



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Comportamiento del largo de internudos en plantaciones de
Pinus radiata D. Don en sitios ex – agrícolas de la VIII región.

Patrocinante: Sr. Mario Meneses V.

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

MARIA FRANCISCA TOLEDO BADILLA

VALDIVIA

2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Mario Meneses Villanueva	_5,9_
Informante:	Sra. Alicia Ortega Zúñiga	_6,0_
Informante:	Sr. Víctor Mena Pino	_6,4_

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.

Agradecimientos

Primero que todo debo agradecer a mis papás por estar siempre ahí, apoyándome en todo momento, en silencio y sin presiones. Luego están la Ferna y Titin, que desde la distancia siguieron todo el proceso de su hermanita. Y mi primi Mundo, por escuchar todas mis rabietas a lo largo de estos 5 años.

A mis amigos de siempre, que aunque me dejaron abandonada en esta lluviosa ciudad nuestra amistad sigue igual que el último día de colegio. Al ser la primera espero que la celebración que me tengan debe ser a lo grande! Gracias por todo el ánimo y confianza que me han dado.

A los culpables de haber completado estos 5 años, mis nuevos amigos universitarios, los que en los momentos en que quería dejar todo, me hacían ver que con solo estar con ellos, que estos años valieron la pena, en especial a los que estuvieron mas cerca Nacho, Pepis y Anita. Suerte y ánimo para el futuro incierto.

A Matias, parte importante de mi vida, por aguantar mis mañas durante este periodo de tesis y más, gracias por esperarme 2 años para poder conocerte y terminar esta etapa juntos, ahora solo Dios sabe que nos espera.

Por último, pero no menos importante, a todos los profesores que fueron parte de mi proceso de formación, los que hacen un esfuerzo para hacer interesante las clases, en especial a los del énfasis y a los que me ayudaron con la realización de este trabajo: Sr. Mario Meneses, Sra. Alicia Ortega y Sr. Víctor Mena por toda la ayuda con los datos. Además debo agradecer a Sra. Yenny Martínez por ayudar a resolver las incógnitas de los rodales y el apoyo brindado en la toma de datos.

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO/CONCEPTUAL	2
2.1 Diferencias entre sitio forestal y ex – agrícola	2
2.2 Generalidades sobre el largo de internudos en <i>Pinus radiata</i> .	2
2.2.1 Definición y características	2
2.2.2 Medición de Largo de internudo	4
2.2.3 Variables que afectan al largo de internudos	6
2.2.4 Importancia de Largo de internudos en la producción de madera	7
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	8
3.1 Antecedentes generales del área de estudio	8
3.1.1 Parámetros dasométricos	9
3.1.2 <i>Actividades silvícolas</i>	9
3.1.3 Suelos	10
3.2 Metodología de muestreo	11
3.2.1 Instalación y medición de la parcela	11
3.2.2 Selección y medición de árboles a muestrear	12
3.2.3 Medición de largo de internudos	12
3.3 Análisis de datos	13
3.3.1 Procesamiento de información obtenida en terreno	13
3.3.2 Relación entre variables	13
3.3.3 Análisis estadístico	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 Caracterización general de los rodales	15
4.2 Comportamiento del largo de internudo	16
4.2.1 Ajuste de modelo de Grace	17
4.2.2 Comportamiento del largo de internudo en relación al DAP	19
4.2.3 Comportamiento del largo de internudo en relación a la altura	20
4.3 Estadística de inferencia	21
5. CONCLUSIONES	23
6. BIBLIOGRAFÍA	24

ANEXOS

- 1 *Abstract and keywords*
- 2 Frecuencia relativa de indicadores de largo de internado
- 3 Ajuste de modelo de Grace
- 4 Estadística de inferencia

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características generales de los predios seleccionados	9
Cuadro 2. Parámetros dasométricos del los rodales	9
Cuadro 3. Información de actividades silvícolas	10
Cuadro 4. Características físicas del suelo	10
Cuadro 5. Características químicas del suelo, perteneciente al horizonte mezcla	10
Cuadro 6. Presencias de conos en el verticilo	12
Cuadro 7. Estadísticos descriptivos de los rodales	15
Cuadro 8. Indicadores de largo de internudo a nivel de troza	15
Cuadro 9. Resultado de ajuste de modelo de Grace	17

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Definición de la longitud de un internudo	3
Figura 2. Distribución de puntos de muestreo	8
Figura 3. Forma, tamaño y esquema de enumeración de los árboles de la parcela	11
Figura 4. Gráfico de largo de internudo base (LIB) por árbol, para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)	17
Figura 5. Gráfico de modelo de Grace para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)	18
Figura 6. Relación entre largo de internudo base y DAP para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)	19
Figura 7. Relación entre largo de internudo base y altura para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)	20

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

Se estudió el comportamiento del largo de internudos en predios de pre-cosecha de *Pinus radiata* D. Don en sitios ex-agrícolas, los que fueron comparados con dos predios ubicados en sitios forestales, los cuales estaban ubicados en la VIII región. Para disminuir los efectos del sitio que puedan influir en el estudio, los cuatro rodales se seleccionaron con similares características de suelo y clima. La variables fue medida, y se calcularon indicadores tales como largo de internudo base, largo de internudo medio entre 2 y 11 metros, largo de internudo medio entre 5 y 11 metros, e índice de internudo con base 80, 60 y 40 cm, estos últimos tres a nivel de troza.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el comportamiento del largo de internudo en sitios ex-agrícolas, y así determinar si existen diferencias significativas en relación a plantaciones ubicadas en sitios forestales. Para esto se cumplieron los siguientes objetivos específicos: a) determinar el largo de internudo en sitios ex-agrícolas y forestales, b) analizar relaciones entre el largo de internudo y distintas variables del árbol y c) realizar una comparación estadística entre ambos sitios para determinar si las condiciones de sitio influyen de manera significativa en el comportamiento de largo de internudos.

Mediante estadística descriptiva se observaron valores extremos para los indicadores de largo de internudo a nivel de árbol en los predios con uso ex-agrícola, con una diferencia de 0,23 m entre ambos valores, para el indicador largo de internudo medio entre 5 y 11 metros. Un comportamiento distinto obtuvieron los predios forestales que no presentaron variaciones. De acuerdo a los resultados del modelo de Grace se encontraron los máximos largos de internudo en la primera troza, entre los cuatro y cinco metros de altura aproximadamente, estos valores oscilan entre 80 y 61 cm.

No existe una relación fuerte entre las variables diámetro a altura de pecho (DAP) y altura total, encontrándose sólo una relación donde el DAP explica en un 24% el largo de internudo base. Por lo que los indicadores de crecimiento no estarían relacionados con estas variables del árbol.

Finalmente el análisis de varianza arrojó diferencias significativas entre los cuatro predios, con un nivel de confianza de 95%, y posteriormente, la prueba de comparación múltiple, corroboró la estadística descriptiva y los análisis gráficos que indican la diferencia entre los predio ex-agrícolas.

Palabras claves: *Pinus radiata*, sitio ex-agrícola, largo de internudo, modelo de Grace

1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por sitio agrícola al área que en su historia ha sido utilizada en actividades agrícolas, que incluye aplicación de fertilizantes, mejoramiento mediante especies herbáceas y/o gramíneas, y nutrientes reciclados por el pastoreo animal. O por el contrario una agricultura intensiva que agotó estos suelos, llevando a los propietarios a abandonarlos sin interés en realizar actividad alguna en ellos.

