



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales

**Análisis del crecimiento diametral de ramas
de *Pinus radiata* D. Don en distintos sitios,
entre las regiones VII y IX**

Profesor Patrocinante Sr. Mario Meneses V.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para optar
al Título de **Ingeniero Forestal**

Jorge Andrés Millar Ortiz

Valdivia Chile 2003

CALIFICACION DEL COMITE DE TITULACION

		Nota
Patrocinante:	Sr. Mario Meneses V.	6,5
Informante:	Srta. Rosa Alzamora M.	6,4
Informante:	Sra. Alicia Ortega Z.	6,5

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Mario Meneses V.

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. MARCO TEORICO / CONCEPTUAL	3
2.1 Generalidades de la Madera clear	3
2.2 Comportamiento de las ramas en la especie <i>Pinus radiata</i>	4
2.2.1 Características del crecimiento de las ramas	4
2.2.2 Hábito de ramificación y su influencia en las ramas	5
2.2.3 Frecuencia verticilar y su influencia en las ramas	7
2.2.4 El factor genético y su influencia en las ramas	8
2.2.5 Influencia del grado angular de las ramas	8
2.3 El manejo silvicultural y su influencia en las ramas	9
2.3.1 La poda y su influencia en las ramas	9
2.3.2 El raleo y su influencia en las ramas	11
2.3.3 El Índice de sitio y su influencia en las ramas	12
2.4 Influencia de las ramas en la calidad de la madera	12
2.5 Modelos estimadores del Índice de ramas	14
3. DISEÑO DE INVESTIGACION	15
3.1 Material	15
3.2 Método	15
3.2.1 Descripción del área de estudio	15
3.2.2 Ubicación geográfica de la muestra	15
3.2.3 Tamaño y selección de la muestra	16
3.2.4 Mediciones y variables del árbol en pie	17
3.2.5 Mediciones y variables del árbol volteado	19
3.2.6 Depuración y cálculo de estadígrafos	20
3.2.7 Clasificación de los manejos aplicados	20
3.2.8 Relación entre variables	20
3.2.9 Modelo de estimación del Índice de ramas	20
4. RESULTADOS Y DISCUSION	21
4.1 Estadística descriptiva del estudio	21

4.1.1	Caracterización de las variables de los rodales	21
4.1.2	Caracterización de las variables de las ramas	22
4.1.3	Historial de manejo de los rodales	22
4.1.4	Comportamiento y distribución de Índice de ramas	24
4.2	Influencia del manejo silvicultural en el crecimiento de las ramas	25
4.2.1	Influencia del Índice de sitio	25
4.2.2	Influencia de los raleos	27
4.3.3	Influencia de las podas	28
4.3	Relaciones de interés en el desarrollo de las ramas	29
4.3.1	Relación entre el largo de internudos y el Índice de ramas	29
4.3.2	Relación entre el tamaño de la zona nudosa y el Índice de ramas	30
4.3.3	Relación entre el hábito de ramificación y el Índice de ramas	30
4.3.4	Relación entre el diámetro de la rama mayor y el Índice de ramas	32
4.3.5	Índice de ramas según zona de crecimiento	32
4.4	Modelo de estimación del Índice de ramas	33
5	Conclusiones	35

Bibliografía

ANEXOS

1	Abstract and keywords
2	Simbología utilizada
3	Características de los rodales de la muestra
4	Características de las ramas de la muestra
5	Historial de manejo para los rodales de la muestra
6	Relaciones de interés para todos los rodales
7	Modelo de estimación

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVE

En el caso de *Pinus radiata*, el tamaño de las ramas siempre ha sido reconocido como una de las variables que más influyen sobre la calidad de las trozas no podadas, debido a que el tamaño que alcanzan las ramas, influirá directamente sobre las dimensiones finales que presentan los nudos en la madera, los cuales disminuyen su resistencia. Esto cobra gran importancia, especialmente en aquellos casos en los cuales las trozas son destinadas a la producción de madera aserrada con fines estructurales.

La evaluación del comportamiento de las ramas referido en forma especial a las características de su crecimiento, puede evidenciar relativa complejidad explicada por la amplia gama de variables que influyen en su desarrollo, como asimismo de la alta correlación entre ellas. No obstante, es posible reconocer ciertas variables que influyen tanto en forma directa como indirecta, sobre el tamaño de las ramas. Entre algunas de las variables propias del árbol se encuentra el hábito de ramificación, la frecuencia de verticilos, el largo de internudos y el ángulo de inserción de ramas, mientras que para el caso de las variables externas tenemos aquellas relacionadas directamente con el manejo silvicultural, como el régimen de podas y raleos, y el índice de sitio.

De acuerdo a lo anterior el objetivo general del presente estudio fue analizar el crecimiento diametral de las ramas de *Pinus radiata* en distintos rodales ubicados entre la VII y IX región de Chile, comprendiendo una amplia variedad de sitios y regímenes silviculturales. En el estudio se determina la influencia que ejercen sobre el diámetro de las ramas variables propias del árbol como: hábito de ramificación, frecuencia verticilar y largo de internudos, además de variables externas como: Índice de sitio, intensidad de podas e intensidad de raleos.

El tamaño de las ramas fue expresado en función del Índice de ramas (BIX), el cual mide las ramas más grandes de cada cuadrante, distribuidas radialmente para una longitud de troza determinada. Los objetivos específicos del estudio fueron los siguientes; a) Estudiar las características más relevantes del crecimiento de las ramas en relación a la producción de madera de alta calidad; b) Determinar la influencia del índice de sitio, la intensidad de las podas y raleos en las características de crecimiento de las ramas; c) Analizar relaciones de interés entre las variables que caracterizan el desarrollo de ramas y su impacto en el aprovechamiento de las trozas; y d) Desarrollar una función que permita estimar el tamaño de las ramas a través de variables medidas.

Para el estudio se analizaron 463 trozas provenientes de 47 rodales, las cuales pertenecían a la segunda troza del árbol, mientras que para la tercera troza se analizaron solamente 252 trozas, provenientes de 32 rodales diferentes. En relación a la muestra, se seleccionaron 10 árboles de cada rodal, los cuales cumplían con ciertas características (no ser árbol borde, poseer una adecuada rectitud en el fuste, no presentar daño aparente y presentar un DAP específico).

La información registrada involucró al árbol en pie y trozado. Las mediciones fueron realizadas para la segunda y tercera troza, de cada árbol muestra. Las variables registradas en el árbol en pie fueron: número del árbol, DAP (cm), marcación de cuadrantes y hábito de ramificación. Las variables medidas en el árbol volteado fueron: altura total (m), altura de copa viva (m), altura de poda (m), largos de internudos (m), tamaños de los verticilos (m), y finalmente Índice de ramas (BIX).

Posterior a la captura de información, se realizó la depuración y cálculo de estadígrafos básicos para la muestra, además de clasificar los diferentes manejos aplicados a los rodales, según la intensidad y frecuencia de podas y raleos. Más tarde y por medio de un análisis gráfico que consideró la dispersión de los datos, se procedió a determinar la existencia o no existencia de correlación entre las diversas variables medidas en el árbol, frente a las características de crecimiento de las ramas, información con la cual fue posible derivar una función estimadora del BIX.

Entre los resultados más importantes obtenidos del estudio, es posible apreciar que el comportamiento que presentan las ramas puede ser explicado claramente en términos de algunas variables, tanto internas como externas al árbol. Entre las diversas variables analizadas, las que mejor se correlacionan con el Índice de ramas (BIX) se encuentra el DAP proyectado a los 20 años (DBH20), el Índice de sitio y la densidad final del rodal.

Respecto al manejo silvicultural, el DAP20 resulta ser una adecuada variable para explicar las características del manejo aplicado, considerando podas y raleos principalmente. Respecto al Índice de sitio, se observa que el tamaño de las ramas tiende a disminuir a medida que el Índice de sitio aumenta, mientras que frente a la influencia de los raleos, una mayor intensidad de raleo generará densidades finales menores, las cuales tenderán a producir árboles con ramas de mayor diámetro. En relación a la influencia de las podas sobre el Índice de ramas, se presenta un leve efecto sobre el tamaño de las ramas, en el cual las ramas tienden a presentar ramas de menor diámetro, a medida que las alturas de poda son mayores.

En relación al largo de internudos, se tiene que a medida que éstos alcanzan una mayor longitud, el número de verticilos por troza se reduce, tendiendo a presentar en sus ramas mayores diámetros. En relación a esto, aquellos árboles con tendencia uninodal tienden a presentar mayores largos de internudos, con ramas de mayor diámetro, mientras que en árboles multinodales, los largos de internudos son de menores dimensiones, difícilmente reconocibles en algunos casos y cuyas ramas presentan un menor diámetro. De acuerdo a lo observado, se hace recomendable considerar el hábito de ramificación presente en los árboles, con el fin de poder distinguir aquellos árboles con tendencia multinodal de los con tendencia uninodales, con el fin de explicar de forma más precisa el comportamiento de las ramas en la 2^{da} y 3^{era} troza.

Palabras clave: Índice de ramas, largo de internudo medio, densidad final, poda

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la última década, el manejo dirigido a las plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Chile ha presentado objetivos y acciones para generar madera aserrada de alta calidad. Para ello, se han decidido y aplicado intervenciones silviculturales como podas y raleos, cuyo objetivo es diseñar productos troza de alta calidad para la industria del aserrío y manufactura. No obstante, aunque el objetivo del manejo es común, los tratamientos que se aplican varían ampliamente en relación a frecuencia, oportunidad e intensidad. Ello depende de factores de sitio, de mercado y de aspectos relativos al tipo de propietario que maneja el bosque (Empresa de integración vertical, mediano o pequeño propietarios de bosques)

Entre las intervenciones silvícolas más usuales está la poda de ramas verdes y los raleos. En Chile estas prácticas han estado fuertemente influenciadas por el manejo aplicado en Nueva Zelanda, el cual sugiere podar y ralear tempranamente, con miras a la obtención de trozos de grandes dimensiones, los que proporcionarán mayor productividad y retornos económicos. De acuerdo a esto, se puede apreciar fácilmente la relación entre un mayor aprovechamiento de la troza y la obtención de productos de alta calidad (Morales, 1999).

En relación a la calidad de la materia prima, el tamaño de las ramas siempre ha sido reconocido como una de las variables que determinan la calidad predominante en las trozas no podadas de *Pinus radiata*, especialmente en aquellos casos en que tales trozas son destinadas a la producción de madera aserrada con fines estructurales (Kimberley y Knowles, 1993).

El tamaño que presentan las ramas está directamente relacionado con la dimensión final que alcanzan los nudos. En este sentido ramas de mayor tamaño originan a la vez nudos de mayor tamaño, los que afectan considerablemente las propiedades de la madera, principalmente su resistencia, convirtiéndolo en un defecto de importancia especialmente en aquellos casos en donde la madera es sometida a esfuerzos de flexión y tracción (Bier, 1986).

Una forma de poder relacionar los efectos del tamaño de la rama en la calidad de la madera, es a través del Índice de ramas. Este indicador mide las ramas más grandes de cada cuadrante, distribuidas radialmente para una longitud de troza determinada. Además de su fácil medición, su utilización se debe básicamente a que mide las ramas más grandes en una troza, considerando que éstas son las que tienen el mayor efecto sobre las diferentes calidades de la madera aserrada, relacionándolo con el valor de la troza no podada (Inglis y Cleland, 1982).

Conforme a lo anterior, es posible destacar la importancia que adquiere la evaluación del tamaño de las ramas y los efectos que éstas ejercen sobre la calidad de la madera aserrada. La complejidad que tal evaluación presenta radica principalmente en la respuesta de crecimiento que las ramas experimenten ante diversos estímulos, considerando la alta correlación entre las variables existentes.

Por tal razón es necesario conocer el comportamiento del diámetro de ramas, en distintas situaciones, considerando especialmente aquellas en las que el rodal ha sido sometido a regímenes silviculturales tempranos e intensos.

De esta manera el presente estudio plantea como objetivo analizar el crecimiento diametral de ramas, evaluando su comportamiento, frente a la aplicación de una variedad de regímenes silviculturales en distintos sitios. Para ello, es necesario desarrollar los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar las características más relevantes que influyen en la producción de madera de alta calidad.
- Determinar la influencia del índice de sitio, la intensidad de las podas y raleos en las características de crecimiento de las ramas.
- Analizar relaciones de interés entre las variables que caracterizan el desarrollo de ramas y su impacto en el aprovechamiento de las trozas
- Desarrollar una función que permita estimar el tamaño de las ramas a través de variables medidas

Es importante señalar, que frente a la realización de cualquier estudio, es posible reconocer la presencia de diferentes factores que ya sea en menor o mayor grado, limitan el adecuado desarrollo de las diferentes actividades propuestas.

En el caso particular de éste estudio, una limitante para mencionar está relacionada con la influencia del factor genético sobre el crecimiento de las ramas, efecto que no fue considerado debido a la carencia de información necesaria para tales fines. Otra limitante está referida con la disponibilidad y calidad de la información recopilada, especialmente en el caso de los manejos silviculturales aplicados a los diferentes rodales, ya que en algunos casos ésta no estaba presente, lo cual pudo causar distorsiones respecto de los resultados obtenidos en algunos casos.

2. MARCO TEORICO / CONCEPTUAL

2.1 Generalidades de la Madera clear

En Chile las plantaciones forestales representadas por especies exóticas como *Pinus radiata*, han experimentado un fuerte aumento en la aplicación de variados regímenes silviculturales, acentuados desde mediados de la década del ochenta. En la aplicación de estos regímenes silviculturales, se puede observar la estrecha relación existente entre la aplicación de podas y raleos a un rodal y la potencialidad de éste para producir madera “clear”. Respecto a estas materias, gran influencia ha generado en el sector forestal chileno, la experiencia silvicultural aplicada en Nueva Zelanda, cuyos objetivos se concentran en la obtención piezas de alta calidad, producidas en rodales sometidos a tempranas y frecuentes intervenciones silviculturales (Guzmán y Meneses, 2000).

Fenton (1967) define la madera libre de nudos como aquella madera sin ningún tipo de defectos. Mezzano (1998), la define como aquella madera aserrada proveniente de la zona externa al centro nudoso o zona de oclusión, producida por trozas podadas en forma natural o artificial. El mismo autor la describe como aquella madera cuyas fibras presentan una mínima distorsión, la cual se origina naturalmente entre las ramas o nudos del árbol (figura 1). Park (1980) y Olivares *et al.* (1985) señalan que la producción de madera libre de nudos a partir de trozas podadas está determinada por tres factores fundamentales: tamaño de la troza (DAP), tamaño del cilindro defectuoso (DCD) y el porcentaje de conversión de las trozas.

Whiteside (1983) describe que los porcentajes de madera para distintos grados de calidad clasificados visualmente pueden ser explicados satisfactoriamente en términos de algunas variables como el diámetro menor, la conicidad de los árboles y el índice de tamaño de ramas. Mezzano (1998), señala que una manera de explicar la calidad de las trozas es a través de índices o estimadores entre los que destacan el potencial de conversión, porcentaje de conversión, índice de largo de internudos y finalmente el índice de ramas.

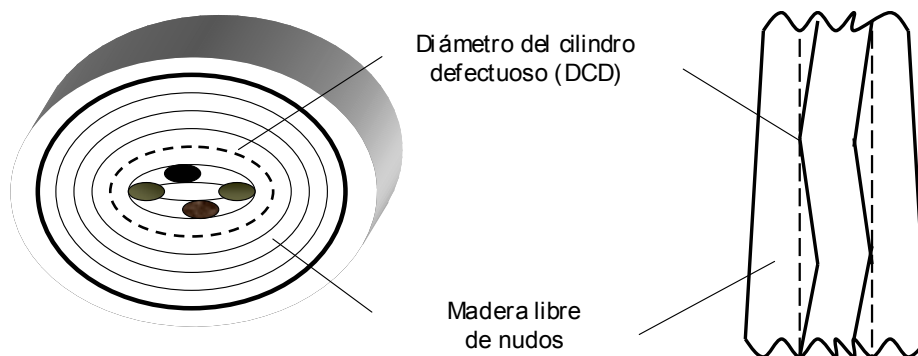


Figura 1. Perfil transversal y longitudinal de un fuste podado: madera libre de nudos

2.2 Comportamiento de las ramas en la especie *Pinus radiata*

2.2.1 Características del crecimiento de las ramas

Rodríguez (1986) sostiene que con el paso del tiempo tanto la fisonomía de los árboles como la del rodal que componen, va sufriendo un paulatino cambio de acuerdo a los diversos factores a los cuales se ve enfrentado. En el caso del dosel de los árboles, éste comienza a cerrarse a medida que las ramas más bajas de la copa disminuyen en vigor y comienzan a morir, en proporción al aumento en la intensidad de sombra provocada tanto por las ramas de los mismos árboles como por sus vecinos.

Brown (1963a) señala que tanto en *Pinus radiata* como en la mayoría de las especies, el crecimiento del fuste de los árboles presenta al comienzo un rápido crecimiento en diámetro, el cual, al cabo de algunos años, va disminuyendo hasta alcanzar la etapa de madera madura. Tendencia similar ocurre en el caso de las ramas ya que ante una densidad inicial dada, el crecimiento diametral de la rama aumenta rápidamente al comienzo, en el punto de unión con el fuste, pero luego de algunos años al aumentar la competencia y la sombra, disminuye y aunque puede permanecer viva por varios años más, su crecimiento diametral es demasiado pequeño para ser apreciado a simple vista.

Rodríguez (1986) indica que en el caso de especies que no presentan una poda natural eficiente como es el caso de *Pinus radiata*, estas ramas pueden permanecer adheridas al fuste por prolongados períodos, hasta que factores biológicos, mecánicos o físicos permitan que ellas se desprendan. A medida que el crecimiento diametral del árbol ha absorbido tanto la porción viva como muerta de la rama, se va generando una zona nudosa que descalifica la madera para ciertos usos, lo que es especialmente válido en el caso de nudos muertos. Solamente después que este crecimiento haya cubierto la zona defectuosa, se producirá madera limpia.

Tombleson (1990) indica que el diámetro de la rama está en función del tiempo que las copas de los árboles comienzan a cerrarse y que el cese de su crecimiento se produce al acercarse entre ellas por dentro o al aproximarse a los árboles vecinos.

Brown (1963b) sostiene que diversos investigadores han observado dos niveles de copa verde en rodales adultos. Un nivel superior en el cual las ramas son vigorosas y reciben luz directa, y un nivel inferior donde su apariencia es débil y en gran parte sombreada.

Delmastro *et al.* (1979) sostiene que debido a que el tamaño de las ramas está bajo un moderado control genético es difícil lograr resultados satisfactorios, al menos en el corto plazo, a través del mejoramiento. En la práctica, sin embargo, el tamaño de las ramas puede ser controlado por la aplicación de podas o el manejo de la densidad.

Hawley y Smith (1972) señalan que las ramas tienden a vivir y crecer más en la parte media y superior del fuste que en las partes más bajas, debido a la tendencia que tiene la competencia entre copas, a disminuir en la parte superior del vuelo.

Rodríguez (1986) señala que la longevidad y tamaño que alcancen las ramas dependen principalmente de la duración de la fase de rápido crecimiento que está en función de la densidad del rodal. El autor infiere que una menor densidad en el rodal tiende a producir ramas de mayor longevidad y tamaño.

Brown (1963a) señala que en relación a la culminación del crecimiento diametral, este demora 1/3 de la vida de la rama, señalando que es en ese momento cuando la proporción del perímetro del fuste ocupado por las ramas del verticilo, alcanza su máximo valor. El diámetro y la correspondiente área basal para la rama media y máxima de los primeros 1,8 m del fuste, se dobla al incrementarse en 3 m la altura del árbol. Según el mismo autor la remoción del verticilo antes de la culminación del crecimiento puede afectar la salud y vigor del árbol.

2.2.2 Hábito de ramificación y su influencia en las ramas

Constabel (1994) señala que el hábito de ramificación está referido a la forma como están distribuidas las ramas a lo largo del fuste. En base a este patrón, los árboles se denominan uninodales, cuando se produce la formación de un verticilo en un año de crecimiento claramente definido, y multinodales, cuando se produce la formación de varios verticilos, originando internudos pequeños, dentro de un mismo año de crecimiento (figura 2).

Jayawickrama *et al.* (1997) plantea que *Pinus radiata* evidencia una notable variación en el número de verticilos formados anualmente, con una correspondiente variación de la distancia entre verticilos o largos de internudos, lo que permite de alguna manera discriminar aquellos individuos uninodales de individuos multinodales.

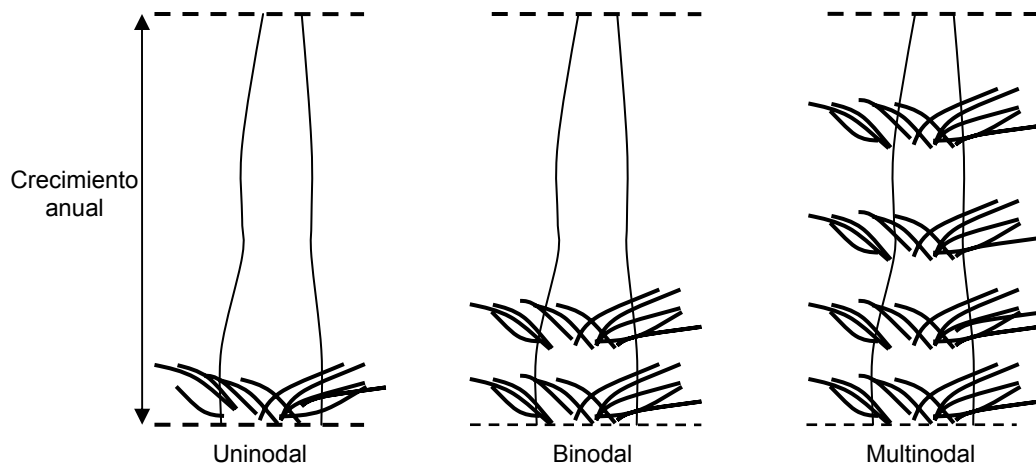


Figura 2. Hábitos de ramificación típicos en un período de crecimiento anual

Constabel (1994) plantea, en términos generales, que árboles con tendencia multinodal presentan características más favorables para tener copas pequeñas y eficientes, con ramas pequeñas y ángulos mayores, comparados con árboles de tendencia uninodal, que presentan copas más ralas y abiertas.

Carson e Inglis (1998) señalan que en el caso de *Pinus radiata* es posible reconocer normalmente entre 1 a 5 verticilos de ramas originados en el mismo período de crecimiento anual.

Constabel (1994) señala que en *Pinus radiata* es difícil encontrar individuos netamente uninodales o netamente multinodales, siendo común observar individuos intermedios que comparten características de ambos tipos de hábito. Sin embargo la especie es de hábito preferentemente multinodal. Señala además que el largo de internudos se clasifica en términos del hábito de ramificación.

