

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE UN ENSAYO DE RALEO EN *Pinus taeda* L. EN TACUAREMBO

Etapa 4: Estudio de coeficientes de forma

por

Mauro CARDOZO
Rodrigo OSORIO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2011

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Juan Cabris de León

Ing. Agr. Guillermo Moras

Ing. Agr. Juan Pedro Posse Bonilla

Fecha:

07 de noviembre del 2011

Autores:

Mauro Cardozo Lopez

Rodrigo Osorio Soto

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiéramos agradecer al director del trabajo, Ing. Agr. Juan Cabris de León por su constante colaboración y participación tanto en el trabajo de campo como en la parte teórica.

Al Ing. Agr. Fernando Irisiti por acceder a nuestro pedido para la obtención de un trabajo como este, al Ing. Agr. Rafael Escudero por su interés y apoyo en el trabajo de campo, así como al Ing. Agr. Guillermo Moras por la orientación brindada en el procesamiento de los datos y la corrección de la tesis.

A las empresas Kesril S.A. y Weyerhaeuser S.A. por el interés demostrado en realizar este estudio, así como por el excelente trato brindado durante el trabajo de campo.

Al Ing. Agr. Juan Pedro Posse Bonilla, por el apoyo brindado para que este estudio se llevara a cabo así como al Sr Daniel Ramírez

A la Ing. Agr. Lucia Gutiérrez, quien orientó y contribuyó a definir aspectos estadísticos, aportando interesantes puntos de vista sobre su análisis e interpretación.

A la Técnica Forestal Juliana Ivanchenko por su buena voluntad en la resolución de problemas e inquietudes generadas durante el trabajo de campo.

Al Dr. Oscar Santiago Vallejos Barra y al Dr. Mauricio Ponce Donoso, Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales, Chile, tanto por el interés como por el material de apoyo brindado para realizar este estudio.

Y por último, no quisiéramos dejar de agradecer al personal de la empresa Kesril S.A., en especial al señor Andrés Lapeira, por estar siempre a disposición cuando nuestra labor lo requiera, procurando que nuestra estadía fuera lo más cómoda posible, así como por su excelente humor.

a nuestras familias...
... y amigos

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 TIPOS DENDROMÉTRICOS.....	3
2.2 FORMA REAL DE LOS FUSTES	3
2.3 FACTOR DE FORMA.....	4
2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CONICIDAD DE LOS ÁRBOLES	6
2.4.1 <u>Diámetro del árbol</u>	6
2.4.2 <u>Altura del árbol</u>	6
2.4.3 <u>Área basal</u>	7
2.4.4 <u>Densidad de rodal</u>	7
2.4.4.1 Árboles creciendo libremente o a bajas densidades.....	7
2.4.4.2 Árboles creciendo bajo competencia o a altas densidades.....	8
2.5 RALEO	10
3 <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	15
3.1 MATERIALES	15
3.1.1 <u>Descripción general del ensayo</u>	15
3.1.2 <u>Descripción del suelo</u>	18
3.1.3 <u>Descripción agroclimática</u>	21
3.1.4 <u>Materiales utilizados para las diferentes mediciones</u>	23
3.2 MÉTODOS	26
3.2.1 <u>Trabajos preliminares anteriores al muestreo</u>	26
3.2.2 <u>Métodos de gabinete</u>	26
3.2.3 <u>Métodos de campo</u>	33
3.2.4 <u>Gabinete después de 1er salida</u>	38
3.2.5 <u>Segunda salida de campo</u>	38
3.2.6 <u>Análisis de los datos obtenidos</u>	42
3.2.7 <u>Análisis estadístico</u>	48
3.2.7.1 <u>Diseño experimental</u>	48
4 <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	53
4.1 FACTOR DE FORMA TOTAL CON CORTEZA.....	55
4.2 FACTOR DE FORMA TOTAL SIN CORTEZA	56

4.3	FACTOR DE FORMA COMERCIAL CON CORTEZA.....	58
4.4	FACTOR DE FORMA COMERCIAL SIN CORTEZA.....	60
5	<u>CONCLUSIONES</u>	65
6	<u>RESUMEN</u>	66
7	<u>SUMMARY</u>	67
8	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	68

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Estadísticas agro - climatológicas mensuales, período 1971-2000. (Adaptado de INIA, 2010).....	22
2. Formato de tabla de frecuencias absolutas y relativas (%) separada por las clases de <i>dap</i>	29
3. Planilla de campo para una parcela la cual sería raleada, ejemplo de una parcela.....	31
4. Planilla de campo de parcela no raleada.....	32
5. Cuadro utilizado para recabar datos de diámetros.....	43
6. Cuadro realizado para el cálculo de volúmenes.....	44
7. Cuadro para cálculos de diámetros y espesores.....	47
8. Medidas resúmenes realizadas a través del programa InfoStat.....	51
9. Cuadro que resulta del análisis de varianza.....	52
10. Plan de desarrollo del ensayo, revisado en 2009.....	53
11. Resultados de los diferentes factores de forma para los diferentes tratamientos y sus respectivos bloques.....	54
12. Factor de forma total con corteza; análisis estadístico.....	55
13. Estadística descriptiva separada por tratamientos para el factor de forma total con corteza.....	55
14. Análisis de varianza para factor de forma total con corteza.....	56
15. Estadística descriptiva del factor de forma total sin corteza.....	56
16. Estadística descriptiva separada por tratamientos para factor de forma total sin corteza.....	57

17.	Análisis de la varianza (ANAVA) para el factor de forma total sin corteza.....	58
18.	Estadística descriptiva del factor de forma comercial con corteza.....	58
19.	Estadísticas descriptivas separadas por tratamiento para el factor de forma comercial con corteza.....	59
20.	Análisis de la varianza para el factor de forma comercial con corteza.....	60
21.	Estadística descriptiva del factor de forma comercial sin corteza.....	60
22.	Estadística descriptiva separada por tratamiento.....	61
23.	Análisis de la varianza para el factor de forma comercial sin corteza.....	62

Figura No.

1.	Área forestada en los departamentos de Rivera y Tacuarembó: las zonas coloreadas en marrón corresponden al género <i>Pinus</i>	2
2.	Árbol con los 4 tipos dendrométricos que lo componen.....	4
3.	Volumen aparente y volumen real.....	5
4.	Localización del ensayo.....	15
5.	Diseño original del experimento.....	16
6.	Croquis del ensayo con sus correspondientes números de parcelas.....	17
7.	Superposición de imagen de Google Earth con carta de suelos CONEAT digital.....	19
8.	Temperaturas medias anuales, actuales e históricas.....	23
9.	Ejemplo de una planilla para la simulación del raleo.....	27

10.	Planilla con la simulación del raleo.....	28
11.	Planilla para la identificación de los árboles a ralear con sus respectivos números, ejemplo de una de las parcelas.....	30
12.	Planilla de campo para datos de factor de forma.....	32
13.	Zig-Zag realizado para la medición de la <i>cap</i> en el sector A.....	33
14.	Zig-Zag relizado para la medición de la <i>cap</i> en el sector B.....	34
15.	Factores de forma según tratamiento.....	63
Foto No.		
1.	Cinta métrica utilizada para la medición de diámetro.....	24
2.	Cinta de polietileno utilizada para marcar los árboles a ralear.....	24
3.	Picana marcada a 1 metro con color rojo.....	25
4.	Medición del diámetro de un árbol en la marca ya existente en el árbol.....	35
5.	Árbol seleccionado para ralear, marcado con cinta de polietileno roja.....	35
6.	Árbol de buen <i>dap</i> , bifurcado, seleccionado para raleo.....	36
7.	Árbol seleccionado para raleo por la presencia de un cancro.....	37
8.	Árbol seleccionado para la medición metro a metro.....	39
9.	Medición metro a metro y trozado del árbol.....	40
10.	Medición del espesor de corteza.....	41
11.	Número del árbol en la troza basal para su mejor identificación en el suelo.....	42

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata del género *Pinus taeda* L, una de las principales especies forestales bajo cultivo en nuestro país, creciendo en suelos CONEAT 7 en el departamento de Tacuarembó.

Tiene por objetivo la estimación de los distintos factores de forma presentes en rodales de 12 años de edad, con 11 densidades distintas y observar si dicha densidad a esa edad realmente afecta dicho factor, existiendo o no diferencias significativas. Luego verificar si coincide el factor de forma obtenido con el factor utilizado por la empresa el cual es 0.5.

Dicho ensayo consta de 19 tratamientos distintos o densidades distintas de las cuales únicamente se estudiaron 11 tratamientos, ya que en los restantes no se efectuaron raleos, por lo que no se generó información para el análisis.

En Uruguay se forestó 812.164 ha. bajo proyecto entre 1975 y 2008 (URUGUAY. MGAP, 2011b) de las cuales 167.258 ha. corresponden a *Pinus taeda*, que ocupa un 20,6 por ciento del área total.

Pinus taeda, en los últimos años, pasó a ser la principal especie del género, siendo la de mayor presencia en cuanto al área de plantación. Presenta una gran adaptabilidad y comportamiento. Tolera gran diversidad de sitios, y en adecuados tratamientos silvícolas presenta un excelente vigor y estadio sanitario.

Pinus taeda se planta principalmente en el Noreste; ocupa una superficie de 68679 ha. en el departamento de Rivera y 57047 ha. en el departamento de Tacuarembó.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A continuación se discuten algunos conceptos relevantes para la caracterización de la forma del fuste.

2.1 TIPOS DENDROMÉTRICOS

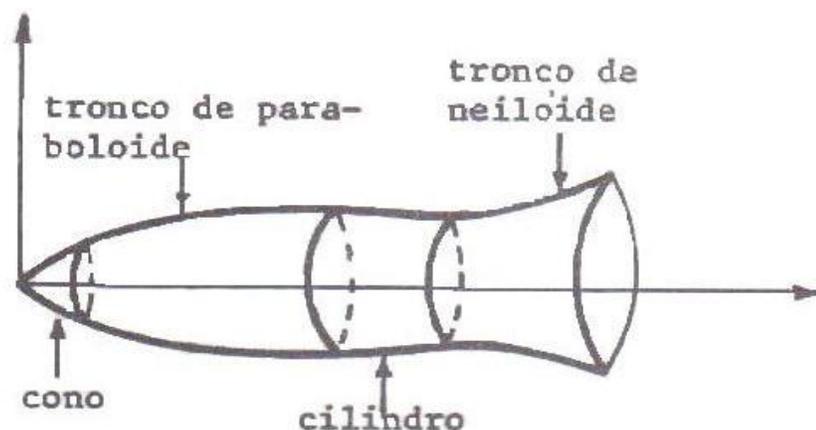
La forma del tronco de los arboles en general es muy variada, lo que está condicionado por el genotipo y por el ambiente donde crece. El ambiente presenta diferentes condiciones de crecimiento, competencia por luz, agua, nutrientes, etc. Es habitual que, tanto en arboles que crecen aislados como en los rodales se observa un ahusamiento o conicidad, la cual consiste en un estrechamiento gradual del fuste, desde la base hasta el ápice. Para simplificar, se intenta asemejar la forma del fuste a la de uno o más cuerpos geométricos, denominados *tipos dendrométricos*, que dan fundamento a la *teoría geométrica de los fustes* (Sorrentino, 2000).

Los 4 tipos dendrométricos que se utilizan son: el cilindro, el paraboloides, el cono y el neiloide.

2.2 FORMA REAL DE LOS FUSTES

El modelo de forma del fuste para arboles que crecen en rodales densos está compuesto, por la superposición de los 4 tipos dendrométricos antes mencionados, como se ilustra en la Figura 2.

Figura 2. Árbol con los 4 tipos dendrométricos que lo componen.



Fuente: extraído y adaptado de Sorrentino (2000).

Este prototipo coincide con la forma de los fustes reales solo en determinadas fracciones de los mismos. El tramo próximo al ápice es tan angosto que se puede considerar similar a un cono. Más abajo, la mayor parte de la longitud del fuste puede considerarse un tronco de parabolóide. Hacia la base, se puede hallar una porción cilíndrica y en la base, se puede ensanchar, semejando a un tronco de neiloide (Figura 2). En el caso de un árbol creciendo en forma aislada, se puede identificar una forma cónica en gran parte del fuste, con un ensanche final en su base (Sorrentino, 2000).

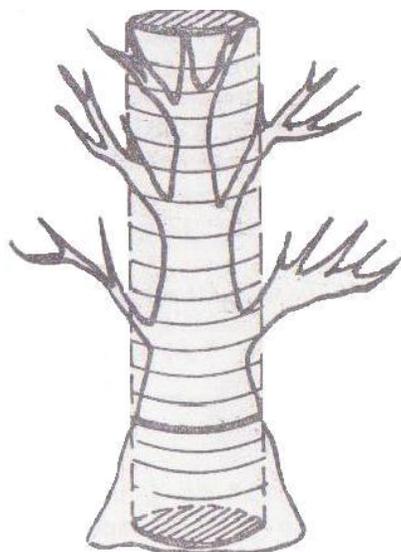
Ciertas especies, creciendo a densidades de población adecuada, presentan un ahusamiento bastante regular, con fustes acentuadamente troncocónicos o casi cilíndricos (Sorrentino, 2000).

2.3 FACTOR DE FORMA

A los efectos de estimar con precisión aceptable el volumen de los árboles, se debe recurrir al uso de una serie de factores de corrección para considerar el fenómeno de conicidad o ahusamiento. El volumen del fuste se calcula así como el volumen de un cilindro perfecto, corregido por un factor o coeficiente de forma que representa la variación del diámetro con la altura (Sorrentino, 2000). En otras palabras, es un factor de reducción del volumen del cilindro al volumen real del árbol, (Prodan et al., citados por Vega, 2000) que permite determinar el porcentaje de madera que presenta un árbol en relación a dicho cilindro de diámetro basal y altura similar (Brack y Wool, citados por Vega, 2000). Si no se corrige el volumen obtenido mediante el factor de forma, se estaría sobreestimando el volumen (Sorrentino, 2000).

El factor de forma a utilizar en la estimación de volumen debe ser calculado para cada caso en particular, dado que se ve afectado por muchas variables, entre otras, *dap*, altura, edad, densidad del rodal y condiciones de crecimiento (Sorrentino, 2000).

Figura 3. Volumen aparente y volumen real



Fuente: extraído y adaptado de Sorrentino (2000).

Entonces, relacionando el volumen real con el volumen aparente, tenemos la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{volumen real}}{\text{volumen aparente}} = \frac{\text{volumen real}}{\text{volumen de un cilindro}}$$

Se definen varios tipos de factores de forma, según las variables dendrométricas empleadas para estimar los volúmenes (Sorrentino, 2000). Los tipos más comunes son: 1) según los diámetros utilizados: factor de forma absoluto, factor de forma normal y factor de forma al *DAP*. 2) según las alturas consideradas: factor de forma comercial y factor de forma del tronco. Combinándolos se obtienen factores de forma diferentes para un mismo árbol, de acuerdo al objetivo de las mediciones tomadas (Sorrentino, 2000).

En el cálculo del volumen real del árbol, se puede incluir o no a las ramas y a su vez adoptar las siguientes características:

- Volumen total del fuste, excluyendo las ramas: en el cual se utiliza la altura total del árbol o la altura del fuste.
- Volumen comercial del fuste, excluyendo las ramas: donde se trabaja con alturas comerciales.
- Volumen del fuste mas las ramas de grosor comercial, designado volumen dendrométrico.

