidad de Algorta



Anexo No. 16: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable dap en Tres Bocas

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
107	13,243	0,416	A
564	13,215	0,483	AB
469	13,047	0,578	AB
59	12,669	0,466	AB
3586	12,547	0,498	AB
744	12,518	0,546	AB
99	12,254	0,521	AB
565	12,203	0,559	AB
591	11,876	0,485	AB
463	11,502	0,481	AB
449	10,847	0,481	B
751	10,777	0,487	B

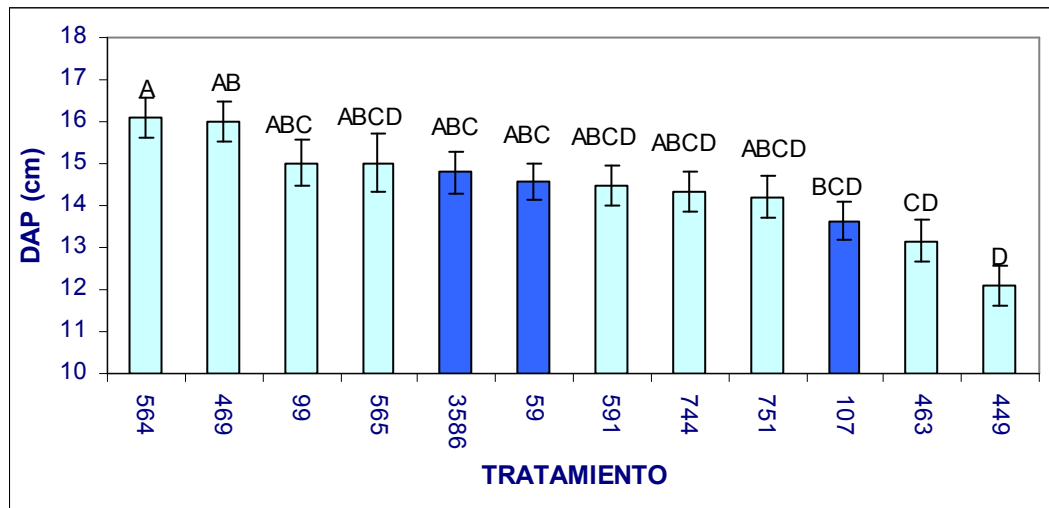
Dap medio según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



Anexo No. 17: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable dap en Viraroes

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
564	16,102	0,493	A
469	15,999	0,492	AB
99	15,012	0,556	ABC
565	15,010	0,690	ABCD
3586	14,792	0,499	ABC
59	14,569	0,411	ABC
591	14,468	0,490	ABCD
744	14,334	0,483	ABCD
751	14,213	0,485	ABCD
107	13,634	0,445	BCD
463	13,165	0,483	CD
449	12,113	0,480	D

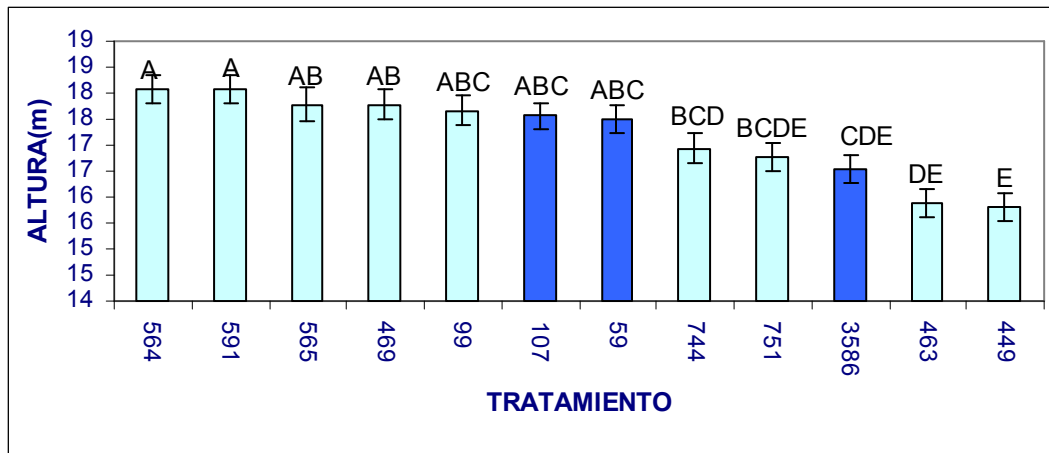
Dap medio según tratamiento en la localidad de Viraroes



Anexo No. 18: Análisis de Tukey para efecto clon de variable altura en anova combinado

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
564	18,069	0,272	A
591	18,060	0,272	A
565	17,788	0,317	AB
469	17,786	0,290	AB
99	17,660	0,289	ABC
107	17,570	0,254	ABC
59	17,489	0,270	ABC
744	16,940	0,282	BCD
751	16,762	0,271	BCDE
3586	16,535	0,275	CDE
463	15,879	0,270	DE
449	15,803	0,271	E