En Chile *Pinus radiata* D. Don es una de las especies forestales de mayor importancia económica y su expansión está en constante desarrollo, encontrándose en la necesidad de explorar nuevos sitios para el desarrollo de las plantaciones, como es el caso de los sitios ex-agrícola. Para realizar esto de manera progresiva se incorporó una nueva actividad, el silvopastoreo. Esta trata de aprovechar el potencial ganadero de un terreno para la obtención de beneficios económicos por la producción de carne en conjunto con la implantación de especies forestales de rápido crecimiento, las que son sometidas a cortas intermedias (podas y raleos) destinadas a mejorar la calidad del producto maderable. (Obando, 2002)

De acuerdo a los estudios realizados, estos sitios otorgan a las plantaciones características diferentes a las de un sitio forestal, tales como ancho de anillos, largo de fibras, ancho de ramas, nudos, largo de internudo, etc.

El largo de internudo es definido como la distancia vertical entre la parte superior de una zona nudosa y la base de la próxima zona de nudos. Se conoce que varía según la progenie, manejo y sitio. La importancia de esta característica está en la posibilidad de producir madera libre de nudos de dimensiones comerciales sin necesidad de poda.

El objetivo general de este trabajo es evaluar el comportamiento del largo de internudos en plantaciones de *Pinus radiata* en sitios ex – agrícolas, y así determinar si existen diferencias significativas en relación a plantaciones ubicadas en sitios forestales. Para ello se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el largo de internudos en sitios ex–agrícolas y forestales.
- Analizar relaciones entre el largo de internudo y distintas variables del árbol.
- Realizar una comparación estadística entre ambos sitios para determinar si las condiciones de sitio influyen de manera significativa en el comportamiento de largo de internudos.

Cabe mencionar que la limitante más importante de este estudio fue la variable genética, que no pudo ser considerada debido a la escasa información existente.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Diferencias entre sitio forestal y ex - agrícola

En un sentido amplio se considera que un suelo forestal es cualquier suelo que se ha desarrollado bajo la influencia de una cubierta forestal. Con esta definición se entiende que los suelos forestales cubren aproximadamente la mitad de los continentes, con excepción de los suelos de tundra, pantanosos, pastizales y desérticos. Desde luego en la actualidad no todos estos suelos están en los bosques. Tal vez una proporción de una tercera parte de los antiguos suelos forestales están dedicados al uso agrícola. (Pritchett, 1990)

Sitios ex – agrícolas son característicos por su larga historia de agricultura intensiva, que incluye aplicación de fertilizantes (superfosfato), mejoramiento mediante especies herbáceas y gramíneas, y vigorosos nutrientes reciclados por el pastoreo animal. Estos sitios son definidos como “elevados” en el crecimiento en área basal, en cambio sitios forestales sin problemas nutritivos o limitaciones de agua son “medianos” aunque el rango puede variar en $\pm 20\%$. (Maclaren, 2002)

Nitrógeno disponible es el elemento que más distingue a los “sitios agrícolas” en comparación a los sitios forestales. Acículas de árboles en sitios ricos en nitrógeno son más largas, gruesas y de color verde oscuro. Probablemente, contienen más clorofila y tienen una fotosíntesis más eficiente. La biomasa extra en el follaje genera ramas más grandes y fustes más gruesos. Estudios en Nueva Zelandia muestran que el área basal crece a tasas de un 40% más por lo menos hasta el cierre de copas, y un 20% al momento de la cosecha. El promedio de productividad para los sitios ex – agrícolas (1.737 observaciones) es de 30,7 m³/ha/año, en contraposición 24,4 m³/ha/año de los sitios forestales (3.593 observaciones). Aunque aun no existen suficientes pruebas, al parecer los efectos de los sitios ex – agrícolas se mantienen en la segunda rotación. (Maclaren, 2002)

Una vez que cambia el uso agrícola, en estos suelos se realiza una silvicultura distinta a la tradicional, donde interactúan simultáneamente pradera, bosque y ganado, maximizando la producción y utilizando en forma óptima el recurso suelo. La densidad reducida en que crecen estos árboles producto del pastoreo del ganado en sus praderas, da origen a un crecimiento acelerado de los árboles. Estos presentan copas de mayores dimensiones, existiendo una menor competencia entre los árboles por agua, luz y nutrientes. (Garrido, 1989)

2.2 Generalidades sobre el largo de internudos en *Pinus radiata*.

2.2.1 Definición y características

El largo de internudo es definido como la distancia vertical entre la parte superior de una zona nudosa y la base de la próxima zona de nudos (Figura 1). Se conoce que varía según la progenie, manejo y sitio (Grace y Carson, 1993)

La variabilidad en la longitud de internudos se clasifica de acuerdo a su hábito de ramificación, cuando los árboles tienen una clara tendencia a formar verticilos de tal modo que entre ellos existe una sección del fuste totalmente limpia de ramas, son llamados árboles uninodales, en cambio cuando no existen verticilos claramente definidos y las ramas están a lo largo de todo el fuste, los árboles son llamados multinodales.

El género *Pinus* consta de 66 especies, 42 de ellas son uninodales y 17 multinodales. *Pinus radiata* de acuerdo a su hábito de ramificación se clasifica como intermedio con tendencia a ser multinodal (Gallardo, 2003). Las plantaciones de esta especie en Chile se han observado como un hábito multinodal (Guzmán, 2000)

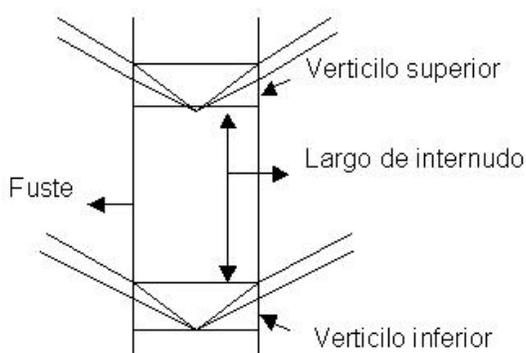


Figura 1. Definición de la longitud de un internudo (Grace y Carson, 1993)

Los internudos no presentan distribución y longitudes uniformes, ya sea a lo largo del fuste, o dentro de un rodal y el número en el crecimiento anual varía entre uno y seis (Varhola, 2001). Estudios realizados en Nueva Zelanda muestran que a lo largo del árbol los internudos más largos se encuentran en la zona intermedia, entre los 2 y 11 metros, fuera de estos límites predomina la multinodalidad.