2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CONICIDAD DE LOS ÁRBOLES

2.4.1 Diámetro del árbol

El factor de forma de un árbol tiende a decrecer a medida que aumenta el diámetro. Por otro lado, si se estudia esta relación en un conjunto coetáneo de árboles o en un rodal coetáneo, donde altura y diámetro varían simultáneamente en todos los individuos, se observa que el factor de forma decrece a medida que aumenta el diámetro del rodal.

2.4.2 Altura del árbol

El factor de forma varia con la altura en el sentido que primero decrece por influencia de la sección a 1.30 (*DAP*), pero luego de una cierta altura, tiende a crecer. En términos generales, al mayor ahusamiento se asocia la presencia de abundantes ramas vivas en la base del fuste.

2.4.3 Área basal

El área basal es una de las medidas utilizadas con mayor frecuencia para caracterizar el estado de desarrollo de un árbol (Prodan et al., citados por Vega, 2000). Esta se define como el área de una sección transversal a 1.3 m de altura sobre el suelo (Husch et al., citados por Vega, 2000).

Según Daniels et al., citados por Vega (2000), el incremento en área basal varía a lo largo de la vida del rodal. El área basal, reducida en rodales muy jóvenes, incrementa rápidamente hasta que los árboles alcancen cierto tamaño y comienzan a competir. El *dap* y el área basal se incrementan a una tasa menor. Uno de los propósitos del raleo será entonces aumentar el incremento en área basal individual, redistribuyendo el crecimiento entre los árboles, aun cuando esto genere un leve aumento en el ahusamiento de los árboles remanentes.

2.4.4 Densidad de rodal

Las condiciones de crecimiento determinan el ahusamiento de los tallos. Los árboles que crecen aislados en parques o en rodales poco densos presentan siempre mayor ahusamiento que los árboles que crecen bajo condiciones de alta competencia, como en poblaciones coetáneas densas.

2.4.4.1 Árboles creciendo libremente o a bajas densidades

En general, los árboles que crecen libre de competencia a baja densidad de rodal tienden a desarrollar fustes más cónicos en comparación con árboles que crecen bajo competencia, cuyos fustes tienden a ser más cilíndricos (Hardtl, citado por Larson, 1963). Los árboles que crecen al borde de un rodal también se comportan como individuos que crecen aislados.

Si bien el crecimiento en área basal aumenta invariablemente hacia abajo dentro del fuste de árboles que crecen libres de competencia, los patrones de incremento radial pueden ser bastante irregulares (Harting, citado por Larson, 1963).

Se ha observado (Nordlinger, Harting, Metzger, Ronce y Onaka, citados por Larson, 1963), tanto en coníferas como en latifoliadas, una tendencia a mayor ancho de anillo de crecimiento hacia la base del fuste. En edades avanzadas, el crecimiento en diámetro se incrementa, por debajo de la mitad de la altura total, hacia la base del fuste o bien se concentra cerca de la base. Metzger, citado por Larson (1963) observó también

que dicho crecimiento sería también mayor hacia la base del tallo en árboles de edades avanzadas que continúan creciendo, aún cuando no se observaran cambios en la longitud de copa.

El patrón de crecimiento aparentemente varía con el tamaño del árbol y su madurez. Guttenberg, citado por Larson (1963) ha demostrado que ese crecimiento de área basal en árboles creciendo libremente puede disminuir ligeramente hacia abajo de la zona media del fuste en las clases más pequeñas de *dap*, pero aumentando hacia la parte inferior del fuste en las clases de mayor *dap*.

2.4.4.2 Árboles creciendo bajo competencia o a altas densidades

El principal cambio constatado en la forma del fuste de árboles que crecen bajo competencia es la reducción en el ahusamiento, asociada a la reducción en la longitud o tamaño de la copa. Los árboles jóvenes tienen normalmente copas grandes y fustes relativamente cónicos/ahusados, típico de árboles creciendo libres de competencia (Larson, 1963).

Cuando el dosel se cierra y se establece competencia natural, las ramas más bajas comienzan a morirse y un tronco largo y libre de ramas comienza a producirse progresivamente. El cambio en la longitud y tamaño de copa, así como otros factores asociados, tiene como resultado el estrechamiento disminuyente del tronco principal o fuste. La influencia de la edad se impone en esta relación, y hay una tendencia natural a que la forma del fuste sea más cilíndrica con la edad (Pressler, Metzger, Lonnroth, Bickerstaff y Fanta, citados por Larson, 1963).

En plantaciones jóvenes este cambio es rápido, pero en plantaciones de edad avanzada, la forma de los árboles se vuelve más estable (Vuokila, citado por Larson, 1963).

Burger, citado por Larson (1963) consideraba que el aumento en la cilindridad del fuste con la edad era debida a un aumento relativamente más grande en el crecimiento en altura que en el crecimiento en diámetro. Estas relaciones fueron estudiadas por Stoate, citado por Larson (1963) quien mostró que árboles del mismo *dap* pero de edades diferentes (o edades y espaciamiento diferentes), presentaban distinta forma, tendiendo a estrecharse o ahusarse con mayor intensidad los árboles más jóvenes, debido a que eran más bajos en altura.

Es decir, la disminución en el estrechamiento del fuste con la edad es principalmente un efecto del crecimiento continuado en altura. Los árboles creciendo libremente o bien espaciados, en cambio, tienden a vencer la influencia de la edad y

retener su fuerza que estrecha tallos hasta avanzada edad, provocando que sus copas se vuelvan vigorosas (Larson, 1963).

La tasa de cambio en el ahusamiento del fuste en función de la edad, también puede atribuirse a la clase de copa dentro de la plantación. Por ejemplo, Horn, citado por Larson (1963) observó que la clase de forma aumento 0.76 % por año en los arboles dominantes y 1 % entre los codominantes en una plantación de Pino. En un periodo de estudio de 15 años, los arboles dominantes crecieron más en la base que a 5 metros de altura, en tanto que el crecimiento fue igual en esas alturas de arboles codominantes. Esto explica la mayor tasa relativa de reducción del ahusamiento de codominantes respecto a los dominantes (Horn, citado por Larson, 1963).

La densidad de plantación y el numero de arboles por unidad de superficie, área basal o volumen de existencias en crecimiento afectan la forma de los arboles, cuyos fustes tienden a ser mas cilíndricos a mayor densidad de rodal, acompañado de una reducción en el tamaño de copa (Kunze, Gevorkiantz y Hosley, Vorreiter, Hardtl, Burger, Pechmann y Schaile, Kotzé, citados por Larson, 1963).

El sistema silvícola, en especial el régimen de raleos tiene gran incidencia sobre la forma de los arboles; el cultivo de arboles con fustes mas cilíndricos requiere de poblaciones coetáneas más bien densas al menos durante las primeras etapas de la rotación.

2.5 RALEO

Entre los factores que inciden sobre la forma del fuste, tal vez el raleo sea el más controvertido. La investigación respalda el hecho que cada intervención silvícola que resulte en una alteración del crecimiento de la copa se reflejará en un cambio concomitante en la forma del fuste. No obstante, se discute hasta qué punto la forma puede ser alterada mediante la silvicultura. Algunos de los cambios observados son inmediatos (Froward y Nolan, citados por Larson, 1963); otros, en cambio son leves y de escasa consecuencia económica, pero fácilmente detectables mediante análisis de tallo. Los cambios inmediatos (Flury, citado por Larson, 1963) por efecto del raleo se relacionan con la extracción de los árboles de menor vigor, sanidad y peor forma.

Mar:Møller et al., citados por Larson (1963) concluyen que el efecto del raleo sobre el volumen aprovechable y su incremento es solo parte de la influencia del raleo sobre el resultado económico del rodal. Otra parte de dicha influencia son los efectos de diversos pesos de la corta sobre la forma, limpieza y dimensiones del tronco, no solo en lo que respecta a la selección de árboles bien formados para el rodal remanente, sino también el mantenimiento de buena forma en estos individuos

La frase *deterioro de la forma del fuste*, es utilizada por diversos investigadores, para referirse al incremento en la conicidad del tallo, en respuesta a cambios en las condiciones de crecimiento (Larson, 1963).

La respuesta al raleo o a la liberación de un árbol bien formado, cultivado en un rodal plenamente poblado, es en la dirección de un fuste menos cilíndrico (mas ahusado), característico de árboles que crecen libres de competencia. Estos cambios en la conicidad provienen de la promoción de un crecimiento relativamente mayor en las porciones basales del fuste respecto a la parte más alta (Nördlinger, Hartig y Weber, Schwarz, Hartig, Janka, Jalava, Paul, Hagberg, Näslund, citados por Larson, 1963).

La liberación completa de un árbol cultivado en un rodal denso no sólo aumenta el crecimiento en la base del fuste, sino que además se ha observado que en situaciones extremas este crecimiento realmente ocurre a expensas del incremento a mayor altura en el tallo (Hartig y Metzger, citados por Larson, 1963). La intensidad de la respuesta varía con la longitud del fuste libre de ramas; se ha observado que los árboles con fustes limpios extremadamente largos exhiben en ocasiones un engrosamiento extraordinario en o cerca de la base del fuste (Nördlinger, citado por Larson, 1963).

Mar:Møller, citado por Larson (1963), ha sugerido que el súbito cambio en la forma del fuste puede ser atenuado parcialmente mediante raleos frecuentes y livianos. Los raleos ligeros producen además fustes más cilíndricos y libres de ramas que los raleos pesados por lo bajo (Flury, citado por Larson, 1963).

El raleo aumenta el crecimiento del tallo sólo hasta que las copas alcanzan su máximo nivel de desarrollo (Krahl-Urban, citado por Larson, 1963). En este punto, la competencia mutua se establece nuevamente, lo cual obstruye la expansión subsiguiente de la copa y mejora así la forma del fuste.

El estudio de árboles que han sido liberados luego del restablecimiento de competencia revela un incremento hacia la base en el ancho de unos pocos anillos de crecimiento que corresponden al período de liberación (Nördlinger, citado por Larson, 1963).

En general, la conicidad del fuste se incrementa con una mayor intensidad en los raleos (Flury, citado por Larson, 1963), aunque no existe un acuerdo universal sobre esta afirmación. En su mayoría, las discrepancias son más aparentes que reales y pueden ser atribuidas a diferencias en los métodos experimentales y en la interpretación de los resultados. Por ejemplo, Ernst, citado por Larson (1963), diferentes pesos de raleo no tuvieron influencia apreciable sobre la forma cuando fue considerada para el rodal como un todo, pero la evaluación de árboles individuales indicó que aquellos en tratamiento de raleo pesado presentaban mayor conicidad. Badoux, citado por Larson (1963), también concluyó que la influencia de un tipo y peso de raleo sobre la forma del fuste no podía ser determinada con certeza. Sin embargo, para tallos de la misma clase diamétrica antes del tratamiento, aquellos bajo raleo pesado respondieron con un incremento en la conicidad del fuste.

La aparente anomalía de la respuesta al raleo observada en árboles individuales pero no en el rodal como un todo tal vez se explica analizando las respuestas de las diferentes clases dentro del rodal. Existe una tendencia clara a que los árboles crezcan hacia una clase de conicidad común, en conformidad con los factores asociados a la edad y en la medida que lo permite la estructura del rodal. Como se mencionó previamente, los árboles en un rodal cerrado varían en clase de forma y conicidad (Larson, 1963).

Puede alegarse que el único cambio en la forma realmente atribuible al raleo es el deterioro de los árboles más cilíndricos y que la mejora en las clases de mayor tamaño es meramente una aceleración del efecto normal de la edad (Lositskii, citado por Larson, 1963). La conicidad se ve poco afectada por raleos ligeros a moderados, pero se incrementa con raleos pesados. Para individuos en las clases de copa dominantes, la conicidad no se veía prácticamente afectada por raleos livianos y moderados. Así, cuanto mejor fuera la forma del árbol en el momento del raleo y cuando más vigorosa fuera la recuperación del crecimiento después del raleo, más notorio, en general, será el cambio en la distribución del crecimiento a lo largo del fuste. Los árboles con buena forma antes del raleo se deterioran por aumento de la conicidad, en tanto que los árboles con mala forma antes del raleo no mostrarán cambios o bien tendrán una mejora en la forma por reducción de la conicidad del fuste (Näslund y Nyysönen, citados por Larson, 1963).

Se ha observado que árboles suprimidos con tallos muy cilíndricos a menudo

presentan incrementos dramáticos en el crecimiento basal después de la liberación, lo que corrobora esta generalización (Bernbeck, Forward y Nolan, citados por Larson, 1963). Una relación similar existe entre el raleo y el sitio. En los mejores sitios, el raleo pesado no necesariamente resulta en un deterioro de la forma (Ernst, citado por Larson, 1963). Cuanto peor sea la calidad de sitio, mayor será la respuesta relativa, *i.e.* mayor será el incremento en la conicidad (Badoux, citado por Larson, 1963).

En un rodal coetáneo, Metzger, citado por Larson (1963), observó que los árboles suprimidos a menudo no se recuperaban, dado que la relación entre copa y tallo se hallaba demasiado desbalanceada como para soportar las condiciones drásticamente alteradas de la liberación; Bernbeck, citado por Larson (1963), también observó el mismo fenómeno. Por otra parte, los árboles suprimidos de un rodal disetáneo sobrevivían muy bien a la liberación, dado que no sólo tenían copas largas y activas, sino que además estaban mejor protegidos por el rodal remanente respecto al viento y la exposición.

La falta de respuesta de árboles dominantes a la liberación, al menos en un grado limitado, es evidentemente debida a los fustes fuertes y cónicos de estos árboles antes del raleo o la liberación. Así, cuando se los libera de competencia, requieren sólo de ligeras alteraciones del crecimiento en comparación con los fustes más débiles (Metzger, Wilson, citados por Larson, 1963).

La restricción de las mediciones a los árboles dominantes o codominantes en un rodal puede entonces fácilmente conducir a la conclusión que el raleo no tiene efecto alguno sobre la forma del fuste. Un registro cuidadoso de datos sobre las clases de copa también es un requisito para explicar el probable desplazamiento de árboles pequeños a clases de copa superiores después del raleo (Zimmerle, citado por Larson, 1963).

Varias de las contradicciones acerca de la influencia del raleo sobre la forma del fuste pueden ser resueltas si se considera el tipo del raleo así como el peso del raleo y la forma previa del tallo. Con respecto al tipo de raleo, puede decirse que el raleo por lo bajo no aporta nada a la resistencia del rodal, pero que el raleo por lo alto sí lo hace.

Los individuos remanentes luego de un raleo por lo bajo ya son fuertes, en tanto que el rodal remanente luego de un raleo por lo alto está compuesto por árboles generalmente cilíndricos y el crecimiento en la base de los fustes debe aumentar para incrementar la resistencia del rodal expuesto al viento (Fanta, citado por Larson, 1963). En ciertos rodales de árboles con mala conformación, sin embargo, se ha observado (Engler, citado por Larson, 1963) que un raleo por lo alto puede mejorar la forma del fuste, al promover su cilindridad.

Todos los cambios en la forma del fuste que se atribuyen al raleo no necesariamente se logran por crecimiento. Behre, citado por Larson (1963), por ejemplo, demostró que

en rodales jóvenes coetáneos, el raleo pesado por lo bajo resulta en un aumento de los factores de forma, simplemente como resultado de la operación del raleo en sí mismo. Se prefiere conservar árboles dominantes, clase en la que predominan individuos con conicidad mejor al promedio. En contraste, una corta selectiva de material comercial de un rodal disetáneo o un raleo por lo alto en un rodal coetáneo lograrán un descenso inmediato en factores de forma, puesto que en este caso se retienen árboles de menor tamaño y éstos presentan factores de forma por debajo del promedio. Así, es obvio que un cambio aparente (aunque no necesariamente real) en la forma del fuste ocurre como consecuencia de la operación de raleo por sí sola, si se comparan valores promedio del rodal antes y después del raleo.