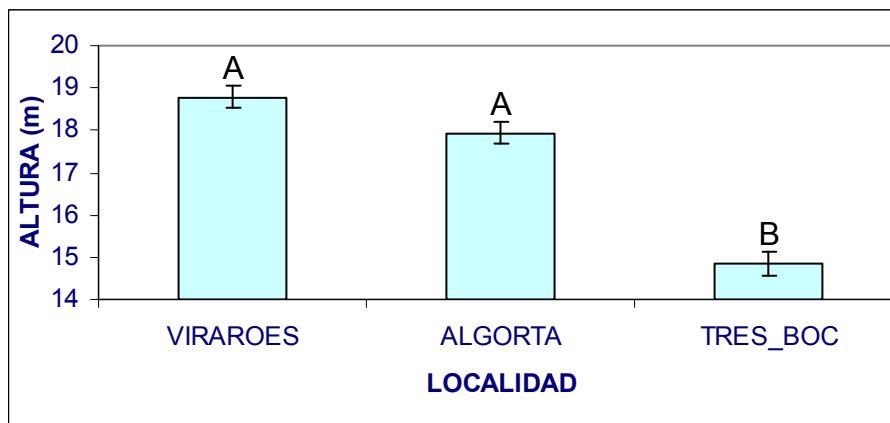
Altura media según tratamiento



Anexo No. 19: Análisis de Tukey para efecto localidad de variable altura en anova combinado

LOCALIDAD	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
VIRARROES	18,793	0,277	A
ALGORTA	17,945	0,277	A
TRES BOCAS	14,848	0,276	B

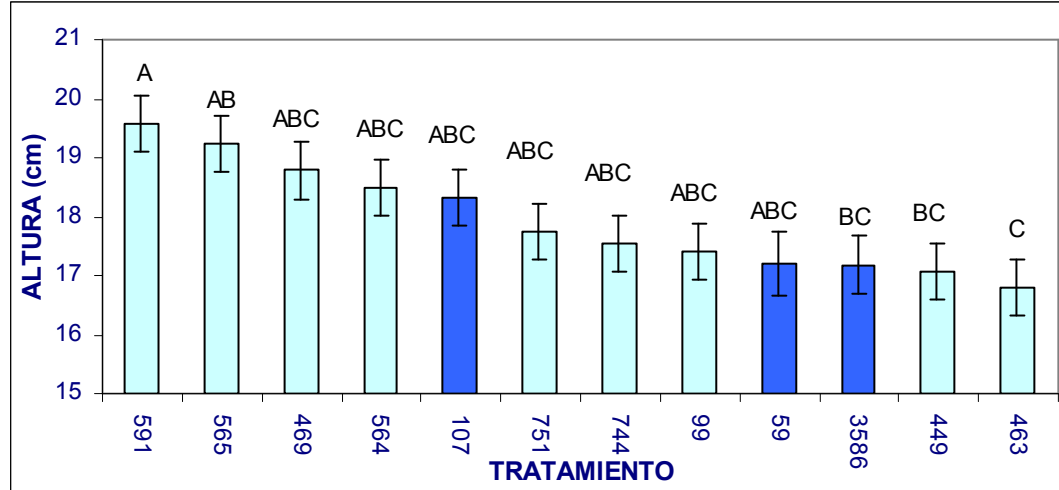
Altura media según localidad



Anexo No. 20: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable altura en Algorta

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
591	19,571	0,470	A
565	19,243	0,478	AB
469	18,791	0,496	ABC
564	18,487	0,473	ABC
107	18,321	0,469	ABC
751	17,743	0,468	ABC
744	17,546	0,469	ABC
99	17,404	0,487	ABC
59	17,197	0,540	ABC
3586	17,186	0,479	BC
449	17,061	0,471	BC
463	16,788	0,469	C

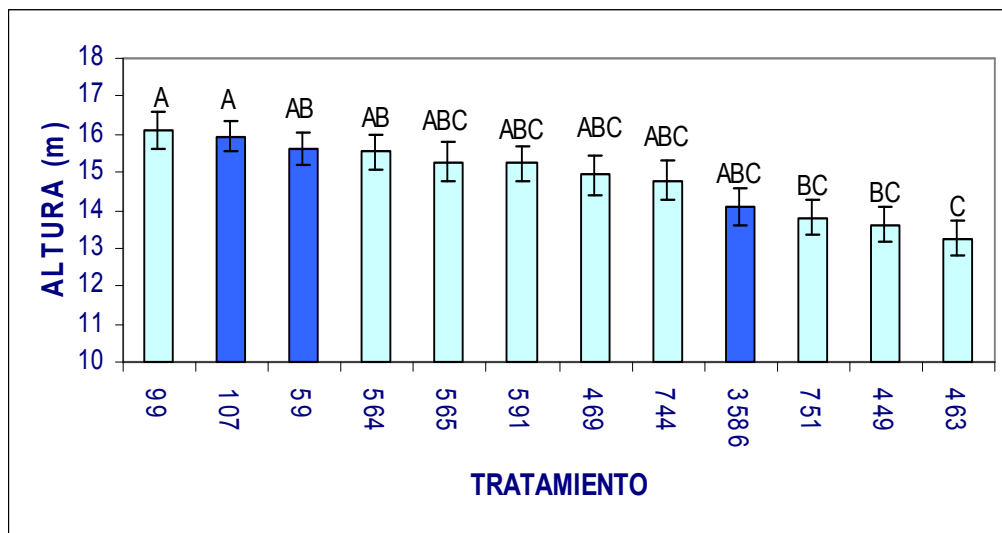
Altura media según tratamiento en la localidad de Algorta



Anexo No. 21: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable altura en Tres Bocas

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
99	16,095	0,488	A
107	15,948	0,414	A
59	15,626	0,445	AB
564	15,535	0,468	AB
565	15,266	0,528	ABC
591	15,223	0,470	ABC
469	14,926	0,536	ABC
744	14,776	0,524	ABC
3586	14,088	0,474	ABC
751	13,802	0,470	BC
449	13,633	0,468	BC
463	13,257	0,468	C