Grace y Carson (1993) definen el largo de internudos, como la distancia vertical entre la parte superior de la zona nudosa inferior (verticilo inferior) y la base de la próxima zona nudosa (verticilo superior) (figura 3). Esta es una variable importante para determinar la cantidad de madera libre de nudos extraíble de trozas no podadas.

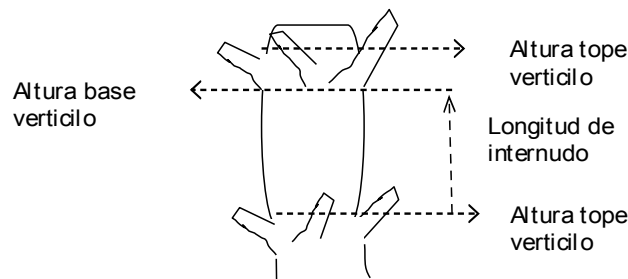


Figura 3. Altura base y tope de un verticilo

Los mismos autores señalan que el largo de internudos es posible medirlo a través del Índice de internudos para 0.6, 0.8 y 1m, el cual corresponde a la proporción de la suma de los largos de internudos mayores a dichos largos, dividido por el largo de la troza.

Índice de largo de internudos:

$$ILI = (\sum LV_x / L) * 100 \quad (1)$$

Donde:

ILI = es el índice de largo de internudo de x, en porcentaje (%)

$\sum LV_x$ = es la sumatoria de la longitud de los internudos mayores o iguales a x m.

L = largo de la troza (m)

Constabel (1994) señala que en los individuos multinodales existe una correlación positiva entre la tasa de crecimiento, la rectitud del fuste y la ausencia de bifurcación, en contraste con los uninodales que en general presentan ramas de ángulos pequeños, con mayor longitud y diámetro, las cuales concentran un mayor peso en los verticilos tendiendo a producir fustes poco rectos y menores tasas de crecimiento producto de copas más abiertas y reducidas.

Jayawickrama *et al.* (1997), indica que de aquellos individuos con hábito de ramificación uninodal, es posible obtener una mayor cantidad de madera libre de nudos, ya que estos concentran todos los defectos en una misma sección, razón por la cual su madera es poco recomendable para uso estructural, ya que presenta baja resistencia sometida a tensiones. Debido a lo anterior tal característica favorece más a los multinodales.

Sutton (1985) plantea en un estudio que, en términos generales, aquellos árboles que producen varios verticilos en un año de crecimiento (multinodales), tienden a producir madera con gran cantidad de nudos, además de mayor cantidad de madera de compresión, lo que disminuye la calidad de la madera

2.2.3 Frecuencia verticilar y su influencia en las ramas

Watt *et al.* (2000), señala que se han medido las diferencias en el diámetro de las ramas entre amplios grupos genéticos, sin embargo hasta la fecha, las diferencias diametrales en las ramas para familias individuales, han sido cuantificadas en términos de un subjetivo ranking, considerando solamente la frecuencia de verticilos presentes en la troza.

Carson e Inglis (1988) señalan que el aumento de verticilos en el fuste es acompañado por una disminución del largo de internudos y una asociada reducción en el tamaño de ramas promedio, que podría llevar a su vez a un menor tamaño de nudo en el producto final. También indican que la variación del largo de internudo está directamente relacionado con el promedio anual de frecuencia de ramas, es decir, con el número de verticilos.

Watt *et al.* (2000) plantea además que en un estudio en el que se comparó el diámetro de las ramas entre diversas progenies con series de selección multinodal y largo de internudos, el número de verticilos entregó una significativa asociación con el diámetro de ramas, revelando que aquellas familias que presentaban ramas pequeñas, presentaban una alta frecuencia de verticilos (largos de internudos pequeños).

Constabel (1994) en tanto indica que aquellos árboles que producen uno o dos verticilos de ramas por año, tienen la tendencia a producir ramas muy largas y gruesas, las que tienden a competir con el ápice central.

2.2.4 El factor genético y su influencia en las ramas

Delmastro *et al.* (1979) sostiene que la gran adaptabilidad y variadas características de *Pinus radiata*, tales como el número de conos, diámetro de ramas, número de ramas, ángulo de inserción de ramas, número de verticilos en el crecimiento anual, le brindan a esta especie un gran potencial de trabajo desde el punto de vista genético

Carson (1987) señala que el tamaño de las ramas es débilmente heredable, por lo que está más influenciado por factores medioambientales. Por otra parte la frecuencia de verticilos presente en el crecimiento anual si es influenciada por la genética, teniendo esta variable una alta heredabilidad en comparación a otras características de crecimiento y forma, pudiendo ser manejada desde el punto de vista genético.

Delmastro *et al.* (1979) señala que el tamaño de las ramas está bajo un moderado control genético, por lo que se hace difícil lograr resultados satisfactorios a través del mejoramiento, al menos en el corto plazo. Esto origina que en la práctica, el tamaño de las ramas puede ser controlado mediante la poda o el manejo de la densidad.

Watt *et al.* (2000) en estudio preliminar, encontró que el comportamiento del Índice de ramas estaba directamente correlacionado con la frecuencia de los verticilos, considerando un ensayo con dos series de progenies diferentes. Sin embargo, sostiene que si la investigación adicional revela las relaciones entre el valor de la frecuencia de verticilos y el índice de ramas en diferentes series de selección, la inclusión del valor de la frecuencia de verticilos en los modelos de planificación puede cuantificar a un nivel más temprano y exacto, la influencia de la genética sobre el índice de ramas.

2.2.5 Influencia del grado angular en las ramas

Grace *et al.* (1999) señala que dentro de un mismo verticilo a una edad determinada, el ángulo de inserción tiende a disminuir con el aumento en diámetro de la rama. En base a esto, se tiene que a medida que la inclinación de la rama es mayor, es decir, al alcanzar esta una mayor verticalidad en relación al fuste, el crecimiento de la rama tiende a ser menor. Por el contrario, si el ángulo de inserción de la rama es menor, tendiendo a estar la rama más próxima al fuste, su crecimiento es más intenso.

Constabel (1994), señala que el ángulo de inserción es inversamente proporcional al tamaño diametral de la rama, y está además directamente correlacionado con la frecuencia de ramificación, por lo que el ángulo tiende a ser más pequeño en árboles de tipo uninodal que en multinodales.

Zimmermann y Brown (1980) señalan que los genetistas, al trabajar con fenotipos de coníferas superiores, prefieren árboles con amplios ángulos de rama, debido a la relación entre ángulo de inserción y calidad de madera, ya que ramas delgadas y rectas dejan nudos más pequeños en comparación a ramas más gruesas y con mayores ángulos de inserción.

2.3 El manejo silvicultural y su influencia en las ramas

La influencia que pueden producir los distintos tratamientos silviculturales a los cuales están sometidas las plantaciones de *Pinus radiata*, en especial podas y raleos, dependen en gran medida de la frecuencia, como del grado de intensidad con que sean llevados a cabo, razón por la cual es conveniente realizar un esquema de intervenciones claramente definidos en el tiempo, con el fin lograr los objetivos previamente establecidos.

Maclaren (1993) hace énfasis en que no existen regímenes estándar o recetas aplicables a toda la variabilidad de sitios y especies, ya que la prescripción de manejo dependerá en gran medida de las características del silvicultor en cuanto a los productos que desea obtener, su actitud frente al riesgo, la disponibilidad de caja durante el período de rotación, como asimismo de la distancia a los mercados objetivos.

2.3.1 La poda y su influencia en las ramas

Morales (1999) define la poda artificial como la eliminación o extracción de las ramas que no influyen en forma efectiva en el desarrollo de los árboles. Ésta consiste en la remoción de ramas vivas, limpiando el fuste y promoviendo con ello el desarrollo de madera libre de nudos.

Sutton y Crowe (1975), citados por Rodríguez (1986), señalan que en cuanto a la intensidad de la poda, existe estrecha relación entre el porcentaje de copa verde removida y la pérdida de crecimiento en altura, área basal y con ello en el volumen del árbol podado. Si bien entre estas variables el incremento en altura es afectado en menor medida que el área basal, al remover más de un 40% de la copa verde, el efecto inicial es la pérdida de dominancia de los árboles podados.

Maclaren (1993) sostiene que de 1/3 a 1/2 de la copa verde puede ser removida con pocas pérdidas permanentes de crecimiento, pero la proporción de árboles con ramas epicórnicas, aumenta con la severidad y frecuencia de la poda.

Sutton y Crown (1975) informan que por cada 10 a 15% de aumento en el porcentaje de copa viva removida, equivalente a 1,5 m de crecimiento en altura, el tamaño medio de las ramas más grandes disminuye entre 0,2 a 0,8 cm y el área basal total de las ramas removidas, disminuye 10 a 20%. Los mismos autores demostraron que el tamaño de las ramas disminuye al aumentar tanto la intensidad como la frecuencia de la poda.

Brown (1963a) reconoce la existencia de dos niveles de copa en los árboles. Ante esto señala que si la poda es realizada en el nivel inferior, no tendrá efectos adversos y mientras el rodal permanezca con la misma densidad, un nuevo desarrollo de copa sombreada permitirá repetir el proceso. Pero si el rodal es raleado, tendrá como consecuencia el cese del proceso de degradación de los verticilos en la porción más baja de la copa.

Brown (1963a) reconoce la existencia de dos niveles de copa en los árboles. Ante esto señala que si la poda es realizada en el nivel inferior, no tendrá efectos adversos y mientras el rodal permanezca con la misma densidad, un nuevo desarrollo de copa sombreada permitirá repetir el proceso. Pero si el rodal es raleado, tendrá como consecuencia el cese del proceso de degradación de los verticilos en la porción más baja de la copa.

Meneses y Olivares (1985) señalan que el diámetro de ramas es una variable que influye directamente en la determinación del diámetro del cilindro con defectos, por la vía de su influencia directa en el diámetro sobre muñón. De acuerdo al objetivo de la poda, se debe maximizar la diferencia producida entre el diámetro del cilindro defectuoso y el diámetro de cosecha final para lograr la mayor producción de madera libre de nudos. Sin embargo, lo anterior, tiene mayor importancia en los primeros años de establecida la plantación.

Meneses (1992) sostiene que es importante considerar la época en la cual se ejecuta la poda, señalando que la remoción del follaje verde es conveniente realizarla durante el período de receso vegetativo, en el cual el cambium está inactivo. De acuerdo a lo anterior, la temporada otoño-invierno resulta ser la más adecuada, debido a que es la estación en la cual las diferentes especies coníferas experimentan un flujo de resina más lento dado su estado de dormancia.

Rodríguez (1986) sostiene que al podar la rama verde, la cicatrización se iniciará por la formación del callus en la zona cambial alrededor de la periferia de la rama cortada, que crecerá centripetamente hasta que la herida se cubra (figura N° 4). Inicialmente el callus es uniforme en tamaño y concéntrico, pero a medida que crece, se establece una polaridad vertical presumiblemente bajo la influencia de los elementos transportados por el floema.

Hawley y Smith (1972) señalan que mientras las ramas están vivas, el cambium de la rama es continuo con el fuste por lo que sus anillos anuales se curvan hacia el exterior y se continúan con los de la rama. En cambio los anillos anuales del fuste, que envuelven a nudos muertos, se curvan hacia adentro y no tienen ninguna relación con los de la rama.

Rodríguez (1986) señala que sobre los muñones de las ramas podadas se forman con frecuencia bolsas de corteza y resina las que pueden reducirse al mínimo con una cuidadosa operación. Estas bolsas tienden a presentarse en heridas que cierran lentamente, preferentemente en la poda de ramas más grandes, con árboles de corteza gruesa, circunstancia en la cual la corteza se hace más gruesa en el callus y con frecuencia se curva hacia dentro. La longitud del muñón afecta el tiempo de oclusión más de lo que lo hace el diámetro de la rama. En podas cuidadosas, la longitud del muñón es controlada por el espesor de corteza del fuste y resultará aproximadamente igual a ella. La cicatrización es lenta e insatisfactoria cuando astillas y salientes de los muñones se proyectan hacia fuera

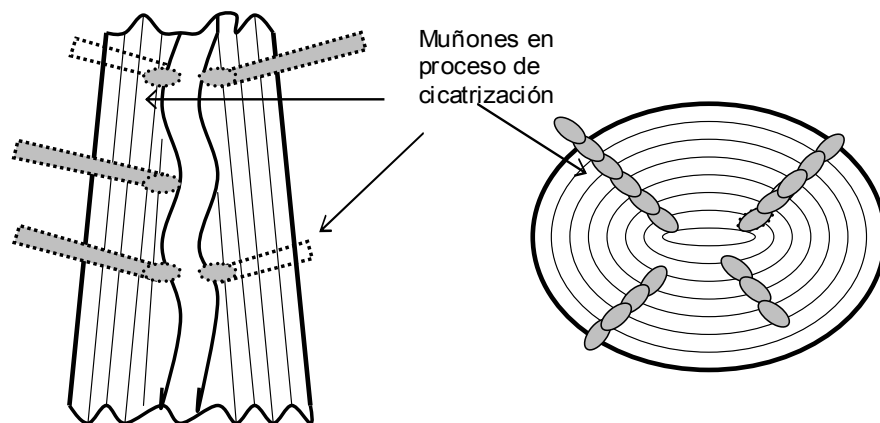


Figura 4. Ilustración del proceso de cicatrización y cierre de herida de poda.

2.3.2 El raleo y su influencia en las ramas

Morales (1999) define el raleo como aquellas cortas realizadas en masas forestales inmaduras con el fin de estimular el crecimiento de los árboles residuales y de aumentar la producción de material utilizable en éstos.

Rodríguez (1986) señala que entre las variables más afectadas directamente por el raleo se encuentran el crecimiento de la copa y el aumento del ancho de anillos, esta última determinante del crecimiento diametral.

James *et al.* (1970) sostiene que el tamaño de las ramas puede perderse cuando el rodal es raleado. Esto fue demostrado en un raleo severo en el que las ramas respondieron a la liberación con un aumento en diámetro después que su crecimiento había cesado. Ésta respuesta fue especialmente notoria en aquellas ramas bajas de mayor tamaño, las cuales estaban vivas al momento del raleo.

Morales (1999) señala que las características del raleo varían según los productos a obtener del bosque en la edad de cosecha final, por lo cual deben estar claramente señalados los parámetros que definen la entrada al rodal. Entre estos la edad en que intervendrá, la intensidad o número de individuos a remover por hectárea y las características silviculturales relacionadas a la especie objetivo.

Brown (1963a) observó que la abrupta detención del crecimiento diametral y la longitud de la rama, producto del cierre de dosel, ocurría antes en rodales más densos. El mismo autor señala además que con una severidad de poda dada, las pérdidas de crecimiento y mortalidad son mayores en rodales más abiertos.

James *et al.* (1970) plantea que el diámetro final de las ramas en rodales raleados será menor que si el rodal hubiese sido establecido a un espaciamiento equivalente al producido por el raleo, ya que en espaciamientos rectangulares extremos (7x1,8 m), las ramas entre y dentro de hileras son del mismo tamaño y para tales espaciamientos, el tamaño medio es el mismo que para espaciamientos cuadrados.

Espinosa (1991) señala que el efecto resultante de la aplicación combinada de podas y raleos sobre el crecimiento de los árboles está influenciado en gran medida por la intensidad de las intervenciones. Al considerar intensidades de poda superiores a 40%, se espera que se produzca una disminución significativa del crecimiento, para cualquier nivel de raleo.

Maclaren (1993) plantea que la densidad de plantación afecta de alguna manera el grosor de las ramas. Señala que en Nueva Zelanda, el rango de densidad de plantación fluctúa entre 400 y 1500 árboles por hectárea, con promedios de 800 a 1500 en regímenes destinados a la producción de trozas aserrables. Concluye que con una menor densidad de plantación, se esperan mayores diámetros de ramas.

2.3.3 El Índice de sitio y su influencia en las ramas.

Maclaren (1993) indica que densidades iniciales de 1200 a 1800 árboles/ha se han prescrito en algunas empresas Neocelandesas, especialmente para controlar el tamaño de ramas. Si bien, mayores diámetros de ramas se obtienen con menores densidades, en términos generales hay una notable influencia de la calidad de sitio.

Delmastro *et al.* (1979) señala que para una densidad dada, un mejor sitio favorecerá el desarrollo de copas más vigorosas con ramas de mayor diámetro y engrosamiento nodal en el fuste.

Tombleson *et al.* (1990), señala que en presencia de mayores índices de sitio, los diámetros de las ramas presentan un menor valor, atribuyendo este comportamiento al rápido desarrollo experimentado en altura por las copas verdes.

Knowles y Kimberley (1992) en sus estudios señalan que tanto en sitios de uso agrícola como forestal y con densidades finales determinadas, el tamaño de las ramas tiende a disminuir a medida que el índice de sitio aumenta. Los mismos autores plantean que existe una fuerte correlación negativa entre el índice de ramas y el índice de sitio, señalando que por cada 5 m de incremento en el índice de sitio, el índice de ramas disminuye 1 cm aproximadamente.

2.4 Influencia de las ramas en la calidad de la madera

Tombleson (1990) señala que el tamaño de los nudos es una de las características que más afectan el uso comercial de la madera. Al respecto, Bier (1986) señala que debido a que la madera aserrada libre de nudos proveniente de trozas podadas tiene un alto valor, la madera destinada a propósitos estructurales es derivada principalmente de rodales no podados o de las trozas superiores de árboles podados. Todas estas trozas contienen ramas que producen nudos, los cuales ejercen un marcado efecto sobre las propiedades de la madera (figura 5).

Según Knowles y Kimberley (1992), el tamaño de las ramas es reconocido como una de las características más importantes en la clasificación de calidad de las trozas no podadas. Los mismos autores señalan que el diámetro de las ramas incide

directamente en el tamaño final que presentan los nudos, así ramas de mayor diámetro generan a su vez nudos de mayor tamaño los cuales reducen considerablemente la resistencia de la madera, situación de importancia cuando la madera ha sido destinada a usos estructurales. En este contexto, la madera adquiere una baja calificación en relación a su calidad al presentar nudos de gran tamaño, especialmente en aquellos casos cuando es sometida tanto a pruebas de flexión, como a rigurosas evaluaciones visuales



Figura 5. Influencia de las ramas en la calidad de la madera

Inglis y Cleland (1982) señalan que en el caso particular de Nueva Zelanda, el sistema de modelación STANDPAK, considera como una medida estándar del diámetro de ramas, la variable Índice de ramas. Los mismos autores definen el Índice de ramas (BIX), como el diámetro promedio de las cuatro ramas más grandes correspondientes a cada cuadrante de la troza, expresado en centímetros. Lo anterior se ilustra en la figura 6.

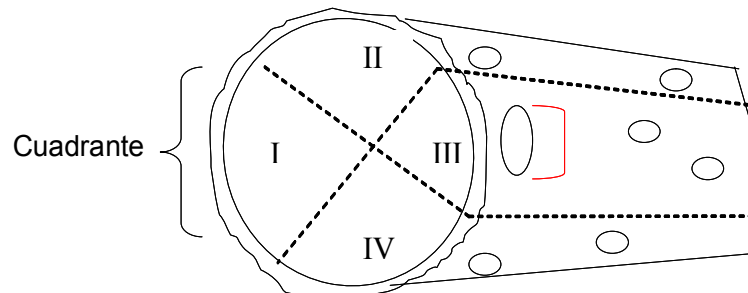


Figura 6. Identificación de la rama mayor por cuadrante de la troza.

Knowles y Kimberley (1992) señalan que a pesar que el sistema de modelación STANDPAK procesa la información para estimar el Índice de ramas medio, éste más tarde realiza una clasificación de trozas por calidad, basado principalmente en el tamaño de la rama mayor. En relación a esto, probablemente una de las variables más importantes de considerar en la determinación del potencial de producción de madera estructural de un rodal, es saber que porcentaje del volumen total de las trozas contiene ramas más pequeñas que un valor previamente determinado.

Cleland (1985) señala que este indicador mide las ramas más grandes en una troza, debido a que estas son las que tienen el mayor efecto sobre las calidades de madera aserrada, por lo tanto está relacionado al valor de la troza no podada.

Según Inglis y Cleland (1982) la fórmula para obtener el Índice de ramas se representa de la siguiente manera.

Índice de ramas

$$BIX = \frac{(d_1 + d_2 + d_3 + d_4)}{4} \quad (2)$$

Donde:

BIX = índice de ramas (cm).

d_I = diámetro nudo mayor cuadrante I (cm).

d_{II} = diámetro nudo mayor cuadrante II (cm).

d_{III} = diámetro nudo mayor cuadrante III (cm).

d_{IV} = diámetro nudo mayor cuadrante IV (cm).

Whiteside (1983), considera el índice de ramas como la variable más importante de las trozas. Éste influencia la predicción de los valores promedio de la madera ($\$/m^3$) para la clasificación visual de las trozas no podadas. Sin embargo el promedio de la densidad básica de la madera también es importante para una clasificación realizada por máquina.

2.5 Modelos estimadores del Índice de ramas

Inglis y Cleland (1982) desarrollaron un modelo en el cual el Índice de ramas puede ser estimado a partir de variables como el largo de la troza, el índice de sitio, el diámetro a la altura del pecho promedio proyectado a los 20 años y la altura media predominante del rodal al último raleo.

Tombleson (1990), basado en los resultados obtenidos por Inglis y Cleland (1982), señala en un estudio más reciente, que en presencia de bajas densidades, el modelo propuesto por tales autores tiende a subestimar el índice de ramas, especialmente para índices de sitio bajos.

Watt *et al.* (2000) señala que variables como la procedencia de las familias, el valor de la frecuencia de verticilos, el largo de internudos promedio son variables que influyen en el índice de ramas. Plantea, además, que la información de la densidad de los rodales puede ser excluida sin pérdidas de precisión, si la proyección del DAP es incluida como una variable independiente en los modelos estimadores.

Knowles y Kimberley (1992) plantean que los modelos predictores del índice de ramas tienen la necesidad de considerar un amplio variedad de sitios, regímenes silviculturales y material genético.

3. DISEÑO DE INVESTIGACION

3.1 Material

Para el desarrollo de este estudio se utilizó una muestra general extraída de diferentes rodales manejados de *Pinus radiata*, categorizados según su edad, índice de sitio, zona de crecimiento, además del historial de manejo a los cuales habían sido sometidos. El instrumental y equipamiento necesario empleado en la recolección de datos por la brigada de muestreo es el siguiente:

- Planos de ubicación predial
- Fotografías aéreas y cartas
- Huincha de distancia
- Formularios de terreno
- Porta formulario
- Pié de metro
- Brújula
- Hipsómetro
- Forcípula
- Pintura spray

3.2 Método

3.2.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se desarrollo en el marco del proyecto FONDEF D00I1159 "Desarrollo de un sistema tecnológico industrial y silvícola para mejorar la competitividad en la producción de maderas aserradas clear (Moulding & Better, shop y remanufacturas) de pino radiata", 2001, el cual contó con la participación de la Universidad Austral de Chile y las empresas forestales Forestal Bío-Bío, Forestal Mininco y Forestal Millalemu.