Las desviaciones en la forma debidas al llamado *efecto edad* también deben ser consideradas, como lo revela el trabajo de Bickerstaff, citado por Larson (1963). En este estudio, el raleo resultó en un ligero incremento en la conicidad sobre el que existía en el momento del tratamiento. Por el contrario, durante el mismo período, los árboles en el rodal sin raleo reducían su conicidad como resultado del incremento en la edad. La omisión en considerar estos cambios en la forma de los árboles sin ralear obviamente conducirá a la evaluación incongruente del tratamiento de raleo. Bajo ciertas condiciones, el efecto edad puede verse considerablemente retrasado (Sirén, citado por Larson, 1963).

El efecto edad sin duda contribuye a la falta de respuesta al raleo en estudios donde las mediciones fueron realizadas varios años después del tratamiento (Kunze, Schumacher, Weidemann, citados por Larson, 1963).

Incidentalmente, los estudios de Kunze, establecidos en 1861, han sido destacados por Larson (1963) como los experimentos de raleo más antiguos de que se tenga registro. En varias instancias la respuesta al raleo puede ser leve y el retraso en las observaciones durante un período prolongado permite que el efecto edad elimine toda diferencia entre tratamientos. En rotaciones breves, la pérdida de forma en los árboles remanentes luego de la apertura del rodal puede ser considerable, al menos desde el punto de vista biológico del desarrollo del tallo. En rotaciones prolongadas o con intervalos entre cortas extendidos, sin embargo, los factores asociados a edad y competencia, gradualmente cerrarán la brecha y la forma (aunque no el tamaño) de los árboles en rodales raleados, se parecerá a aquella de los individuos en poblaciones sin raleo (Larson, 1963).

La interpretación de resultados agrega aún mayor disparidad a investigaciones sobre raleo aparentemente comparables. Puesto que la mayoría de los estudios de raleo se basan en principios biológicos más bien que económicos, ligeras diferencias en la forma de los fustes pueden a menudo ser obviadas y consideradas de escasa consecuencia en el cálculo de volumen del rodal (Larson, 1963). Esta omisión sería particularmente pertinente desde un punto de vista biológico, dado que la mayor respuesta en la forma

del fuste ocurre en las clases de tamaño menores, con menor contribución al volumen del rodal. Por estas razones, la influencia del raleo sobre la forma del fuste a menudo ha sido considerada despreciable, o apreciable pero no perjudicial (Fritsche, Bornebusch, Mackenzie, citados por Larson, 1963). A esto se agrega que los métodos para estimar conicidad son a menudo incapaces de registrar ligeras desviaciones en la forma. Por ejemplo (Yerkes, citado por Larson, 1963), no halló diferencias significativas en clase de forma entre tratamientos de raleo cuando midió con métodos estándar, pese a que observó cambios en la distribución del crecimiento a lo largo de los fustes de árboles liberados de competencia. Kunze y Matte, citados por Larson (1963), también comentaron esta discrepancia entre distribución de crecimiento en el fuste y clase de forma.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

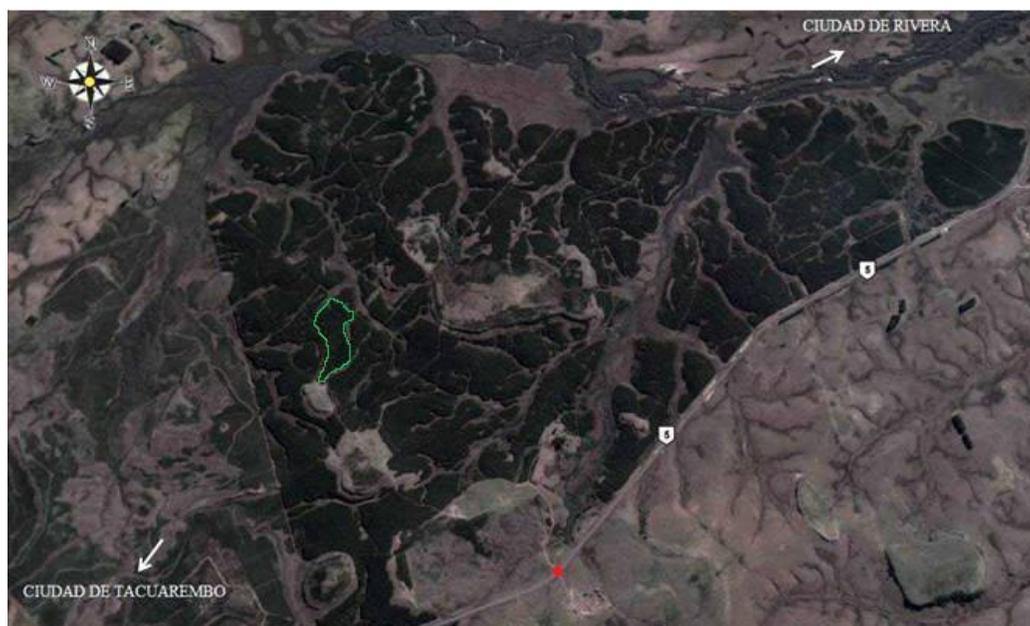
3.1 MATERIALES

3.1.1 Descripción general del ensayo

La información recabada y analizada en este trabajo proviene de una serie de mediciones efectuadas en el ensayo de raleo de *Pinus taeda* L. ubicado en el establecimiento “La Tuna”, propiedad de la empresa Kesril S.A. , ubicado sobre ruta nacional numero 5, kilómetro 419, departamento de Tacuarembó, Uruguay. En la actualidad, el control y evaluación periódica de este ensayo se realizan en forma conjunta por parte de técnicos de Weyerhaeuser S.A. y Kesril S.A. Dicho predio se sitúa a $31^{\circ} 33'$ de latitud sur y $55^{\circ} 44'$ de longitud oeste.

La ubicación de dicho predio lo podemos apreciar en la figura a continuación así como la ubicación del ensayo.

Figura 4. Localización del ensayo.



La entrada al Establecimiento se indica con un punto de color rojo y el sitio del ensayo está delimitado por la línea de color verde.

El ensayo fue instalado en el año 2000 y tiene un diseño en bloques completos al azar. Consta de 57 parcelas cuadradas, de 30 x 30 m (900 m²). En la última evaluación del ensayo en 2008 se establecieron franjas de 5 m de ancho entre unidades experimentales, separando parcelas efectivas de 25 x 25 m (625 m²). Los tres bloques fueron definidos según el área basimétrica (m² por parcela) en cada unidad experimental. En la Figura 6 se muestra la distribución de las parcelas y los bloques en dos sectores, separados entre sí, denominados Sector A y Sector B. El sector A está ubicado a lo largo de una ladera con exposición este y el sector B se ubica sobre una ladera con exposición noreste.

El diseño original del ensayo se muestra en la siguiente figura.

Figura 5. Diseño original del experimento.

	2000		2003	2004	2005	2006	2007	Num	Dens	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2018	
Trat	Año 3	Plan	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Ral Ant	Actual	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 21	Dens Fin
1	1000	Uno						0	1000	650							650
2	700	Dos						1	700	450							450
3	650	Dos						1	650						250		250
4	500	Dos						1	500	325					170		170
5	800	Tres						1	800	450				250			250
6	800	Tres					250 sin hacer	1	800	450					170		170
7	650	Tres					500 sin hacer	1	650	450				250			250
8	650	Tres	500					2	500	250							250
9	500	Tres		250				2	250								250
10	500	Tres				200		2	200								200
11	1000	Cuatro	750			500		2	500	350							350
12	800	Tres			500			2	500								500
13	800	Cuatro	600			400		3	400		250						250
14	700	Tres			500			2	500						170		170
15	700	Tres					250 sin hacer	1	700	450				150			150
16	700	Cuatro	500			350		3	350								350
17	600	Dos						1	600	350							350
18	600	Tres			300			2	300								300
19	600	Tres						1	600	400				200			200

Los bloques fueron definidos antes de la instalación del ensayo, como se describe en Lussich (2002). Se midió diámetro a la altura del pecho y altura total de todos los árboles presentes. Se calculó para cada unidad experimental altura promedio y área

3.1.2 Descripción del suelo

Pinus taeda no presenta grandes requerimientos en cuanto a condiciones edáficas, sino que puede adaptarse a una gran diversidad de suelos, aún llegando a tolerar suelos con drenaje imperfecto.

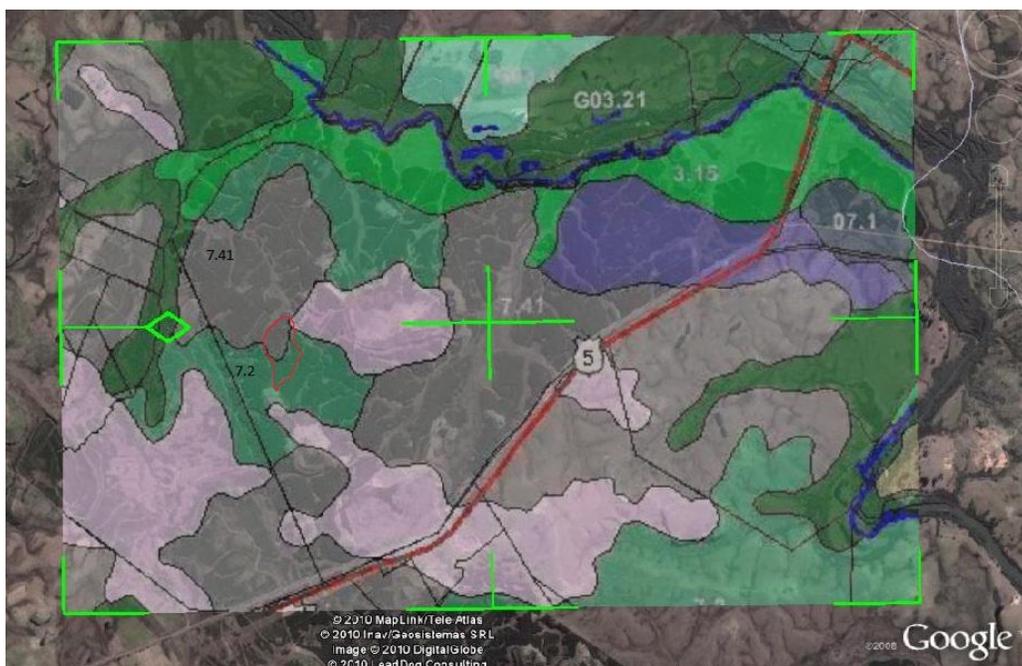
Los suelos predominantes pertenecen al grupo CO.N.E.A.T. 7. Este grupo presenta como principales características su gran profundidad, su textura liviana y su gran acidez.

La zona 7 presenta asociaciones de suelos que están formados sobre el material geológico de Areniscas de Tacuarembó, pudiendo éstas ser alteradas *in situ* o ser redepositadas. Por lo general estos suelos se caracterizan por ser muy profundos y a su vez muy pobres; es frecuente observar toxicidad por aluminio intercambiable, salvo excepciones como los suelos 7.1 y 7.2, que difieren del resto del grupo. La vegetación natural, en la que predominan especies forrajeras, es muy escasa en los meses de invierno (URUGUAY. MGAP. DGRNR, 1994).

Los suelos presentes en el ensayo son los suelos de los grupos CO.N.E.A.T. 7.2 y 7.41. En la Figura 7 se observa el fotomontaje de una carta CONEAT digital con la imagen satelital tomada de Google Earth. El área del ensayo en esta última está delimitada con una línea roja. Se observa que en una parte del ensayo, que comprende la ladera de exposición este sobre la que se desarrolla el Sector A, predominan suelos 7.2 y en la ladera noreste donde se ubica el Sector B los suelos son 7.41.

El suelo 7.2 pertenece a dos unidades de la Carta de Suelos, la Unidad Rivera y la Unidad Tacuarembó. El suelo 7.41 pertenece únicamente a la Unidad Tres Cerros.

Figura 7. Superposición de imagen de Google Earth con carta de suelos CONEAT digital.



Se observa que en el Sector A predominan los suelos 7.2 y en el Sector B los suelos 7.41.

Los materiales generadores de la unidad de suelos Rivera fueron resultado de la removilización de areniscas de Tacuarembó. El relieve presente en esta unidad es de colinas; se caracteriza por poseer suelos no inundables, con una erosión nula o moderada localmente, sin rocosidad ni pedregosidad. Los suelos dominantes en esta unidad son los Acrisoles Ocrícos Abrúpticos Ar r y Acrisoles Ocrícos Típicos Ar r (Durán, 1987).

Por su parte, los materiales generadores de la unidad Tacuarembó fueron los sedimentos arenosos sobre areniscas de Tacuarembó. Esta unidad presenta un relieve igual a la unidad anterior, o sea de colinas, con características iguales a las pertenecientes a la unidad Rivera. Los suelos dominantes en esta unidad son Luvisoles Ocrícos Abrúpticos Ar hn; Acrisoles Ocrícos Abrúpticos Ar hn y Acrisoles Ocrícos Típicos Ar (URUGUAY. MGAP. DGRNR, 1994).

La unidad Tres Cerros fue generada por coluviones (arenosos) sobre areniscas

de Tacuarembó y basalto. Presenta un relieve de colinas y sierras con escarpas y altiplanicies. Se caracteriza por poseer suelos no inundables, con erosión nula o severa localmente, moderadamente rocoso y pedregoso. Los suelos dominantes dentro de esta unidad son Luvisoles Ocrícos Abrúpticos Ar hn y Acrisoles Ocrícos Típico Ar (Durán, 1987).

Los suelos del grupo CO.N.E.A.T. 7.2 se caracterizan por localizarse en toda el área de areniscas de Tacuarembó, ocupando las zonas de relieve más fuerte. El relieve los forman colinas sedimentarias no rocosas con pendiente de 10 a 15%. Los suelos dominantes son Inceptisoles Melánicos Umbrícos (regosoles) moderadamente profundos, de textura franco arenosa, color pardo muy oscuro, fertilidad muy baja y bien drenados.

Asociados se encuentran Luvisoles Ocrícos /Melánicos Abrúpticos/Típicos, con las características de ser muy profundos de color pardo amarillento oscuro, textura arenoso franco, bien drenados y fertilidad muy baja.

Los suelos C.O.N.E.A.T. 7.2 han sido clasificados como aptos para una amplia gama de producción de pasturas y forestales por RENARE. Se las ha denominado tierras de uso silvo-pastoril. En el caso del grupo 7.2, las principales limitantes que presentan son el riesgo de erosión y la fertilidad natural muy reducida. En el caso del riesgo de erosión, se sugiere la forestación sin plantar los desagües ni alterar totalmente el tapiz natural, dejando áreas de campo natural para su recuperación y sistematizar una red de caminos que no origine escorrentías peligrosas. La baja fertilidad natural hace que los cultivos no sean viables.

El otro grupo de suelo presente en el ensayo es el 7.41, que se ubica en la margen derecha del río Tacuarembó, entre Tranqueras y Laureles, y en zonas más pequeñas del departamento de Tacuarembó. El material geológico está constituido por areniscas de Tacuarembó, o areniscas redepositadas sobre éstas. El relieve está constituido por lomadas fuertes, con pendientes de 4 a 8%. Los suelos dominantes son Acrisoles Ocrícos Típicos/Albícos (praderas arenosas), muy profundos, de color pardo, textura arenoso franca, bien a imperfectamente drenados, con fertilidad extremadamente baja. Asociados se encuentran Inceptisoles Umbrícos/Melánicos (regosoles) (Durán, 1987).