Para los árboles de hábito multinodal, existe una relación positiva entre la tasa de crecimiento, rectitud del fuste y ausencia de bifurcación, en cambio, los uninodales, en general presentan ramas más largas, que tienden a competir con el ápice principal, con ángulos pequeños y diámetros mayores, por lo que el peso de las ramas concentrada en los verticilos produce fustes no muy rectos, y tasas de

crecimiento menores, ya que poseen copas más abiertas y ralas. Respecto a las características de los uninodales, tales como la competencia de las ramas con el ápice principal, se puede corregir con un manejo adecuado. (Gallardo, 2003)

Los beneficios de los árboles con hábitos uninodales es que tienen un aumento en el largo de piezas de madera libre de nudos obtenida de trozas no podadas. Esta madera al concentrar todos los defectos en una misma sección, no la hace recomendable para madera estructural, debido a la poca resistencia frente a cargas de tensión, otra desventaja de estos árboles es que son más susceptibles a quebraduras de la copa por el viento, debido a la forma de sus copas. Por el contrario si seleccionamos árboles multinodales o con internudos cortos, encontraremos una baja producción de madera libre de nudos, destinando la producción de madera para usos estructurales. (Carson, 1988)

En un análisis económico realizado por Carson (1988) se concluyó que en el mercado, no hay una clara ventaja financiera para los árboles que tengan internudos largos, en relación a los que tienen hábitos multinodales. Aunque los árboles con internudos largos tienen una mayor producción de madera libre de nudos para regímenes convencionales, la simulación realizada indica que bajo una típica lista de precios, existirá solo una pequeña diferencia entre ambos hábitos de ramificación.

De acuerdo a estudios de Guzmán (2000) el largo de internudo medio en Chile alcanza un rango de 0,7 – 0,8 m, a partir de los siete metros de altura en adelante respecto del árbol. En comparación a Nueva Zelanda a partir de la misma altura del árbol y con el resto de las características bajo las mismas condiciones, el largo de internudo tendría valores inferiores oscilando entre los 0,3 – 0,4 m.

2.2.2 Medición de Largo de internudo

Varios métodos se han usado para cuantificar el largo de internudos, el más directo, pero a la vez el que más consume tiempo, es la medición del largo de los internudos entre los verticilos sucesivos a lo largo del fuste.

Existe una forma de medición indirecta (cualitativa) la cual mediante la frecuencia de verticilos o hábito de ramificación en una escala de uno a nueve, otorgando el valor uno a individuos perfectamente uninodales y nueve a los perfectamente multinodales. Este método es usado en programas de mejoramiento genético en Nueva Zelanda, siendo rápido y práctico, al poder ser aplicado en árboles en pie. (Jayawickrama *et al.*, 1998)

Mediante la cuantificación de los largos de internudos se pueden calcular diversos indicadores que son presentados a continuación.

a) Largo de internudo medio (LIM)

Corresponde al promedio del largo de internudos mayores o iguales a cinco centímetros.

$$LIM = \frac{\sum Li}{N_{int}} \quad (1)$$

Donde:

LIM: Largo de internudo medio

Li: Largo de internudo

Nint: Número de internudos

b) Índice de internudo (II)

Proporción de largos de internudos mayor o igual a 60 cm. Normalmente esta medición se realiza en la primera y segunda troza. Se usa además largos de 0,8 y 1 m, de estos índices no es posible obtener datos individuales del internudo, ni su distribución en el fuste (Varhola, 2001). Para el cálculo de este índice se utiliza la siguiente fórmula:

$$II_x = (\sum X/L) * 100 \quad (2)$$

Donde:

II_x: Índice de largo de internudo de x m, en porcentaje (%)

∑x: Sumatoria de la longitud de los internudos mayores o iguales a x m.

L: largo total de la troza en m.

c) Largo de internudo base (LIB)

Este indicador es el largo de internudo necesario para tener un índice de internudo igual a 0,5, es decir el largo de internudo base que se encuentra en el 50 % de la troza. De esta forma el LIB se relaciona en forma inmediata con un producto determinado y, en consecuencia, el rodal se asocia o se prioriza para un destino apropiado. (Linerós, 2005)

d) Modelo de Grace

Otra alternativa para obtener indicadores o expresiones del largo de internudo a nivel de rodal, es a través de modelos predictores como el propuesto por Grace y Carson (1993), en el cual se asignan intervalos de altura en árboles, y obtener un largo de internudo medio del rodal, con lo que se puede estimar el máximo largo de internudo y su localización a lo largo del fuste, para diferentes sitios. Este modelo se ajusta de acuerdo a la siguiente función:

$$y = x/d + ex^2 \quad (3)$$

Donde:

y: Largo medio de internudo a la altura x
d y e: coeficientes de regresión

A partir de esta fórmula se obtiene el largo de internudo máximo (IMX) y su localización en el fuste (LOC)

$$LOC = \sqrt{(d/e)} \quad (4)$$

$$IMX = LOC/(2,0d) \quad (5)$$

2.2.3 Variables que afectan al largo de internudos

La variable longitud de internudo no ha sido estudiada lo suficiente en Chile, pero si existen investigaciones extranjeras, como las de Nueva Zelanda. Estas muestran que la frecuencia de verticilos está determinada fuertemente por la genética y el medio ambiente.

En árboles individuales el largo de internudo tiene un fuerte control genético después de la fase de crecimiento juvenil. Esto también depende del crecimiento anual en altura, del número de ramas por verticilo y de su posición relativa en el ciclo anual. (Guzmán, 2000)

Grace y Carson (1993), desarrollaron un modelo predictor de largo de internudo y su ubicación en el fuste a nivel de rodal para diferentes sitios en Nueva Zelanda. Para esto se estudiaron nueve variables: latitud, altitud, precipitaciones anuales, temperatura promedio, días promedios de temperaturas máximas en los meses cálidos, días promedios de temperaturas mínimas en los meses fríos, días promedios de suelos congelados, días promedios de aire frío e índice de sitio. Producto de este estudio se concluyó que los factores de mayor incidencia son: precipitaciones, altitud y latitud, sin embargo no hay una razón biológica de por qué durante periodos de sequía, los internudos se acortan.

En un estudio sobre los efectos del sitio en el largo de internudo en Nueva Zelanda, realizado por Carson e Inglis (1988) se observa que árboles en índices de sitio 34 y 35 m tienen un promedio de largo de internudo mayor a otros individuos ubicados en sitios con un índice de 24-25 m, particularmente en la segunda troza. Existe cierta evidencia que en sitios con fertilidad limitada el promedio de largo de internudo tiende a ser más corto, por el contrario si se incrementa la calidad del sitio, especialmente nitrógeno, este promedio se expresa en gran forma en la segunda troza (Constabel, 1994)

Fernández *et al.* (2005) muestra que en rodales de sitios de mejor calidad a medida que el árbol crece, el efecto del sitio puede manifestarse en un mayor número de verticilos por año, y en un mayor crecimiento en altura anual, lo que puede resultar

en un largo promedio de madera libre de nudos mayor o menor que la de un sitio de menor crecimiento, dependiendo de las situaciones particulares. Por lo tanto, no necesariamente un sitio de buena calidad en términos de crecimiento en altura y diámetro de los árboles va a significar una mayor longitud promedio de los internudos.

Siemon *et al.* (1976) analizaron el efecto de la densidad y el raleo sobre la estructura de la copa de árboles de *P. radiata* en Nueva Zelanda, obteniendo una relación despreciable sobre la longitud de internudos en particular.