Para este estudio se consideró una amplia gama de rodales de *Pinus radiata*, en los cuales el manejo silvicultural estaba concluido. Las edades en su mayoría superaban los 15 años, de modo de asegurar que las ramas en la tercera troza ya hubieran cesado su crecimiento. En cada uno de los rodales se tenía información sobre índice de sitio, tablas de rodal y existencias, además de su historial de manejo, refiriéndose este último a la frecuencia e intensidad en la aplicación de las intervenciones silviculturales como altura de las podas, densidad de los raleos y stock final. Con esta información, además de la extraída de los planos de ubicación exacta del rodal a medir, se llegó a la localización exacta del punto de muestreo, para luego proceder con la selección de los árboles a medir.

3.2.2 Ubicación geográfica de la muestra

La figura 7 muestra la ubicación geográfica de la muestra obtenida para el estudio. En ésta se presentan los rodales incluidos en el estudio, comprendidos entre las regiones VII y IX.

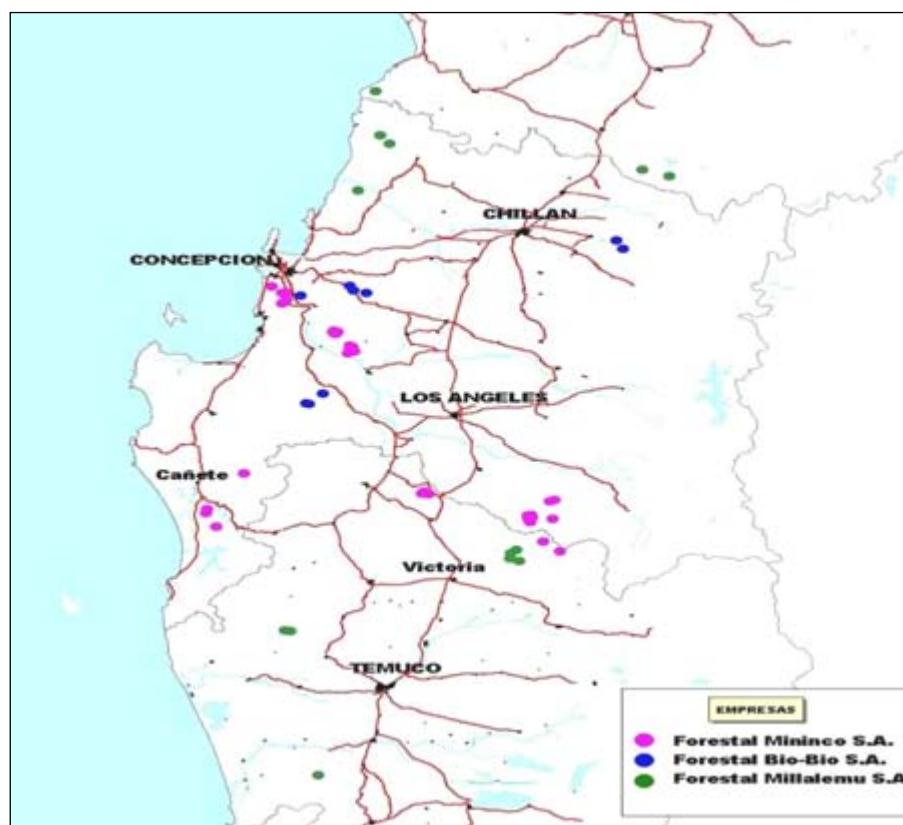


Figura 7. Ubicación geográfica de la muestra en estudio

3.2.3 *Tamaño y selección de la muestra*

Considerando un inventario previamente diseñado que generó una tabla de rodal, se seleccionó para cada rodal una muestra de 10 árboles, cada uno de los cuales respondía plenamente a las exigencias propuestas por el estudio, como ser rectitud, forma y sanidad. El procedimiento de selección de los árboles consistió en seleccionar un primer árbol que califique para una clase de DAP y que cumpla con las condiciones especificadas como no ser árbol borde, no presentar daños evidentes, no ser bifurcados, no tener severas curvaturas, entre otras características de forma.

En la muestra quedan excluidos además aquellos árboles que no se encuentren representados por alguna clase de DAP en la tabla de rodal. El primer árbol define el vértice de la parcela y una vez seleccionado, se anota el número del árbol, DAP y hábito de ramificación predominante. Para seleccionar el segundo árbol se toma la dirección de la hilera y se registra si cumple con las condiciones, señaladas anteriormente. El método de selección de la muestra empleado en el estudio, es ilustrado en la siguiente figura.

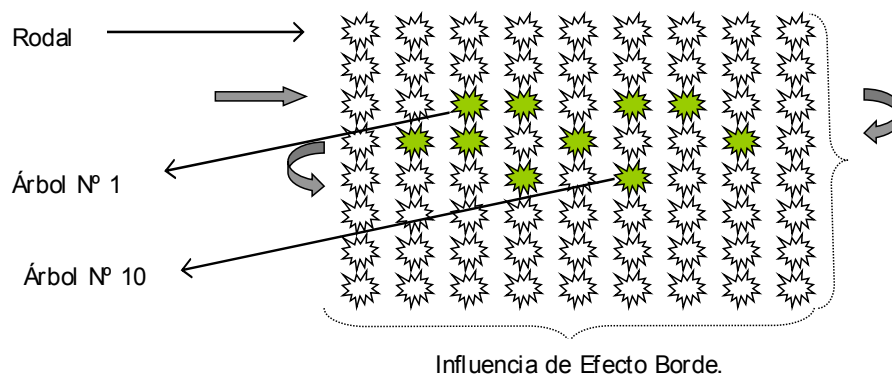


Figura 8. Esquema de selección utilizado en el muestreo, en vista vertical del rodal.

En caso de no cumplir con los requisitos, se avanza hasta el árbol cinco de esa hilera para continuar en dirección opuesta con la hilera vecina hasta completar los 10 árboles en la parcela. Una vez seleccionados todos los individuos de una categoría de DAP específica, no se midieron más árboles de ese tamaño aunque cumpliera con las condiciones especificadas. Al no completar los 10 árboles se sigue con las siguientes hileras hasta completar la muestra y en caso de no completar una o más categorías de DAP, se debe seleccionar un árbol de la categoría adyacente.

3.2.4 Mediciones y variables del árbol en pie.

El registro de la información de terreno fue ingresada en formularios previamente diseñados. En una primera etapa, las mediciones efectuadas fueron realizadas en aquellos árboles en pie, mientras que las mediciones del árbol posterior a su volteo y trozado, formaron parte de una segunda etapa. La medición del árbol comienza desde el momento de la selección y termina en el momento de volteo del mismo. En cada árbol en pie se realizaron mediciones de: DAP (cm), marcación del número de árbol, marcación de cuadrantes y clasificación del hábito de ramificación. La marcación de cuadrantes se realiza al seleccionar el árbol a medir, se fija el norte magnético con la brújula (0°), el norte debe ser marcado escribiendo el número de árbol que corresponda (1 a 10) con pintura y quedar en la mitad del primer cuadrante como lo muestra la siguiente figura.

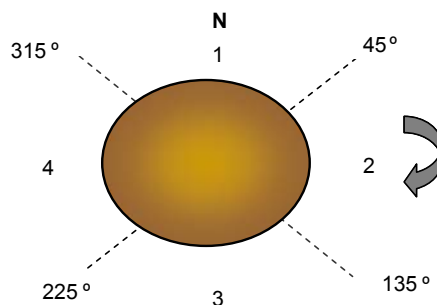


Figura 9. Marcación de los cuadrantes en el árbol seleccionado

Los cuadrantes fueron marcados dividiendo el área del círculo del árbol en cuatro ángulos de 90° marcándolos con una raya de pintura, como se observa en la figura anterior. El siguiente paso fue marcar el perímetro del árbol con pintura a la altura de 1 m desde el suelo, de manera de no perder la referencia una vez que es volteado. Más tarde se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), con dos mediciones perpendiculares, formando un ángulo recto entre ambas.

Con relación al hábito de ramificación presente en los árboles muestreados, éste queda definido por las características de uninodal y multinodal que poseía el árbol. En esta fase se reconocieron árboles uninodales cuando la distancia entre verticilos es la misma, dando origen a largos de internodos constantes, mientras que en el caso de los multinodales, no se reconocía claridad en sus verticilos, a la vez que sus largos de internodos eran distintos. La tipificación del hábito de ramificación para efectos del presente estudio, fue representada como se aprecia en la figura 7.

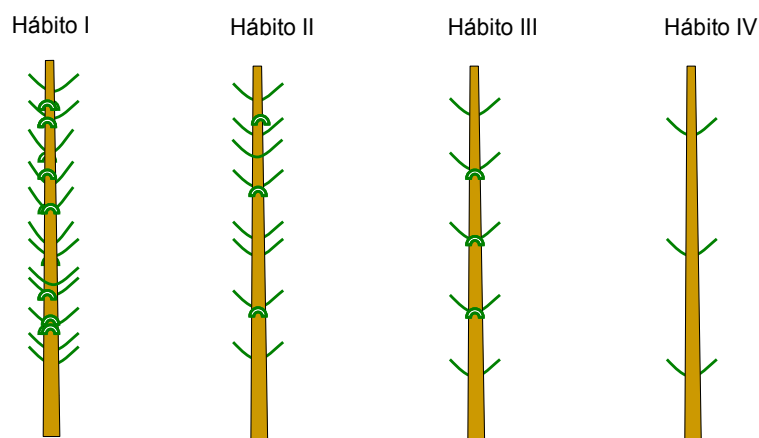


Figura 10. Clasificación del hábito de ramificación del árbol

Cabe señalar la existencia de relativa subjetividad en cuanto a la determinación del hábito de ramificación, no obstante con el fin de homogenizar criterios, la tipificación consideró los siguientes aspectos detallados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tipificación del hábito de ramificación utilizado en el presente estudio

Hábito I	Árboles absolutamente multinodales en toda la sección de análisis.
Hábito II	Árboles en general multinodales pero que presentan tendencia uninodal en alguna sección del fuste de tal forma que permitan la obtención de madera libre de nudo sin necesidad de podas.
Hábito III	Árboles binodales con un internodo largo por período de crecimiento o árboles uninodales con ciertas tendencias multinodales en alguna parte de la sección de análisis.
Hábito IV	Árboles de internodos largos, perfectamente uninodales en toda la sección de análisis.

3.2.5 Mediciones y variables del árbol volteado

En una segunda etapa, se procedió al volteo y medición del árbol completo, como de cada una de las trozas obtenidas. Una vez que el árbol se encuentra volteado, con la huincha de distancia se procedió a realizar las siguientes mediciones: altura total (m), altura de copa viva (m), altura de poda (m) y medición de las alturas de largos de internudos y verticilos (m).

Esta última medición corresponde a la altura existente desde la base del verticilo en la parte inferior del verticilo y altura tope de verticilo en la parte superior. Terminada la medición del árbol volteado se procedió al trozado de este para generar las secciones respectivas, cuyas longitudes se presenta a continuación.

Cuadro 2. Longitud de las trozas obtenidas

Troza	Longitud (m)
1	5,05
2	4,10
3	4,10

Para cada troza obtenida se midió el diámetro de la rama más gruesa presente en cada cuadrante, utilizando un pie de metro. Cabe señalar que estos cuadrantes fueron aquellos marcados previamente en la fase de árbol en pie. Con la información de los diámetros de las ramas por cuadrante se procedió al cálculo del Índice de ramas (BIX), a nivel de troza y rodal.

Este índice se define como el diámetro promedio de las cuatro ramas más grandes correspondientes a cada cuadrante de la troza, expresado en centímetros (Inglis y Cleland, 1982). La medición de este índice fue realizada tanto para la segunda como tercera troza, entregando así un índice para cada una.

Índice de ramas

$$BIX = \frac{(d_1 + d_2 + d_3 + d_4)}{4} \quad (2)$$

Donde:

BIX = índice de ramas (cm).

d_I = diámetro nudo mayor cuadrante I (cm).

d_{II} = diámetro nudo mayor cuadrante II (cm).

d_{III} = diámetro nudo mayor cuadrante III (cm).

d_{IV} = diámetro nudo mayor cuadrante IV (cm).

3.2.6 Depuración y cálculo de estadígrafos

Posterior a la captura de datos, se procedió a depurar la información en base a un análisis estadístico y gráfico, que consistió en eliminar los errores que provienen de otros procesos que no están relacionados con las variables medidas. Además se procedió al cálculo de los estadígrafos básicos de las variables de la muestra como el valor promedio, mínimo, máximo, desviación estándar y coeficiente de variación, con el fin de analizar su comportamiento frente al crecimiento de las ramas.

3.2.7 Clasificación de los manejos aplicados

El manejo silvicultural de cada rodal fue agrupado en categorías de similar valor, generando así un cuadro resumen para la troza 2 y 3, el cual consideró las siguientes variables:

- Edad y altura, de la 1^{era} y 2^{da} poda (EP1/ HP1- EP2/ HP2)
- Altura de poda final (HPF)
- Altura total (HT)
- Edad y densidad, del 1^{er} y 2^{do} raleo (ER1/ DR1- ER2/ DR2)
- Densidad final (DF)

3.2.8 Relaciones entre variables

Para determinar la existencia o no existencia de correlación entre las diversas variables medidas en el árbol, frente a las características de crecimiento de las ramas, se procedió a realizar en la mayoría de los casos, un análisis de tipo gráfico, considerando la dispersión de los datos, además de presentar en cada situación el valor R^2 respectivo.

3.2.9 Modelo de estimación del Índice de ramas

La construcción de los modelos estimadores del Índice de ramas, se basó en los datos obtenidos sobre la muestra, considerando aquellas variables que presentaron un mayor R^2 , frente al tamaño de las ramas.

Para ello, se utilizó el paquete estadístico SYSTAT versión 10. Los modelos aplicados son en general de regresión lineal múltiple con el sistema de ingreso de variables por pasos, mediante una prueba "F", determinando el orden de entrada de las variables del modelo. El criterio de permanencia de cada variable en el modelo, está dado por su aporte en la capacidad de predicción (R^2).

De esta manera, el modelo general se presenta de la siguiente forma;

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (3)$$

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Estadística descriptiva del estudio

4.1.1 Caracterización de las variables de los rodales

En relación a las variables generales medidas en cada uno de los rodales, se entrega a continuación una caracterización general de las principales variables medidas, obtenidas de los valores promedios a nivel de rodal para ambas trozas. La información detallada respecto a estas variables se presenta en el anexo 3.

Cuadro 3. Estadística descriptiva de los rodales

VARIABLE	TROZA 2				TROZA 3			
	Media	Mínimo	Máximo	CV (%)	Media	Mínimo	Máximo	CV (%)
Nº ÁRBOLES	10	5	12	18,5	8	4	11	24,1
EDAD (años)	17,6	11,0	26,0	23,9	21,0	15,0	26,0	15,7
DAP (cm)	33,5	21,3	43,9	16,6	38,9	34,2	46,8	7,2
DAP20 (cm)	38,9	25,9	52,7	13,6	37,8	27,2	49,3	13,6
HT (m)	26,6	16,7	35,0	17,8	31,2	24,4	37,4	9,8
HPF (m)	7,5	5,9	9,1	12,5	8,3	6,9	11,2	11,8
IS (m)	28,1	22,0	32,0	7,5	28,3	24,0	32,0	7,1
DF (arb/ha)	383,3	213,0	646,0	28,3	364,3	213,0	646,0	32,8
ZC	5,5	2,0	9,0	34,9	5,8	4,0	7,0	20,9

En relación al tamaño de la muestra, para la troza 2 se evaluaron 47 rodales obteniendo una muestra general de 463 trozas, mientras que para la troza 3, se evaluaron 32 rodales, obteniendo una muestra de 252 trozas. En términos generales, se puede apreciar que la muestra de la troza 2 presenta rodales más jóvenes con edades medias de 17 y 21 años y diámetros medios (DAP), menores que la troza 3, cuyos coeficientes de variación son relativamente bajos (16,6% y 7,2%). En relación al DAP proyectado a los 20 años (DAP20), sus estadísticos presentan similares valores en ambos casos, alcanzando incluso igual valor en su coeficiente de variación, con un 13,6% para ambas trozas. Respecto a la altura de poda final (HPF), la muestra de la troza 2 presentó siempre valores más bajos que la troza 3, con una altura de poda media de 7,5 y 8,3 m respectivamente. En relación al Índice de sitio, para ambas trozas se presentan valores similares, variando desde 22 hasta 32 m, con coeficientes de variación bajos en ambas trozas (7,5 y 7,1%). Finalmente se puede señalar respecto a la densidad final de los rodales, que a pesar de presentar similares valores medios (383 y 364 arb/ha), ésta variable presenta uno de los más altos coeficientes de variación (28,3 y 32,8%), revelando la alta variabilidad existente entre los rodales de ambas muestras.

4.1.2 Caracterización de las variables de las ramas

La caracterización de aquellas variables relacionadas directamente con las ramas como el Índice de ramas (BIX), el diámetro de la rama mayor (DRM), el largo de internudo medio (LIM) y el tamaño de la zona nudosa (TZN), se presentan resumidas a continuación en el siguiente cuadro. El detalle de esta información se presenta en el anexo 4.

Cuadro 4. Estadística descriptiva de las ramas

VARIABLE	TROZA 2				TROZA 3				
		Media	Mínimo	Máximo	CV (%)	Media	Mínimo	Máximo	CV (%)
BIX	(cm)	3,8	2,5	5,0	15,2	4,4	2,9	7,1	20,1
DRM	(cm)	4,8	3,1	6,6	15,2	5,5	3,8	8,9	20,9
LIM	(m)	0,7	0,4	1,1	24,8	0,5	0,3	0,8	23,2
TZN	(m)	0,2	0,1	0,3	17,2	0,2	0,1	0,4	21,0
NV		5,6	3,6	7,4	14,7	5,2	3,6	6,8	15,7

De acuerdo a la información entregada en el cuadro 4, se puede apreciar en términos generales que la troza 3 presenta ramas de mayor tamaño que la troza 2, expresado en términos del índice de ramas medio (3,8 y 4,4 cm), el cual entrega una diferencia de 0,6 cm a favor de la troza 3. Similar situación se presenta en el caso del diámetro de la rama mayor (DRM), ya que la observar los valores medios (4,8 y 5,5 cm), la troza 3 alcanza una diferencia de 0,7 cm por sobre la troza 2. En relación al largo de internudos medio (LIM), la troza 2 presenta mayores largos de internudos que la troza 3 (0,7 y 0,5 m) con coeficientes de variación similares (24,8 y 23,2%), sin embargo, los valores promedios del tamaño de la zona nudosa (TZN) y el número de verticilos (NV), tienden a ser iguales en ambas trozas. Ante los resultados anteriores podría pensarse que estos entregan una tendencia distinta a la generada en investigaciones vinculadas al tema, en las cuales se ha revelado que árboles con mayores largos de internudos, tienden presentar un menor número de verticilos, ramas de mayor tamaño. Sin embargo, un punto importante de considerar para el caso de este estudio, es la longitud que poseen las trozas. Respecto a esto, la troza 2 (5,05 m), es casi 1 metro mayor que la troza 3 (4,10 m), lo que influye directamente sobre los valores promedios tanto del largo de internudos como también del tamaño de la zona nudosa.

4.1.3 Historial de manejo de los rodales

Considerando la amplia variedad de manejos existentes en los rodales de la muestra, éstos fueron clasificados en grupos de similar valor frente a la frecuencia de sus intervenciones. A continuación se presentan los historiales de manejo para la troza 2 y 3, considerando los valores promedios de la época e intensidad de la intervención.

Cabe señalar que en aquellos espacios vacíos no se contaba con registro del manejo aplicado a los diferentes rodales muestreados. El detalle de esta información se presenta en el anexo 5.

Cuadro 5. Historial de manejo para los rodales de la troza 2.

EP1 - EP2	Nº RODALES	HPF	HT	HP1	HP2	ER1	ER2	DR1	DR2	DF
5 - 6/7	9	7,4	25,7	2,1	4,0	5,6	12,3	541	354	363
5 - 8	3	7,5	27,4	2,8	6,5	5,0	12,4	746	388	300
? - 7/8	3	7,3	25,4			6,0				377
6 - 7/8	12	6,9	23,4	2,7	4,1	6,1	11,6	625	399	377
6 - 9	1	7,6	27,4	3,0	7,7	6,0	13,0	827	520	
7 - 8/9	9	7,7	29,0	3,2	6,3	7,1	13,0	687	420	430
7 - 11	1	8,4	27,7	5,9	7,7	6,0	11,0	688	249	247
8 - 9	3	7,2	26,7	2,5	3,2	8,0	13,5	564	361	431
9 - 10	1	6,9	25,3			9,0	14,0		338	338
11	3	8,8	34,0	7,4		12,4	15,1	385	215	354
12	1	8,7	30,1	6,8		18,1		488		474
?	1	7,0	28,0			4,0	14,0	493		511
Total general	47	7,5	26,6	3,5	5,0	6,9	12,4	607	383	383

Cuadro 6. Historial de manejo para los rodales de la troza 3.

EP1 - EP2	Nº RODALES	HPF	HT	HP1	HP2	ER1	ER2	DR1	DR2	DF
5 - 6/7	5	8,4	30,4			5,0	12,8	409	263	313
5 - 8	2	7,8	29,8	2,9	7,2	5,1	11,0	829	392	260
? - 8	1	7,8	28,5			6,0				428
6 - 7/8	4	7,6	28,3	2,6	4,8	6,5	12,3	495	314	247
7 - 8/9	8	8,3	32,2	3,3	7,0	7,2	12,6	775	431	409
7 - 11	1	8,6	29,0	5,9	7,7	6,0	11,0	688	249	247
8 - 9	2	7,7	30,0			8,0	15,0	393		466
9 - 10	2	9,1	29,7	6,4	9,5	9,0	14,0	665	338	464
9	1	10,9	38,0	9,5		14,0	15,1	1011	350	362
11	3	9,0	35,0	7,4		12,4	15,1	385	215	354
12	2	8,3	34,0	6,2		17,6		431		422
?	1	7,0	28,7			4,0	14,0	493		511
Total general	32	8,3	31,2	5,3	7,2	8,0	12,8	584	341	364

En relación a los distintos manejos que presentaban los rodales de la muestra, fue posible agrupar a éstos en 12 tratamientos diferentes, tanto para la troza 2 y 3 (cuadro 5 y 6). Si bien en la mayoría de los rodales se contenía la totalidad de la información referente a la frecuencia e intensidad de las intervenciones, el análisis se centró principalmente en los valores obtenidos tanto para la altura de poda final (HPF) como para la densidad final de los rodales (DF). Sin embargo, el análisis de tales variables y la influencia que estas ejercen sobre las características de crecimiento de las ramas, se presenta en forma detallada más adelante.

4.1.4 Comportamiento y distribución del Índice de tamaño de ramas

En una primera etapa, se procedió a graficar la distribución de frecuencias que presentaba el Índice de ramas a nivel de trozas, para la muestra de la troza 2 y 3, con el fin de observar el rango de variación de tal indicador.