El grupo de suelos 7.41 ha sido clasificado como tierras agro-silvo-pastoriles, aptas para forestación, pasturas y cultivos especiales (cítricos). Presenta limitantes de uso en cuanto a erosión y baja fertilidad, similares a las del grupo 7.2.

3.1.3 Descripción agroclimática

El régimen de precipitaciones ideal para *Pinus taeda* es un régimen isohigro, con distribución uniforme a lo largo del año.

Los requerimientos agroclimáticas generales que presenta la especie son las siguientes (Golfari, 1963):

- Precipitación media anual: entre 920 mm y 1550 mm.
- Temperatura media del mes más frío: de 2 a 15 °C.
- Temperatura media del mes más cálido: entre 24 y 26 °C.
- Temperatura mínima absoluta: -23 °C.

Uruguay presenta en general un clima húmedo (más de 750 mm anuales) ya que las precipitaciones anuales van desde 950 mm en la zona sur hasta 1350 mm al norte. El régimen de precipitaciones es isohigro, o sea que en un año promedio las precipitaciones tienen una distribución homogénea a lo largo de todo el año.

Con respecto al régimen de temperaturas presente en Uruguay, se puede dividir en las cuatro estaciones del año:

- Verano: temperatura media de 23.1 °C, temperatura mínima promedio de 17.0 °C y máxima promedio de 29.0 °C.
- Primavera: temperatura media de 16.9 °C, temperatura mínima promedio de 11.4 °C y máxima promedio de 22.4 °C.
- Invierno: presenta una temperatura media de 12.0 °C, con una mínima promedio de 7.3 °C y una máxima promedio de 16.9 °C.
- Otoño: la temperatura media es de 17.7 °C, la mínima promedio de esta estación es de 12.3 °C y 23.1 °C de máxima promedio.

La temperatura promedio anual para el país es de 17.4 °C.

En la Figura 8 se muestran estadísticas agroclimáticas de la zona en la cual se

encuentra el ensayo. Se presentan datos de una serie histórica desde 1971 hasta 2000.

Las precipitaciones mensuales son en promedio 98.7 mm, lo que resultaría 1184.4 mm anuales; dentro del rango a nivel nacional (950 mm a 1350 mm anuales), la zona norte, como es característico, se aproxima más al límite superior.

Cuadro 1. Estadísticas agro - climatológicas mensuales, período 1971-2000.

Mes	T media °C	T máxima °C	T mínima °C	Precipitaciones mm
Enero	23,2	29,4	17,4	86,9
Febrero	22,2	28,2	16,9	98,2
Marzo	21,1	27,1	15,6	119,8
Abril	17,4	22,9	12,5	106,5
Mayo	13,5	19,1	8,6	96,7
Junio	11,1	16,6	6,4	92
Julio	10,8	16,1	6,1	87
Agosto	12,9	19	7,6	56
Setiembre	13,8	19,4	8,5	94,3
Octubre	17	22,6	11,5	113,4
Noviembre	19,5	25,4	13,5	114,7
Diciembre	22,1	28,3	15,9	118,6
Media anual	17,1	22,8	11,7	98,7

Fuente: adaptado de INIA (2011).

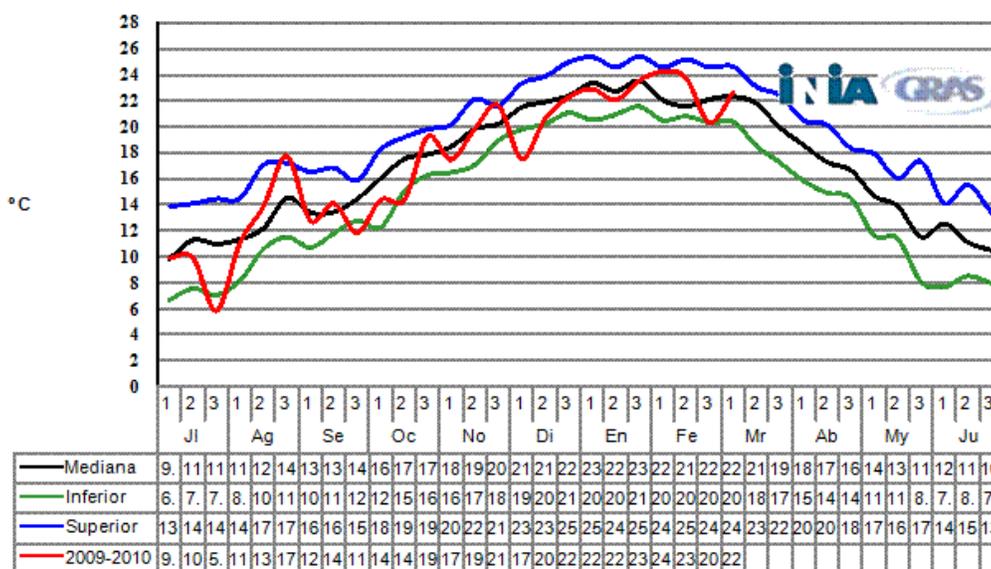
Por otra parte, se observa que los meses más lluviosos son en otoño (marzo y abril) y en primavera – verano (octubre, noviembre y diciembre. El mes que presenta menor precipitación es agosto, con tan sólo 56 mm.

La temperatura media anual en la zona, 17.1 °C es muy similar al valor citado a nivel nacional, 17.4 °C.

El mes más frío del año es julio, tanto en temperatura promedio como en temperatura mínima. El mes más caluroso es enero, con las temperaturas media y máxima más altas.

En la Figura 8 se observa la distribución de la temperatura media a lo largo del año, graficada a partir de una serie histórica y de datos actuales.

Figura 8. Temperaturas medias anuales, actuales e históricas.



Fuente: INIA (2011)

3.1.4 Materiales utilizados para las diferentes mediciones

Se utilizaron planillas de campo elaboradas en el software Microsoft Excel, para identificar los árboles en el ensayo y anotar los datos recabados, así como algunas observaciones de interés. Se realizaron dos tipos de planillas, una para las parcelas a las cuales se le iba a efectuar el raleo y otra para las parcelas a las cuales no se le iba a realizar el raleo; dichas planillas las podemos observar más adelante. Además de las planillas para la observación del *dap* se realizaron planillas para la medición de factor de forma.

Para la medición de las circunferencias a 1.3 m de altura (*dap*), se utilizaron cintas métricas de plástico, como la que se puede observar en la Foto 1 ya que arrojan una medición más exacta en comparación con una forcípula, debido a que con esta última se deben hacer por lo menos 2 mediciones y promediarlas, para obtener un dato preciso (Sorrentino, 2000). Estas mismas cintas se utilizaron para la medición del espesor de corteza luego de apeados y trozados los árboles.

Foto 1. Cinta métrica utilizada para la medición de diámetro.



Para la identificación de los árboles a ralear, se utilizó una cinta de polietileno de color rojo, como la que se presenta en la Foto 2, la cual se hacía bordear el tronco del árbol a la altura del *dap* y se ataba un nudo.

Foto 2. Cinta de polietileno utilizada para marcar los árboles a ralear.



Y por ultimo para el apeo y trozado de los árboles, se utilizó una motosierra profesional, con una picana muy larga para ayudar en el volteo, la cual se utilizo también para medir el metro de cada segmento del tronco a trozar, previamente medida y marcada con una cinta roja, como se aprecia en la siguiente figura.

Foto 3. Picana marcada a 1 metro con color rojo



3.2 MÉTODOS

3.2.1 Trabajos preliminares anteriores al muestreo

A partir de una base de datos de *dap*, correspondiente al año 2008, se realizó un primer análisis de los datos, o sea un primer trabajo de gabinete los cuales arrojaron una idea de cómo se encontraban los valores de las diferentes variables a medir.

Luego se hizo el reconocimiento a campo del ensayo, para la ubicación de cada una de las parcelas y de los tratamientos, y así poder efectuar la medición de la circunferencia (*cap*) con la cinta métrica, de cada individuo. También en esta etapa se llevo a cabo la selección de los árboles a ser raleados, los cuales fueron marcados con una cinta de polietileno de color rojo.

Posteriormente, en gabinete se llevó a cabo la actualización de los datos, realizando las diferentes transformaciones, seleccionando los candidatos a medir el factor de forma.

Se volvió a campo para llevar a cabo la identificación de los candidatos antes mencionados, la cual se realizó marcando cada individuo con la misma cinta de polietileno de color rojo, quedando de esta forma con una doble cinta. Finalmente se aparearon los mismos y se trozaron metro a metro para poder medirlos y realizar los cálculos de factor de forma correspondiente para luego realizar el análisis estadístico. Dicho análisis se efectuó mediante un análisis de varianza pudiendo de esta forma llevar a cabo el objetivo del trabajo, el cual es verificar el valor de factor de forma utilizado por las empresas.

3.2.2 Métodos de gabinete

Para el diseño del experimento se trabajó sobre la base de datos tomados en diciembre de 2008, construidas en planilla electrónica Microsoft Excel, conteniendo esquemas de cada parcela con los valores de *dap* de los árboles en pie, tanto en parcelas efectivas como en parcelas totales. Con estos datos se pudo establecer si las parcelas contenían el número de árboles planificado, puesto que se habían aplicado los raleos previstos a cada tratamiento, desde la instalación del ensayo.

En algunos tratamientos se pudo constatar que no se habían realizado los raleos previstos y en otros se habían aplicado cortas intermedia no programadas, ya sea por muerte de individuos o por razones sanitarias.

Se estableció entonces el conjunto de tratamientos a raleo y las densidades remanentes (número de árboles/ha) luego de la corta. Se calculó el número de individuos a extraer por parcela y el número de árboles remanentes después del raleo, tanto en la parcela efectiva como en la parcela total.

A los efectos de diseñar el método de muestreo, se simuló una selección de los árboles a retirar sobre la planilla electrónica con los *dap* de cada individuo. Los criterios adoptados para el raleo fueron espaciamiento y tamaño de los árboles, aplicando el método raleo por lo bajo. Esta selección fue preliminar, puesto que los árboles elegidos para extraer podrían ser reemplazados por otros de peor forma o sanidad durante la verificación a campo.

A continuación se muestra como se llevó a cabo la simulación del raleo en el primer trabajo de gabinete.

El siguiente es un ejemplo de la simulación realizada en gabinete para una determinada parcela. Podemos ver en la Figura 9 como se encontraba la parcela con los datos de *dap* del año 2008; los casilleros en amarillo pertenecen a los árboles de borde, los que están vacíos son lugares donde había un árbol, el cual salió en alguno de los raleos anteriores o una falla en la plantación, y los que contienen la letra R son árboles que fueron raleados recientemente, ya sea por problemas sanitarios, árboles prácticamente muertos, etc.

Figura 9. Ejemplo de una planilla para la simulación del raleo

30,0		R		25,3		28,4	26,9			25,5	26,3		
R		25,6		30,4			24,4		25,1	31,4			
26,8		26,1			31,9	23,7		27,7		28,3	R		
R	32,9		28,4		23,6		28,3	27,8			27,9		31,2
	R	29,6	24,5		28,5	R		29,0		33,0	R		
	29,7			22,9		R	29,0		26,1		27,6	R	
		R	22,4	27,8			25,8	27,6		26,3	R	24,6	
R		R	26,8		25,4		R		27,0	24,8		28,8	

En la Figura 10 se muestra la misma parcela con la simulación del raleo ya hecho. Los casilleros que se encuentran pintados con color rojo son los árboles candidatos a salir en el raleo. Esta simulación, como ya se mencionó, se realizó con el método de raleo por lo bajo (tomando como referencia el *dap*), y además se tuvo en cuenta el distanciamiento de los árboles, ya que lo que muestra la figura podría ser muy

similar a la disposición real de los individuos en el campo. Para realizar la simulación se tomó en cuenta los individuos a retirar de la parcela efectiva y afectada, por la cual se calculó cuántos árboles de borde se tendrían que ralear y cuántos de adentro de la parcela.

Figura 10. Planilla con la simulación del raleo

Parcela 12

30,0		R				28,4							
R				30,4						31,4			
26,8					31,9			27,7		28,3	R		
R	32,9		28,4				28,3						31,2
	R	29,6			28,5	R		29,0		33,0	R		
	29,7					R	29,0					R	
		R		27,8				27,6			R		
R		R	26,8				R		27,0			28,8	

Llevada a cabo la simulación del raleo, ya se sabía cuáles eran los árboles candidatos a ser retirados y cuales se esperaba mantener en pie, por lo que se realizó una planilla para visualizar mejor cada uno de los tratamientos y llevarla al campo para la identificación de los árboles. Dentro de cada tratamiento se juntaron los datos de *dap* de las tres parcelas a las cuales les correspondía el mismo tratamiento y se dividió en clases diamétricas. Estas clases son de 2,5 cm de amplitud. Se calculó la frecuencia de cada una de las clases. Las tablas que se formaron con las diferentes clases diamétricas se separaron en dos: los árboles en pie luego del raleo y los candidatos a retirar en el raleo.

Luego, se efectuó lo mismo pero para cada parcela, separándose los árboles que eran candidatos a extraer en el raleo y los candidatos a permanecer en pie luego del mismo, y con los datos del *dap* se llevó a cabo la división en clases diamétricas, al igual que para el total de árboles de cada tratamiento mencionado anteriormente, calculándose así la frecuencia de las clases.

A continuación podemos observar un ejemplo de la tabla elaborada con las clases de *dap*, con el número de árboles dentro de cada clase y el total, y también el cálculo de la frecuencia por clase diamétrica.

Cuadro 2. Formato de tabla de frecuencias absolutas y relativas (%) separada por las clases de *dap*.

Datos de árboles candidatos a ser raleados

Clase	n° árboles	frecuencia %
< 15,0 cm		
15,1 - 17,5		
17,6 - 20,0		
20,1 - 22,5		
22,6 - 25,0		
25,1 -27,5		
27,6 - 30,0		
30,1 - 32,5		
32,6 - 35,0		
35,1 - 37,5		
37,6 - 40,0		
Total		

En la Figura 11 podemos observar un ejemplo de una de las planillas a la cual se hizo referencia algunos párrafos atrás, la cual nos permitió identificar cada uno de los árboles. Las celdas pintadas de color celeste representan el número del árbol que es candidato a ser retirado. Las celdas que presenta una X son lugares donde se produjeron fallas; los que están pintados de amarillo son árboles de borde. Además de los datos que se presentan en el cuadro, se completa la información con el *dap* de cada uno de los árboles de los datos obtenidos en el año 2008, para poder observar el crecimiento en el momento que se realizara la medición de la *cap* en el trabajo de campo.

Figura 11. Planilla para la identificación de los árboles a ralear con sus respectivos números, ejemplo de una de las parcelas.

Parcela 13

1	X	2	X	3	4	X	X	X	5					
	11	X	10	X	X	9	8	X	7	X	6			
	12	13	X	X	14	X	15	16	17	X	18	X		
	24	X	23	X	X	22	21	X	X	20	19			
X	25	X	X	26	X	27	X	X	28	29	X	X	X	
	37	X	36	35	34	X	X	33	X	32	X	31	X	30
	38	39	40	X	41	42	X	X	43	44	X	45		
	54	53	X	52	51	X	50	49	X	X	48	X	47	46

Luego se realizó un muestreo a los efectos de medir factor de forma, en la cual se utilizaron los datos que presentaban la cantidad de árboles candidatos a ralear dividido en clases diamétricas y la frecuencia de dichos árboles dentro de cada tratamiento. Dichas tablas son similares a la tabla 2 presentada anteriormente.