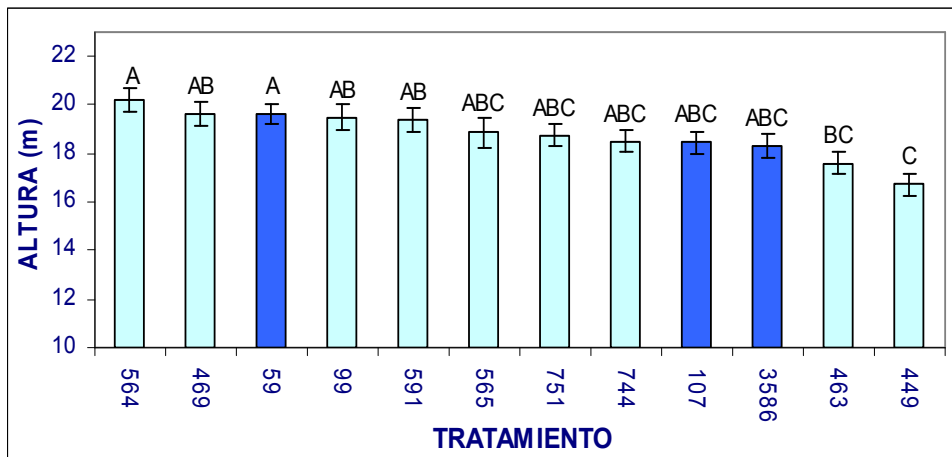
Altura media según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



Anexo No. 22: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable altura en Viraroes

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
564	20,185	0,472	A
469	19,643	0,472	AB
59	19,643	0,410	Ab
99	19,479	0,527	AB
591	19,386	0,471	AB
565	18,856	0,632	ABC
751	18,741	0,469	ABC
744	18,499	0,468	ABC
107	18,442	0,436	ABC
3586	18,331	0,475	ABC
463	17,590	0,468	BC
449	16,716	0,468	C

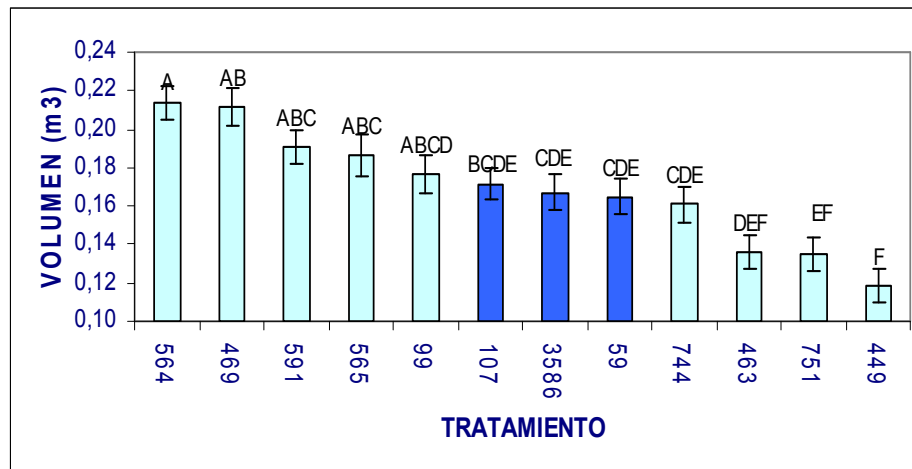
Altura media según tratamiento en la localidad de Viraroes



Anexo No. 23: Análisis de Tukey para efecto clon de variable volumen en anova combinado

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
564	0,214	0,009	A
469	0,211	0,010	AB
591	0,191	0,009	ABC
565	0,187	0,011	ABC
99	0,177	0,010	ABCD
107	0,171	0,008	BCDE
3586	0,167	0,009	CDE
59	0,165	0,009	CDE
744	0,161	0,009	CDE
463	0,136	0,009	DEF
751	0,135	0,009	EF
449	0,119	0,009	F

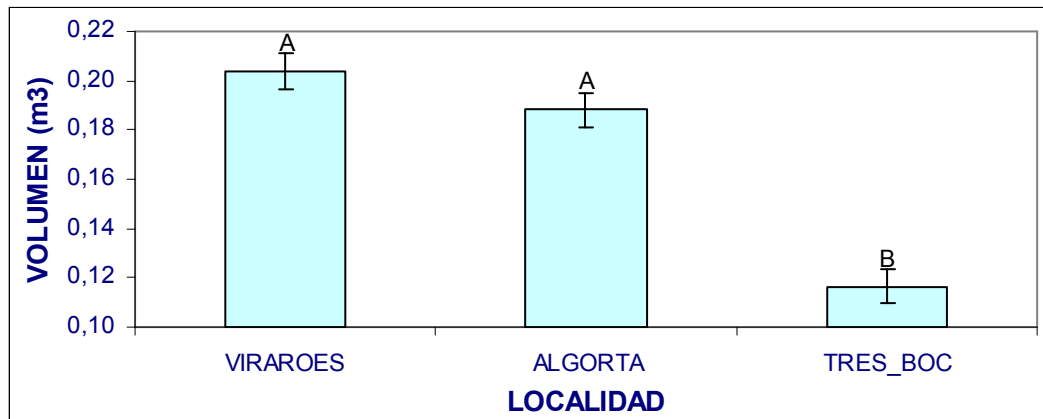
Volumen medio según tratamiento



Anexo No. 24: Análisis de Tukey para efecto localidad de variable volumen en anova combinado