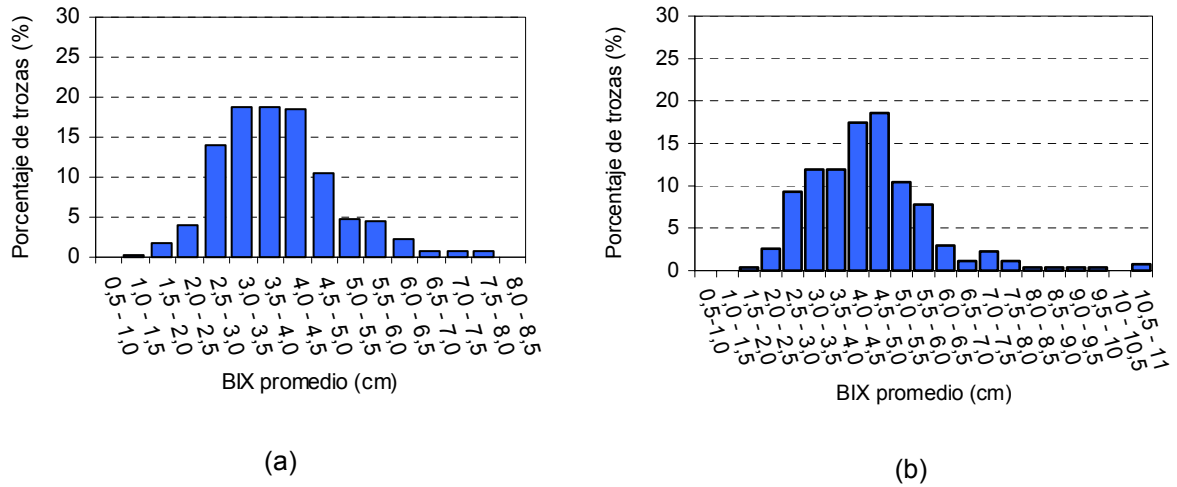


Figura 11. Distribución de frecuencias del BIX para la troza 2 (a) y 3 (b)

En la figura 11 se puede apreciar la distribución del Índice de rama a nivel de troza para toda la muestra. Se observa que en el caso de la troza 2, éstos se concentraron entre los 3,0 y 4,5 cm., mientras que para la troza 3, los valores se concentraron entre los 4,0 y 5,0 cm, presentando a la vez una mayor amplitud de frecuencias. Posteriormente se procedió a determinar el Índice de ramas promedio para cada rodal y agruparlo en orden creciente, con el fin e observar su comportamiento en los distintos rodales muestreados. Esto se visualiza en la figura 12.

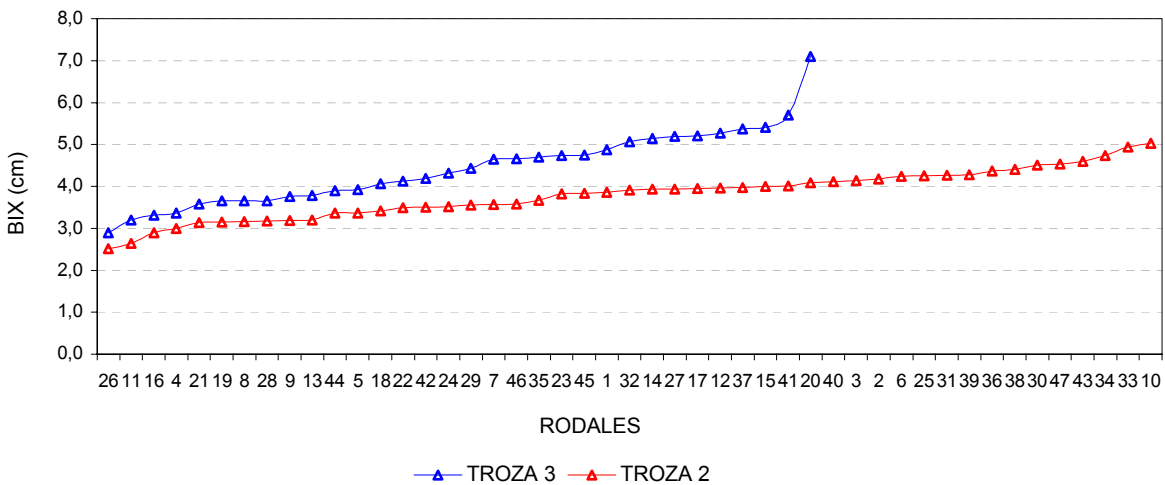


Figura 12. Índice de ramas promedio, para cada rodal

En la figura anterior se observa claramente los rangos entre los cuales varían los distintos Índices de rama a nivel de rodal. En el caso de la troza 2, estos varían entre 2,5 y 5,0 cm., mientras que en la troza 3 el rango varía entre los 2,7 y 7,1 cm, lo cual demuestra que la troza 3 tiende a presentar mayores diámetros en sus ramas, respecto a la troza 2.

Entre las diversas variables presentes en el análisis, una de las que mejor se correlacionan con el índice de ramas, es el diámetro a la altura del pecho proyectado a los 20 años (DAP20). El empleo de esta variable se debe a que ella explica en gran medida la influencia que ejercen las podas y raleos (manejo), sobre las características de crecimiento de las ramas. En base a esto, se procedió a graficar los valores promedios del BIX y DAP20 a nivel de rodal, para ambas muestras (figura 13).

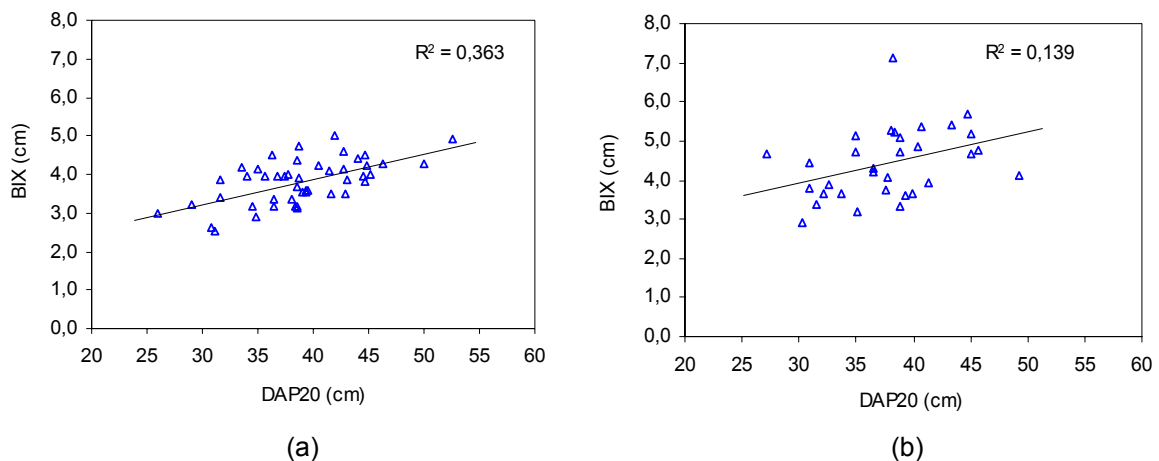


Figura 13. Relación entre BIX y DAP20, para la troza 2 (a) y 3 (b).

En la figura anterior se observa que a pesar del bajo coeficiente de correlación existente entre el BIX y el DAP20 a nivel de rodal para ambas trozas, los valores promedios tienden a mostrar una relación lineal entre ambas variables. Sin embargo al realizar el mismo análisis a nivel de árbol, esta tendencia solo se presenta en algunos rodales, presentándose además una gran variación del valor R^2 para las variables BIX y DAP20. El detalle de esta información se presenta en el anexo 6.

4.2 Influencia del manejo silvicultural en el crecimiento de las ramas

4.2.1 Influencia del Índice de sitio

Para conocer la influencia que ejerce el Índice de sitio (IS) sobre el crecimiento de las ramas, los rodales fueron clasificados en tres grupos de acuerdo al valor de este indicador, resultando índice de sitios malos, medios y buenos. El detalle de esta clasificación se presenta a continuación en el cuadro 7.

Cuadro 7. Clasificación de los rodales según Índice de sitio

Índice de sitio (m)	Condición	Nº rodales	
		troza 2	troza 3
< 27	sitios malos	10	6
27 – 30	sitios medios	22	15
> 30	sitios buenos	15	11

Una vez obtenidos los diferentes grupos, se procedió a correlacionar el BIX y el DAP20 para cada uno de los grupos. Esto se observa en la figura 14.

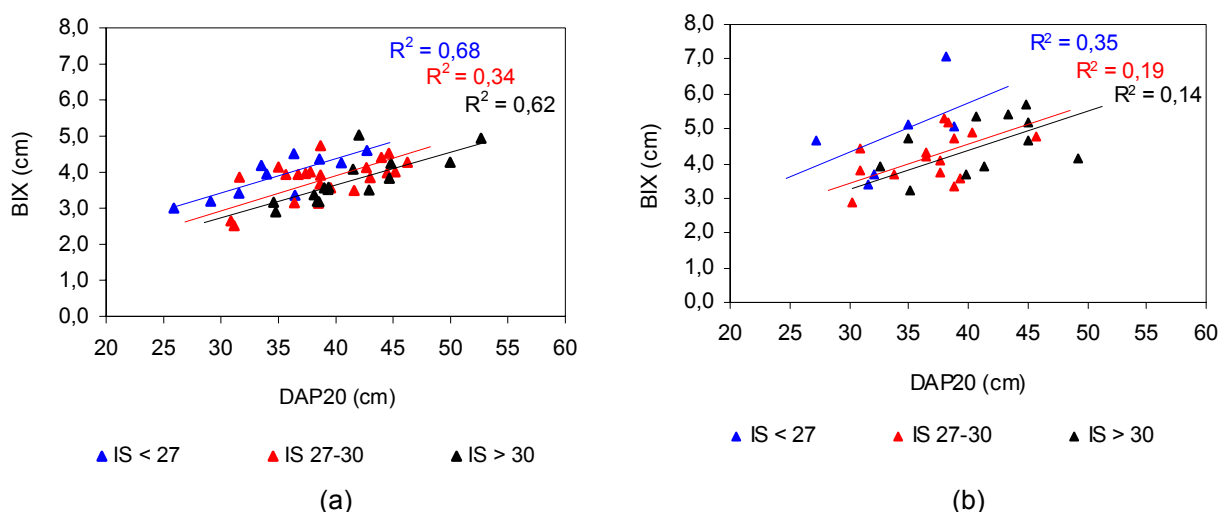


Figura 14. Relación entre BIX y DAP20, según IS para la troza 2 (a) y 3 (b).

En relación a la influencia que presenta el índice de sitio sobre el crecimiento de las ramas, los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por Tomblason *et al.*, (1990), en los cuales señala que a medida que el índice de sitio aumenta, el Índice de ramas disminuye. Al igual que lo señalado anteriormente, la figura 14 muestra que a medida que el índice de sitio aumenta, el tamaño de las ramas tiende a disminuir. Esta tendencia se acentúa en aquellos rodales con índices de sitio menor a 27 m, donde los valores del coeficiente de correlación, son los más altos (R^2 de 68% y 35%), disminuyendo a medida que el sitio varía de malo a bueno (troza 3). Aunque los valores de la correlación disminuyen considerablemente, sobretodo en el caso de la troza 3 ($R^2 = 14\%$), la tendencia se mantiene muy similar en ambas trozas. Este comportamiento podría considerarse como contradictorio, al pensar que en presencia de un mejor índice de sitio y a una densidad dada, éste tendería a favorecer el desarrollo de árboles de mayor DAP, con copas más vigorosas y ramas de mayor diámetro, según lo señala Delmastro *et al.* (1979). Sin embargo, este particular comportamiento puede ser explicado de la siguiente manera.

Al considerar un sitio bueno, es decir, con índices de sitios altos, el crecimiento en altura más acelerado que experimentan los árboles genera a la vez un alza más rápida de la copa verde y sus ramas, lo cual origina que estas últimas se encuentren moribundas a una edad muy temprana, produciendo de ésta manera tamaños finales relativamente pequeños.

Respecto a lo anterior cabe considerar la relación existente entre el diámetro que poseen las ramas y el largo que estas presenten, ya que estas comienzan a detener su crecimiento en el momento de aproximarse entre si mismas o a las ramas vecinas de otro árbol.

4.2.2 Influencia de los raleos

La influencia de los raleos en el crecimiento de las ramas, fue analizada en términos del valor de la densidad final, clasificando los rodales en 3 categorías, para posteriormente correlacionar el BIX y DAP20. Esto se muestra a continuación.

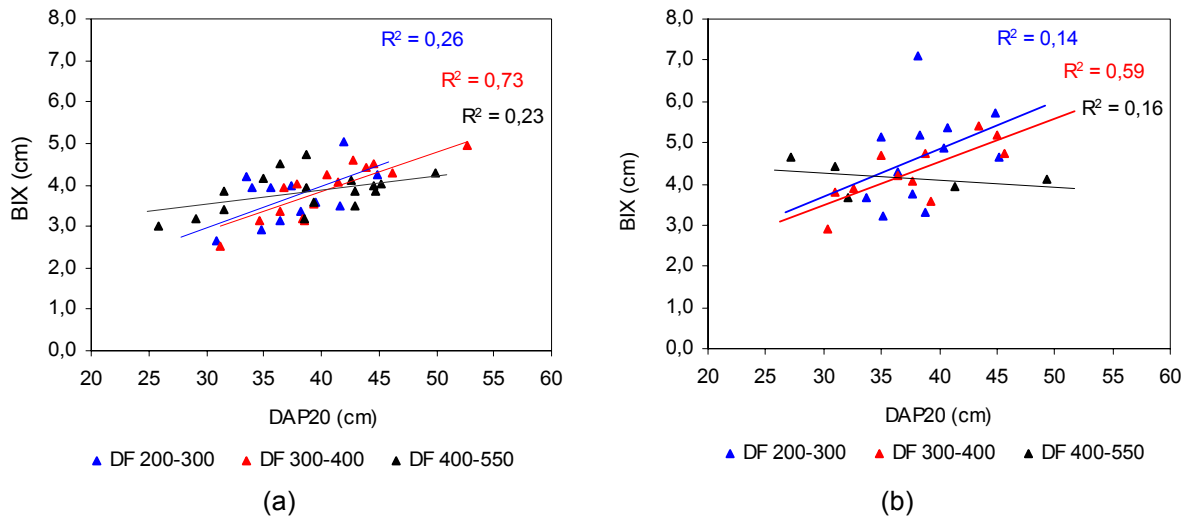


Figura 15. Relación entre el BIX y DAP20, según la densidad final para la troza 2 (a) y 3 (b)

En relación a los resultados de la figura 15, se puede ver que a pesar que éstos entregan coeficientes de correlación relativamente bajos, inferiores a 26% en la mayoría de los casos, salvo para aquellas densidades entre 300 y 400 arb/há ($R^2=73\%$ y $R^2=59$, troza 2 y 3 respectivamente), la tendencia indica que aquellos rodales con menor densidad final tienden a presentar ramas de mayor diámetro, lo cual se muestra más claramente en aquellos menores rangos de densidad, las cuales oscilan entre los 200 a 400 arb/há, para ambas trozas. Lo anterior se puede explicar debido a que la aplicación de raleos más intensos, genera densidades finales menores, las cuales más que influir sobre el crecimiento de los anillos anuales de crecimiento producto de la liberación del sitio, determinan la prolongación del crecimiento, aumentando de esta manera el diámetro final de las ramas (Meneses y Velasco, 1990).

4.2.3 Influencia de las podas

La influencia de la poda fue analizada en términos de la intensidad, considerando la altura de poda final promedio (HPF) de cada rodal. Para esto se clasificaron los rodales en tres grupos con diferentes alturas de poda, considerando el valor del BIX como también el valor del Índice de sitio. Esto se muestra en la figura 16.

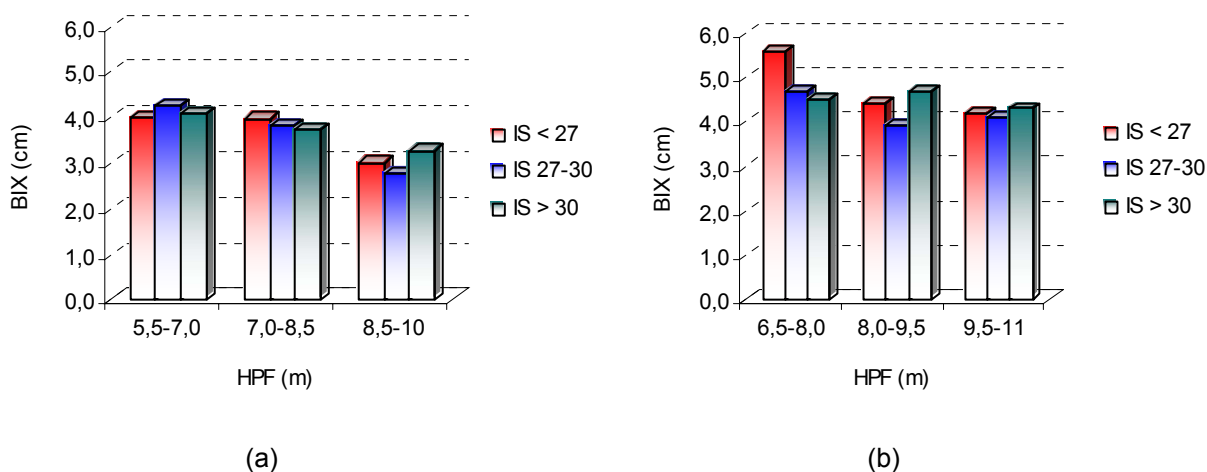


Figura 16 Comportamiento del BIX frente a la Altura de poda final, para la troza 2 (a) y 3 (b)

La figura 16 muestra el comportamiento del Índice de ramas frente a diversas alturas de poda final, clasificadas según el índice de sitio que presentaban. Aquí se puede apreciar que el tamaño de las ramas tiende a disminuir con alturas de poda mayor, relación que se presenta para los diferentes índices de sitio, siendo más evidente este comportamiento en la troza 2 (figura 16-a). Al considerar las categorías de los índices de sitio, se puede afirmar en términos generales, que para una altura de poda determinada, los mayores Índices de ramas tienden a presentarse en aquellos rodales con menor índice de sitio, situación que concuerda con los resultados obtenidos para el análisis del BIX, frente al índice de sitio.

También se puede observar que al comparar los valores promedios del Índice de ramas, la troza 2 tiende a concentrar sus valores entre los 3,0 y 4,0 cm., mientras que para la troza 3, el rango varía entre 4,0 y 5,5 cm., alcanzándose una diferencia de 1,0 cm. aproximadamente, entre ambas trozas. Sin embargo, esto podría tener su explicación, ya que en las tres categorías de altura de poda, la troza 3 presenta siempre en su altura de poda final, un metro más, respecto a la troza 2. Un punto importante de señalar que tiene relación con lo anterior, es el hecho que en la práctica gran parte de los levantes de poda tienden por lo general a cubrir sólo parcialmente la segunda troza, dejando en muchas ocasiones libre de poda a la troza 3, lo que eventualmente podría implicar que las ramas que se encuentran en esta troza, respondan ante éste estímulo con un incremento en la tasa de crecimiento diametral.

4.3 Relaciones de interés en el desarrollo de las ramas

4.3.1 Relación entre el largo de internudos y el Índice de ramas

Entre las diferentes variables que se relacionan con las ramas, se encuentra el largo de internudos promedio (LIM). En relación a esto, la figura 17 muestra el comportamiento del BIX en relación al DAP20, considerando el tamaño de los largos de internudos promedios a nivel de rodal.

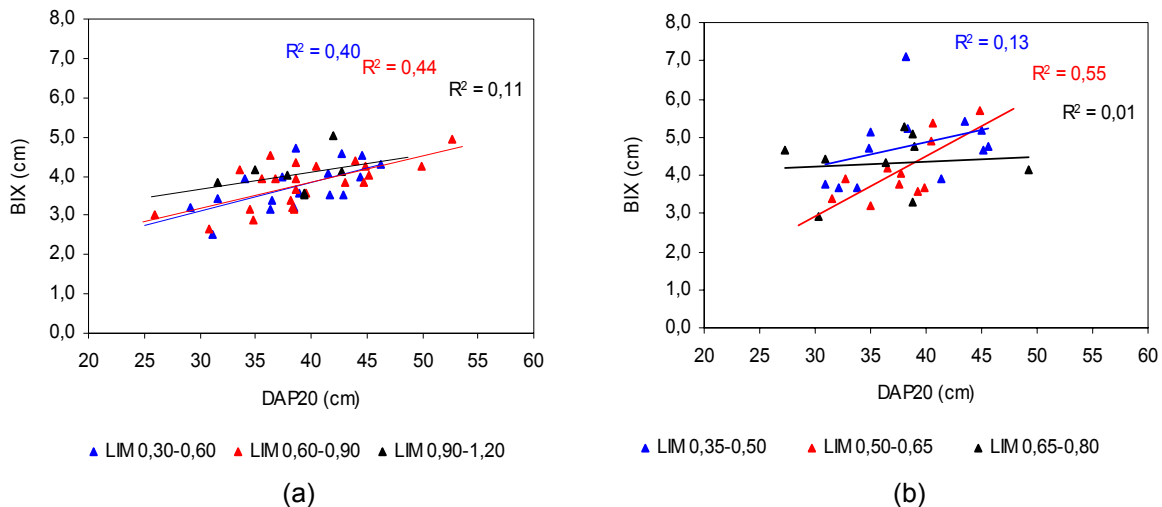


Figura 17. Relación entre el BIX y DBH20, según largo de internudo, para la troza 2 (a) y 3 (b)

En figura anterior se observa como se comporta el Índice de ramas frente a los largos de internudos promedios. En el caso de la troza 2, se observa claramente que a medida que los largos de internudos promedios aumentan, el Índice de ramas también tiende a aumentar. Si bien los valores de los coeficientes de correlación que entrega son bastante moderados, tanto para las dos primeras categorías ($R^2=40\%$ y 44%) cuyos largos varían entre 0,3 y 0,9 m, como para el caso de los largos de internudos mayores a 0,9 m ($R^2=11\%$), la tendencia de encontrar mayores largos de internudos, con diámetros de ramas mayores, se mantiene.

En relación a lo observado anteriormente, la troza 3 muestra un comportamiento muy distinto, donde además de presentar coeficientes de correlación muy bajos ($R^2=1\%$), salvo en los largos los largos de internudos entre 0,50 a 0,65 m ($R^2=55\%$), los menores largos de internudos, son los que tienden a presentar las ramas de mayor tamaño. Tal comportamiento, especialmente en el caso de los largos de internudos, podría deberse a la variación de los índices de sitios, como de la densidad final que presentan los rodales. Al respecto Tomblason *et al.* (1990) señala que los largos de internudos promedios tienden a ser mayores en presencia de índices de sitios altos y densidades finales igual mayores, aunque frente a esta última variable tal tendencia no es tan clara.