Luego se decidió cuál sería la intensidad de muestreo de los árboles a medir factor de forma, siendo dicha intensidad un porcentaje del diez por ciento (10%) del total de individuos a ralear, o lo que es lo mismo decir un 10% dentro de cada uno de los tratamientos; la muestra fue distribuida en cada tratamiento en forma proporcional a la frecuencia de las clases de *dap*.

Luego para el análisis de los datos no se iban a utilizar todos los datos de los árboles medidos metro a metro, sino que se iba a utilizar solo uno de los árboles de cada parcela, el que presentaba el *dap* más cercano al *dap* medio de los árboles raleados.

Después de realizados todos los cálculos se llevó a cabo la realización de las planillas para ser llevadas a campo, las cuales eran de diferente formato, dependiendo de

si se trataba de un tratamiento a ralear o de uno a no ralear, como ya fue mencionado en el ítem “Materiales”, además de las planillas para la medición del factor de forma. A continuación podemos observar las planillas mencionadas.

El Cuadro 3 nos muestra la planilla de una parcela que sería raleada, donde los árboles candidatos a ser raleados están con sus celdas pintadas de gris.

Cuadro 3. Planilla de campo para una parcela la cual sería raleada, ejemplo de una parcela.

Parcela 2.

1	X	2	3	4	X	5	X	X	6	7	8	X	
25,6		23,2	24,1	24,0		27,8			25,8	17,3	25,6		
19	18	17	16	X	15	14	X	13	X	12	11	10	9
21,0	24,9	23,4	23,5		24,5	25,4		26,7		22,5	21,0	20,8	23,6
20	21	22	23	24	25	X	26	27	28	29	30	31	
27,2	20,2	21,2	26,1	24,5	27,3		27,6	21,7	17,1	25,5	24,5	26,9	
X	39	38	X	X	37	36	X	35	34	X	33	32	
	25,0	20,2			21,1	20,6		24,5	26,0		24,9	22,0	
40	41	42	X	43	44	45	46	47	X	48	49	50	
21,3	26,9	22,8		27,2	24,0	23,4	24,2	24,9		21,9	R	R	
60	59	58	57	X	56	55	54	X	53	X	52	X	51
25,8	19,0	23,4	24,2		21,3	22,6	20,2		27,2		27,5		27,4
61	62	63	64	65	66	67	X	68	X	X	69	70	71
19,6	21,8	24,8	22,5	22,1	23,2	23,4		22,4			23,4	22,6	23,6
										72			
										23,0			

La siguiente tabla nos muestra una planilla para recabar datos del *dap* de los árboles de las parcelas que no se realiza el raleo. Está dividida en tres columnas, una para la identificación del árbol, con el número de cada uno de ellos, otra con el *dap* medido en el año 2008 y la tercera con la circunferencia que se medirá a campo; estas

dos últimas columnas nos permiten ver el crecimiento que presento, en centímetros, en aproximadamente un año. Las celdas que están pintadas de gris pertenecen a árboles de borde.

Cuadro 4. Planilla de campo de parcela no raleada.

PARCELA

..
No. del árbol *dap* 2008 *cap* 2009

A continuación se presenta la última planilla llevada a campo para la medición del factor de forma. La planilla lleva los datos de diámetro mayor de la troza (D_1) y diámetro menor de la troza (D_2), cada troza medida presentaba un largo de un metro. Además del diámetro de las trozas se registraba el espesor de la corteza (E_1 y E_2).

Figura 12. Planilla de campo para datos de factor de forma.

342 Arianna Sorrentino

ARBOLES APEADOS Y TROZAS

ARBOL N°: _____ CLASE DE DAP: _____
 RODAL N°: _____ DIAMETRO 1: DIAMETRO 2: _____
 ESPECIE: _____ ALTURA EN PIE: _____
 EDAD: _____ LARGO EN SUELO: _____
 LOCALIDAD: _____ ALTURA CORTE: _____
 OPERADOR(ES): _____ ANOTADOR: _____
 OBSERVACIONES: _____ DENSIDAD INICIAL: _____
 DISTANCIA DE PLANTACION: _____ FECHA: _____
 CROQUIS DE UBICACION: _____

LARGO EN EL SUELO (metros)	DIAMETROS CON CORTEZA (centímetros)		ESPESOR RADIAL DE CORTEZA (centímetros)		OBSERVACIONES GENERALES
	D_1	D_2	E_1	E_2	
0					
1					
2					
3					

Fuente: extraído de Sorrentino (2000).

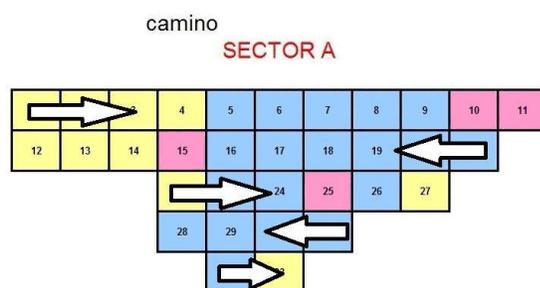
3.2.3 Métodos de campo

En cada parcela se midió circunferencia a la altura del pecho (*cap*), con cinta métrica de precisión 0.001 m, para todos los árboles. La medición se realizó por arriba de una marca que presentaba el árbol, dicha marca fue realizada desde un principio en el ensayo para que las mediciones fueran realizadas siempre en el mismo lugar; esto lo podemos observar en la Foto 4.

Cada uno de los árboles de todas la parcelas presentaban un número pintado en su corteza, lo que facilitaba la ubicación de cada uno de ellos, y de esa forma se puede ubicar los árboles candidatos a ser raleados que fueron seleccionados en el trabajo de gabinete, esto se puede observar en la Foto 5.

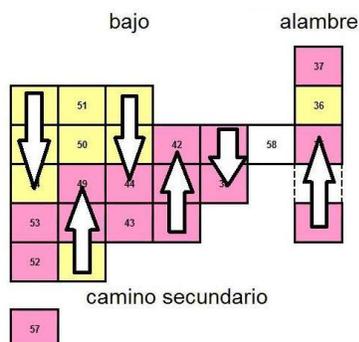
Para una mejor ubicación dentro del ensayo se fueron midiendo los arboles en orden numérico dentro de la parcela, siguiendo las filas de parcelas hasta el final, para luego bajar a la fila siguiente en forma de zig-zag, como se muestra en la Figura 13; esto fue realizado en la zona A, ya que para la zona B se realizo el zig-zag subiendo y bajando la pendiente, como se muestra en la Figura 14.

Figura 13. Zig-Zag realizado para la medición de la *cap* en el sector A.



Fuente: adaptado de Lussich (2002).

Figura 14. Zig-Zag realizado para la medición de la *cap* en el sector B.



Fuente: adaptado de Lussich (2002).

En las parcelas de los tratamientos que debían recibir raleo, se seleccionaron los árboles a extraer, que fueron marcados con cinta de polietileno de color rojo. Dichos árboles eran los candidatos seleccionados en la parte de gabinete (Foto 5)

Los criterios utilizados para esta selección fueron forma del fuste (verticalidad y rectitud), brote apical (presencia de horquetas o ejes múltiples), problemas sanitarios (presencia de canchales y exudados), *cap*, espaciamiento, hábito de ramas (grosor y ángulo).

Las características anteriores son los criterios con los cuales se llegó a campo, por lo que si existía dentro de la parcela algún árbol que no fuese candidato al raleo pero de mala conformación, se lo seleccionaba y se lo cambiaba por alguno de los árboles que si estaba previsto a ser retirado. Esto llevó a que se cambiaran muchos de los árboles que fueron seleccionados como candidatos a ser raleados en el trabajo de gabinete, que presentaban un diámetro de los menores de la parcela, por otro que no era candidato, que presentaba un diámetro muy bueno, pero presentaba alguna de las características no deseadas ya mencionadas, como podemos observar en la Foto 6 y la Foto 7.

Foto 4. Medición del diámetro de un árbol en la marca ya existente en el árbol.



Foto 5. Árbol seleccionado para raleo, marcado con cinta de polietileno roja.



A continuación podemos observar la Foto 6 que muestra un árbol de muy buen diámetro, que no había sido seleccionado en el trabajo de gabinete como candidato a salir en el raleo, pero que presentaba una bifurcación a muy pocos metros, por lo cual se relevaba por alguno que no era candidato a ser retirado, de menor *dap*, pero que presentaba una mejor conformación, como puede ser el árbol 63 que se ve algunos metros más atrás. También podemos ver la Foto 7, el cual es un árbol de buen *dap*, pero presenta un cancro, por lo cual fue seleccionado para ser raleado.

Foto 6. Árbol de buen *dap*, bifurcado, seleccionado para raleo

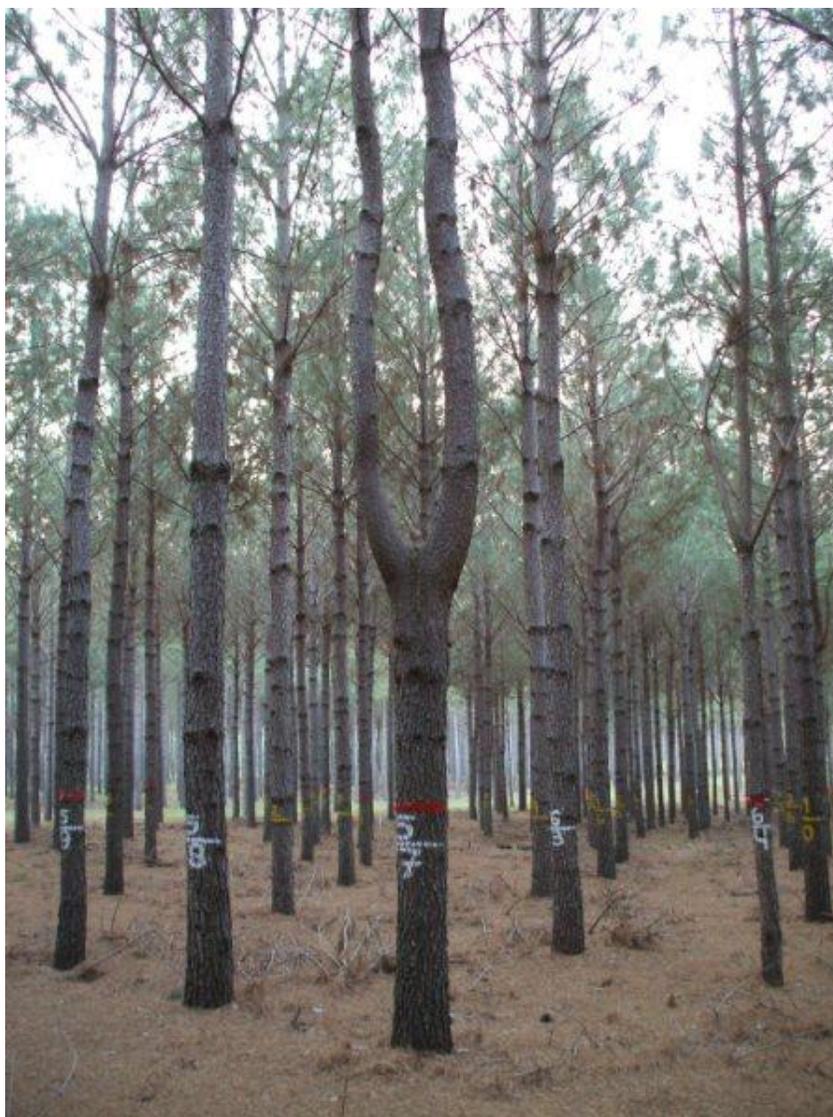


Foto 7. Árbol seleccionado para raleo por la presencia de un cancro.



3.2.4 Gabinete después de 1er salida

Luego de realizada una primer salida, en la cual se recabaron datos de la circunferencia de todos los arboles del ensayo, se pudo corregir algunos cálculos, que al haber sido realizados con datos del año 2008 podrían tener alguna modificación. De hecho así fue, por lo cual algunos cálculos realizados antes de la primera salida debieron ser corregidos.

Los datos que se obtuvo en la primer salida fueron los de circunferencia a la altura del pecho (*cap*), las cuales permitieron actualizar las planillas en Microsoft Excel. Todos los datos fueron convertidos a diámetro a la altura del pecho (*dap*) utilizando la siguiente ecuación:

$$\boxed{dap = cap/\pi}^{(1)}$$

Realizadas las conversiones se efectuó la división en clases diamétricas, la cual ya había sido realizada antes de la primera salida con los datos del 2008, por la cual se pudo observar una modificación en la cantidad de árboles por clases diamétricas, la cual modificaba la frecuencia de las clases y a su vez la cantidad de árboles por clase diamétrica a medir el factor de forma.

Enseguida se llevó a cabo los cálculos, manteniendo una intensidad de muestreo del diez por ciento, de la cantidad de árboles por tratamiento a medir factor de forma, y se seleccionó dentro de cada parcela el árbol candidato a ser medido, el cual debería ser lo más cercano a la marca de clase posible.

Con los datos se seleccionó los árboles candidatos a medir factor de forma; candidatos debido a que como ya se mencionó, deberían ser lo más recto posible, sin presentar bifurcaciones, canchales, torceduras, etc.

3.2.5 Segunda salida de campo

Luego de realizado el trabajo de gabinete con los nuevos datos, se volvió al ensayo para marcar los arboles a medir factor de forma, los candidatos seleccionados en dicho trabajo. La identificación de estos árboles consistió en colocarles la misma cinta de polietileno de color rojo, por lo cual, los arboles a medir factor de forma quedarían con 2 cintas de polietileno de color rojo. A estos árboles seleccionados, o candidatos a

medir factor de forma, se les observó su conformación, la cual debía ser lo mejor posible, o sea, un árbol recto con ausencia de ejes múltiples, o con una bifurcación a una altura considerable, también árboles que no presentaban el fuste torcido, etc. Si no cumplían con estos requisitos, se los cambiaba por otros de la misma clase de *dap*, con una buena conformación, como ya se explicó anteriormente, ya que esos árboles se los habían seleccionado en la etapa de gabinete, sin verlos realmente.

La siguiente figura nos muestra un árbol con doble cinta, por lo cual es un árbol seleccionado para realizar la medición metro a metro, de buena conformación ya que no presenta bifurcación y no se trata de un árbol torcido.

Foto 8. Árbol seleccionado para la medición metro a metro.



Luego de seleccionado todos los arboles, tanto para raleo como para medir factor de forma, se efectuó primero el raleo de los arboles a medir dicho factor, para que esta medición se realizara con el terreno lo más limpio posible, evitando un error en la medición, por una posible confusión de trozas.

Enseguida de apeado el árbol, se procedió a trozarlos cada 1 metro, hasta una circunferencia de aproximadamente de 16 cm. Dicho trabajo fue realizado por un motosierrista y un picanero para direccionar la caída, y a su vez media con la picana cada metro en el árbol para de esta forma trozarlo, como se observa en la Foto 9.