LOCALIDAD	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
VIRARROES	0,204	0,007	A
ALGORTA	0,188	0,007	A
TRES BOCAS	0,117	0,007	B

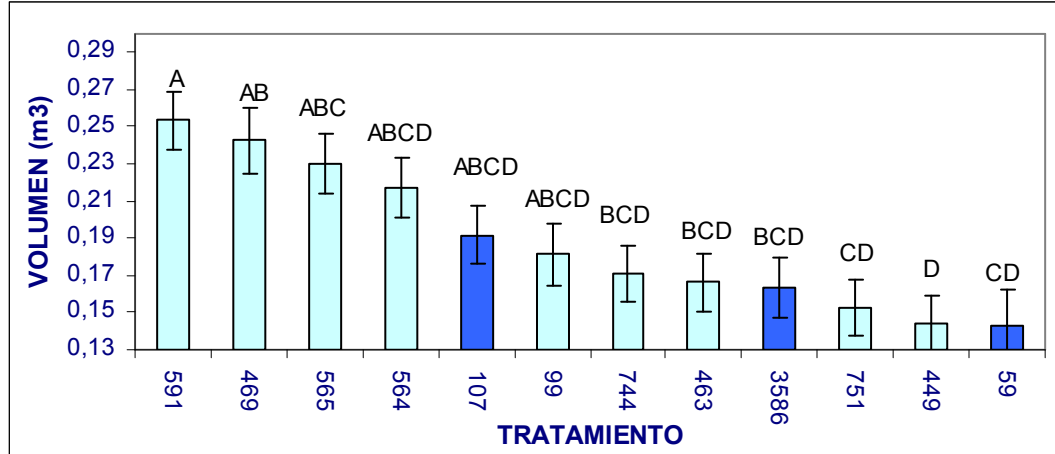
Volumen medio según localidad



Anexo No. 25: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable volumen en la localidad de Algorta

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
591	0,2535	0,01555	A
469	0,2426	0,01742	AB
565	0,2296	0,01611	ABC
564	0,2172	0,01574	ABCD
107	0,1918	0,01543	ABCD
99	0,1812	0,01661	ABCD
744	0,1709	0,01543	BCD
463	0,1661	0,01543	BCD
3586	0,1632	0,01618	BCD
751	0,1527	0,01536	CD
449	0,1437	0,0156	D
59	0,1433	0,01869	CD

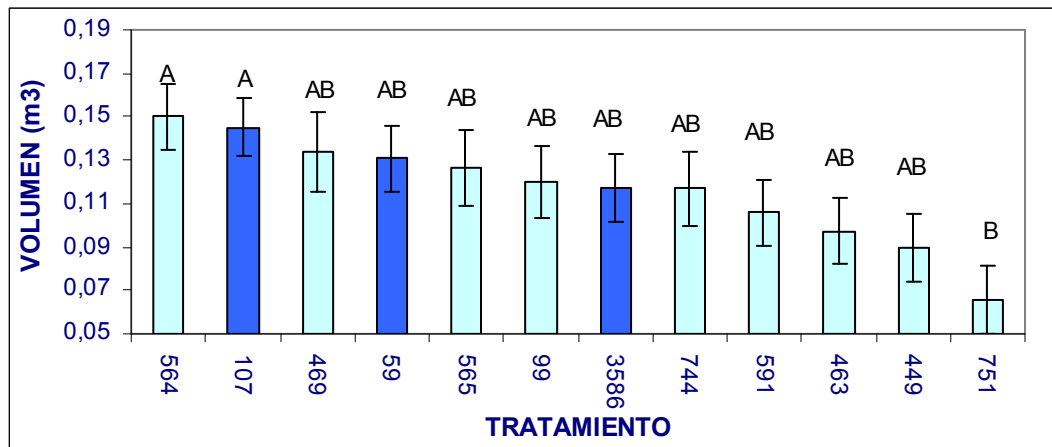
Volumen medio según tratamiento en la localidad de Algorta



Anexo No. 26: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable volumen en la localidad de Tres Bocas

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
564	0,150	0,015	A
107	0,145	0,013	A
469	0,134	0,018	AB
59	0,131	0,015	AB
565	0,126	0,018	AB
99	0,120	0,017	AB
3586	0,118	0,016	AB
744	0,117	0,017	AB
591	0,106	0,015	AB
463	0,097	0,015	AB
449	0,089	0,015	AB
751	0,066	0,016	B

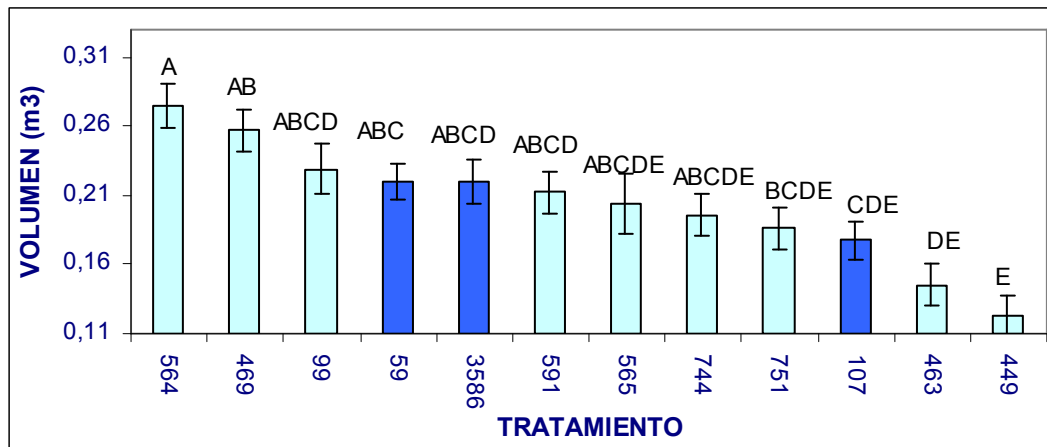
Volumen medio según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