2.2.4 Importancia de largo de internudos en la producción de madera

El largo de internudo es importante debido a que se relaciona con la cantidad de madera libre de nudos proveniente de trozas no podadas. Esta madera ofrece variados usos industriales, madera *clear* corta para remanufactura en puertas, ventanas y la industria del *finger-joints* (Gallardo, 2003)

La principal ventaja dentro de las labores silvícolas, al tener árboles de internudo largo radica en el bajo costo de poda, debido a que se puede alcanzar más rápido la altura deseada por el hecho de existir menos ramas que cortar. Sin embargo, no hay unanimidad en este concepto, ya que especialmente en la primera poda es posible que la altura a la que se encuentra el verticilo pueda generar una sobrepoda o en el caso contrario una subpoda del árbol para longitudes de internudos muy largos. (Linerós, 2006)

Carson e Inglis (1988) demostraron que existe una relación directa entre árboles multinodales y de internudo largo con el rendimiento de *clear cutting* para la segunda troza. Al ser utilizados árboles provenientes de un mejoramiento genético enfocado a árboles de un internudo largo se pueden obtener un 50% más de rendimiento *clear*, que al usar individuos con tendencia multinodal.

Se han realizado algunos estudios acerca del aprovechamiento de productos aserrados en relación al largo de internudos. Villalobos (2003) trabajó con tres largos de internudo base (40 cm., 60 cm. y 80 cm.), estos fueron trabajados por separado, encontrando que los índices de 60 y 80 cm. tienen una relación positiva con el volumen *moulding* y *shop* total, es decir que la cantidad aumenta a medida que aumenta el largo de internudo. El índice de 40 cm. tiene una relación negativa con el volumen *moulding* y volumen *shop*. Estas trozas corresponden generalmente a las segundas trozas de un árbol podado. Además concluye que el índice de largo de internudo presenta una relación positiva con los productos de mejor calidad (*moulding* y *shop*), no así con los de menor calidad (*Finger-joint*)

Mezzano (1998) señala que para poder obtener madera de calidad *shop 2*, es necesario tener como mínimo un índice de largo de internudo (con base 28 o 32 pulgadas) mayor a cero, después de cumplir con este requisito esta calidad aumenta su porcentaje de participación al incrementar el diámetro de trozas.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se desarrolla dentro del marco del proyecto FONDEF D03I-1128 “Calidad de Rollizos”, el cual cuenta con la participación de la Universidad Austral de Chile y las empresas Forestal Mininco, Masisa y Forestal Bío-Bío.

3.1 Antecedentes generales del área de estudio

De los predios disponibles para el estudio se seleccionaron dos ubicados en sitios ex – agrícolas y dos en sitios forestales, los que se encuentran distribuidos como se muestra en la figura 2.

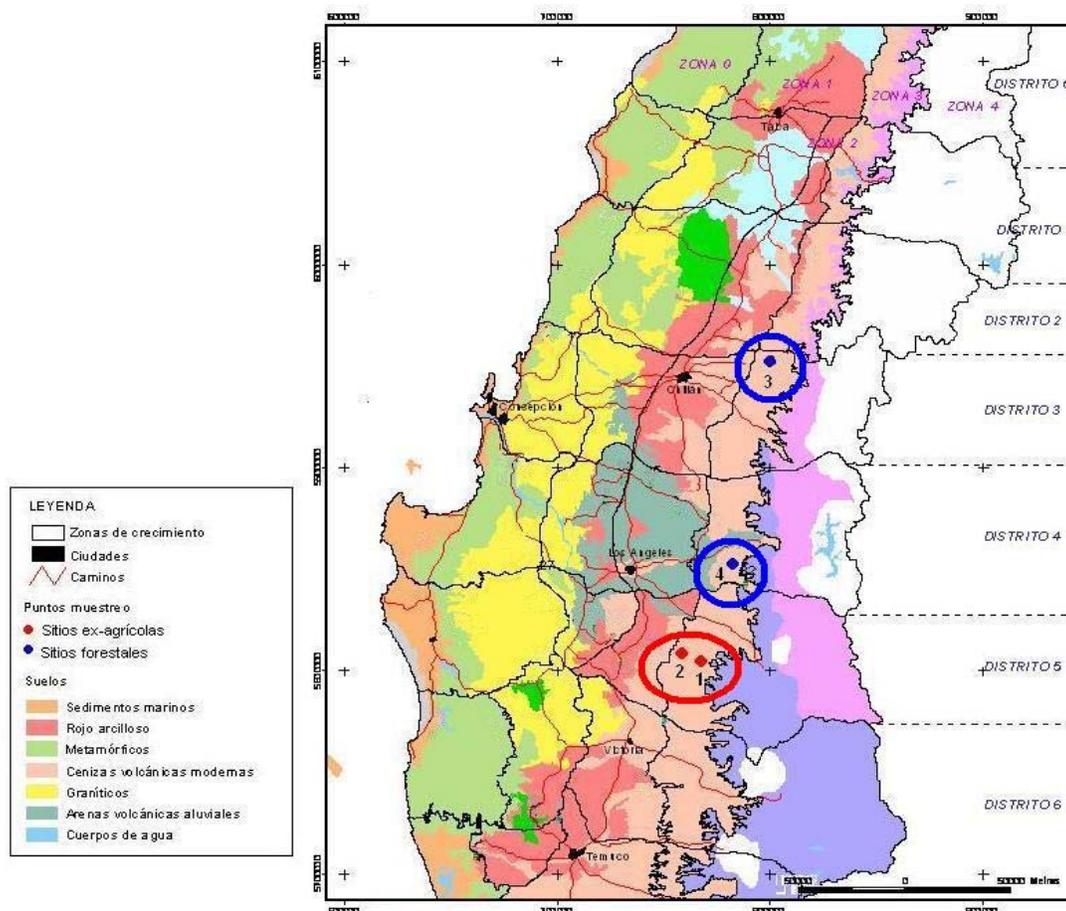


Figura 2. Distribución de puntos de muestreo de investigación.

Para disminuir los efectos del sitio que puedan influir en el comportamiento del largo de internodos, los cuatro rodales tienen características de suelo y clima similares, de acuerdo al sistema de ordenamiento de la tierra propuesto por Schlatter *et al.* (1994), los cuales realizan una división de acuerdo a zona y distrito de crecimiento, definiendo zona por el clima en su variación longitudinal, causada por cambios

geomorfológicos mayores (cordilleras) y distrito una subdivisión de la anterior definida por el clima en su variación latitudinal. Esta categorización de cada predio se observa en el Cuadro 1, donde los predios Pichibureo Sur y Casas de Pichibureo corresponden a sitios ex-agrícolas, y San Isidro y Las Lumas a sitios forestales.

Cuadro 1. Características generales de predios seleccionados.

Nº	Nombre del predio	Índice de Sitio	Suelo	Zona	Distrito	Altitud (m.s.n.m)	Latitud	Longitud
1	Pichibureo Sur	28,1	Trumao	3	5	382	5805200	241497
2	Casas de Pichibureo	29,8	Trumao	3	5	382	5813136	235906
3	San Isidro	31,6	Trumao	3	3	762	5950589	266284
4	Las Lumas	28,1	Trumao	3	4	921	5849715	787130

Los rodales seleccionados se encuentran en la zona de crecimiento 3 (Precordillera andina). Esta zona presenta una mayor caída pluviométrica con respecto a la depresión intermedia, causando esto un efecto fundamental en el balance hídrico anual. Sin embargo, debe destacarse que la humedad relativa del aire en verano es claramente menor, lo que afecta a la evapotranspiración principalmente en especies que no presentan características de regulación adecuada. Por otra parte, por el efecto de la elevación, las temperaturas promedio disminuyen, lo que aminora en el ciclo diario la pérdida por evapotranspiración, no así en las horas de máxima radiación solar. (Schlatter *et al.*, 1994)

3.1.1 Parámetros dasométricos

Las características de los rodales de precosecha muestreados se muestran en el cuadro 2, donde se puede observar una densidad final similar para ambos predios ex-agrícolas, y un área basal inferior a los sitios forestales. En relación al diámetro medio cuadrático (DMC), estos no presentan diferencias significativas.