4.3.2 Relación entre el tamaño de la zona nudosa y el Índice de ramas

Una de las variables que también fue correlacionada con el BIX, fue el tamaño de la zona nudosa que presentaba cada troza. El valor promedio de esta última variable se clasificó en 3 grupos, correlacionando posteriormente el BIX y el DAP20. Esto se muestra en la figura 18.

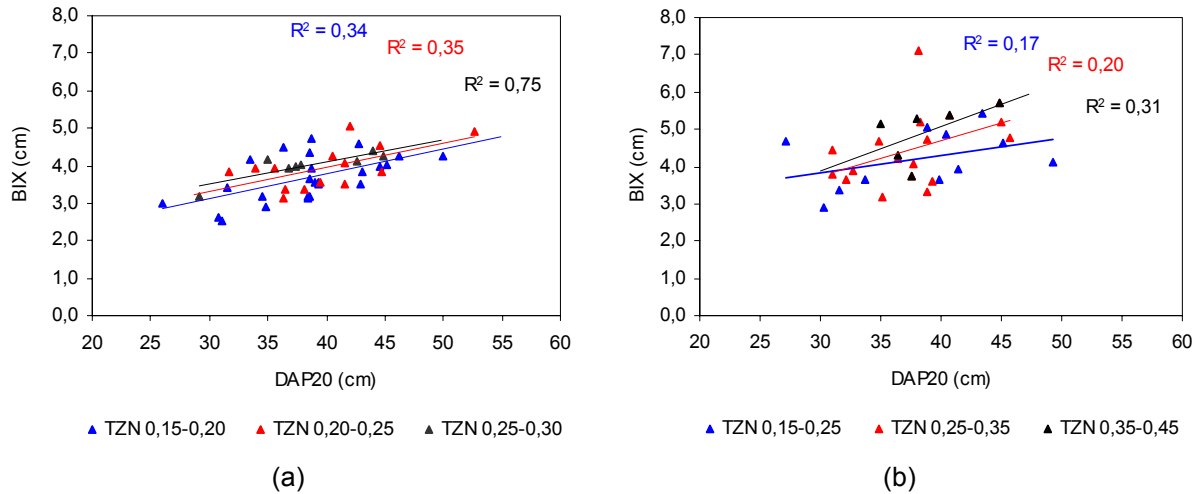


Figura 18. Relación entre el BIX y DBH20, según tamaño de zona nudosa, en la troza 2 (a) y 3 (b)

La figura 18 muestra el comportamiento del Índice de ramas frente a la altura promedio de la zona nudosa, variable que representa el tamaño promedio de los verticilos, para cada troza. En ambos casos, se observa claramente que a medida que el tamaño de los verticilos aumenta, el Índice de ramas también tiende a aumentar. El mejor coeficiente de correlación se logra en la troza 2, en aquellos verticilos cuyo tamaño varía entre 0,25 y 0,30 m ($R^2=75\%$), siendo en general los valores más bajos en el caso de la troza 3, donde el mejor coeficiente se presenta en aquellos verticilos de 0,35 a 0,45 m ($R^2=31\%$). A pesar de que el tamaño de los verticilos presenta determinada relación respecto a los largos de internudos, disminuyendo su tamaño a medida que los largos de internudos aumentan su longitud dentro de una misma troza, resulta conveniente realizar una clasificación de los árboles de acuerdo al hábito de ramificación que presentan, para de esta manera poder separar aquellos individuos con tendencia uninodal, de los multinodales, situación que podría explicar en forma más precisa los diferentes comportamientos.

4.3.3 Relación entre el Hábito de ramificación frente al Índice de ramas

En relación al comportamiento del Índice de ramas, según el hábito de ramificación, la figura 19 muestra como se comportan ambas variables, clasificadas estas de acuerdo a los valores promedio de los largos de internudos y del tamaño de la zona nudosa, para cada muestra.

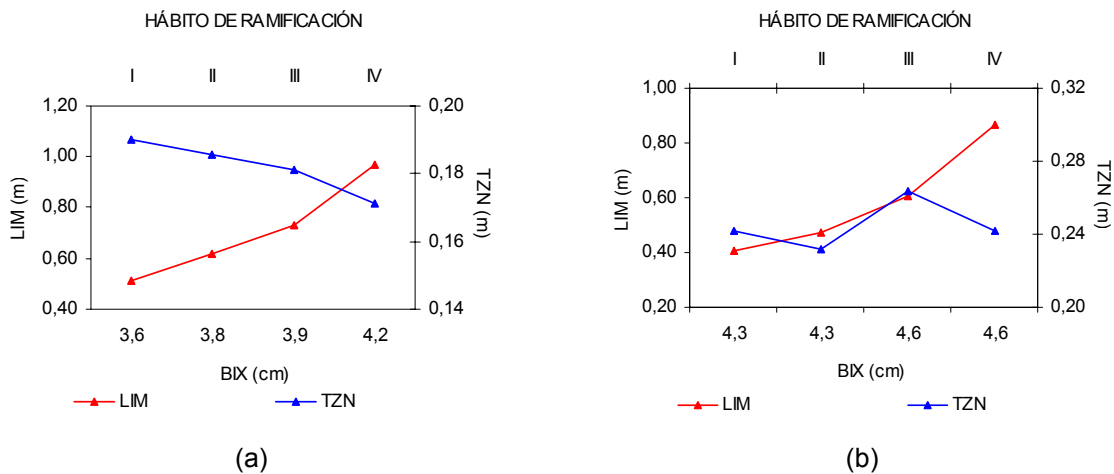


Figura 19. Comportamiento del BIX, según hábito de ramificación para la troza 2 (a) y 3 (b)

La figura 19 muestra el comportamiento del Índice de ramas, según el hábito de ramificación. En este análisis se clasificaron las trozas de acuerdo a los 4 tipos de hábito de ramificación descritos, obteniendo para cada uno de ellos un valor promedio del BIX, mediante lo cual fue posible correlacionar más tarde, ambas variables con los valores promedio de la zona nudosa y largo de internudos.

En términos generales se aprecia que el Índice de ramas tiende a disminuir a medida que los árboles pasan de un hábito uninodal a un hábito multinodal. En otras palabras, a medida que la distancia entre verticilos es mayor, originando largos de internudos mayores, como en el caso de los árboles uninodales, las ramas tienden a ser de mayor tamaño, a diferencia de los árboles multinodales, en los cuales no se presentaba claridad en sus verticilos, siendo sus largos de internudos cortos.

Lo anterior se muestra claramente en la figura 19, ya que a medida que los árboles pasan de un hábito multinodal a un hábito uninodal (I a IV), el valor de los largos de internudos promedios aumenta, desde 0,5 m a casi 1 m de longitud, mientras que el tamaño de los verticilos disminuye, desde 0,19 m a 0,17 m. (troza 2), comportamiento que varía en el caso de la troza 3, en la cual el valor promedio de los verticilos en aquellos árboles con tendencia multinodal era inferior a los individuos con tendencia uninodal.

De esta manera, y considerando los resultados obtenidos, se puede señalar que es posible encontrar ramas con diámetros mayores, en árboles que tiendan a mostrar un hábito de ramificación uninodal, con mayores y constantes largos de internudos, además de pocos y a la vez pequeños verticilos (frecuencia verticilar). Por el contrario, ramas con diámetros pequeños tenderán a encontrarse en árboles con tendencia multinodal, en los cuales los largos de internudos sean cortos, con verticilos más grandes, pero escasamente diferenciables a lo largo de la troza.

4.3.4 Relación entre el diámetro de la rama mayor y el Índice de ramas

En la figura 20 se observa la relación existente entre el BIX y el diámetro promedio de la rama mayor (DRM), de cada rodal de la muestra.

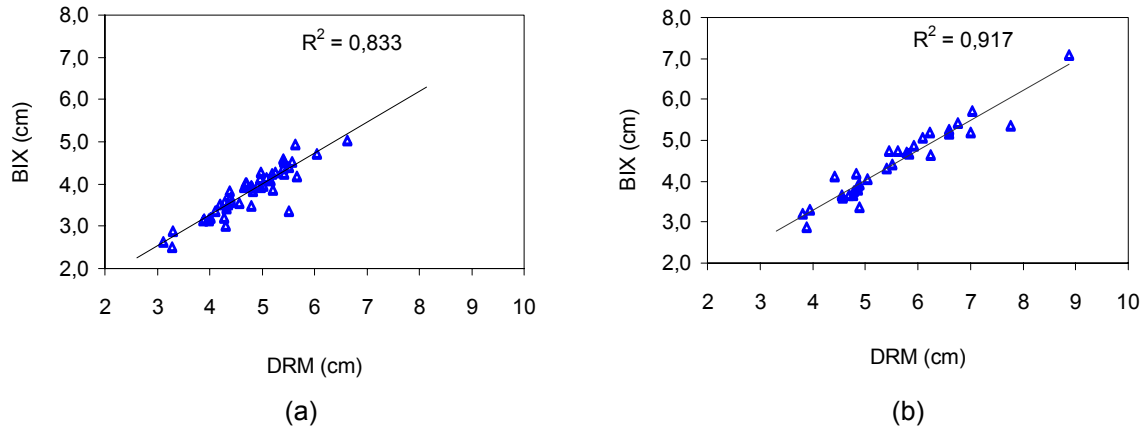


Figura 20. Relación entre el BIX y la rama mayor, para la troza 2 (a) y 3 (b)

En la figura 20 se observa que a pesar de la amplia variabilidad que presentan los rodales en cuanto al manejo e Índice de sitio, los resultados entregan una buena correlación entre el BIX y el DRM ($R^2=83\%$ y $R^2=91\%$), lo cual es de importancia, ya que esta última variable podría explicar de forma similar al BIX, las características de crecimiento que presentan las ramas, con solamente la medición del diámetro de la rama mayor por árbol.

4.3.5 Índice de ramas según zona de crecimiento

La figura 21 muestra los valores promedios del tamaño de las ramas para cada zona de crecimiento, según la muestra para ambas trozas.

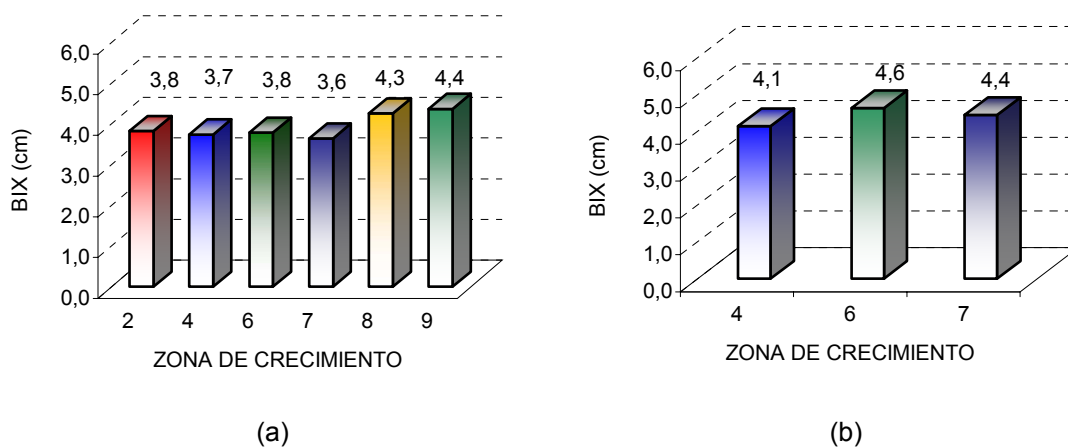


Figura 21. BIX promedio de cada zona de crecimiento, para la troza 2 (a) y 3 (b)

Al considerar las zonas de crecimiento incluidas en el estudio, se observa que en el caso de la troza 2, ésta abarcó una mayor cantidad de zonas de crecimiento que la troza 3 (6 y 3 respectivamente), alcanzándose el mayor Índice de ramas promedio en la zona 9, mientras que en la troza 3, la zona 6 se encontraba bajo ésta condición.

4.4 Modelo de estimación del Índice de ramas

Las variables utilizadas en el desarrollo del modelo estimador del Índice de ramas, están representadas por aquellas variables que caracterizan al rodal. Entre éstas, fueron consideradas: el DAP20, el Índice de sitio (IS) y la densidad final (DF), las cuales fueron transformadas en forma lineal, logarítmica, exponencial, cuadrática e inverso, para su empleo en el modelo. Los modelos I, II y III, fueron diseñados en relación al Índice de sitio de cada rodal, mientras que el modelo IV, representa un modelo general para todos los rodales de la muestra. Cabe señalar que todos los modelos fueron desarrollados en base a la información proveniente de la troza 2, solamente. El detalle de esta información se presenta en el anexo 7.

Cuadro 8. Características de los modelos

Modelo	Condición
I	IS < 27
II	27 < IS < 30
III	IS > 30
IV	-

A continuación se presentan las funciones obtenidas, con el valor de los estadígrafos básicos respectivos.

Modelo I **$BIX = 16,988 + 0,048 * DF - 1,834 * (DF)^{1/2} + 0,120 * DAP20$**
 $(R^2 = 0,888 ; \quad E.S. = 0,253 ; \quad N = 9)$

Donde:
BIX = Índice de ramas
(DF)^{1/2} = Raíz cuadrada de la densidad final
DAP20 = DAP proyectado a los 20 años

Modelo II **$BIX = 6,579 - 106,565 * (1/DAP20)$**
 $(R^2 = 0,377 ; \quad E.S. = 0,448 ; \quad N = 22)$

Donde:
BIX = Índice de ramas
(1/DAP20) = Inverso del DAP proyectado a los 20 años

Modelo III **$BIX = 8,008-198,430*(1/DAP20)+208,996*(1/DF)$**

$(R^2 = 0,717 \quad ; \quad E.S. = 0,368 \quad ; \quad N = 15)$

Donde:

BIX = Índice de ramas

$(1/DAP20)$ = Inverso del DAP proyectado a los 20 años

$(1/DF)$ = Inverso de la densidad final

Modelo IV **$BIX = -1,300+1,098*(DAP20)^{1/2} -0,002*(IS)^2$**

$(R^2 = 0,511 \quad ; \quad E.S. = 0,413 \quad ; \quad N = 47)$

Donde:

BIX = Índice de ramas

$(DAP20)$ = IDAP proyectado a los 20 años

$(IS)^2$ = Cuadrado del Índice de sitio

En los resultados obtenidos se puede observar que frente a los tres modelos desarrollados bajo la condición del Índice de sitio, el modelo I fue el que presentó el mejor coeficiente de correlación ($R^2=0,888$) y el más bajo error estándar ($E.S.=0,253$) de los tres modelos, sin embargo el tamaño de su muestra fue el más bajo ($N = 9$). Se aprecia además que el modelo II, presenta un coeficiente de correlación muy bajo ($R^2=0,377$), en el cual el Índice de ramas está representado solamente por la variable DAP20. Una situación distinta a la anterior se presenta en el caso del modelo III, en el Índice de ramas se ve representado por las variables DAP20 y DF, entregando un buen coeficiente de correlación ($R^2=0,717$) y un bajo error estándar ($E.S.=0,368$), además de presentar un tamaño de muestra relativamente bueno. En el caso del modelo IV, éste emplea solamente como variables predictivas el DAP20 y el IS, reflejando de ésta manera el bajo aporte predictivo de la densidad final al modelo, además se observa la presencia de un bajo coeficiente de correlación ($R^2=0,511$) y un error estándar ($E.S.=0,413$) relativamente alto.

En términos generales se puede señalar que la variable independiente más significativa para todos los modelos fue el DAP20, transformada en forma cuadrática como inverso, la cual tiende a presentar un comportamiento lineal en relación al Índice de ramas. Las otras variables como el IS y la DF, presentan un menor aporte predictivo a los modelos, siendo prácticamente en el caso de la densidad final para el modelo general.

5. CONCLUSIONES

En relación a la calidad de la materia prima, el tamaño de las ramas es reconocido claramente como una variable decisiva en la determinación de la calidad de las trozas no podadas, especialmente en aquellos casos en los cuales las trozas son destinadas a fines estructurales.

Entre las propiedades que más son afectadas por efecto del tamaño de las ramas, se encuentra la resistencia de la madera. En este sentido ramas de mayor tamaño, originan a la vez nudos en la madera de mayor de dimensión, los cuales disminuyen considerablemente su resistencia, especialmente cuando la madera se somete a pruebas de flexión.

Considerando que el crecimiento de las ramas está influenciado en cierta medida por un factor de tipo genético, su comportamiento puede ser explicado en términos de algunas variables relacionadas directamente con el manejo silvicultural.

Entre las variables silviculturales que mejor explican el comportamiento del tamaño de las ramas se encuentran: Índice de sitio, régimen de raleos y en menor grado el régimen de podas.

En relación al Índice de sitio, el tamaño de las ramas tiende a ser menor a medida que el Índice de sitio aumenta, presentándose de esta manera una relación inversamente proporcional entre ambas variables.

En relación a la influencia de los raleos sobre el tamaño de las ramas, esta puede ser explicada a través de la densidad final que presente el rodal. En este sentido densidades finales menores originan árboles con ramas de mayor tamaño.

En relación a la influencia de las podas sobre el tamaño de las ramas, esta puede ser expresada en términos de la altura de poda final. Si bien esta variable no presenta un efecto tan marcado como la densidad, es posible encontrar ramas de menor tamaño en rodales que alcanzan una mayor altura de poda.

En términos generales y considerando una longitud de troza fija, se tiene que a medida que los largos de internudos aumentan, es posible encontrar un menor número de verticilos, sobre los cuales las ramas tienden a presentar mayores diámetros.

En relación a lo anterior, árboles con tendencia uninodal tienden a presentar mayores largos de internudos, con ramas de mayor diámetro, mientras que árboles con tendencia multinodal, tienden a presentar ramas de menor diámetro, con largos de internudos de menor tamaño, los cuales son difícilmente reconocibles en algunos casos.

La previa determinación del hábito de ramificación predominante en los árboles resulta una recomendable consideración a la hora de efectuar un óptimo análisis del comportamiento de las ramas, ya que ello permite distinguir árboles con tendencia uninodal de árboles multinodales..

La correlación del diámetro de la rama mayor (DRM) y el tamaño de las ramas (BIX), entrega un R^2 de 83,3% para la troza 2, y 91,7% para la troza 3 respectivamente. En consideración a esto, es posible derivar el tamaño de las ramas (BIX) realizando la medición del diámetro de la rama mayor solamente, siendo de gran utilidad en condiciones operativas limitadas.

Las variables más significativas de los modelos propuestos para estimar el Índice de ramas (BIX) son: el DAP proyectado a los 20 años (DAP20), el Índice de sitio (IS) y la densidad final (DF).

En términos generales se aprecia que los diámetros de ramas son menores en la troza 2, los cuales se concentran en un rango que varía desde los 3,0 a los 4,5 cm, mientras que para la troza 3, estos varían entre los 4,0 y 5,5 cm.

BIBLIOGRAFIA

- Bier, H. 1986. Log quality and the strength and stiffness of structural timber. *New Zealand Journal of Forestry Science* 16 (2): 176-186
- Brown, G. 1963 a. Stages in branch development and their relations to pruning. *New Zealand Journal of Forestry Science* 8(4):608-622.
- Brown, G. 1963 b. Silvicultural aspects of the pruning of conifers: Pruning and thinning practice in New Zealand. *New Zealand Journal Forestry Service* 8 (4):656-662.
- Cleland, M. 1985. Early performance of first generation seed orchard stock at Omataroa forest. *New Zealand Journal of Forestry* 30(1):45-53
- Constabel, A. 1994. Evaluación del largo de internudo para un programa de mejoramiento genético en *Pinus radiata* D. Don .Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 72 p.
- Delmastro, R.; J.E. Díaz Vaz; J. Schlatter. 1979. Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del *Pinus radiata* D.Don. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. (Serie Técnica. Informe de Convenio N° 2).
- Espinosa, M. 1989. Efecto de la poda en el crecimiento de un rodal de *Pinus radiata* ubicado en el predio Loma Colorada de Forestal Mininco S.A. en el período 1986-1988. Chillán. Universidad de concepción. 14 p.
- Espinosa, M. 1991. Efecto de diferentes intensidades de poda y de raleo en el crecimiento de un rodal joven de *Pinus radiata*. Chillán. Universidad de Concepción. 30 p.
- Fenton, R. 1967. A timber grade study of first rotation *Pinus radiata* (D.DON) from Kaingaroa forest. *New Zealand Journal of Forestry Science* 1(2):140-159.
- Grace, J.C.; M. J. Carson. 1993. Prediction of internude lenght in *Pinus radiata* stands. *New Zealand Journal of Forestry Science* 23 (1): 10-26
- Guzmán, S.; M. Meneses. 2000. Análisis de la eficiencia de la silvicultura destinada a la obtención de madera libre de nudos en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque (Chile)* 21(2): 85-93
- Hawley, R. C.; D. M. Smith. 1972. Silvicultura práctica. Barcelona., Omega. 544 pp.
- Inglis, C.; M. Cleland. 1982. Predicting final branch size in thinned radiata pine stands. Forest Research Institute FRI. New Zealand Forest Service. (Bulletin 3).

- Jayawickrama, K.; C. Shelbourne.; M, Carson. 1997. New Zealand long internode breed of Radiate pine. *New Zealand Journal of forestry Science* 27(2): 126-141
- James, R.; J. Tustin; W. Sutton. 1970. Symposium on pruning and thinning. Rotorua. Forest Research Institute. New Zealand Forest Service. (Reprint 436)
- Knowles, R.; M. Kimberley. 1992. The effects of site stocking and genetics on second-log branching in *Pinus radiata*. Forest Research Institute FRI. New Zealand Forest Service. (Report 33).
- Knowles, R.; M. Middlemiss. Validation of the model to predict branch index in direct sawlog regimes. Forest Research Institute FRI. New Zealand Forest Service. (Report 4).
- Kimberley, M.; Knowles.; R.; 1993. A model to predict branch index in radiate pine sawlog regimes. Forest Research Institute FRI. New Zealand Forest Service. (Report 1).
- Maclaren, J. P. 1993. Radiata pine grower's Manual. FRI Bulletin N°184. Rotorua New Zealand Forest Research Institute. 139 p.
- Meneses, M. 1989. Influencia del sitio, herramienta y época del año en que se realiza la poda sobre el proceso de cicatrización en *Pinus radiata*. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 15 p.
- Meneses, M.; B. Olivares. 1985. Predicción del tamaño del cilindro central con defectos y estimación del rendimiento de madera aserrada libre de nudos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 10 p.
- Meneses, M.; B. Olivares. 1989. Influencia del sitio, herramienta y época del año en que se realiza la poda sobre el proceso de cicatrización en *Pinus radiata*. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 15 p.
- Meneses, M.; J. Velasco. 1990. Efecto del raleo y la poda en el crecimiento diametral de ramas. Valdivia. INFOR. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 13 p.
- Mezzano, S. 1998. Comportamiento del aprovechamiento y calidad de madera aserrada de *Pinus radiata* D. Don a partir de variables de las trozas. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 57 p.
- Morales, A. 1999. Evaluación técnico-económica de dos regímenes silviculturales aplicados a *Pinus radiata* D. Don, para la producción de madera libre de nudos en sitios de alta calidad en Chile. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 65 p.