Anexo No. 27: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable volumen en la localidad de Viraroes

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
564	0,2746	0,0157	A
469	0,257	0,01566	AB
99	0,2292	0,01776	ABCD
59	0,2204	0,01304	ABC
3586	0,2203	0,01585	ABCD
591	0,2122	0,0156	ABCD
565	0,2045	0,02201	ABCDE
744	0,1957	0,01539	ABCDE
751	0,186	0,01545	BCDE
107	0,1774	0,01414	CDE
463	0,1453	0,01539	DE
449	0,1226	0,01532	E

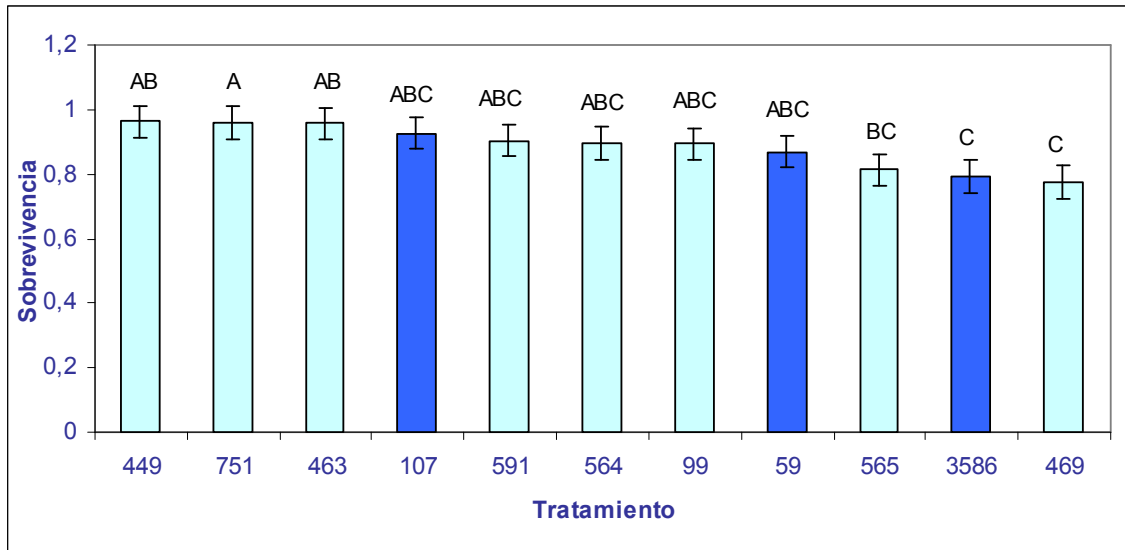
Volumen medio según tratamiento en la localidad de Viraroes



Anexo No. 28: Análisis de Tukey para efecto clon de variable sobrevivencia en anova combinado

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
449	0,9618	0,01708	AB
751	0,9583	0,016	A
463	0,9563	0,01656	AB
107	0,927	0,02037	ABC
591	0,9035	0,02708	ABC
564	0,8946	0,02975	ABC
99	0,8942	0,03246	ABC
59	0,869	0,03106	ABC
565	0,8133	0,04687	BC
3586	0,7919	0,04334	C
469	0,7751	0,05004	C

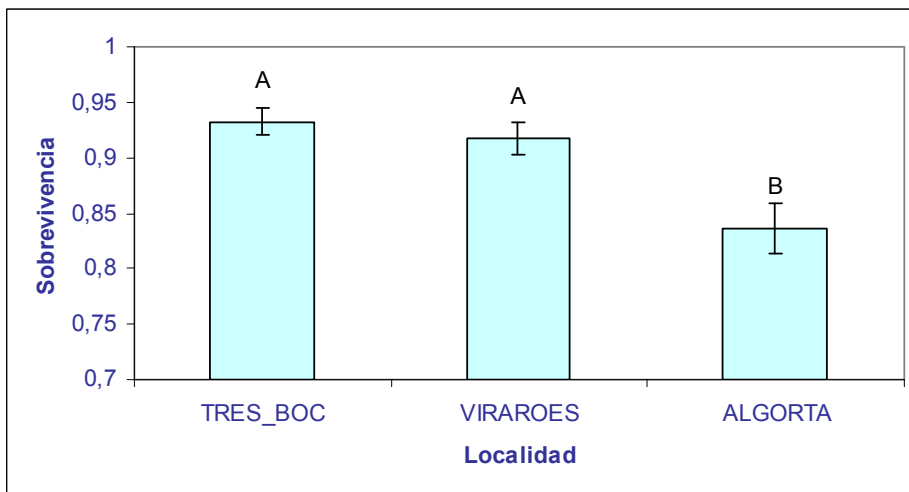
Sobrevivencia media según tratamiento



Anexo No. 29: Análisis de Tukey para efecto localidad de variable sobrevivencia en anova combinado