Cuadro 2. Parámetros dasométricos del los rodales.

Predio	Año de plantación	Densidad (N/ha)	Área basal (m3/ha)	DMC (cm.)
Pichibureo Sur	1982	233	33,53	42,8
Casas de Pichibureo	1986	217	28,41	40,9
San Isidro	1980	417	61,76	43,4
Las Lumas	1983	383	43,96	38,2

3.1.2 Actividades silvícolas

En el cuadro 3 se presenta la información acerca de las actividades silvícolas realizadas en los predios de estudio. En relación a la densidad de plantación se observa una similitud para los 3 predios con información, Casas de Pichibureo no tiene información pero se puede asumir una densidad de plantación de 1.666 arb/ha,

debido a una simulación de manejo que indica que el stock a los 5 años era de 1.658 arb/ha.

Cuadro 3. Información de actividades silvícolas

Predio	Densidad de plantación (N/ha)	Edad de poda	Edad de raleo
Pichibureo Sur	1.666	5 – 6 – 8 – 9	5 – 11 – 13
Casas de Pichibureo	S/I*	5 – 6 – 7 – 8	5 – 11 – 13
San Isidro	1.600	6 – 7 – 9	6 – 9 – 12
Las Lumas	1.666	6 – 7 – 8 – 9	6 – 13

*Sin información

El primer raleo para todos los predios, independiente de la edad a la que fue realizado, los árboles residuales fueron 800 por hectárea, siendo en los ex-agrícolas, un año antes esta intervención. Luego en el segundo raleo se extrajo alrededor del 50% restante de los individuos, exceptuando en Las lumas, donde se dejó la densidad final de 383 arb/ha. Finalmente en el tercer raleo ambos predios ex-agrícolas llegan a una densidad final entre 240 y 250 arb/ha, mientras que a San Isidro se le realizó una intervención leve, extrayendo sólo 30 individuos.

3.1.3 Suelos

En los siguientes cuadros se observa las características físicas y químicas del suelo de los predios estudiados.

Cuadro 4. Características físicas del suelo

Predio	Drenaje externo	Drenaje Interno	Altura Hrz A	Textura Hrz A	Estructura Hrz A	Esqueleto Hrz A
1	Moderado	Moderado	13	Limo	Grumosa	Bajo (1-10%)
2	Moderado	Moderado	10	Franco limoso	Granular	Muy Bajo (>1%)
3	Moderado	Rápido	15	Limo	Subpoliedrica	Bajo (1-10%)
4	Moderado	Ninguno	30	Limo arenoso	Subpoliedrica	Muy alto (50-75%)

Cuadro 5. Características químicas del suelo, perteneciente al horizonte mezcla

Predio	Boro (ppm)	Carbono (%)	Nitrógeno total (%)
1	0.5	11.85	0.77
2	0.3	8.5	0.53
3	0.3	5.93	0.46
4	0.3	10.2	0.39

Los suelos en general presentan características físicas similares al ser todos del tipo trumao, encontrándose la diferencia en las características químicas, predios ex – agrícolas (Pichibureo Sur y Casas de Pichibureo) tienen un mayor contenido de

nitrógeno, nutriente que de acuerdo a estudios anteriores influiría aumentando el largo de internudos en el árbol.

3.2 Metodología de muestreo

3.2.1 Instalación y medición de la parcela

Se utilizó el siguiente procedimiento para la instalación y medición de las parcelas de productividad:

- Selección de un área de árboles que se considere representativa de la plantación en términos de densidad y forma de los árboles. Se evitó áreas en las cuales los árboles tengan malformaciones significativas.
- Marcación centro de la parcela.
- Se hizo una parcela circular de 0,06 ha, con un radio de 13,8 m. La parcela tiene un esquema definido como la muestra la siguiente figura (aproximadamente 24 árboles)

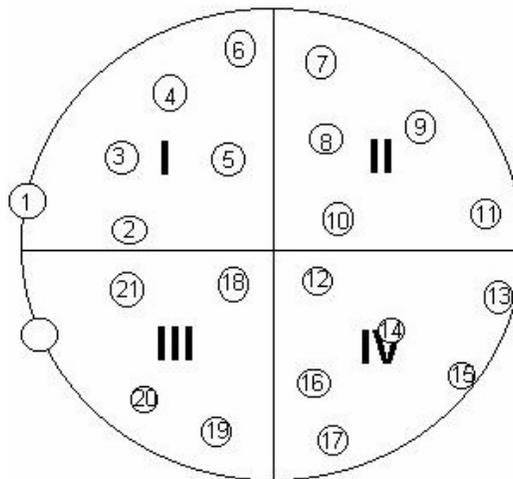


Figura 3. Forma, tamaño y esquema de enumeración de los árboles de la parcela. (Fuente: Manual de procedimientos de inventario forestal de rollizos de *Pinus radiata*)

- Enumeración de los árboles por cuadrante de izquierda a derecha, escribiendo sólo una vez el número con pintura en dirección norte y sobre DAP.
- Medición del diámetro a la altura de pecho (DAP) para todos los árboles de la parcela.

- Caracterización de suelo que incluye:
 - Profundidad arraigable.
 - Drenaje externo e interno.
 - Límites de los horizontes a partir de una calicata de 40x50x50 cm y luego introducir el bastón pedológico. Para cada horizonte se observa textura, estructura y porcentaje de esqueleto.
 - Material formador.
 - Extraer una muestra de suelo de 50 gramos por cada horizonte.
 - Extraer 3 cilindros del horizonte A.

3.2.2 Selección y medición de árboles a muestrear

- Se seleccionó la mitad de los árboles de la parcela basada en los números impares de los árboles (excluyendo cualquier árbol con malformaciones o enano)
- Para la lista anterior se preparó un histograma de clases diámetricas.
- Para completar un total de 25 árboles, se seleccionaron fuera de la parcela los faltantes, basándose en los requerimientos de diámetros (árboles malformados deben ser excluidos)

3.2.3 Medición de largo de internudos

Estando el árbol sobre el suelo se procedió con la huincha de distancia la realización de mediciones de las alturas de todos los verticilos del árbol, esto es altura base del verticilo, en la parte inferior del verticilo y la altura tope de verticilo en la punta superior del verticilo.

En el caso de encontrar un individuo mal seleccionado, como es el caso con presencias de ramas gruesas que en algún momento compitieron para ser principal (ramicorn), ellas no son consideradas para la medición de la altura del verticilo.

Además se contó el número de ramas por verticilo en la parte podada. En el caso que fueran menores o igual a tres se les asignó el valor cero y si eran más de tres se le asigna valor uno. Se registró la presencia de conos en el verticilo de la siguiente manera:

Cuadro 6. Presencias de conos en el verticilo

Código	Descripción de verticilo
0	Sólo ramas
1	Conos y ramas
2	Sólo conos

Se midieron las alturas de base y tope para todos los verticilos y caracterizó el internudo hasta los 20 metros del fuste. En caso de que el árbol estuviese bifurcado se midió hasta la bifurcación, aunque esto no debería ocurrir, pues no sería un individuo que cumpla con las características de ser seleccionado.