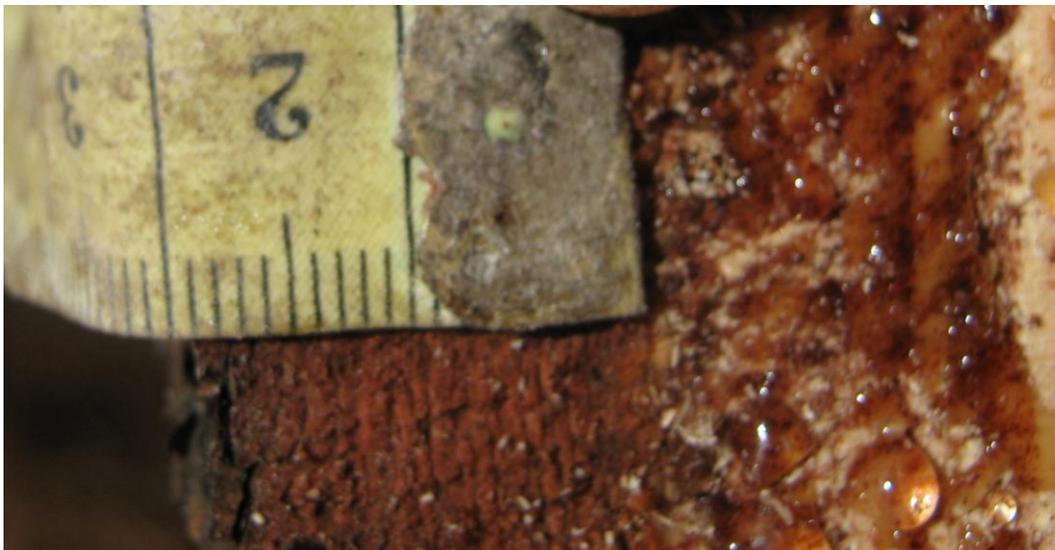
Después se midió la circunferencia mayor y menor en cada una de las trozas, llevándose a cabo también la medición del espesor de corteza. Ambas mediciones se realizaron a la vez y utilizando el mismo instrumento de medición (cinta métrica).

A partir de los 16 cm. de circunferencia, aproximadamente, se midió hasta la punta, dándonos el dato de la altura total del árbol. El espesor de corteza fue medido con la misma cinta que se hacía la medición de la circunferencia; la cual se realiza en uno de los lados de alguno de los radios de las trozas, a ambos lados de las trozas de 1 metro, como se muestra en la Foto 10. Dicho espesor fue medido hasta la medida de cuatro milímetros (0,4 cm.), ya que a partir de ahí el espesor ya se hacía constante a lo largo del fuste, por la cual cuando llegaba a cuatro milímetros se dejaba de realizar la medición de espesor de corteza.

Foto 9. Medición metro a metro y trozado del árbol.



Foto 10. Medición del espesor de corteza.



Para la identificación de cada uno de los arboles con sus respectivas trozas, se utilizo una tiza de color azul, asignándole a cada troza basal, el numero de árbol que le correspondía; si se daba la situación de que se apeaban 2 árboles cercanos se le ponía a cada una de las trozas de un mismo árbol, el numero del árbol y el numero de trozas, evitando así la confusión de trozas. En la siguiente figura se puede observar una de las trozas con el número de árbol en la base lo cual permitía su identificación.

Foto 11. Número del árbol en la troza basal para su mejor identificación en el suelo.



Una vez terminada la medición de todos los árboles a medir factor de forma, se llevó a cabo el raleo previsto dentro del ensayo, apeándose los arboles identificados con una sola cinta.

3.2.6 Análisis de los datos obtenidos

Para realizar el análisis estadístico se confeccionaron bases de datos para los diferentes caracteres que fueron medidos. Por lo cual se debió generar una base de datos para la *cap*, la cual fue transformada a *dap* (a través de la fórmula ⁽¹⁾); y otra base de datos con toda la información recabada de los árboles metro a metro, o sea la medida de diámetro menor y mayor de cada una de las trozas así como su espesor de corteza.

Una vez generada dichas bases de datos, con la utilización de Microsoft Excel, se llevaron a cabo los diferentes cálculos de la siguiente manera: se realizó un tabla donde se coloco en una de las columnas el largo desde el suelo y en las siguientes dos columnas se coloco el diámetro que presentaba la troza a esa altura, tanto para la base

como para el tope de cada una de las dos trozas; la tabla es presentada en este trabajo como el Cuadro 5.

Cuadro 5. Cuadro utilizado para recabar datos de diámetros.

	Diámetro con corteza	
largo en el suelo	diámetro 1	diámetro 2
0 – 1		
1.- 2.		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
hasta 10 cm de diámetro		

Donde:

- diámetro 1: equivale al diámetro en la base de la troza.
- diámetro 2: equivale al diámetro en el tope de la troza.

La medición de diámetro iba hasta una circunferencia de 16 cm., luego se media desde ahí hasta la punta, lo que sería utilizado para el cálculo del volumen y posterior cálculo de factor de forma.

Luego con la tabla anterior, la cual se realizó para cada uno de los árboles a los cuales se realizó la medición metro a metro, se confeccionó otra tabla para llevar a cabo los cálculos de volumen Smalian, la cual se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Cuadro realizado para el cálculo de volúmenes.

	diámetro 1	diámetro 2	$V = \pi/8 * (d^2 + D^2)$
largo en el suelo	diámetro ²	diámetro ²	
0 - 1			
1.- 2.			
2.- 3.			
3.- 4.			
4.- 5.			
5.- 6.			
6. - 7.			
7. - 8.			
8. - 9.			
9. - 10.			
		Volumen comercial	
metros más (L)	área de la base (d ²)		$(d^2 * \pi/4 * L)/3$
		Volumen total	

Los cálculos que se llevaron a cabo son el de volumen total y comercial. Primero se elevó al cuadrado cada uno de los diámetros de cada una de las trozas, el diámetro de la base y el del tope de cada una de ellas y luego se realizó el cálculo del volumen de cada una de las trozas a través de la siguiente fórmula:

$$V = \pi/8 * (d^2 + D^2) * L$$

Donde:

- V= volumen
- d²: es el diámetro menor de la troza.
- D²: es el diámetro mayor de la troza.
- L: largo de las trozas; en este caso 1 metro.

Para el cálculo de volumen comercial se tomo un diámetro máximo de 10 cm de *dap*, por lo cual se calculó el volumen de cada una de las trozas que presentaba el diámetro menor de 10 cm o muy aproximado a esto, y luego se sumo cada uno de los volúmenes de cada una de las trozas que presentaban diámetro comercial.

Luego de calculado el volumen comercial Smalian se calculó el volumen total Smalian. Para realizar dicho cálculo se utilizó los datos de la totalidad del árbol, incluyendo el tramo que presentaba 10 cm hasta el tope, o sea la “punta fina” (metros más L) y se utilizó el diámetro de la primer troza que dejaba de ser comercial, el diámetro mayor (área de la base d^2). Con estos dos datos, y asumiendo que la sección que sobraba del fuste presentaba una forma similar a la de un cono, se calculó como el volumen de un cono, por lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{V \text{ cono} = (d^2 * \pi/4 * L)/3}$$

Donde:

- V cono: es el volumen calculado como el volumen de un cono.
- d^2 : equivale al diámetro utilizado para calcular el área de la base.
- L: es el largo desde donde no se utiliza la troza para calcular el volumen comercial hasta el tope del fuste.

Sumando el volumen comercial con el volumen del cono se obtiene el volumen total del árbol.

Luego de realizado los cálculos anteriores para cada uno de los árboles a los cuales se trozaron metro a metro, se debió calcular el volumen aparente de cada uno de dichos árboles. El volumen aparente se calcula como si se estuviera calculando el volumen de un cilindro, que sería la figura geométrica más parecida al árbol y además uno de los datos necesarios para la estimación de factor de forma.

Para realizar el cálculo de volumen aparente se utiliza la fórmula para calcular volumen de un cilindro, utilizando en esta instancia para el cálculo de la base el *dap*. Dicha fórmula se presenta a continuación:

$$\mathbf{V = \pi/4 * dap^2 * L}$$

Donde:

- V: es volumen aparente, calculado como volumen de un cilindro.
- dap^2 : es el diámetro a la altura del pecho elevado al cuadrado.
- L: largo de la porción a la que se hace referencia comercial, total, etc.

Con la fórmula anterior, se realizó el cálculo de volumen aparente comercial y total, para poder obtener el factor de forma comercial y total. La única variable que difiere para el cálculo de cada uno de los volúmenes es el dato del largo de troza (L), ya que para el volumen total se lo tomo desde el lugar donde se realizó el corte hasta el tope del árbol y el largo utilizado para el volumen comercial fue desde donde se realizó el corte hasta la altura en la cual el árbol presentaba 10 cm de diámetro.

Calculado el volumen Smalian (real) y el volumen aparente (cilindro) tanto total como comercial, para cada uno de los árboles trozados metro a metro, se llevo a cabo el cálculo del factor de forma mediante la utilización de ambos datos para todos los árboles trozados.

Este factor de forma fue calculado con la corteza, por la cual obtendríamos los datos de factor de forma comercial con corteza y factor de forma total con corteza. Para el cálculo de dicho factor se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de Forma}_{cc} = \frac{\text{volumen real}_{cc}}{\text{volumen aparente}_{cc}}$$

Donde:

- Factor de Forma $_{cc}$: factor de forma con corteza, calculado como comercial y total.
- Volumen real $_{cc}$: es el volumen calculado con corteza a través de la formula de Smalian.
- Volumen aparente $_{cc}$: volumen calculado con corteza como el cuerpo de un cilindro.

Terminado el cálculo de factor de forma con corteza se comenzó a realizar los cálculos necesarios para llegar al factor de forma sin corteza. Para esto se utilizó las mismas tablas utilizadas al principio de los cálculos de factor de forma, donde se tenía la información del diámetro con corteza y el espesor de corteza.

En primera instancia se debió multiplicar el espesor medido, por dos, para poder obtener el verdadero espesor, ya que la medición se había realizado en uno solo de los radios. De esta forma se obtuvo la siguiente tabla.

Cuadro 7. Cuadro para cálculos de diámetros y espesores.

largo de troza apeada	Diámetro con corteza		Espesor de corteza	
	Diámetro 1	diámetro 2	espesor 1	espesor 2
0 - 1				
1.- 2.				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
hasta 10 cm de diámetro				

Donde:

- diámetro 1: equivale al diámetro en la base de la troza.
- diámetro 2: equivale al diámetro en el tope de la troza.
- espesor 1: equivale al espesor de corteza en la base de la troza.
- espesor 2: equivale al espesor de corteza en el tope de la troza.

Realizadas las tablas, para todos los árboles a los cuales se le midió el factor de forma, se llevó a cabo el cálculo de los diferentes diámetros sin corteza, restándole al diámetro con corteza el espesor de la misma:

$$\boxed{dap \text{ con corteza} - \text{espesor de corteza} = dap \text{ sin corteza}}$$

Con los datos de *dap* sin corteza se realizaron los cálculos para obtener el volumen total sin corteza y el volumen comercial sin corteza. Para realizarlos se confeccionaron tablas similares al Cuadro 6, con diferencia que los diámetros 1 y diámetros 2, que son elevados al cuadrado, son los diámetros sin corteza.

Utilizando las mismas formulas para los cálculos de volumen Smalian y volumen aparente se obtuvieron los datos de volumen comercial sin corteza y volumen total sin corteza. Al igual que el cálculo de volumen comercial con corteza, se tomo como limite

comercial los diez centímetros de diámetro (10 cm.).

Calculados los volúmenes aparente y real (Smalian), se realizó el cálculo de factor de forma sin corteza con la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de Forma}_{sc} = \text{volumen real}_{sc} / \text{volumen aparente}_{sc}$$

Obtenidos los datos de factor de forma comercial con corteza y sin corteza y el factor de forma total con corteza y sin corteza se llevo a cabo el análisis estadístico de dichos datos.

3.2.7 Análisis estadístico

Se analizaron cuatro factores de forma, *viz.* factor de forma total con corteza ($FF_t cc$), factor de forma comercial con corteza ($FF_c cc$), factor de forma total sin corteza ($FF_t sc$) y factor de forma comercial sin corteza ($FF_c sc$).

El análisis estadístico fue realizado mediante la utilización de la versión libre del software estadístico InfoStat. Dicho programa brinda variadas herramientas para poder explorar la información de una manera bastante sencilla. La información que puede procesar este programa es a través de tablas, por lo cual se debió elaborar las mismas para poder continuar con el análisis. Cabe destacar que este software permite efectuar diversos análisis estadísticos, por lo que arroja mucha información.

3.2.7.1 Diseño experimental

Para realizar el análisis estadístico se siguió con el diseño experimental original del ensayo, el cual es un Diseño de Bloques Completos al Azar.

El Diseño de Bloques al Azar es utilizado cuando existen diferencias entre las unidades experimentales, pero existen unidades que se asemejan más entre sí, formando unidades experimentales más homogéneas, quedando de esta forma el ensayo dividido en bloques.

La principal característica que deben de presentar estos bloques es que las unidades experimentales que pertenecen a uno de ellos deben ser lo más homogéneas

posibles entre sí, pero los bloques deben de ser diferentes entre sí. Dicho de otra forma los bloques deben de presentar homogeneidad dentro de ellos y heterogeneidad entre ellos. Al realizar este diseño, el modelo que se utiliza debe de incluir un término que represente el efecto del bloque al que pertenece la observación.

Uno de los requisitos para ser un diseño de Bloques Completos al Azar es que cada bloque debe presentar la misma cantidad de unidades experimentales. Al aparecer en cada uno de los bloques todos los tratamientos se le asigna el nombre de Bloques Completos, y como el sorteo de las parcelas que llevan los tratamientos se realiza al azar se lo denomina Bloques Completos al Azar.

Cada una de las parcelas que pertenecen a un bloque presenta la misma probabilidad de recibir determinado tratamiento. La variación entre los bloques no afecta la diferencia entre medias, ya que cada tratamiento aparece el mismo número de veces en cada bloque.

El modelo lineal que explica la variación de la respuesta, que además en este caso presenta un solo factor de tratamiento es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} = respuesta del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque

β_j = efecto del j -ésimo bloque

$\alpha_i = \mu_i - \mu$ = efecto del i -ésimo tratamiento

μ = media de una población conceptual.

ε_{ij} = error experimental (residual) asociado al i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque

Los supuestos del modelo son los siguientes:

1- Al modelo:

- es correcto (en relación al material experimental)
- es aditivo
- no existe interacción bloque x tratamiento

2- A los errores experimentales:

- son variables aleatoria
- $\varepsilon_{ij} \sim N$ (los errores presentan idéntica distribución normal)
- $E(\varepsilon_{ij}) = 0$ para todo i, j . (los errores presentan media 0)
- $V(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2$ para todo i, j .
- son independientes

3- Por definición : $\alpha_i = \mu_i - \mu$

La hipótesis para analizar es la siguiente:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t \text{ ó}$$

$$H_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_t$$

H_a = existe al menos una diferente.

Se tomo un árbol de cada parcela, de esta forma se contaba con los datos de los 11 tratamientos y de los tres bloques. Para analizar se tomo el árbol que se le había medido el factor de forma, buscando que el mismo fuera el que presentaba el *dap* más cercano al *dap* medio de los árboles que habían sido raleados de cada una de las parcelas.

El primer análisis realizado es el de estadísticas descriptivas, el cual “permite describir un conjunto de datos mediante medidas resumen univariadas, tablas de frecuencias y ajustes de funciones de distribución teóricas sobre distribuciones empíricas (tablas de frecuencia muestrales)” (InfoStat, 2008).

Dentro de las estadísticas descriptivas se encuentran las medidas resúmenes, las cuales disponen de variadas medidas resúmenes. Se decidió optar por alguna de las medidas que parecían ser relevantes e importantes para el presente trabajo.

Dichas medidas son las de:

- Número de observaciones (n): número de casos que se selecciona, o que se está analizando.
- Media: se refiere a la media aritmética.
- Desvío estándar (D.E): corresponde a la raíz cuadrada de la varianza muestral calculada como la suma de los cuadrados de los desvíos con respecto a la media muestral, dividida entre $n-1$.
- Error estándar (E.E.): corresponde al desvío estándar dividido por raíz de n .
- Coeficiente de variación (CV): es el cociente entre el desvío estándar y la media muestral, expresado en porcentaje.
- Valor mínimo (Mín)
- Valor máximo (Máx)

El cuadro que se obtiene al realizar este tipo de análisis se exhibe a continuación.