OBSERVACIÓN	LOCALIDAD	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
12	TRES BOCAS	0,9321	0,01213	A
13	VIRARROES	0,9176	0,01459	A
14	ALGORTA	0,8367	0,02264	B

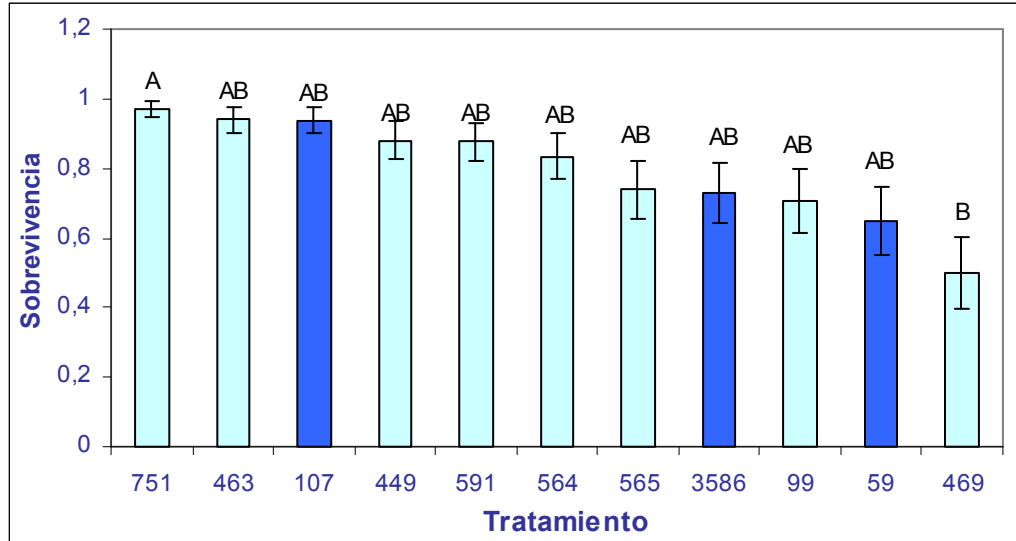
Sobrevivencia media según localidad



Anexo No. 30: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable sobrevivencia en la localidad de Algorta

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
751	0,9694	0,0242	A
463	0,939	0,03549	AB
107	0,9375	0,03603	AB
449	0,88	0,0536	AB
591	0,8768	0,05439	AB
564	0,8343	0,06535	AB
565	0,738	0,08429	AB
3586	0,727	0,08646	AB
99	0,7072	0,09098	AB
59	0,6482	0,09696	AB
469	0,4995	0,1035	B

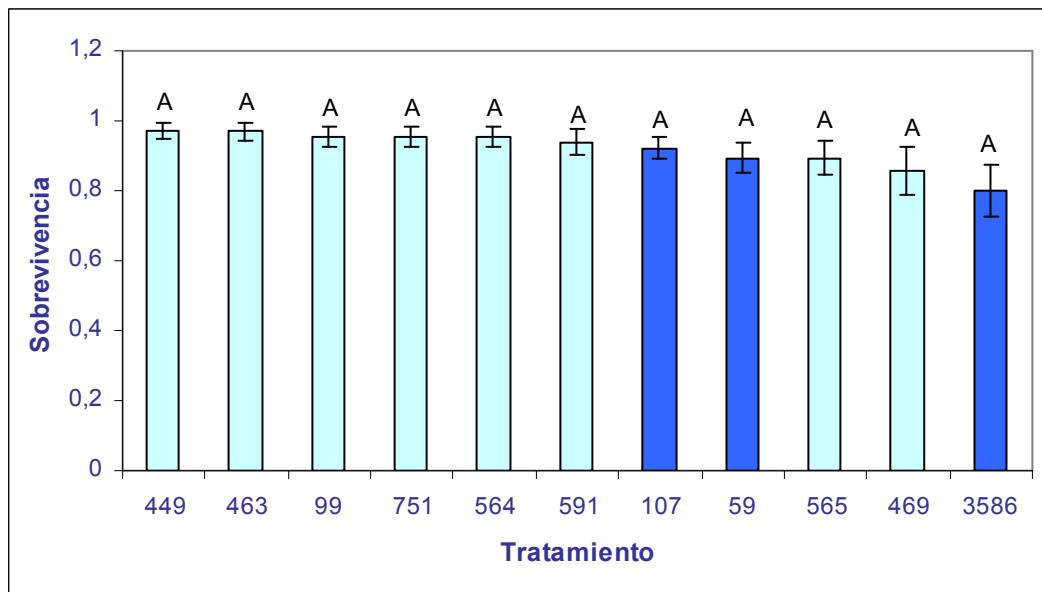
Sobrevivencia media según tratamiento en la localidad de Algorta



Anexo No. 31: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable sobrevivencia en la localidad de Tres Bocas

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
449	0,971	0,02331	A
463	0,9695	0,02414	A
99	0,9554	0,02953	A
751	0,9554	0,02954	A
564	0,9552	0,02962	A
591	0,9394	0,03532	A
107	0,9219	0,0333	A
59	0,8934	0,04447	A
565	0,8928	0,04994	A
469	0,8586	0,06974	A
3586	0,801	0,07264	A