3.3 Análisis de datos

3.3.1 Procesamiento de información obtenida en terreno

Para evaluar el comportamiento del largo de internudo y la relación con las distintas variables del árbol se calcularon los siguientes indicadores a nivel de árbol:

- Largo de internudo medio (LIM)
- Índice de internudo de 60, 80 y 100 cm.
- Largo de internudo base (LIB)

De esta forma se obtuvo la distribución de acuerdo a clases diamétricas y calidad de los individuos.

Mediante el modelo planteado por Grace y Carson (1993) se estimó el máximo largo de internudo (IMX) y la ubicación de este a lo largo del árbol (LOC) para los rodales muestreados. Se ajustaron las funciones de acuerdo a cada rodal mediante el software CALIRO desarrollado por el instituto de Manejo Forestal de la Universidad Austral de Chile.

3.3.2 Relaciones entre variables

Se analizó las relaciones entre el largo de internudo y características del árbol, tales como altura total, DAP (diámetro altura de pecho) y relación DAP/altura. Estos análisis se realizaron mediante gráfica.

3.3.3 Análisis estadístico

Estadística descriptiva

El cálculo de estadísticos descriptivos consideró:

- Media
- Coeficiente de variación

Estos cálculos de estadística descriptiva se realizaron sobre DAP, altura, largo de internudo medio entre 2 y 11 m, largo de internudo medio entre 5 y 11 m y largo de internudo base, de los tres predios para así observar su comportamiento.

Estadística de inferencia

Para el análisis de datos se consideró cada predio como un grupo independiente.

Se realizó un test de normalidad, Shapiro-Wilks para determinar la distribución de los datos de los rodales, luego se repitió este análisis para los datos transformados mediante el logaritmo natural, para así conseguir la normalidad de estos.

Para evaluar si existen diferencias significativas entre los predios se realizó un análisis de varianza con un 95% de confianza

Al existir diferencias, demostrado por el análisis de varianza, se realizó una prueba de comparaciones múltiples (test de Scheffé) con un 95% de confianza, para observar que grupos son distintos uno de los otros. Como los tamaños de los grupos no son iguales, se utilizó la media armónica (24,597) de los tamaños de grupos, con lo que los niveles de error tipo I no están garantizados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización general de los rodales

En el cuadro 7 se presentan los estadísticos descriptivos para las variables diámetro altura de pecho (DAP), altura total, largo de internudo medio del árbol entre 2 y 11 metros, largo de internudo medio del árbol entre 5 y 11 metros, y largo de internudo base del árbol para los cuatro predios de estudio, que corresponden a P1 (Pichibureo Sur), P2 (Casas de Pichibureo), P3 (San Isidro) y P4 (Las Lumas).

Cuadro 7. Estadísticos descriptivos de los rodales

	Media				CV (%)			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
DAP (cm)	42,8	39,5	42,5	38,6	9,7	15,5	20,4	12,3
Altura (m)	31,0	30,9	30,9	29,6	7,5	9,8	5,5	6,8
LIM 211 (m)	0,52	0,74	0,64	0,55	30,8	37,8	45,3	32,7
LIM 511 (m)	0,47	0,73	0,59	0,54	34,0	42,5	50,8	38,9
LIB (m)	0,47	0,93	0,63	0,62	50,1	57,0	71,4	62,9

En relación a los parámetros dasométricos, tales como DAP y altura, estos no son comparables debido a la diferencia de edad que tienen los predios de estudio. Sin embargo se observa que el P3, el cual tiene una fecha de plantación anterior a los demás no tiene los valores máximos, sino muy cercanos a P1, que fue establecido dos años después. También se observa que P4, tiene menores crecimientos en comparación a P2, a pesar de ser establecido tres años antes. Comprobando así el mayor crecimiento que tienen las plantaciones en sitios ex-agrícolas.

En el cuadro 8 se encuentran los indicadores de largo de internudo a nivel de troza, largo de internudo base e índice de internudo en base 40, 60 y 80 cm., para los 4 predios. Donde se puede observar que P2 (ex – agrícola) tiene los más altos valores en los 4 indicadores, al igual que lo observado a nivel de árbol anteriormente. Lo que indica que este predio tendía un mayor potencial para producir madera libre de nudo en trozas no podadas (trozas 2 y 3). No se observan grandes variaciones en las distintas trozas, por lo que si un predio tiene un alto LIB en la troza 1, es de esperar que las trozas siguientes también tengan un alto LIB.

Cuadro 8. Indicadores de largo de internudo a nivel de troza.

	Troza 1				Troza 2				Troza 3			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
LIB (m)	0,51	0,70	0,56	0,34	0,51	0,70	0,55	0,35	0,51	0,69	0,53	-
II 40 (%)	49,7	58,9	54,2	34,0	49,0	58,6	54,0	34,4	48,9	58,0	53,3	-
II 60 (%)	33,0	45,3	39,0	20,7	32,2	45,0	38,9	21,2	31,8	44,4	38,0	-
II 80 (%)	21,3	35,5	26,7	14,0	20,7	35,1	26,5	14,9	20,3	34,8	25,5	-

Al analizar la frecuencia relativa del largo de internudo medio entre 5 y 11 metros (Anexo 2) para los cuatro predios de estudio agrupado de acuerdo a intervalos de 0,2 metros, se observa que P2 tiene mejores características para la producción de madera libre de nudos en la segunda troza (5 y 11 m) debido a que tiene individuos con internudo sobre 1,2 metros y una baja frecuencia en los intervalos menores. Situación que no se encuentra en P1 el cual tiene más del 70% en los intervalos menores. Obteniendo los valores extremos de potencialidad para la producción de madera clear en los sitios ex - agrícolas., tendencia que se repite para los demás indicadores. Esto muestra la variabilidad que hay en los largo de internudo dentro de similares índices de sitio y usos anteriores.

En relación a las características del suelo los cuatro predios tienen características similares, favorables para el desarrollo de una cobertura forestal. De acuerdo a las características químicas (cuadro 4) todos los predios tienen una baja concentración de boro. No se encuentran deficiencias nutricionales de nitrógeno, elemento característico de suelos ex - agrícolas, ubicándose en rangos muy alto (como en el caso de P1) a altos para los demás predios, no existiendo una tendencia en la cantidad de este elemento y el largo de internudo, concordando con lo señalado por Fernández (2005) que no necesariamente un sitio de buena calidad significará una mayor longitud promedio de los internudos.

Con relación al manejo de los rodales se observa que P1 y P2 tienen una densidad final similar (233 y 217 arb/ha respectivamente) menor que la de los sitios forestales, indicando un manejo diferenciado de acuerdo al uso anterior del suelo. Esta baja densidad tiene una distribución de forma tal que permita el tránsito de ganado, así combinar ambas actividades.

4.2 Comportamiento del largo de internudo

El comportamiento del largo de internudo que se presentará en este capítulo se realizará en relación al largo de internudo base (LIB), modelo de Grace, y características del árbol tales como DAP y altura.