Cuadro 8. Medidas resúmenes realizadas a través del programa InfoStat.

Estadística descriptiva							
Variable	N	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
FF							

Luego de analizadas las medidas resúmenes se realizó un análisis de varianza, conocido como ANAVA.

“El Análisis de Varianza (ANAVA), permite probar hipótesis referidas a los parámetros de posición (esperanza) de dos o más distribuciones. La hipótesis que se somete a prueba generalmente se establece con respecto a las medias de las poblaciones en estudio o de cada uno de los tratamientos evaluados en un experimento:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a \text{ con } i=1, \dots, a.$$

donde a =número de poblaciones o tratamientos.

El ANAVA es un procedimiento que descompone la variabilidad total en la muestra (suma de cuadrados total de las observaciones) en componentes (sumas de cuadrados) asociados cada uno a una fuente de variación reconocida (Nelder y Searle, citados en InfoStat, 2008).

Para poder realizar una comparación dentro de un experimento es necesario utilizar una serie de tratamientos que estén unidos a diferentes unidades experimentales y de esta forma poder comparar las diferentes respuestas que generaran cada uno de los tratamientos.

Para obtener una buena precisión en las comparaciones que se realizan entre las respuestas a cada uno de los tratamientos se debe administrar eficientemente los recursos. Podemos definir tratamiento, en el caso de este experimento en concreto, como las diferentes densidades que presentan cada una de las parcelas, a través de las cuales vamos a obtener una determinada respuesta, en este caso diferentes factores de forma, los cuales van a ser objeto de comparación.

El principal objetivo que persigue la realización de un determinado diseño experimental es reducir los errores o variabilidades que pueden presentarse debido a una diferencia entre las unidades experimentales que presentan un mismo tratamiento,

incrementando así la precisión en la comparación de las diferentes respuestas.

En un diseño experimental se mezclan diferentes estructuras de tratamientos con estructuras de unidades experimentales, de tal manera que las diferencias entre las respuestas, por lo menos en alguna de las unidades experimentales, se deban solamente a los tratamientos, y no a factores externos, sacándole todo el “ruido” posible (Infostat, 2008).

Para realizar el ANAVA se deben seleccionar variables dependientes y variables de clasificación. En el caso de este experimento la variable dependiente, o sea la que deseamos examinar, es el factor de forma de los pinos a la edad de 12 años; las variables de clasificación representan factores de variación, que en este caso serian las diferentes densidades que presentan los diferentes tratamientos y los diferentes bloques que presenta el diseño.

Luego de insertadas las diferentes tablas y realizadas las operaciones necesarias para que el programa realice los cálculos, el cuadro que obtenemos es el siguiente:

Cuadro 9. Cuadro que resulta del análisis de varianza.

Cuadro de análisis de la varianza tipo I

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo					
Bloque					
Tratamiento					
Error					
Total					

El valor que interesa de esta tabla es el p-valor, que es lo que me indica si acepto o rechazo la hipótesis nula que me propuse.

Obtenido el valor de p podemos aceptar o rechazar la hipótesis nula, o sea si el valor de p es < 0.05 se rechaza la hipótesis nula propuesta, y si dicho valor es > 0.05 se acepta la hipótesis nula. Si p es < 0.05 , existe la probabilidad de que los tratamientos sean diferentes, o sea que al menos uno de los tratamientos presenta diferencias significativas con los otros; y si p es > 0.05 dichas diferencias no existen, lo que quiere decir que la media de los tratamientos son todas iguales.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 10, indica la historia pasada y el futuro de cada uno de los tratamientos, por lo cual ninguno de los tratamientos son similares, a diferencia de lo que parecería por lo expresado cuando se hablo de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 10. Plan de desarrollo del ensayo, revisado en 2009

Año	2000	2003	2004	2005	2006	2009		% de raleo teorico	2010	2013	2014	Rotación
						antes del raleo	después del raleo					
Edad	3	6	7	8	9	12	12		13	16	17	21 - 25
Trat												
1	1000					1000	650	35,00%				650
2	700					700	450	35,71%				450
3	650					650	650				250	250
4	500					500	325	35,00%			170	170
5	800					800	450	43,75%		250		250
6	800					800	450	43,75%			170	170
7	650					650	450	30,77%		250		250
8	650	500				500	250	50,00%				250
9	500		250			250	250					250
10	500				200	200	200					200
11	1000	750			500	500	350	30,00%				350
12	800			500		500	500					500
13	800	600			400	400	400		250			250
14	700			500		500	500				170	170
15	700					700	450	35,71%		150		150
16	700	500			350	350	350					350
17	600					600	350	41,67%				350
18	600			300		300	300					300
19	600					600	400	33,33%		200		200

El cuadro anterior muestra, a modo de referencia, un listado de los tratamientos en los cuales se aplicó raleo en 2009 y sus densidades de rodal antes y después del raleo y el peso de raleo respectivos.

Cuadro 11. Resultados de los diferentes factores de forma para los diferentes tratamientos y sus respectivos bloques.

Tratamiento	Bloque	FF t cc	FF c cc	FF t sc	FF c sc
1	1	0,48	0,65	0,52	0,75
	2	0,53	0,65	0,51	0,79
	3	0,46	0,64	0,51	0,71
2	1	0,51	0,66	0,54	0,7
	2	0,47	0,64	0,51	0,7
	3	0,51	0,65	0,53	0,67
4	1	0,48	0,57	0,46	0,59
	2	0,44	0,61	0,46	0,68
	3	0,44	0,58	0,51	0,68
5	1	0,43	0,6	0,46	0,64
	2	0,48	0,69	0,48	0,69
	3	0,54	0,69	0,56	0,71
6	1	0,47	0,63	0,46	0,63
	2	0,48	0,65	0,52	0,71
	3	0,5	0,68	0,53	0,72
7	1	0,48	0,66	0,52	0,71
	2	0,53	0,69	0,55	0,72
	3	0,49	0,67	0,52	0,71
8	1	0,49	0,69	0,5	0,7
	2	0,43	0,55	0,46	0,62
	3	0,43	0,56	0,55	0,72
11	1	0,49	0,64	0,54	0,7
	2	0,5	0,64	0,53	0,68
	3	0,54	0,67	0,49	0,66
15	1	0,44	0,61	0,51	0,67
	2	0,48	0,72	0,47	0,71
	3	0,46	0,6	0,43	0,56
17	1	0,48	0,65	0,53	0,72
	2	0,5	0,67	0,44	0,59
	3	0,48	0,62	0,5	0,66
19	1	0,48	0,65	0,52	0,75
	2	0,48	0,64	0,49	0,65
	3	0,52	0,72	0,53	0,72

El Cuadro 11 muestra los resultados de todos los factores de forma, totales y comerciales, con corteza y sin corteza, para los diferentes tratamientos y los bloques correspondientes. Dicha tabla fue la utilizada para realizar el análisis estadístico y fue resultado de aplicar las fórmulas ya presentadas.

4.1 FACTOR DE FORMA TOTAL CON CORTEZA

Cuadro 12. Factor de forma total con corteza; análisis estadístico.

Variable	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
FF _{t cc}	0,48	0,03	0,01	6,37	0,43	0,54

El factor de forma medio total con corteza es de 0,48, lo que es un valor muy cercano al valor estándar utilizado el cual es de 0,50.

En el Cuadro 13 se separaron los diferentes tratamientos y se buscaron las medidas resúmenes para cada uno de ellos

Cuadro 13. Estadística descriptiva separada por tratamientos para el factor de forma total con corteza.

Tratamiento	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
1	0,49	0,04	0,02	7,36	0,46	0,53
2	0,5	0,02	0,01	4,65	0,47	0,51
4	0,45	0,02	0,01	5,09	0,44	0,48
5	0,48	0,06	0,03	11,39	0,43	0,54
6	0,48	0,02	0,01	3,16	0,47	0,5
7	0,5	0,03	0,02	5,29	0,48	0,53
8	0,45	0,03	0,02	7,7	0,43	0,49
11	0,51	0,03	0,02	5,19	0,49	0,54
15	0,46	0,02	0,01	4,35	0,44	0,48
17	0,49	0,01	0,01	2,37	0,48	0,5
19	0,49	0,02	0,01	4,68	0,48	0,52

En el Cuadro 13 se observa que los tratamientos no presentan un factor de forma medio muy diferente entre sí; los FF medios varían entre 0,45 (tratamientos 4 y 8) y 0,51 (tratamiento 11). El mínimo FF t cc individual (0,43) corresponde a los tratamientos 5 y 8. El máximo FF t cc individual es 0,54 (árboles de los tratamientos 11 y 5).

El tratamiento 5 presenta entonces árboles con valores extremos de FF total con corteza. En el análisis de varianza (Cuadro 14) no se observaron efectos significativos de bloques o de tratamientos. Por lo tanto los valores máximos y mínimos observados en un mismo tratamiento en dos de los tres bloques no pueden atribuirse al efecto del sitio sobre el ahusamiento de los árboles a retirar en el raleo.

Cuadro 14. Análisis de varianza para factor de forma total con corteza.

Fuente de Variación.	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Modelo	0,01	12	1,00E-03	1,18	0,3591
Tratamiento	0,01	10	1,20E-03	1,31	0,2891
Bloque	9,20E-04	2	4,60E-04	0,52	0,6038
Error	0,02	20	8,80E-04		
Total	0,03	32			

La densidad de rodal no afectó el ahusamiento de los árboles retirados en el raleo. A los efectos de la estimación de Volumen total con corteza. El valor de FF t cc que se podría emplear es el valor promedio de los tratamientos, el cual es de 0,48 para las condiciones del ensayo.

4.2 FACTOR DE FORMA TOTAL SIN CORTEZA

Se pudo observar que el factor de forma total sin corteza presenta una media mayor a la media del con corteza, como los podemos ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Estadística descriptiva del factor de forma total sin corteza.

Variable	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
ff t sc	0,5	0,03	0,01	6,67	0,43	0,56

Se observó un valor promedio de FF t sc de 0,50, mayor al FF t cc. Los Valores mínimo y máximo estimados para esta variable fueron de 0,43 y 0,56 respectivamente.

Cuadro 16. Estadística descriptiva separada por tratamientos para factor de forma total sin corteza.

Tratamiento	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
1	0,51	0,01	3,30E-03	1,12	0,51	0,52
2	0,53	0,02	0,01	2,9	0,51	0,54
4	0,48	0,03	0,02	6,06	0,46	0,51
5	0,5	0,05	0,03	10,58	0,46	0,56
6	0,5	0,04	0,02	7,52	0,46	0,53
7	0,53	0,02	0,01	3,27	0,52	0,55
8	0,5	0,05	0,03	8,96	0,46	0,55
11	0,52	0,03	0,02	5,09	0,49	0,54
15	0,47	0,04	0,02	8,51	0,43	0,51
17	0,49	0,05	0,03	9,35	0,44	0,53
19	0,51	0,02	0,01	4,06	0,49	0,53

En el cuadro anterior podemos ver que el valor medio de FF t sc mas bajo pertenece al tratamiento 15, y el que presenta el valor medio más alto es de los tratamientos 2 y 7. También observamos que el valor mínimo pertenece al tratamiento 15, que es justamente el que presenta el valor medio más bajo; y el factor de forma total sin corteza más alto pertenece al tratamiento 5. Podemos observar que los valores máximos de todos los tratamientos son mayores a 0,5, pero existen varios valores mínimos por debajo de 0,5. La media general de todos los tratamientos es 0,5.

Para poder ver si existían diferencias significativas entre los diferentes tratamientos se realizó un análisis de la varianza. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Cuadro 17. Análisis de la varianza (ANAVA) para el factor de forma total sin corteza.

Fuente de Variación.	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Modelo	0,01	12	1,20E-03	1,03	0,4585
Tratamiento	0,01	10	1,10E-03	1	0,4738
Bloque	2,60E-03	2	1,30E-03	1,18	0,3272
Error	0,02	20	1,10E-03		
Total	0,04	32			

Observando el cuadro anterior podemos ver que el p-valor es mayor a 0,05 para todos los casos, por lo cual no existe ninguna diferencia significativa entre los diferentes tratamientos, ya que tampoco existe un efecto bloque.

Podemos decir que, al no existir diferencia significativa entre los tratamientos, el valor medio de 0,5 que se estimó para todos ellos coincide con el 0,5 utilizado como estándar, por lo cual esta correctamente utilizado para un factor de forma total sin corteza.

4.3 FACTOR DE FORMA COMERCIAL CON CORTEZA

Con los datos de factor de forma comercial con corteza se llevo a cabo el cálculo de las estadísticas descriptivas para dicha variable, el cual se presenta a continuación.

Cuadro 18. Estadística descriptiva del factor de forma comercial con corteza.

Variable	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
ff c cc	0,64	0,04	0,01	6,53	0,55	0,72

Para el factor de forma comercial podemos observar que el valor medio para todos los tratamientos fue de 0,64. Presentaron un mínimo de 0,55 y un máximo de 0,72. Entre el máximo y el mínimo existe una diferencia de 0,17, la cual parecería ser una diferencia bastante amplia, pero no se podría decir por ahora que dicha diferencia es significativa.

Para un mejor análisis se realizo el análisis de las medidas resúmenes separadas por los tratamientos. El cuadro que muestra los resultados es el siguiente.

Cuadro 19. Estadísticas descriptivas separadas por tratamiento para el factor de forma comercial con corteza.

Tratamiento	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
1	0,65	0,01	3,30E-03	0,89	0,64	0,65
2	0,65	0,01	0,01	1,54	0,64	0,66
4	0,59	0,02	0,01	3,55	0,57	0,61
5	0,66	0,05	0,03	7,87	0,6	0,69
6	0,65	0,03	0,01	3,85	0,63	0,68
7	0,67	0,02	0,01	2,27	0,66	0,69
8	0,6	0,08	0,05	13,02	0,55	0,69
11	0,65	0,02	0,01	2,66	0,64	0,67
15	0,64	0,07	0,04	10,35	0,6	0,72
17	0,65	0,03	0,01	3,89	0,62	0,67
19	0,67	0,04	0,03	6,51	0,64	0,72

En el cuadro anterior podemos observar que la media máxima pertenece a los tratamientos 7 y 19, con la media de 0,67; y la media mínima pertenece al tratamiento 4, la cual es 0,59. Se puede observar que los máximos no pertenecen al tratamiento con mayor media, lo que estaría mostrando que existe un rango entre los diferentes bloques.

Con respecto a los factores de forma comercial con y sin corteza podemos observar que existe un aumento en el factor de forma, dicho con otras palabras podríamos decir que al sacarle la corteza el árbol queda más cilíndrico, y que la mayor cantidad de corteza se encuentra hacia la base y va disminuyendo con la altura del árbol.

Para observar si existen diferencias entre el factor de forma comercial con corteza para los diferentes tratamientos se realizó un análisis de la varianza, los resultados se muestran en el cuadro a continuación.

Cuadro 20. Análisis de la varianza para el factor de forma comercial con corteza.

Fuente de Variación.	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Modelo	0,02	12	1,90E-03	1,1	0,4126
Tratamiento	0,02	10	2,20E-03	1,26	0,313
Bloque	8,90E-04	2	4,50E-04	0,26	0,7727
Error	0,03	20	1,70E-03		
Total	0,06	32			

En lo que respecta al FF c cc podemos decir que no existen diferencias significativas ya que si observamos en el Cuadro 20, vemos que el p-valor para tratamientos es mayor a 0,05, indicando lo dicho anteriormente. Podemos ver que el p-valor para los bloques también es superior a 0,05, por la cual no existen diferencias entre bloques.