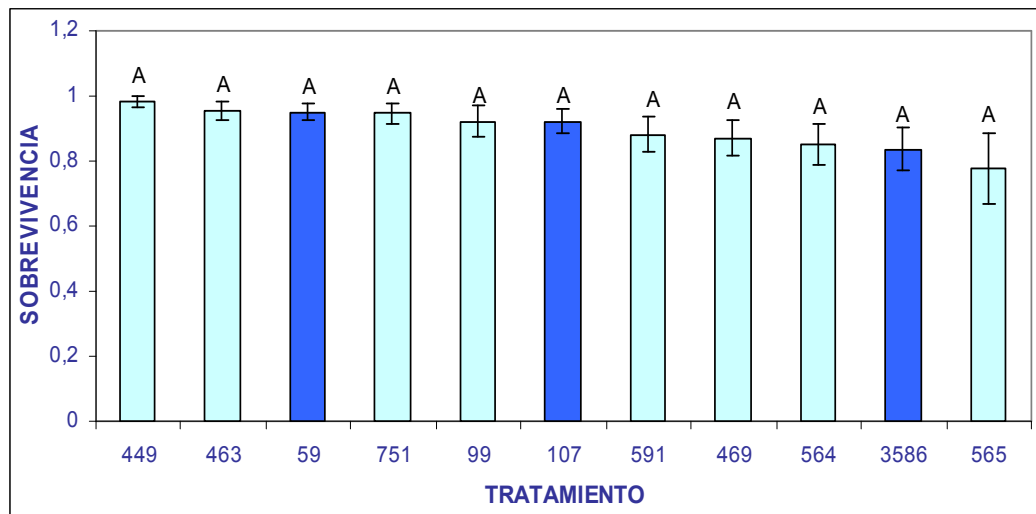
Sobrevivencia media según tratamiento en la localidad de Tres Bocas



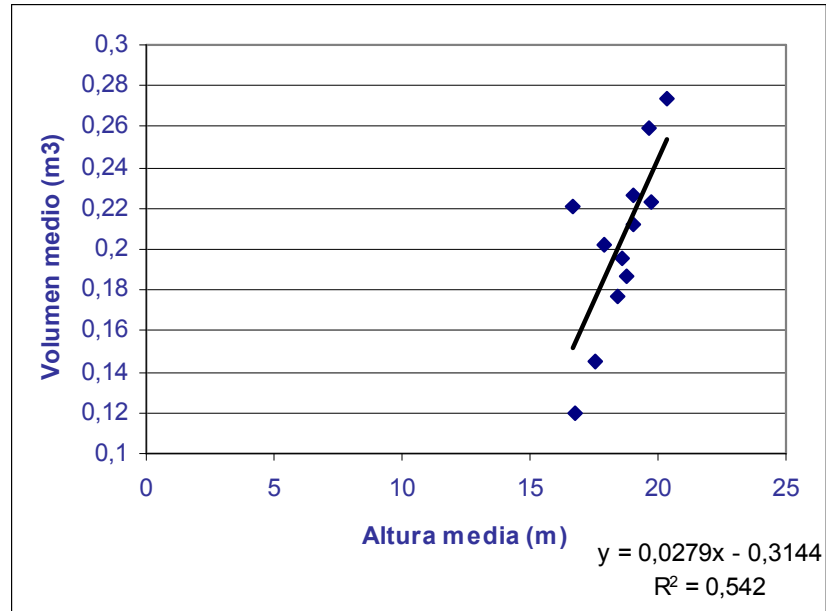
Anexo No. 32: Análisis de Tukey para interacción localidad – tratamiento de variable sobrevivencia en la localidad de Viraroes

TRATAMIENTO	MEDIA	ERROR ESTÁNDAR	GRUPO
449	0,9848	0,01736	A
463	0,9554	0,02956	A
59	0,9498	0,02548	A
751	0,9473	0,03245	A
99	0,9209	0,04854	A
107	0,9204	0,03702	A
591	0,8815	0,05326	A
469	0,8711	0,05631	A
564	0,8504	0,06148	A
3586	0,8371	0,06482	A
565	0,779	0,1087	A

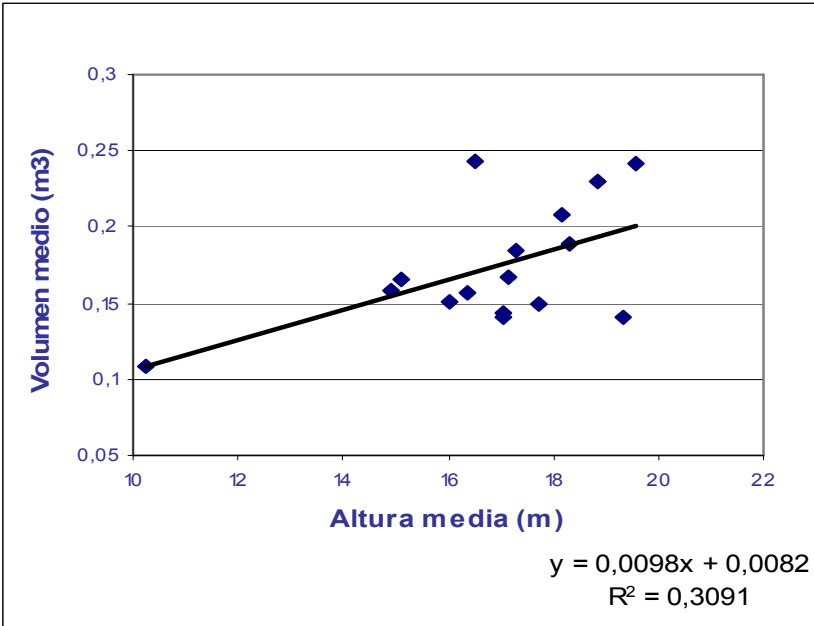
Sobrevivencia media según tratamiento en la localidad de Viraroes