En la figura 4 se muestra el comportamiento del largo de internudo base, en una gráfica que ordena en una curva decreciente los árboles en relación a este indicador, cortando esta a un eje de referencia ($LIB = 0,6$), indicando la proporción de la muestra del predio que tiene el 50% del árbol con largos de internudo mayor o igual a 0,6 m.

Del grupo de predios Casas de Pichibureo tiene un 56,7% de los individuos, sobre la línea de referencia, teniendo la mayor proporción, y un LIB máximo de 2,15 m, cuyo valor es el máximo del grupo. Por el contrario el predio que tiene los menores valores es Pichibureo Sur, también ex-agrícola, sólo con un 20,8% de los árboles con el 50% con largos de internudo mayor o igual a 0,6 m, además de tener los valores máximos más bajos del grupo ($LIB = 1,25$).

En los sitios forestales no se observa diferencias en el comportamiento de la curva de LIB, con un porcentaje de 33,3% de árboles sobre el eje de referencia para San Isidro, y 40% para Las Lumas, con máximos de 1,54 m y 1,82 m respectivamente.

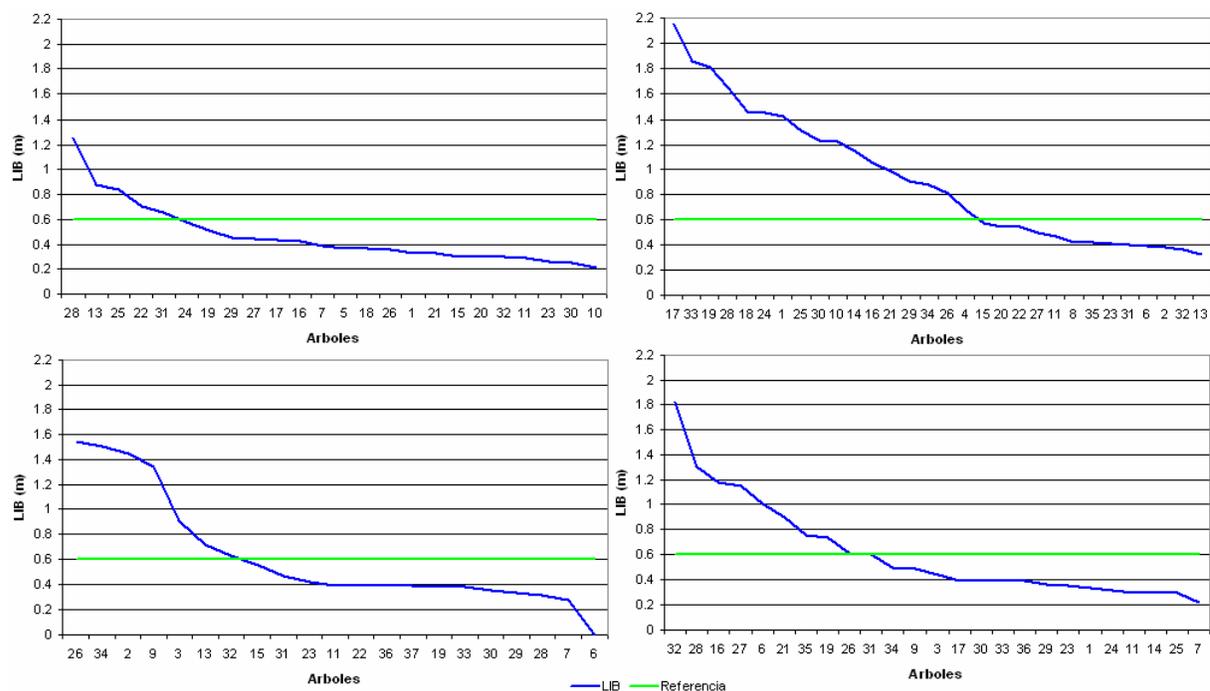


Figura 4. Gráfico de largo de internudo base (LIB) por árbol, para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)

4.2.1 Ajuste de modelo de Grace

En los resultados del ajuste del modelo de Grace, (cuadro 9) se puede observar que para los cuatro predios la altura del largo de internudo máximo se encuentra en la primera troza, entre los cuatro y cinco metros de altura a diferencia de los resultados promedio de Chile encontrados por Guzmán (2000), infiriendo que para las condiciones de sitio en las que se encuentran los predios estudiados se obtienen largos de internudos menores, siendo los resultados de estudio promedios nacionales.

Cuadro 9. Resultado de ajuste de modelo de Grace

Predio	Ecuación	IMX (m)	LOC (m)	R ²
1	$y = x / (3,382 + 0,189 x^2)$	0,626	4,235	0,0041
2	$y = x / (3,067 + 0,126 x^2)$	0,804	4,929	0,591
3	$y = x / (2,687 + 0,181 x^2)$	0,717	3,853	0,202
4	$y = x / (4,022 + 0,122 x^2)$	0,611	4,916	0,532

Los mejores resultados se pueden ver en el predio Casas de Pichibureo (P2) el cual tiene un largo máximo de internudo de 0,8 m a la altura de 4,9 m, altura límite entre la primera y segunda troza, importante para rodales que se encuentran con manejo con poda en la primera troza para la producción de madera libre de nudos, así se podrá obtener este tipo de madera en trozas no podadas.

Al analizar el coeficiente de determinación de las ecuaciones del modelo, se observa que P1 no se ajusta a este modelo, al tener un coeficiente de 0,0041, no siendo el comportamiento del largo de internudo a la largo del fuste coincidente con el estudiado por Grace y Carson (1993), a diferencia de P2, el cual tiene un coeficiente de 0,591

Los gráficos del ajuste del modelo de Grace presentados a continuación ilustran el comportamiento del largo de internudo a la largo del fuste, donde se muestra que Pichibureo Sur (P1) tiene un IMX de 0,626 m, uno de los más bajos del grupo y a una altura más baja (4,2 m) la que corresponde a la primera troza, que ya fue podada, por lo que la potencialidad de obtener una mayor cantidad de madera libre de nudos producto del largo de internudo, se pierde en la poda. A su vez en este tipo de rodales se tiene la ventaja de reducir el costo de esta operación, por lo que esta situación sería provechosa económicamente.