- Olivares, B.; J.E. Díaz-Vaz; R. Juacida; H. Poblete; M. Meneses. 1985. Determinación de la relación entre diámetro sobre muñón y diámetro del cilindro defectuoso mediante análisis de trozas basales de *Pinus radiata* D. Don. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 69 p. (Informe convenio 83).
- Park, J.C. 1980. A grade index for pruned butt logs. *New Zealand Journal of Forestry Science* 10(2): 419-438
- Park, J.C. 1982. Occlusion and defects core in pruned *Radiata pine*. Forest Research Institute. Rotorua. New Zealand Forest Service. FRI. New Zealand Forest Service. 15p. (Bulletin 2).
- Rodríguez, C. 1986. Prácticas silvícolas en plantaciones de *Pinus radiata*. Valdivia. Seminario SILV 315. Escuela de Graduados. Universidad Austral de Chile. Magíster en Ciencias. 26p.
- Sutton, R.; J. 1985. Pino radiata, Sus excepcionales perspectivas en el comercio mundial de productos forestales. Fundación Chile. Departamento Forestal. Publicación Técnica N°17. 32p.
- Tombleson J.D.; J.C. Grace; C.S. Inglis. 1990. Response of Radiata pine branch characteristics to site and stocking. New Zealand Carter Holt Harvey Forest Ltda. New Zealand Forest Service. 292-232p.
- Velasco, J. 1984. Influencia de la densidad de plantación sobre el grosor de ramas. Forestal Celco Ltda. Constitución. 9 p. (Nota Técnica 15).
- Velasco, J. 1992. Rendimiento de madera aserrada libre de nudos en trozas podadas de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 74p.
- Watt, M.S.; J. Turner ; E. Mason. Genetic influence on second-log branching in *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science* 30(3):315-331.
- Whiteside, I.D. 1983. Predicting *radiata pine* gross sawlog values and timber grades from log variables. Rotorua. Forest Research Institute. New Zealand Forest Service. FRI. New Zealand. 33p. (Bulletin 4).
- Zimmermann, B; J. Talbert. 1992. Técnicas de Mejoramiento Genético de árboles Forestales. México, Limusa. 545p.

ANEXOS

Anexo 1
Abstract and keywords

**Analysis of the diametrical growth branches for
Pinus radiata D. Don, in different sites,
between the regions VII and IX**

The current study analyzed the branches diametrical growth, in different *Pinus radiata* stands, located since VII and IX region of Chile. The branch size measurements were collected across a range of sites, and identified the factors which appeared to influence branch diameter. The variable employed to represent the diametrical growth branches; it was Branch Index (BIX), it is defined like the average of the four largest branches for a given log length. The main objectives of this study were: to determine the relationships between branch index and silvicultural management; like thinning, pruning and site index, and other variables of the tree; like branching habit, branch cluster frequency, mean internode length and the size of the knotty zone.

Key words: branches index, mean internode length, final density, pruning

Anexo 2
Simbología utilizada

Simbología empleada para cada variable del estudio

VARIABLE	SÍMBOLO	UNIDAD
Diámetro a la altura del pecho	DAP	cm
Diámetro a la altura del pecho a los 20 años	DAP20	cm
Índice de sitio	IS	m
Zona de crecimiento	ZC	
Índice de ramas	BIX	cm
Diámetro de la rama mayor	DRM	cm
Largo de internudo medio	LIM	m
Tamaño de los verticilos	TZN	m
Número de verticilos	NV	
Edad poda 1	EP1	años
Edad poda 2	EP2	años
Altura poda 1	HP1	m
Altura poda 2	HP2	m
Altura de poda final	HPF	m
Edad raleo 1	ER1	años
Edad raleo 2	ER2	años
Densidad raleo 1	DR1	arb/ha
Densidad raleo 2	DR2	arb/ha
Densidad final	DF	arb/ha
Altura total	HT	m

Anexo 3
Características de los rodales de la muestra

Características de los rodales, para la muestra de la troza 2

RODAL	NUMERO ÁRBOLES	DBH20 (cm)	HTOTAL (m)	HPODA (m)	ACV/VA (m)	HCOPA (m)	ZONACREC	IS (m)	DFINAL (arb/ha)
1	12	31,6	34,3	8,3	11,2	23,1	7	28	500,5
2	11	33,5	22,9	7,1	7,9	15,0	7	24	238,5
3	10	35,0	27,7	8,3	11,0	16,7	7	28	529,6
4	5	25,9	30,9	8,5	15,2	15,7	4	26	473,6
5	10	38,1	34,4	8,9	14,0	20,4	4	30	240,4
6	12	44,8	30,2	7,8	8,8	21,3	6	31	250,2
7	11	39,5	28,7	8,4	10,2	18,5	6	29	268,9
8	5	34,6	33,2	9,1	13,5	19,7	6	30	320
9	10	38,4	28,4	7,9	9,7	18,6	6	30	316,8
10	10	42,0	27,7	8,4	8,8	18,9	7	30	246,7
11	7	30,9	33,3	8,6	17,6	15,7	7	27	296,5
12	10	37,4	29,9	7,7	11,5	18,4	6	27	238
13	9	29,1	30,8	8,2	14,4	16,4	7	26	525
14	10	36,7	31,7	8,0	13,3	18,5	7	29	325
15	9	37,8	31,1	7,7	14,5	16,6	7	29	395
16	8	34,8	35,0	8,3	16,5	18,4	7	31	242
17	10	34,0	28,9	8,7	11,7	17,2	6	24	240
18	10	31,6	21,4	6,5	6,6	14,9	4	22	461
19	10	36,4	30,5	7,3	16,1	14,4	4	27	261
20	10	41,5	28,6	7,9	12,5	16,1	4	30	345
21	6	38,5	31,6	8,6	11,8	19,7	4	28	396
22	9	41,6	30,6	8,2	12,1	18,6	4	28	213
23	9	44,7	27,6	7,7	11,9	15,6	4	32	428
24	9	39,3	26,0	8,0	10,8	15,3	4	30	305
25	9	40,5	22,6	6,2	7,5	15,1	4	26	397
26	6	31,1	29,1	9,0	9,4	19,7	7	28	375
27	12	35,6	28,4	8,1	9,7	18,7	4	27	249
28	10	38,5	28,0	7,0	13,6	14,4	6	30	511
29	10	39,0	30,2	7,9	16,4	13,8	6	30	646
30	9	36,4	27,9	8,0	13,1	14,8	6	26	536
31	10	50,0	22,3	6,7	8,4	13,9	9	31	408
32	12	38,7	22,8	6,0	8,8	14,0	9	28	529
33	10	52,7	24,3	6,7	9,7	14,6	9	31	392
34	8	38,7	16,7	6,0	6,1	10,6	8	27	460
35	10	38,6	27,4	8,2	10,9	16,5	8	29	-
36	10	38,6	23,4	6,7	8,3	15,1	8	26	-
37	10	44,5	19,3	6,4	6,8	12,5	4	27	452
38	12	44,0	18,9	6,7	6,8	12,1	4	27	342
39	12	46,3	20,2	7,0	7,1	13,1	4	28	370
40	12	42,7	20,0	5,9	6,2	13,8	4	28	443
41	12	45,2	20,7	6,2	6,2	14,5	4	29	483
42	12	42,9	20,9	5,9	6,0	14,9	2	30	508
43	12	42,7	21,1	6,0	6,1	15,0	2	25	361
44	12	36,4	23,2	6,9	8,1	15,1	2	26	380
45	10	43,0	22,7	7,5	7,8	14,8	2	29	511
46	11	39,4	21,4	6,7	6,7	14,6	4	30	502
47	10	44,6	25,3	6,9	9,7	15,6	6	27	338
PROMEDIO	10	38,9	26,6	7,5	10,4	16,2	5,5	28	383,3
MAX	12	52,7	35,0	9,1	17,6	23,1	9,0	32	646,0
MIN	5	25,9	16,7	5,9	6,0	10,6	2,0	22	213,0
D. EST	1,8	5,3	4,8	0,9	3,2	2,5	1,9	2	108,5
C.V.	18	13,6	17,8	12,5	30,9	15,7	34,9	8	28,3

Anexo 4
Características de las ramas de la muestra

Características de las ramas, para la muestra de la troza 2

RODAL	INDICE DE RAMAS		RAMA MAXIMA		L. INTERNUDO (5.05-9.15)		ZONA NUDOSA		N° VERTICILLOS	
	PROMEDIO	CV (%)	PROMEDIO	CV (%)	PROMEDIO	CV (%)	PROMEDIO	CV (%)	PROMEDIO	CV (%)
1	3,9	34,7	5,2	24,3	1,12	45,09	0,25	56,41	3,6	38,5
2	4,2	34,7	5,7	26,1	0,73	77,24	0,16	16,33	6,0	39,4
3	4,1	27,5	5,1	15,6	1,09	66,26	0,21	72,86	4,4	44,4
4	3,0	50,0	4,3	26,4	0,76	45,11	0,15	20,15	5,4	38,4
5	3,4	32,9	5,5	33,4	0,75	33,78	0,22	24,91	5,1	23,5
6	4,2	21,9	5,2	16,7	0,68	60,34	0,21	23,17	5,6	36,2
7	3,6	21,3	4,4	16,4	0,63	41,31	0,18	19,33	5,5	29,5
8	3,2	20,5	3,9	16,4	0,62	39,81	0,18	30,16	5,8	28,3
9	3,2	31,8	4,3	22,2	0,74	46,81	0,14	24,80	5,8	42,9
10	5,0	33,3	6,6	21,6	0,98	60,15	0,17	22,59	4,2	40,2
11	2,6	18,7	3,1	12,5	0,59	45,15	0,16	25,01	6,4	33,4
12	4,0	24,6	5,0	19,1	0,45	28,07	0,21	37,38	6,4	28,7
13	3,2	27,2	4,0	17,4	0,59	44,27	0,24	27,25	5,3	24,8
14	3,9	29,1	4,7	15,3	0,66	40,05	0,22	31,85	5,5	31,2
15	4,0	13,3	4,7	13,7	1,12	51,87	0,22	30,17	3,9	50,5
16	2,9	21,5	3,3	12,1	0,78	39,45	0,19	30,39	5,3	33,4
17	4,0	32,0	4,8	14,1	0,61	44,01	0,23	23,25	5,5	21,4
18	3,4	12,2	4,3	17,7	0,54	27,45	0,18	25,56	6,0	19,2
19	3,2	22,5	3,9	20,3	0,61	50,33	0,24	44,09	5,9	31,4
20	4,1	30,3	5,2	19,1	0,50	37,50	0,20	32,43	6,4	26,8
21	3,1	30,3	4,0	21,4	0,65	23,90	0,17	20,57	5,7	14,4
22	3,5	36,7	4,8	24,5	0,65	38,66	0,23	27,78	5,2	20,9
23	3,8	25,3	4,8	18,4	0,82	52,37	0,16	19,71	4,9	40,2
24	3,5	23,5	4,4	16,3	0,93	36,06	0,13	19,80	4,8	29,2
25	4,3	25,4	5,4	18,1	0,90	33,00	0,18	28,90	4,4	25,4
26	2,5	38,7	3,3	19,2	0,60	51,14	0,17	40,79	6,2	27,9
27	3,9	21,5	5,0	19,2	0,64	38,22	0,20	22,93	5,4	28,9
28	3,2	14,1	4,0	17,1	0,57	41,31	0,15	16,44	6,6	25,9
29	3,6	20,9	4,6	18,0	0,61	37,59	0,17	14,94	6,0	28,3
30	4,5	36,7	5,4	18,5	0,91	54,66	0,15	20,70	5,0	41,2
31	4,3	17,9	5,0	12,8	0,76	56,31	0,16	36,90	5,5	38,6
32	3,9	16,2	4,8	16,6	0,63	41,03	0,16	26,40	6,0	28,4
33	4,9	12,8	5,6	10,6	0,69	26,23	0,18	23,03	5,3	20,0
34	4,7	29,2	6,1	19,4	0,56	38,63	0,15	23,02	7,0	30,5
35	3,7	20,5	4,4	16,2	0,76	75,47	0,16	24,67	6,0	35,1
36	4,4	30,9	5,4	15,5	0,69	42,98	0,17	29,77	5,3	30,9
37	4,0	19,5	4,9	18,4	0,52	10,91	0,16	17,37	6,5	13,1
38	4,4	34,1	5,5	18,5	0,71	56,74	0,23	26,38	5,0	31,9
39	4,3	15,9	5,3	16,5	0,72	41,07	0,15	19,70	5,2	27,2
40	4,1	20,2	5,0	15,2	0,85	48,51	0,18	33,72	4,5	33,5
41	4,0	20,5	4,7	13,8	0,66	64,47	0,15	18,94	6,3	31,4
42	3,5	18,1	4,2	15,1	0,61	33,73	0,15	31,37	6,1	30,1
43	4,6	25,1	5,4	13,0	0,48	38,00	0,19	21,52	6,7	25,0
44	3,4	18,7	4,1	14,7	0,38	15,77	0,17	27,68	7,4	12,1
45	3,8	20,6	4,4	10,2	0,63	43,34	0,17	12,48	6,0	30,4
46	3,6	19,0	4,3	13,6	1,07	47,97	0,14	26,99	4,1	40,1
47	4,5	22,8	5,6	18,2	0,50	27,25	0,21	23,75	6,2	14,8

CV= coeficiente de variación (= 100 * desviación estandar/ promedio)

Características de las ramas, para la muestra de la troza 3

RODAL	INDICE DE RAMAS		MAX RAMA		L. INT. (9.15-13.25)		ZONA NUDOSA		N° VERTICILLOS	
	PROMEDIO	CV	PROMEDIO	CV	PROMEDIO	CV	PROMEDIO	CV	PROMEDIO	CV
1	4,43	18,85	5,52	20,13	0,68	47,10	0,25	23,60	4,10	49,39
2	3,89	26,68	4,86	28,50	0,60	37,34	0,26	38,84	4,38	29,77
3	7,10	28,17	8,88	29,32	0,38	17,71	0,26	5,96	5,50	23,47
4	5,28	13,95	6,60	21,23	0,77	44,12	0,39	113,33	3,57	62,31
5	4,66	41,56	5,84	46,57	0,72	70,84	0,19	47,17	4,50	39,40
6	2,90	22,01	3,88	26,81	0,72	82,08	0,24	38,70	4,20	54,29
7	5,37	20,49	7,77	40,09	0,61	41,54	0,28	34,16	4,00	31,18
8	5,70	13,21	7,03	15,05	0,60	60,42	0,27	48,83	4,80	35,14
9	4,88	20,17	5,92	30,15	0,54	54,07	0,21	37,89	5,40	27,88
10	4,70	14,85	5,78	20,79	0,45	34,47	0,26	44,14	5,20	32,43
11	5,42	25,67	6,76	31,98	0,44	22,75	0,20	27,79	5,20	21,07
12	4,65	19,27	6,24	43,31	0,37	18,74	0,18	10,52	6,80	6,58
13	3,66	15,74	4,69	21,25	0,47	30,50	0,15	34,26	6,14	42,48
14	3,37	13,21	4,89	26,57	0,61	70,92	0,19	36,59	5,71	40,05
15	3,78	22,98	4,86	35,83	0,35	21,03	0,26	54,34	6,36	25,60
16	5,20	22,48	7,00	41,60	0,35	20,88	0,26	28,45	6,50	18,39
17	3,66	19,07	4,55	28,03	0,43	33,09	0,25	50,05	5,67	28,82
18	4,06	15,03	5,04	19,60	0,52	45,70	0,26	31,09	5,22	28,37
19	4,73	12,32	5,63	18,30	0,71	44,54	0,26	43,51	4,25	49,91
20	3,20	21,07	3,81	25,59	0,58	39,87	0,26	48,26	4,78	42,87
21	5,15	28,59	6,60	32,71	0,36	35,18	0,32	34,48	5,22	32,86
22	3,76	21,22	4,78	36,53	0,53	67,35	0,28	49,85	5,60	34,91
23	5,20	20,21	6,23	23,68	0,44	47,88	0,25	43,53	5,57	29,05
24	3,58	19,73	4,58	30,80	0,63	51,31	0,26	55,63	5,00	41,40
25	3,32	26,04	3,95	35,11	0,71	63,09	0,25	30,74	4,33	37,68
26	4,12	21,45	4,42	22,97	0,65	59,06	0,15	26,84	5,50	49,79
27	4,20	17,51	4,83	20,72	0,64	33,29	0,25	29,24	5,17	31,01
28	4,31	12,60	5,40	17,70	0,65	64,63	0,31	45,89	4,91	44,12
29	3,92	9,44	4,89	18,29	0,44	18,55	0,17	19,25	6,57	19,36
30	3,66	17,17	4,77	28,11	0,51	52,65	0,19	22,06	6,33	24,97
31	5,07	22,49	6,09	25,18	0,69	74,14	0,18	30,74	5,29	38,95
32	4,75	8,35	5,46	9,35	0,42	33,16	0,25	28,20	6,11	19,09
CV= coeficiente de variacion (= 100 * desviación estandar/ promedio)										

Diámetros promedios de las ramas para la muestra de la troza 2

RODAL	DRAMA 1 (cm)	DRAMA 2 (cm)	DRAMA 3 (cm)	DRAMA 4 (cm)
1	3,66	4,23	3,79	4,09
2	5,35	3,64	3,89	4,16
3	4,52	3,94	3,89	4,23
4	3,86	3,46	2,60	2,08
5	4,84	3,06	3,20	3,63
6	4,60	4,15	4,23	3,99
7	3,63	3,55	3,44	3,65
8	3,56	2,96	3,36	2,76
9	3,90	3,14	3,20	2,51
10	5,61	5,40	4,45	4,67
11	2,77	2,66	2,57	2,57
12	4,76	4,00	3,80	3,30
13	3,82	2,72	2,94	3,30
14	4,32	3,59	3,96	3,88
15	4,24	3,67	4,04	4,07
16	2,94	2,90	2,69	3,06
17	4,34	3,76	3,58	4,13
18	4,01	3,31	3,38	2,94
19	3,53	3,25	3,31	2,80
20	4,90	4,17	3,59	3,69
21	3,57	3,50	2,88	3,10
22	4,37	3,53	3,08	3,39
23	4,58	3,73	3,41	3,59
24	4,17	3,41	3,10	3,41
25	4,70	4,04	3,98	4,29
26	2,98	2,15	2,17	2,73
27	4,55	3,95	3,18	4,08
28	3,88	3,08	2,63	3,12
29	3,99	4,10	3,19	2,95
30	5,02	5,11	4,59	3,90
31	4,56	4,19	4,09	4,24
32	4,41	3,78	3,50	3,97
33	5,30	4,96	4,73	4,75
34	5,29	4,63	4,69	4,33
35	3,50	3,78	3,39	4,01
36	4,33	4,39	4,07	4,66
37	4,58	4,08	3,66	3,57
38	4,50	4,17	4,38	5,01
39	4,84	4,43	3,79	4,04
40	4,43	4,00	3,72	4,33
41	4,08	4,02	3,84	4,09
42	3,61	3,43	3,55	3,46
43	4,99	4,43	4,40	4,55
44	3,78	3,31	3,27	3,09
45	4,07	3,76	3,91	3,62
46	3,55	3,51	3,51	3,73
47	5,34	4,72	4,21	3,84
PROMEDIO	4,26	3,78	3,59	3,69
MAX	5,61	5,40	4,73	5,01
MIN	2,77	2,15	2,17	2,08
D. EST	0,66	0,65	0,59	0,65
C.V.	15,52	17,09	16,43	17,75

Diámetros promedios de las ramas para la muestra de la troza 3

RODAL	DRAMA 1 (cm)	DRAMA 2 (cm)	DRAMA 3 (cm)	DRAMA 4 (cm)
1	4,59	4,18	4,31	4,63
2	4,54	3,53	3,78	3,74
3	8,38	6,65	5,75	7,63
4	6,09	4,49	4,56	5,97
5	5,04	4,69	3,98	4,95
6	3,58	2,44	2,98	2,58
7	6,72	4,51	4,65	5,61
8	6,25	5,47	5,73	5,36
9	4,80	5,30	4,89	4,52
10	5,32	4,79	4,45	4,24
11	6,40	5,40	5,18	4,68
12	5,56	5,10	4,12	3,82
13	3,59	3,34	4,09	3,63
14	4,71	2,79	2,73	3,24
15	4,85	3,26	3,33	3,68
16	5,26	5,76	4,71	5,08
17	3,93	3,63	3,18	3,88
18	4,48	3,92	4,02	3,83
19	4,99	4,56	4,90	4,48
20	3,63	3,33	3,11	2,73
21	6,06	4,39	4,80	5,34
22	4,28	3,80	3,68	3,26
23	6,21	5,06	5,09	4,43
24	4,28	3,69	2,89	3,49
25	3,78	3,38	3,18	2,92
26	4,10	4,10	4,13	4,15
27	4,45	3,75	4,40	4,18
28	5,18	3,90	3,92	4,25
29	4,41	4,24	3,70	3,33
30	4,34	4,17	3,09	3,02
31	5,00	5,09	5,11	5,09
32	5,23	4,44	4,86	4,48
PROMEDIO	5,00	4,29	4,17	4,26
MAX	8,38	6,65	5,75	7,63
MIN	3,58	2,44	2,73	2,58
D. EST	1,05	0,91	0,83	1,05
C.V.	21,08	21,16	19,88	24,72