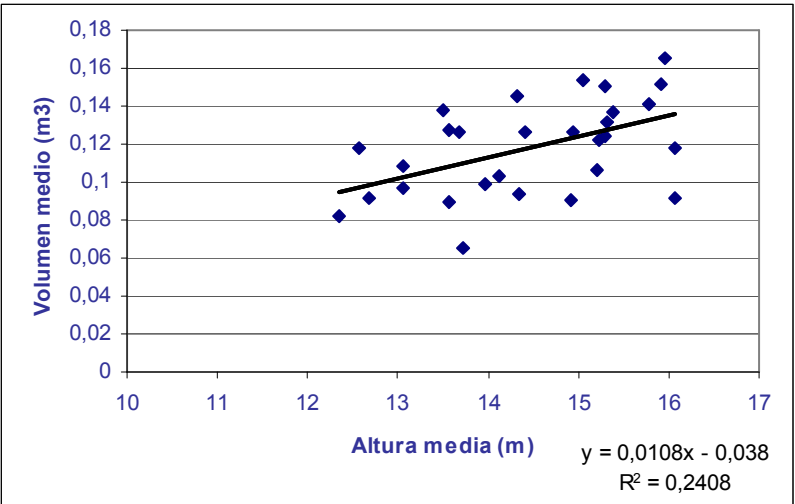
Anexo No. 33: Correlación entre altura y volumen en la localidad de Viraroes



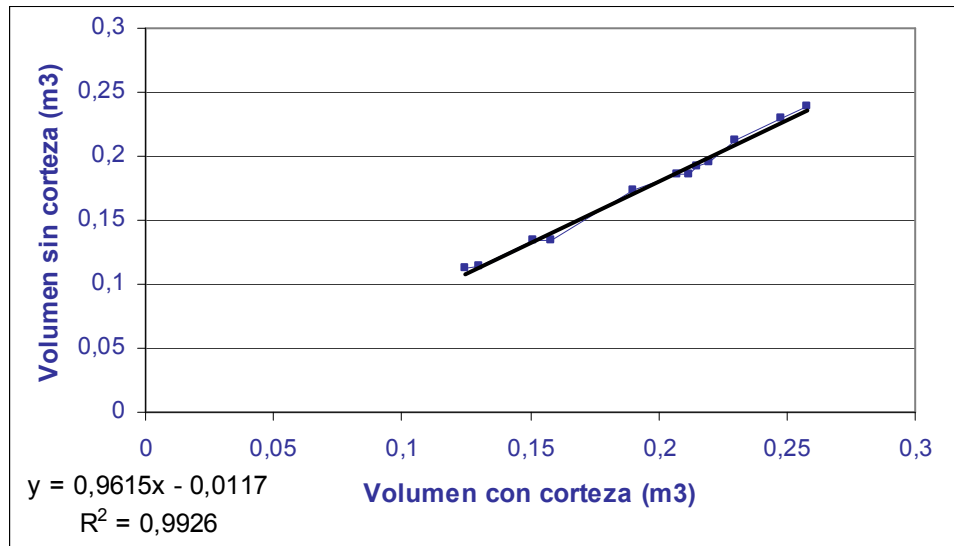
Anexo No. 34: Correlación entre altura y volumen en la localidad de Algorta



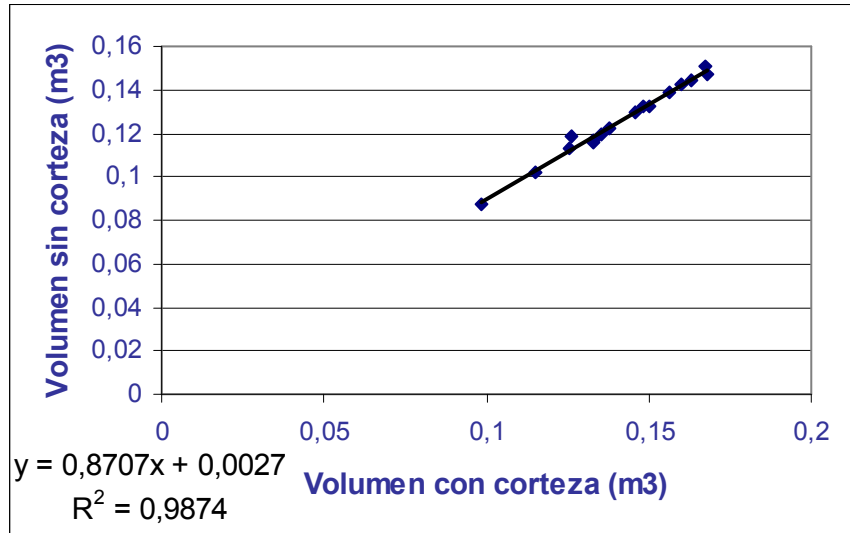
Anexo No. 35: Correlación entre altura y volumen en la localidad de Tres Bocas



Anexo No. 36: Correlación entre volumen con corteza y volumen sin corteza en la localidad de Viraroes



Anexo No. 37: Correlación entre volumen con corteza y volumen sin corteza en la localidad de Algorta



Anexo No. 38: Correlación entre volumen con corteza y volumen sin corteza en la localidad de Tres Bocas