4.4 FACTOR DE FORMA COMERCIAL SIN CORTEZA

Al igual que para el factor de forma total se realizó el cálculo con corteza y sin corteza, para el último se le restó a cada diámetro su espesor de corteza como ya fue dicho.

Lo primero a ser realizado fue un análisis descriptivo para poder observar cuáles son los datos más relevantes a tener en cuenta para el factor de forma comercial sin corteza, como ser el valor medio, máximo y mínimo, para poder describir de buena forma los datos. El cuadro resultado fue el que se presenta a continuación.

Cuadro 21. Estadística descriptiva del factor de forma comercial sin corteza.

Variable	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
ff c sc	0,69	0,05	0,01	7,12	0,56	0,79

Observando el cuadro anterior podemos ver que el FF c sc medio para todos los tratamientos fue de 0,69, el cual es un factor bastante alto. En otras palabras podemos decir que el ahusamiento del árbol es mucho menor que para los demás factores de forma. Podemos ver un máximo de 0,79, el cual es un valor muy alto; y un mínimo de 0,56.

Para poder observar de mejor forma los factores de forma comercial sin corteza se separaron los tratamientos y se observaron las estadísticas descriptivas para cada uno de ellos. El cuadro resultante fue el siguiente.

Cuadro 22. Estadística descriptiva separada por tratamiento.

Tratamiento	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín.	Máx.
1	0,75	0,04	0,02	5,33	0,71	0,79
2	0,69	0,02	0,01	2,51	0,67	0,7
4	0,65	0,05	0,03	7,99	0,59	0,68
5	0,68	0,04	0,02	5,3	0,64	0,71
6	0,69	0,05	0,03	7,18	0,63	0,72
7	0,71	0,01	3,30E-03	0,81	0,71	0,72
8	0,68	0,05	0,03	7,78	0,62	0,72
11	0,68	0,02	0,01	2,94	0,66	0,7
15	0,65	0,08	0,04	12,01	0,56	0,71
17	0,66	0,07	0,04	9,91	0,59	0,72
19	0,71	0,05	0,03	7,26	0,65	0,75

Si observamos el cuadro anterior podemos ver que el factor de forma más alto, o sea el máximo, pertenece al tratamiento 1, y esto puede tener sentido, ya que este tratamiento es el que presenta la mayor densidad; al presentar una mayor densidad el árbol tiende a ser más cilíndrico, por la cual el factor de forma aumenta acercándose a 1. Al igual que el máximo, la media de cada tratamiento más alta es la que pertenece al tratamiento 1, lo cual afirma más lo dicho anteriormente.

En el Cuadro 22 también se puede apreciar que las medias más bajas son las del tratamiento 4 y del tratamiento 15. El tratamiento 15 presenta una densidad de 500, la cual es una de las más bajas, por lo cual podemos decir que las densidades más bajas tienden a presentar un factor de forma más bajo. Esta diferencia no podemos decir que es significativa, por la cual se realizó un análisis de la varianza. Los resultados se muestran en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Análisis de la varianza para el factor de forma comercial sin corteza.

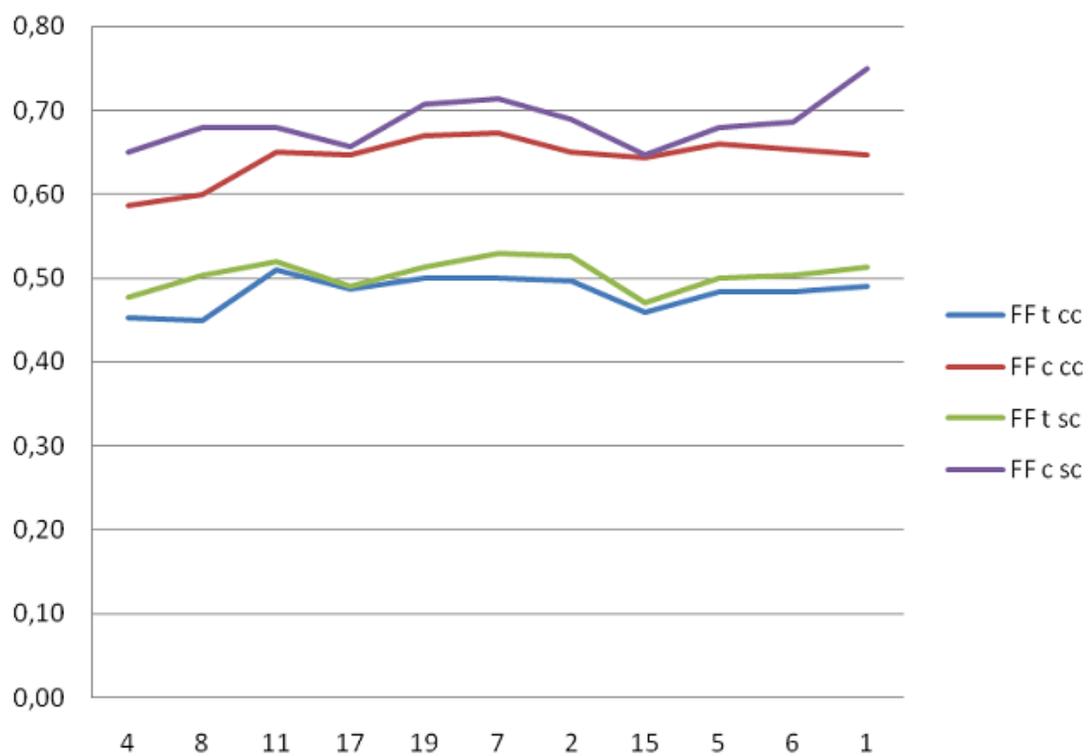
Fuente de Variación.	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Modelo	0,03	12	2,30E-03	0,93	0,5351
Tratamiento	0,03	10	2,70E-03	1,12	0,3971
Bloque	7,30E-05	2	3,60E-05	0,01	0,9852
Error	0,05	20	2,40E-03		
Total	0,08	32			

En el análisis de la varianza podemos ver que el p-valor para tratamiento es mayor a 0,5. Lo anterior está indicando que no existen diferencias entre los tratamientos, o sea que la diferencia no es estadísticamente significativa, por la cual si utilizamos el valor medio para todos los tratamientos 0,69, no estaríamos cometiendo un error. También vemos que no hay diferencias entre los bloques, por lo cual no hay un efecto del sitio sobre los tratamientos.

Realizando el análisis estadístico de los tres factores de forma calculado, pudimos observar que no existen diferencias estadísticamente significativas para los diferentes tratamientos. Se pudo observar que las diferencias entre densidades no resultaron en una diferencia en los factores de forma.

Para poder observar alguna tendencia se realizó un gráfico que se presenta a continuación.

Figura 15. Factores de forma según tratamiento.



Referencias:

Tratamiento	Densidades
1	1000
2	700
4	500
5	800
6	800
7	650
8	500
11	500
15	700
17	600
19	600

En la Figura 15 podemos observar la tendencia de los diferentes tratamientos. Podemos ver que los factores de forma total son menores que los factores de forma comercial. Esto se debe a que al realizar el factor de forma total se tomo una de las partes mas conicas del árbol, que es la parte mas de arriba. Para calcular el factor de forma comercial se toma la porción mas cilindrica del fuste, que son los primeros metros basales. Debido a que se tomaba como diámetro maximo comercial 10 cm, y que que los *dap* de los árboles raleados no son los mayores, dichos factores de forma eran lo mas parecidos a un cilindro.

Otra limitante para no haber diferencias significativas entre los factores de forma es que el tipo de raleo utilizado fue un raleo por lo bajo, o sea retirando de las parcelas los árboles con menores diámetros, por la cual los diámetros de los árboles medios de todos los tratamientos no presentaban una gran diferencia. La diferencia se podría observar entre los árboles remanentes.

Otra explicación para no haber diferencias entre los tratamientos es que los tratamientos que se ralearon no presentaban una diferencia muy marcada en la historia de raleos de cada uno de ellos. Algunos tratamientos presentaban la misma densidad y la misma historia de raleos, si diferirán en el manejo de raleos futuros. Esto podemos observar bien en el Cuadro 10, el cual nos muestra que los tratamientos 5 y 6 presentan la misma historia de raleo, pero difieren en el manejo de raleos futuros; esta misma situación se da para los tratamientos 15 y 12 y los tratamientos 17 y 19.

5 CONCLUSIONES

El factor de forma total de los árboles cosechados en el raleo de *Pinus taeda* a la edad de 12 años no se vio afectado por la densidad de cultivo. El valor medio de *FF t cc* de los tratamientos es de 0,48, con un mínimo de 0,43 y un máximo de 0,54. Este rango comprende al valor 0,50 utilizado como estándar. Por no haberse hallado diferencias significativas, se puede concluir que dicho valor está siendo bien utilizado.

Tampoco se observó diferencias significativas entre factores de forma sin corteza bajo los diferentes tratamientos; o sea que la diferencia entre densidades de cultivo no afectó dicha variable. El factor de forma sin corteza presentó un valor medio de 0,5; con un máximo de 0,56 y un mínimo de 0,43. Este valor medio es el mismo valor utilizado como estándar, por lo que nuevamente se puede concluir que el valor de 0,50 está correctamente utilizado para estimar volumen total sin corteza bajo las condiciones de estudio.

No se observó diferencias significativas entre valores de factor de forma comercial con corteza de los tratamientos analizados en el ensayo. Los valores calculados tuvieron un valor medio de 0,64; un mínimo de 0,55 y un máximo de 0,72. La diferencia de 0,17 entre valores máximo y mínimo no es estadísticamente significativa.

Las diferencias observadas entre factores de forma comercial sin corteza de los tratamientos no fueron significativas. El valor promedio fue 0,69, con un mínimo de 0,56 y un máximo de 0,79.

Las medias de los factores de forma con y sin corteza, tanto totales como comerciales, no presentaron diferencias muy marcadas; el espesor de corteza no incide en gran medida en el factor de forma.

La densidad de cultivo hasta la edad de 12 años no afecta significativamente las variables factor de forma total con corteza, factor de forma total sin corteza, factor de forma comercial con corteza y factor de forma comercial sin corteza de los árboles cosechados en raleos comerciales.

Es posible que en futuros raleos del ensayo se observen diferencias entre tratamientos en alguna de las variables aquí evaluadas; esto podrá estar asociado tanto a la secuencia previa de raleos como al peso del raleo que reciba cada tratamiento a evaluar.

6 RESUMEN

Se evaluó factores de forma de los árboles retirados en once tratamientos de un ensayo de raleos en *Pinus taeda* sobre suelos CO.N.E.A.T. 7 en Tacuarembó a la edad de 12 años. Se midió circunferencia a la altura del pecho (*cap*) en todos los árboles del ensayo. Se seleccionaron y marcaron los árboles a extraer en 11 de 19 tratamientos (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 15, 17 y 19), que se disponen en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El método de raleo dominante fue el raleo por lo bajo. De los árboles a ralear en cada parcela, se eligió el individuo con diámetro a la altura del pecho (*dap*) medio. Sobre estos árboles se midió altura total y circunferencia del fuste cada metro hasta un valor mínimo de 16 cm. Se estimaron y analizaron cuatro factores de forma, *viz.* factor de forma total con corteza (*FF t cc*), factor de forma comercial con corteza (*FF c cc*), factor de forma total sin corteza (*FF t sc*) y factor de forma comercial sin corteza (*FF c sc*). No se observó diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los *FF* de los tratamientos evaluados. Los valores promedio estimados fueron *FF t cc* = 0,48; *FF c cc* = 0,64; *FF t sc* = 0,5 y *FF c sc* = 0,69. En la estimación de volúmenes totales, con o sin corteza, sobre raleos comerciales en las condiciones de estudio, es correcta la utilización de 0,5 como factor de forma.

Palabras clave: *Pinus taeda*; Raleo; Factor de forma

7 SUMMARY

Form factor of the trees harvested in eleven treatments within a *Pinus taeda* thinning trial growing on CO.N.E.A.T. soils 7 in Tacuarembó at age 12 years were assessed. Girth at breast height (*gbh*) was measured for all trees within the trial. Thinning candidates were selected and marked on 11 out of 19 treatments (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 15, 17 and 19), in a complete randomized block design with three repetitions. Dominant method was thinning from below. From trees marked for thinning in each plot, a suitable individual with average diameter at breast height (*dbh*) was chosen. Total height and stem girth at 1 meter intervals to a minimum value of 16 cm were measured on each of these trees. Four form factors were estimated and analyzed, *viz.* total form factor over bark (*FF t ob*), commercial form factor over bark (*FF c ob*), total form factor under bark (*FF t ub*) and commercial form factor under bark (*FF c ub*). No statistically significant differences between treatment average values for any of the form factors were observed. Average form factor estimates were $FF\ t\ ob = 0.48$ $FF\ c\ ob = 0.64$; $FF\ t\ ub = 0.5$ and $FF\ c\ ub = 0.69$. The use of 0.5 as a form factor for total volume estimation purposes, over or under bark, in commercial thinning held under conditions similar to those studied should be acceptable.

Key words: *Pinus taeda*; Thinning; Form factor.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. CARDOZO, H.; OCAÑO, J.; TORRES, G. 1986. Influencia el espaciamiento en el crecimiento diametral anual de *Pinus taeda* L. sobre suelos de la unidad Tacuarembó. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 172 p.
2. DURÁN, A. 1987. La cartografía de suelos CONEAT y sus posibilidades de utilización. Montevideo, Facultad de Agronomía. 15 p.
3. GOLFARI, L. 1963. Exigencias climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales. (en línea) *Unasylva*. 17 (1): s.p. Consultado el 13 ago. 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/e3200s06.htm#exigencias%20climáticas%20de%20las%20coníferas%20tropicales%20y%20subtropicales>
4. HAWLEY, R.; SMITH, M. 1982. *Silvicultura práctica*. Barcelona, Omega. 535 p.
5. INFOSTAT. 2008. *InfoStat versión 2008*. Córdoba, Argentina, Grupo InfoStat/ Universidad Nacional de Córdoba. 334 p.
6. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 2011. *Gras; características agroclimáticas*. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 22 jun. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html
7. LARSON, P.R. 1963. *Stem form development of forest trees*. s.l, Society of American Foresters. 31 p. (Forest Science. Monograph no 5).
8. LUSSICH, F. 2002. *Evaluación de un ensayo de raleo en Pinus taeda L. en Tacuarembó. Etapa 1; instalación y evaluación inicial*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 62 p.
9. SORRENTINO, A. 1997. *Manual para diseño y ejecución de inventarios forestales*. Montevideo, Hemisferio Sur. 350 p.
10. _____. 2000. *Manual teórico-práctico. Técnicas en instrumentos de medición forestal*. v. 1, 97 p.

11. URUGUAY. MINISTERIO GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA.
2011a. Forestal, cartografía. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado
22 jun. 2011. Disponible en
<http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,20,438,O,S,0,>

12. _____. _____. 2011b. Forestal, estadísticas y mercado, recurso
forestal. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 3 feb. 2011.
Disponible en
[http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,20,441,O,S,0,MNU
;E;134;2;MNU;](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,20,441,O,S,0,MNU;E;134;2;MNU;)

13. _____. _____. DIRECCIÓN NACIONAL DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES. 1994. Índice de productividad de
suelos grupos CONEAT. Montevideo. 182 p.

14. VEGA, A. 2000. Respuesta de *Pinus radiata* (D. Don), a tres intensidades de
raleo, en la comuna de Curanilahue, VIII Región. Talca, Chile,
Universidad de Talca. Escuela de Ingeniería Forestal. 26 p.