Anexo 5
Historial de manejo para los rodales de la muestra

Historial de manejo para los rodales de la troza 2

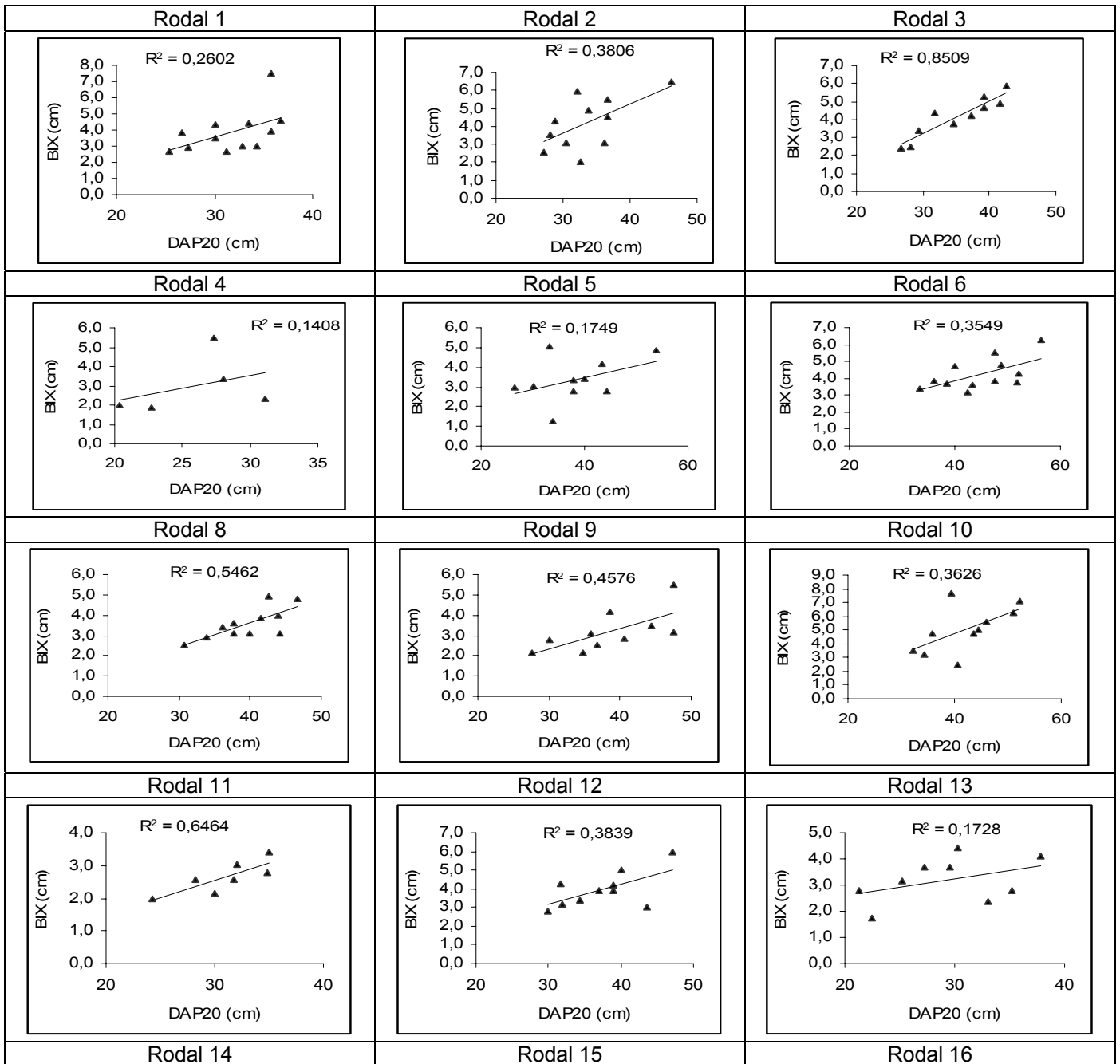
RODAL	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5	EP6	HP1	HP2	HP3	HP4	ER1	ER2	ER3	ER4	DR1	DR2	DR3	DR4	DF
	(años)						(m)				(años)				(N° arb/ha)				
1	11,0						7,2			7,3	11,0				504,0				500,5
2	6,0	7,1	9,1				2,6	4,8	7,3	7,2	6,0	11,0	13,0		758,0	459,0	234,0		238,5
3	7,1	9,1					4,5	7,5		6,1	6,0	11,0			771,0	425,0			529,6
4	12,0						6,8			5,5	18,1				488,0				473,6
5	11,1						8,1			8,4	12,1	15,1			377,0	215,0			240,4
6	5,1	8,0					2,8	7,3		7,5	5,1	11,0			880,0	390,0			250,2
7	5,1	8,0					3,0	7,0		7,6	5,1	11,0			777,0	394,0			268,9
8	11,0						6,9			8,0	14,1				274,0				320,0
9	7,0	8,0					2,2	7,0		7,1	6,0	11,1			877,0	317,0			316,8
10	7,1	11,1					5,9	7,7			6,0	11,0			688,0	249,0			246,7
11	7,1	9,1	10,1				3,1	6,5	7,6	8,5	10,0	13,1	17,0		855,0	522,0	342,0		296,5
12	5,0	7,0	8,0	9,0							5,0	11,0	15,0		400,0	283,0			238,0
13	7,0	9,0	11,0								7,0	16,0							525,0
14	7,0	8,0	9,0	10,0							7,0	14,0			400,0				325,0
15	8,0	9,0	11,0								8,0	15,0			393,0				395,0
16	7,0	9,0	11,0								7,0	12,0	18,0		568,0	305,0			242,0
17	6,0	8,0	10,0								7,0	11,0	14,0		367,0	304,0			240,0
18	7,0	9,0	10,0								7,0	14,0			461,0				461,0
19	6,0	8,0	10,0								7,0	15,0	18,0		438,0	242,0			261,0
20	5,0	6,0	7,0	8,0							5,0	11,0			517,0				345,0
21	5,0	7,0	8,0	9,0							5,0	16,0			396,0				396,0
22	5,0	7,0	8,0	9,0							5,0	13,0	16,0		324,0	183,0			213,0
23		8,0	9,0								6,0								428,0
24		7,0	9,0	10,0							6,0								305,0
25		7,0	9,0								6,0								397,0
26	5,0	6,0	7,0	9,0	10,0						5,0		15,0			322,0			375,0
27	6,0	7,0	9,0	10,0							6,0	12,0	15,0		415,0	249,0			249,0
28			9,0								4,0	14,0			493,0				511,0
29	7,0	8,0	10,0								7,0								646,0
30	8,0	9,0	10,0								8,0								536,0
31	6,0	7,0					2,7	4,0			6,0	10,0			745,0	408,0			408,0
32	7,0	8,0	9,0				2,9	4,2	5,5		7,0	13,0			874,0	529,0			529,0
33	6,0	7,0	8,0				3,2	4,2	5,4		6,0	11,0			810,0	392,0			392,0
34	5,0	7,0	9,0				1,4	3,7	5,6		10,0				460,0				460,0
35	6,0	9,0					3,0	7,7			6,0	13,0			827,0	520,0			
36	5,0	7,0	9,0				1,8	5,0	6,7		5,0	13,0			800,0	460,0			
37	6,0	7,0	8,0	9,0			2,1	2,8	4,4	6,0	6,0	12,0			605,0	452,0			452,0
38	6,0	7,0	8,0	9,0			2,5	3,6	5,1	6,1	6,0	12,0			587,0	342,0			342,0
39	5,0	7,0	8,0	9,0			2,6	3,5	5,1	6,1	5,0	11,0			700,0	370,0			370,0
40	6,0	8,0	9,0				2,2	3,8	5,0		5,0	11,0			729,0	443,0			443,0
41	6,0	8,0	8,0				2,3	4,3	6,0		6,0	11,0			636,0	483,0			483,0
42	5,0	6,0	7,0				2,7	3,6	5,0		5,0	11,0			732,0	508,0			508,0
43	8,0	9,0	10,0				2,5	3,2	5,7		8,0	12,0			734,0	361,0			361,0
44	5,0	8,0	10,0				2,7	5,1	6,2		5,0	15,0			580,0	380,0			380,0
45	6,0	7,0	9,0				3,2	5,1	6,2		6,0	12,0			787,0	511,0			511,0
46	6,0	7,0	8,0				3,5	4,2	6,3		6,0	11,0			628,0	502,0			502,0
47	9,0	10,0									9,0	14,0				338,0			338,0

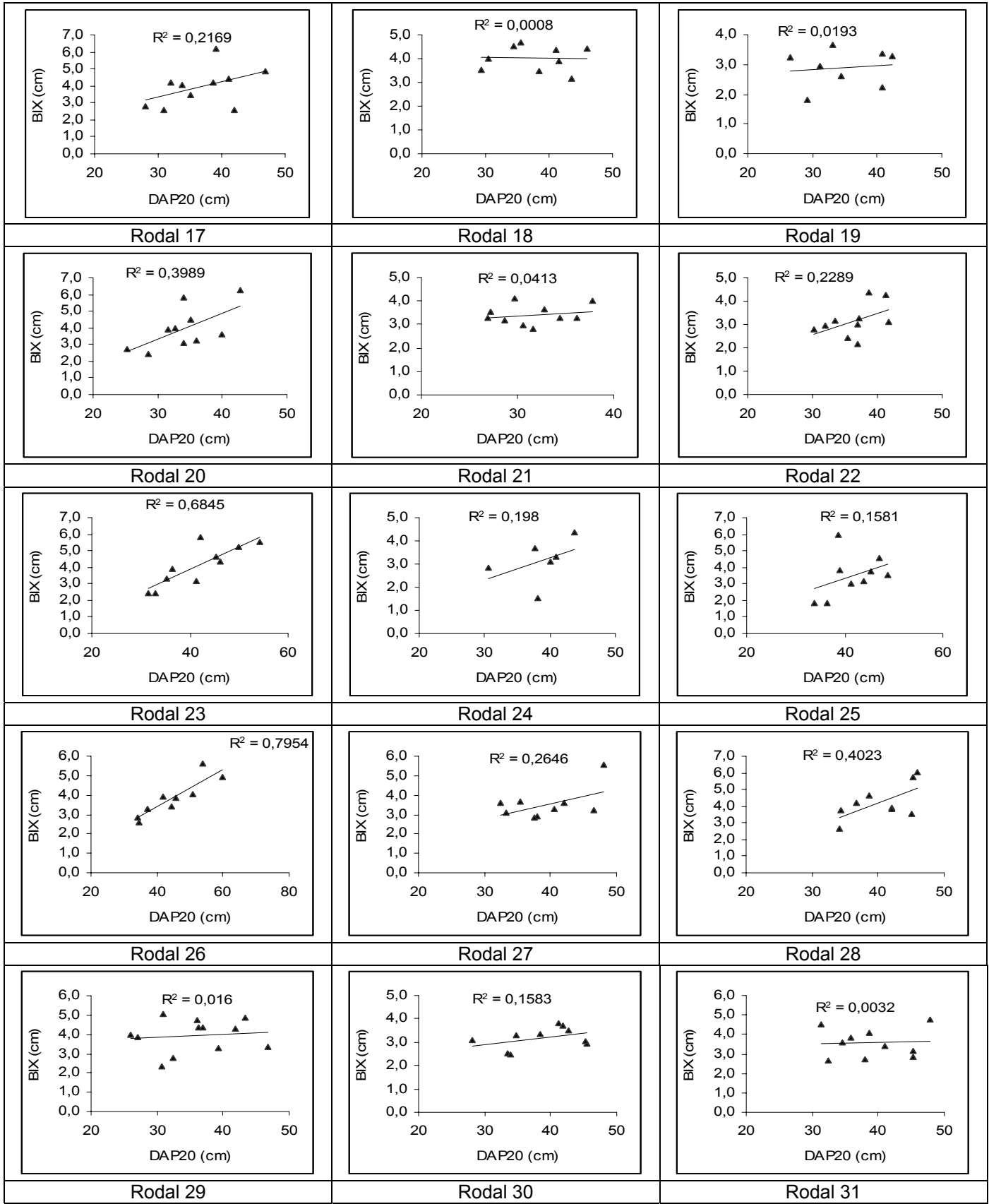
Historial de manejo para los rodales de la troza 3

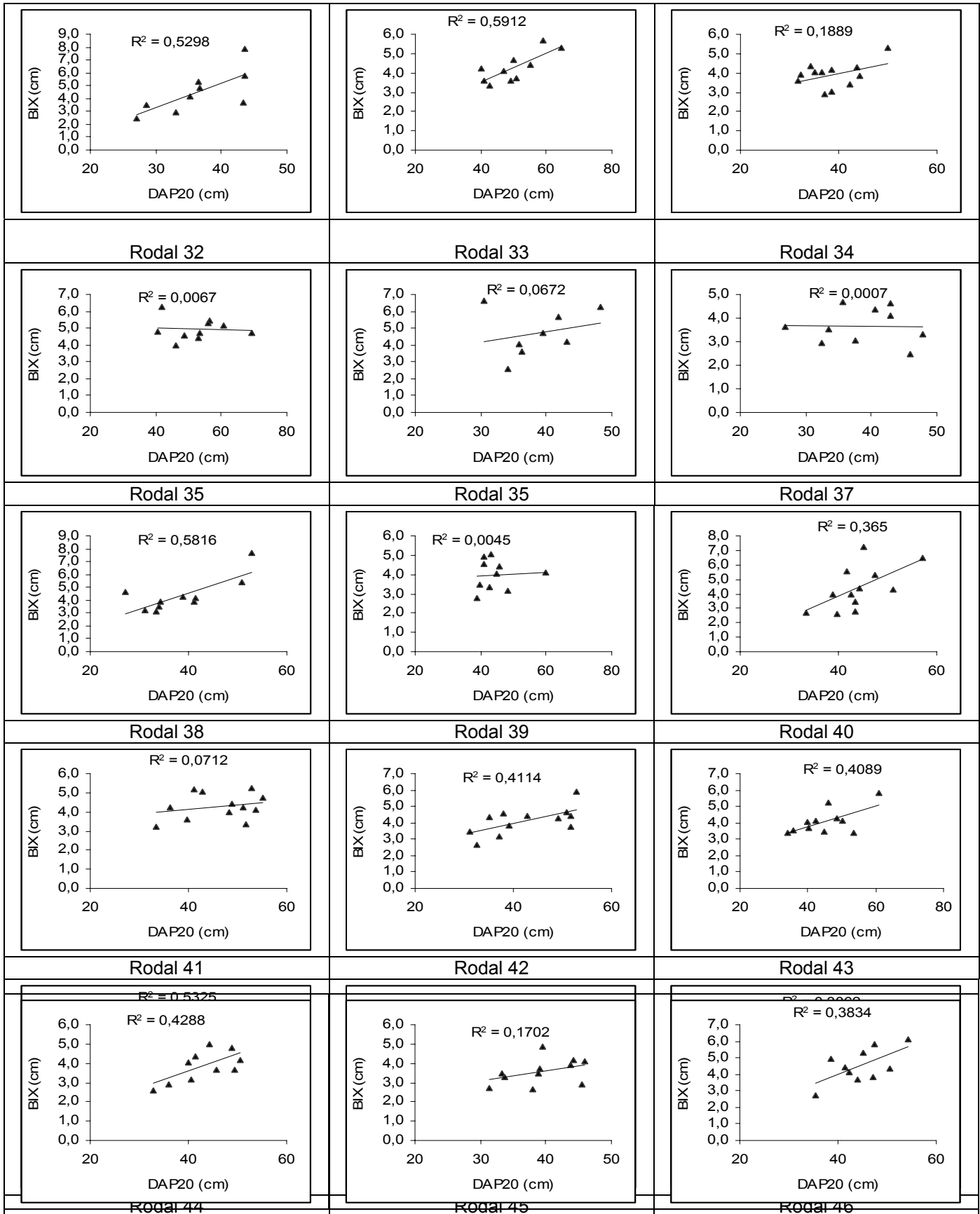
RODAL	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5	EP6	HP1	HP2	HP3	HP4	ER1	ER2	ER3	ER4	DR1	DR2	DR3	DR4	DF	
	(años)						(m)				(años)				(N° arb/ha)					
1	10						10			10	10				10					500,5
2	8						8			8	8	8			8	8				289,5
3	4	4	4				4	4	4	4	4	4	4		4	4	4			95,4
4	7	7					7	7		7	7	7			7	7				370,7
5	8						8			8	8				8					378,9
6	5						5			5	5				5					184,8
7	10						10			10	10	10			10	10				240,4
8	10	10					10	10		10	10	10			10	10				250,2
9	10	10					10	10		10	10	10			10	10				268,9
10	10						10			10	10				10					320,0
11	5	5					5	5		5	5	5			5	5				158,4
12	5	5					5	5		5	5	5			5	5				123,4
13	7	7	7				7	7	7	7	7	7	7		7	7	7			207,6
14	7	7					7	7		7	7				7					413,0
15	11	11	11									11	11	11	11	11		11		431,2
16	8	8	8	8							8	8	8		8	8				190,4
17	6	6	6								6	6								315,0
18	9	9	9	9							9	9			9					292,5
19	8	8	8								8	8			8					316,0
20	9	9	9								9	9	9		9	9				217,8
21	9	9	9								9	9	9		9	9				216,0
22	10	10	10								10	10	10		10	10				261,0
23	7	7	7	7							7	7			7					241,5
24	8	8	8	8							8	8			8					316,8
25	6	6	6	6							6	6	6		6	6				127,8
26		6	6								6									256,8
27	6	6	6	6	6						6		6			6				225,0
28	11	11	11	11							11	11	11		11	11				273,9
29			7								7	7			7					357,7
30	9	9	9								9									581,4
31	7	7	7								7									375,2
32	9	9									9	9				9				304,2

Anexo 6
Relaciones de interés para todos los rodales

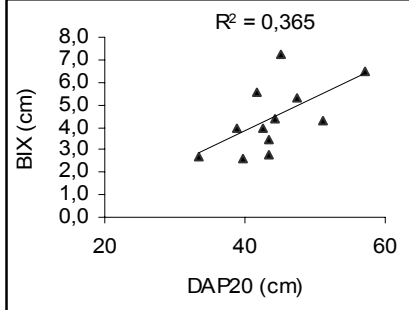
Relación entre el BIX y DAP20 para todos los rodales de la troza 2.



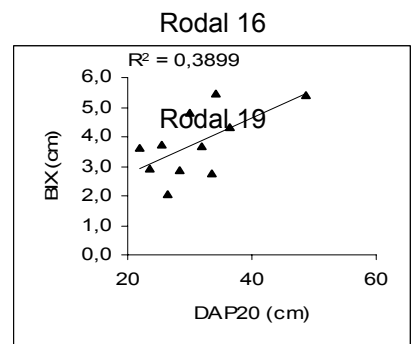
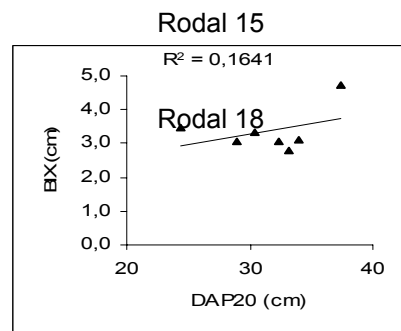
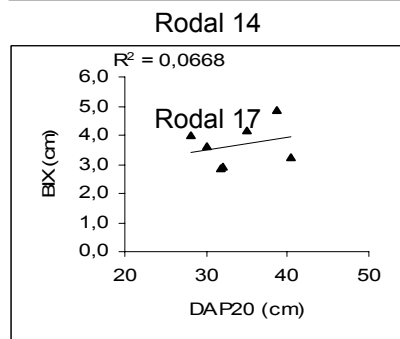
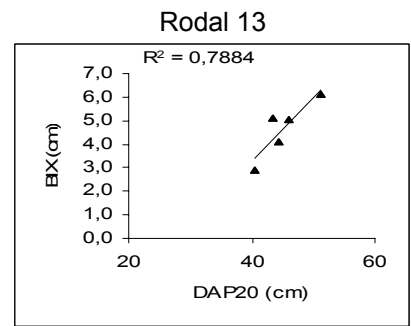
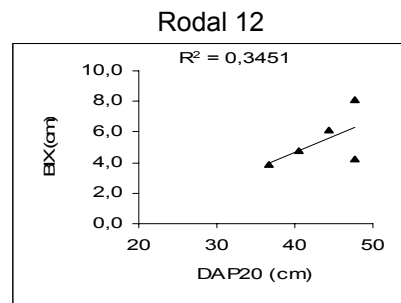
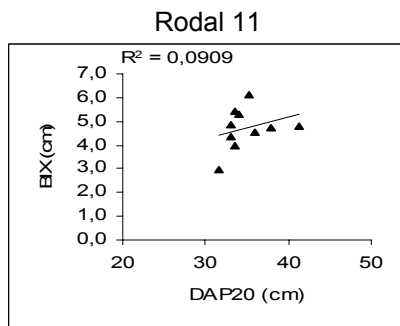
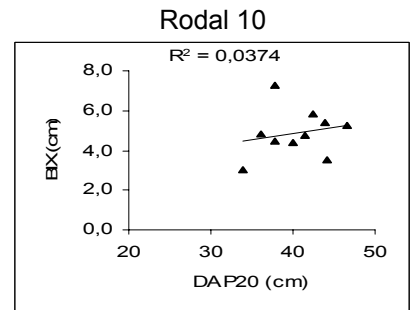
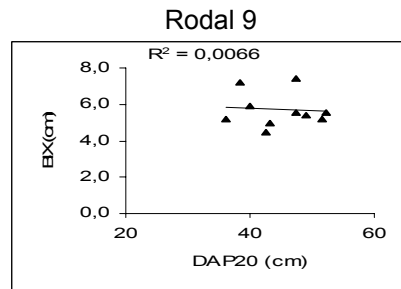
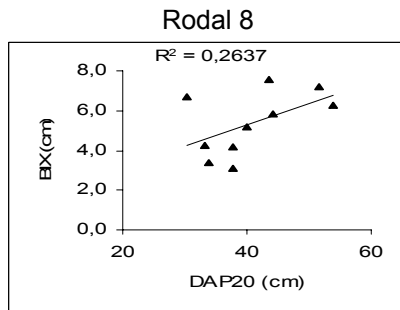
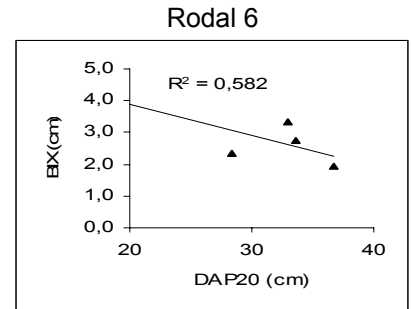
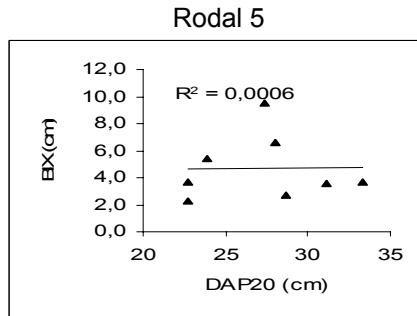
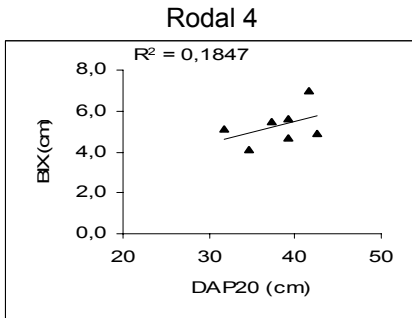
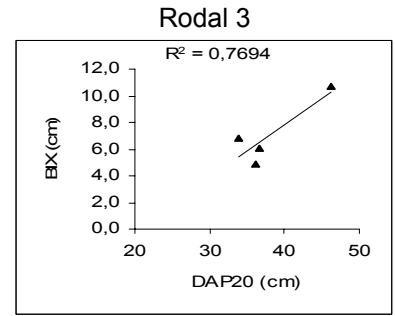
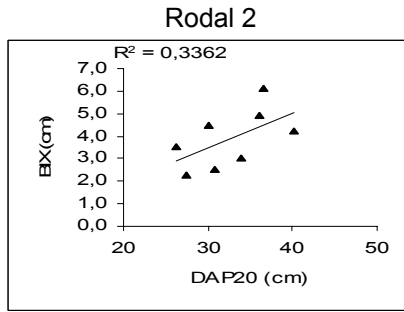
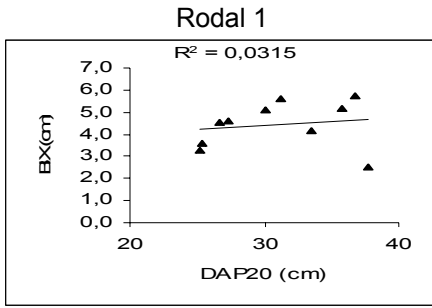


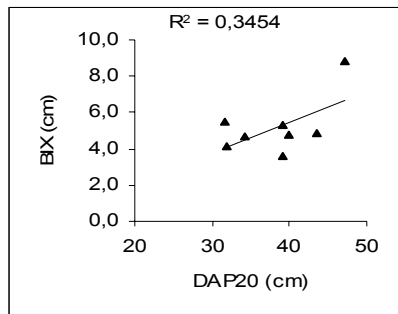


Rodal 47

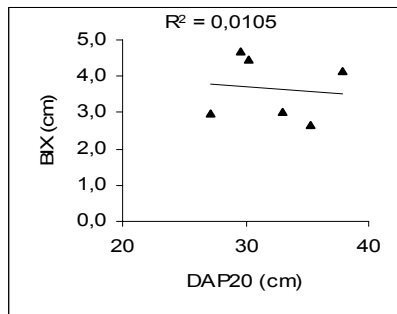


Relación entre el BIX y DAP20 para todos los rodales de la troza 3.

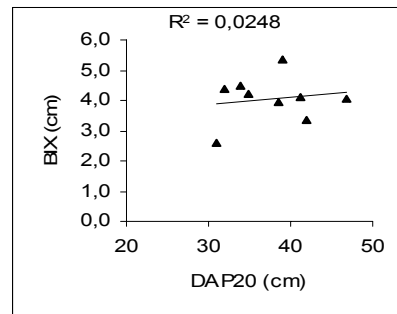




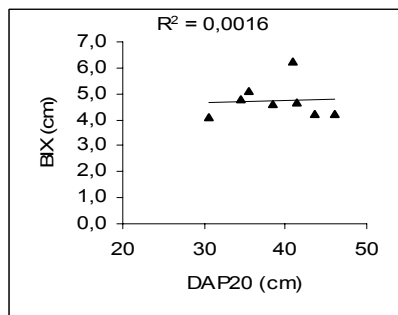
Rodal 20



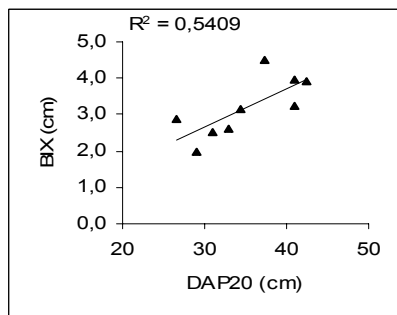
Rodal 21



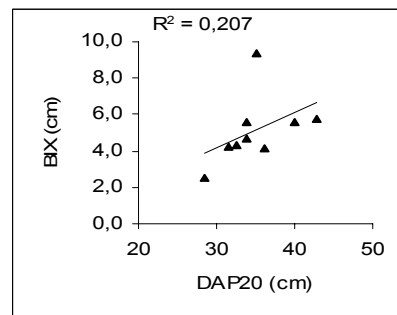
Rodal 22



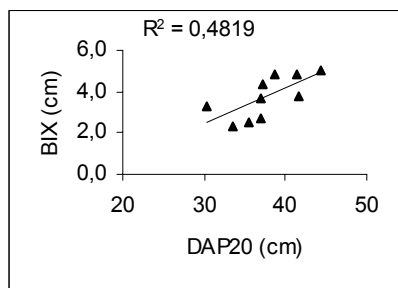
Rodal 23



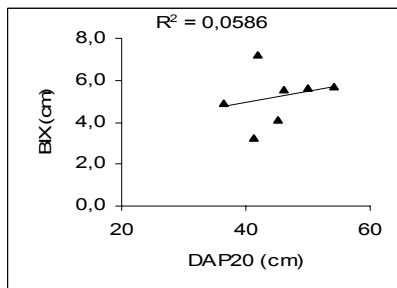
Rodal 24



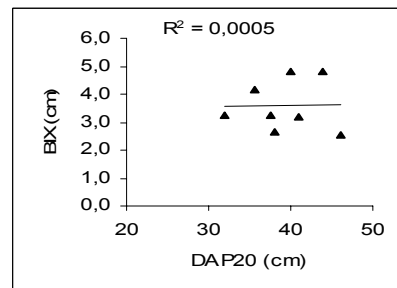
Rodal 25



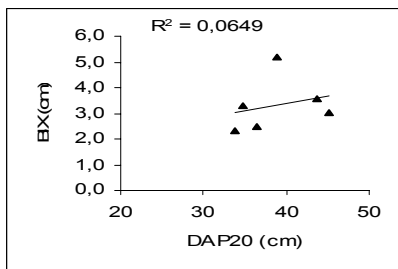
Rodal 26



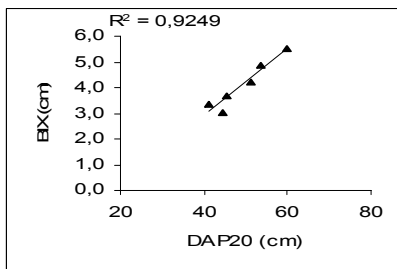
Rodal 27



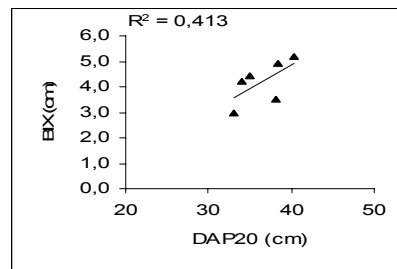
Rodal 28



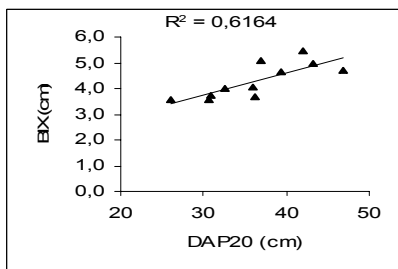
Rodal 29



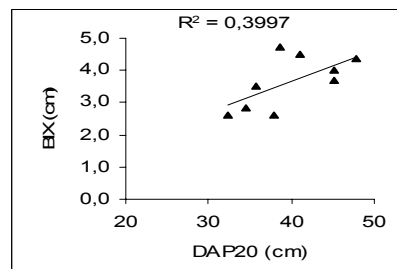
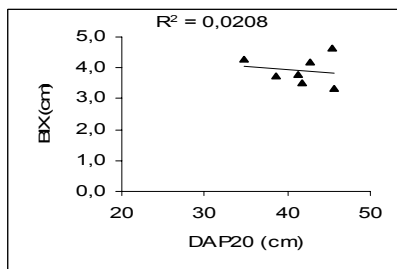
Rodal 30

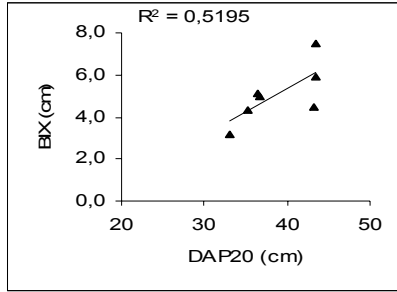


Rodal 31



Rodal 32





Anexo 7
Modelo de estimación

Simbología utilizada en el modelo de estimación del Índice de ramas

VARIABLE	SÍMBOLO
DAP proyectado a los 20 años	DAP20
Raíz cuadrada del DAP proyectado a los 20 años	$(DAP20)^{1/2}$
Inverso del DAP proyectado a los 20 años	$(1/DAP20)$
Cuadrado del DAP proyectado a los 20 años	$(DAP20)^2$
Logaritmo natural del DAP proyectado a los 20 años	Ln DAP20
Índice de sitio	IS
Raíz cuadrada del Índice de sitio	$(IS)^{1/2}$
Invertido del Índice de sitio	$(1/IS)$
Cuadrado del Índice de sitio	$(IS)^2$
Logaritmo natural del Índice de sitio	Ln IS
Densidad final	DF
Raíz cuadrada de la densidad final	$(DF)^{1/2}$
Inverso de la densidad final	$(1/DF)$
Cuadrado de la densidad	$(DF)^2$
Logaritmo natural de la densidad final	Ln DF

Variables de la troza 2, empleadas en el modelo

RODAL	BIX	DAP20	(DAP20) ^½	(1/DAP20)	(DAP20) ²	Ln DAP20	IS	(IS) ^½	(1/IS)	(IS) ²	Ln IS	DF	(DF) ^½	(1/DF)	(DF) ²	Ln DF
1	3,86	31,63	5,62	0,032	1000,14	3,45	28	5,29	0,036	784	3,33	501	22,37	0,002	250500,25	6,22
2	4,18	33,54	5,79	0,030	1124,62	3,51	24	4,90	0,042	576	3,18	239	15,44	0,004	56882,25	5,47
3	4,15	35,03	5,92	0,029	1226,95	3,56	28	5,29	0,036	784	3,33	530	23,01	0,002	280476,16	6,27
4	3,00	25,92	5,09	0,039	672,01	3,26	26	5,10	0,038	676	3,26	474	21,76	0,002	224296,96	6,16
5	3,37	38,13	6,17	0,026	1453,93	3,64	30	5,48	0,033	900	3,40	240	15,50	0,004	57792,16	5,48
6	4,24	44,81	6,69	0,022	2008,37	3,80	31	5,57	0,032	961	3,43	250	15,82	0,004	62600,04	5,52
7	3,57	39,55	6,29	0,025	1563,84	3,68	29	5,39	0,034	841	3,37	269	16,40	0,004	72307,21	5,59
8	3,16	34,57	5,88	0,029	1194,75	3,54	30	5,48	0,033	900	3,40	320	17,89	0,003	102400,00	5,77
9	3,19	38,38	6,20	0,026	1473,21	3,65	30	5,48	0,033	900	3,40	317	17,80	0,003	100362,24	5,76
10	5,03	42,00	6,48	0,024	1764,00	3,74	30	5,48	0,033	900	3,40	247	15,71	0,004	60860,89	5,51
11	2,64	30,86	5,55	0,032	952,16	3,43	27	5,20	0,037	729	3,30	297	17,22	0,003	87912,25	5,69
12	3,97	37,36	6,11	0,027	1395,56	3,62	27	5,20	0,037	729	3,30	238	15,43	0,004	56644,00	5,47
13	3,20	29,11	5,40	0,034	847,18	3,37	26	5,10	0,038	676	3,26	525	22,91	0,002	275625,00	6,26
14	3,94	36,74	6,06	0,027	1349,69	3,60	29	5,39	0,034	841	3,37	325	18,03	0,003	105625,00	5,78
15	4,01	37,81	6,15	0,026	1429,26	3,63	29	5,39	0,034	841	3,37	395	19,87	0,003	156025,00	5,98
16	2,90	34,78	5,90	0,029	1209,83	3,55	31	5,57	0,032	961	3,43	242	15,56	0,004	58564,00	5,49
17	3,95	33,98	5,83	0,029	1154,52	3,53	24	4,90	0,042	576	3,18	240	15,49	0,004	57600,00	5,48
18	3,41	31,58	5,62	0,032	997,51	3,45	22	4,69	0,045	484	3,09	461	21,47	0,002	212521,00	6,13
19	3,15	36,39	6,03	0,027	1324,33	3,59	27	5,20	0,037	729	3,30	261	16,16	0,004	68121,00	5,56
20	4,09	41,50	6,44	0,024	1722,25	3,73	30	5,48	0,033	900	3,40	345	18,57	0,003	119025,00	5,84
21	3,14	38,49	6,20	0,026	1481,64	3,65	28	5,29	0,036	784	3,33	396	19,90	0,003	156816,00	5,98
22	3,50	41,61	6,45	0,024	1731,70	3,73	28	5,29	0,036	784	3,33	213	14,59	0,005	45369,00	5,36
23	3,83	44,67	6,68	0,022	1995,11	3,80	32	5,66	0,031	1024	3,47	428	20,69	0,002	183184,00	6,06
24	3,52	39,33	6,27	0,025	1547,11	3,67	30	5,48	0,033	900	3,40	305	17,46	0,003	93025,00	5,72
25	4,25	40,47	6,36	0,025	1637,55	3,70	26	5,10	0,038	676	3,26	397	19,92	0,003	157609,00	5,98
26	2,51	31,14	5,58	0,032	969,72	3,44	28	5,29	0,036	784	3,33	375	19,36	0,003	140625,00	5,93
27	3,94	35,64	5,97	0,028	1270,03	3,57	27	5,20	0,037	729	3,30	249	15,78	0,004	62001,00	5,52
28	3,18	38,53	6,21	0,026	1484,52	3,65	30	5,48	0,033	900	3,40	511	22,61	0,002	261121,00	6,24
29	3,56	39,00	6,24	0,026	1521,00	3,66	30	5,48	0,033	900	3,40	646	25,42	0,002	417316,00	6,47
30	4,51	36,36	6,03	0,028	1322,13	3,59	26	5,10	0,038	676	3,26	536	23,15	0,002	287296,00	6,28
31	4,27	49,96	7,07	0,020	2495,84	3,91	31	5,57	0,032	961	3,43	408	20,20	0,002	166464,00	6,01
32	3,91	38,66	6,22	0,026	1494,65	3,65	28	5,29	0,036	784	3,33	529	23,00	0,002	279841,00	6,27
33	4,94	52,65	7,26	0,019	2772,43	3,96	31	5,57	0,032	961	3,43	392	19,80	0,003	153664,00	5,97
34	4,73	38,69	6,22	0,026	1497,16	3,66	27	5,20	0,037	729	3,30	460	21,45	0,002	211600,00	6,13
35	3,67	38,62	6,21	0,026	1491,32	3,65	29	5,39	0,034	841	3,37	-	-	-	-	-
36	4,36	38,56	6,21	0,026	1487,07	3,65	26	5,10	0,038	676	3,26	-	-	-	-	-
37	3,97	44,50	6,67	0,022	1980,25	3,80	27	5,20	0,037	729	3,30	452	21,26	0,002	204304,00	6,11
38	4,41	43,96	6,63	0,023	1932,34	3,78	27	5,20	0,037	729	3,30	342	18,49	0,003	116964,00	5,83
39	4,28	46,25	6,80	0,022	2139,06	3,83	28	5,29	0,036	784	3,33	370	19,24	0,003	136900,00	5,91
40	4,12	42,67	6,53	0,023	1821,04	3,75	28	5,29	0,036	784	3,33	443	21,05	0,002	196249,00	6,09
41	4,01	45,19	6,72	0,022	2042,08	3,81	29	5,39	0,034	841	3,37	483	21,98	0,002	233289,00	6,18
42	3,51	42,88	6,55	0,023	1838,86	3,76	30	5,48	0,033	900	3,40	508	22,54	0,002	258064,00	6,23
43	4,59	42,72	6,54	0,023	1825,19	3,75	25	5,00	0,040	625	3,22	361	19,00	0,003	130321,00	5,89
44	3,36	36,43	6,04	0,027	1327,31	3,60	26	5,10	0,038	676	3,26	380	19,49	0,003	144400,00	5,94
45	3,84	43,00	6,56	0,023	1849,00	3,76	29	5,39	0,034	841	3,37	511	22,61	0,002	261121,00	6,24
46	3,58	39,36	6,27	0,025	1548,90	3,67	30	5,48	0,033	900	3,40	502	22,41	0,002	252004,00	6,22
47	4,53	44,62	6,68	0,022	1990,73	3,80	27	5,20	0,037	729	3,30	338	18,38	0,003	114244,00	5,82

Estadígrafos básicos y matriz de correlación, para el modelo 1

Dep Var: BIX N: 9 Multiple R: 0.942 Squared multiple R: 0.888

Adjusted squared multiple R: 0.820 Standard error of estimate: 0.253

Effect	Coefficient	Std Error	Std Coef	Tolerance	t	P(2 Tail)
CONSTANT	16.988	5.227	0.000	.	3.250	0.023
DF	0.048	0.016	8.782	0.003	3.064	0.028
RAIZDF	-1.834	0.591	-8.812	0.003	-3.101	0.027
DAP20	0.120	0.020	1.057	0.699	5.891	0.002

Effect	Coefficient	Lower 95%	Upper 95%
CONSTANT	16.988	3.551	30.425
DF	0.048	0.008	0.088
RAIZDF	-1.834	-3.354	-0.314
DAP20	0.120	0.067	0.172

Correlation matrix of regression coefficients

	CONSTANT	DF	RAÍZDF	DAP20
CONSTANT	1.000			
DF	0.982	1.000		
RAIZDF	-0.989	-0.999	1.000	
DAP20	0.360	0.498	-0.484	1.000

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Regression	2.531	3	0.844	13.157	0.008
Residual	0.321	5	0.064		

 *** WARNING ***

Case 10 is an outlier (Studentized Residual = -2.026)

Durbin-Watson D Statistic 1.788
 First Order Autocorrelation -0.104

Estadígrafos básicos y matriz de correlación, para el modelo 2

Dep Var: BIX N: 22 Multiple R: 0.614 Squared multiple R: 0.377

Adjusted squared multiple R: 0.346 Standard error of estimate: 0.448

Effect	Coefficient	Std Error	Std Coef	Tolerance	t	P(2 Tail)
CONSTANT	6.579	0.801	0.000	.	8.212	0.000
INVDAP20	-106.565	30.614	-0.614	1.000	-3.481	0.002

Effect	Coefficient	Lower 95%	Upper 95%
CONSTANT	6.579	4.908	8.251
INVDAP20	-106.565	-170.424	-42.705

Correlation matrix of regression coefficients

	CONSTANT	INVDAP20
CONSTANT	1.000	
INVDAP20	-0.993	1.000

Analysis of Variance

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
Regression	2.428	1	2.428	12.117	0.002
Residual	4.008	20	0.200		

Durbin-Watson D Statistic 1.393
 First Order Autocorrelation 0.237

Estadígrafos básicos y matriz de correlación, para el modelo 3

Dep Var: BIX N: 15 Multiple R: 0.846 Squared multiple R: 0.717						
Adjusted squared multiple R: 0.669 Standard error of estimate: 0.368						
Effect	Coefficient	Std Error	Std Coef	Tolerance	t	P(2 Tail)
CONSTANT	8.008	0.872	0.000	.	9.180	0.000
INVDAP20	-198.430	36.177	-0.869	0.941	-5.485	0.000
INVDF	208.996	114.616	0.289	0.941	1.823	0.093
Effect	Coefficient	Lower 95%	Upper 95%			
CONSTANT	8.008	6.107	9.909			
INVDAP20	-198.430	-277.254	-119.606			
INVDF	208.996	-40.730	458.722			
Correlation matrix of regression coefficients						
	CONSTANT	INVDAP20	INVDF			
CONSTANT	1.000					
INVDAP20	-0.922	1.000				
INVDF	-0.135	-0.244	1.000			
Analysis of Variance						
Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P	
Regression	4.104	2	2.052	15.168	0.001	
Residual	1.623	12	0.135			

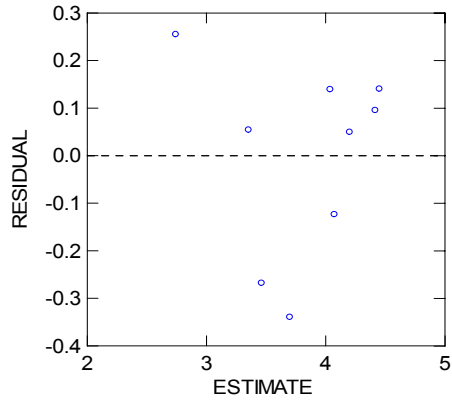
*** WARNING ***						
Case	5 is an outlier		(Studentized Residual =		4.366)	
Durbin-Watson D Statistic		3.068				
First Order Autocorrelation		-0.575				

Estadígrafos básicos y matriz de correlación, para el modelo 4

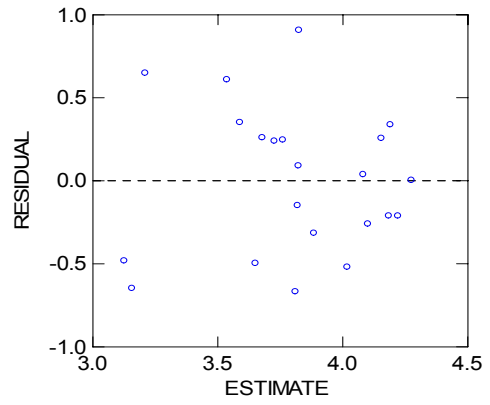
Dep Var: BIX N: 47 Multiple R: 0.715 Squared multiple R: 0.511						
Adjusted squared multiple R: 0.489 Standard error of estimate: 0.413						
Effect	Coefficient	Std Error	Std Coef	Tolerance	t	P(2 Tail)
CONSTANT	-1.300	0.889	0.000	.	-1.463	0.151
RAIZDAP20	1.098	0.162	0.812	0.770	6.762	0.000
CUADIS	-0.002	0.001	-0.438	0.770	-3.649	0.001
Analysis of Variance						
Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P	
Regression	7.849	2	3.924	22.970	0.000	
Residual	7.517	44	0.171			

*** WARNING ***						
Case	10 is an outlier		(Studentized Residual =		3.167)	
Durbin-Watson D Statistic		2.048				
First Order Autocorrelation		-0.056				

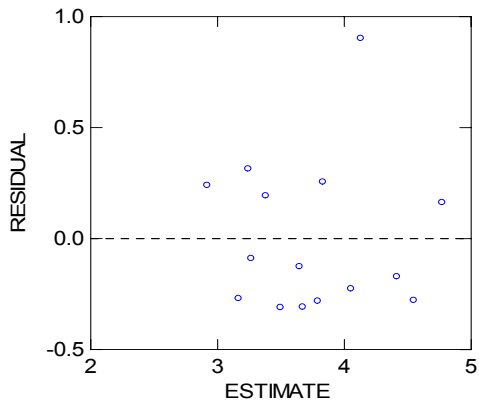
Comportamiento entre los valores estimados y los residuales, para cada modelo



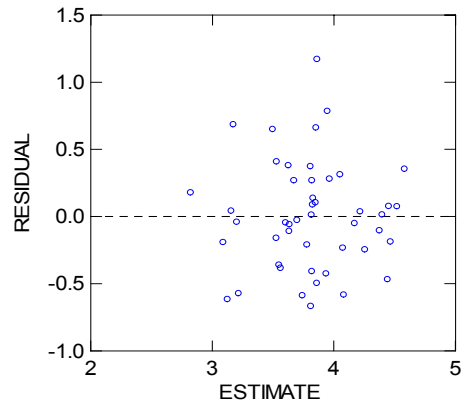
Modelo 1



Modelo 2



Modelo 3



Modelo 4