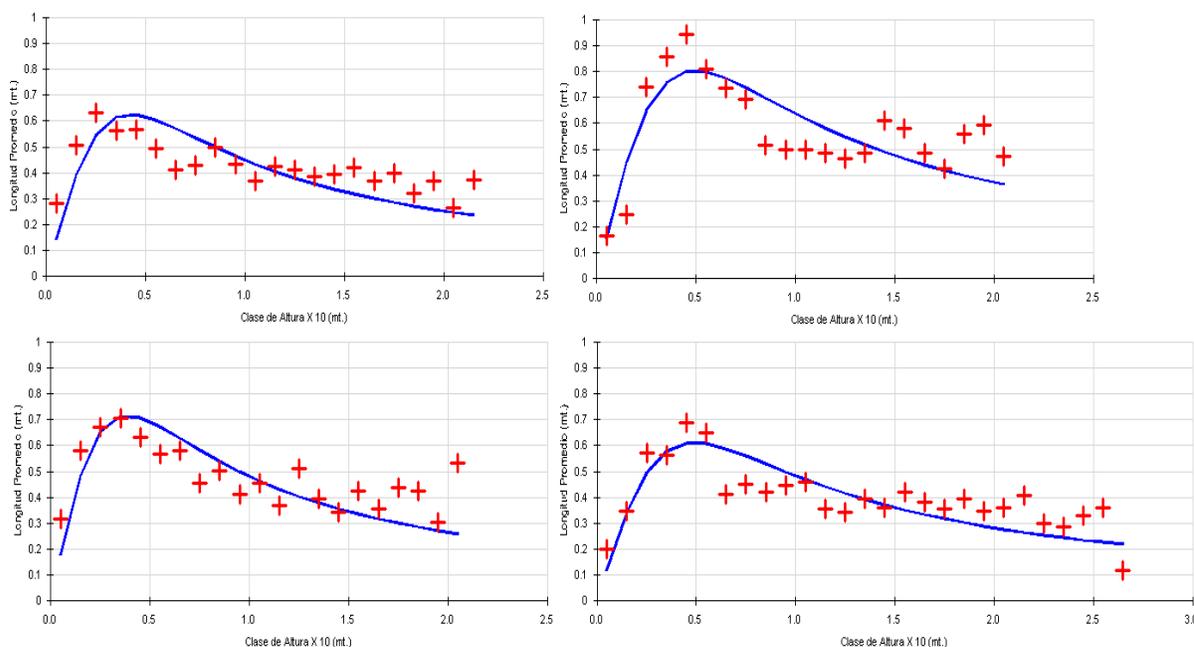


Figura 5. Gráfico de modelo de Grace para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)

Los predios ubicados en sitios forestales obtienen largos de internudos más homogéneos que los sitios ex – agrícolas. El predio San Isidro (P3) tiene el IMX a una altura más baja (3,853 m) mientras que el predio Las Lumas (P4) tiene un largo

de internudo máximo más bajo, encontrándose la base de este en el comienzo de la segunda troza, por lo que sería provechoso para la producción de madera *clear*.

4.2.2 Comportamiento del largo de internudo en relación al DAP

En la figura 6 se observa una relación logarítmica negativa entre el largo de internudo base (LIB) y el diámetro del árbol. En P2 (Casas de Pichibureo) esta relación se encuentra más clara, donde el diámetro explica en un 24% el LIB, no así con los demás predios donde el coeficiente de correlación es de un 2 o 3 %. Esta baja correlación entre los datos indica que el comportamiento del largo de internudo no está determinado de manera significativa por el diámetro de los árboles sino, por otros factores, tales como altitud, latitud, e índice de sitio, como lo estudió Grace y Carson (1993), además de una fuerte influencia genética.

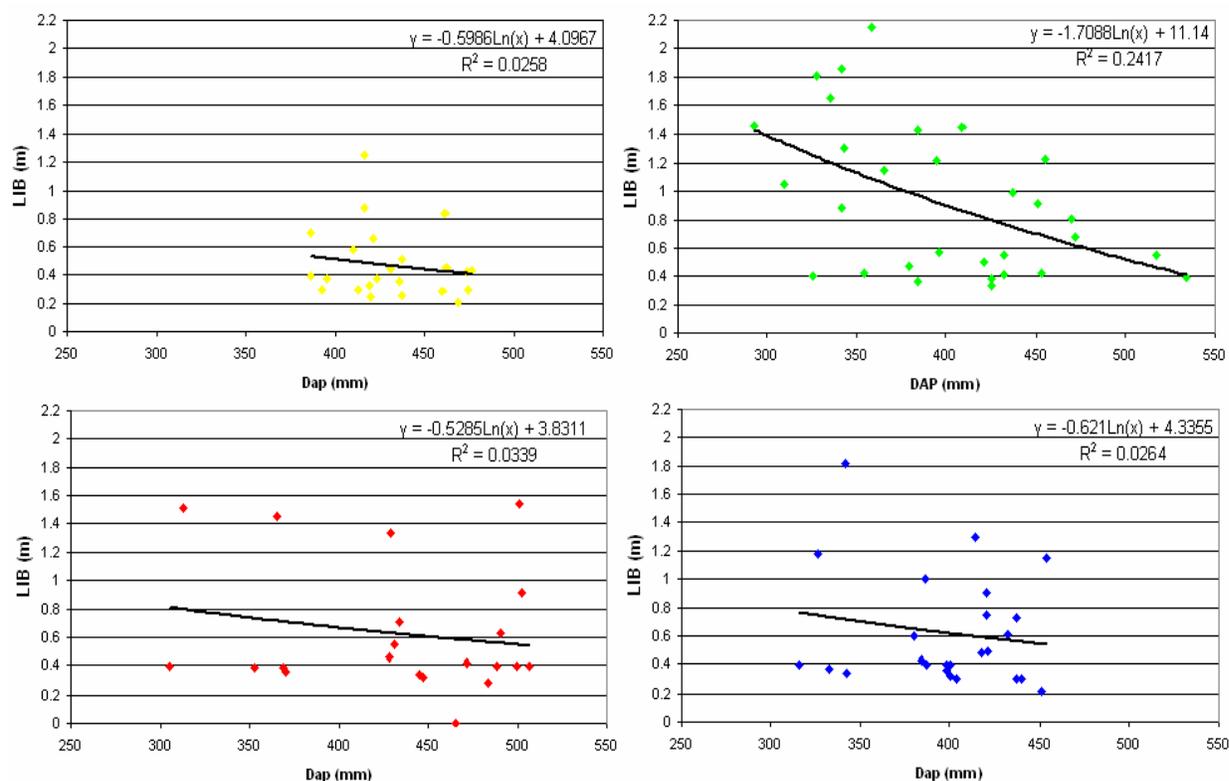


Figura 6. Relación entre largo de internudo base y DAP para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)

Esta relación negativa indica que a medida que aumenta el diámetro de los árboles se tendrá un menor largo de internudo, por lo tanto una menor producción de madera libre de nudos. Estos resultados concuerdan con lo estudiado por Fernández *et al.* (2005) al tener un aumento en el crecimiento producto de la baja competencia por luz y nutrientes, los árboles aumentan su diámetro, así como aumenta el ancho de

ramas, y disminuye el largo de internudo, dejando en claro que un mayor crecimiento en volumen no tiene relación con una mejora en la calidad de madera libre de nudos.

En Pichibureo Sur (P1) observa una menor variabilidad de los datos, los diámetros oscilan entre los 35 y 50 cm, así como los largos de internudos varían entre los 0,2 y 1,2 metros aproximadamente, a diferencia de los demás predios, coincidente con los resultados presentados en la caracterización general de los rodales, donde este predio presentaba los menores valores en los coeficientes de variación tanto para DAP (9,7%) como para LIB (50,1%) este valor aunque es alto, es el menor en relación al grupo.

4.2.3 Comportamiento del largo de internudo en relación a la altura

Del análisis gráfico entre el largo de internudo base y la altura total de los individuos (figura 7), se puede observar en la figura 6 que al igual que la relación con el DAP, esta es lineal y negativa. Se encuentra una correlación casi nula entre las variables 0,8%, 5%, 2% y 0,3 respectivamente. Una explicación puede ser la poca variación en alturas que presentan los sitios, lo que no permitió que se encontrara alguna relación importante, o simplemente que la altura del árbol no explica la variación del largo de internudo.

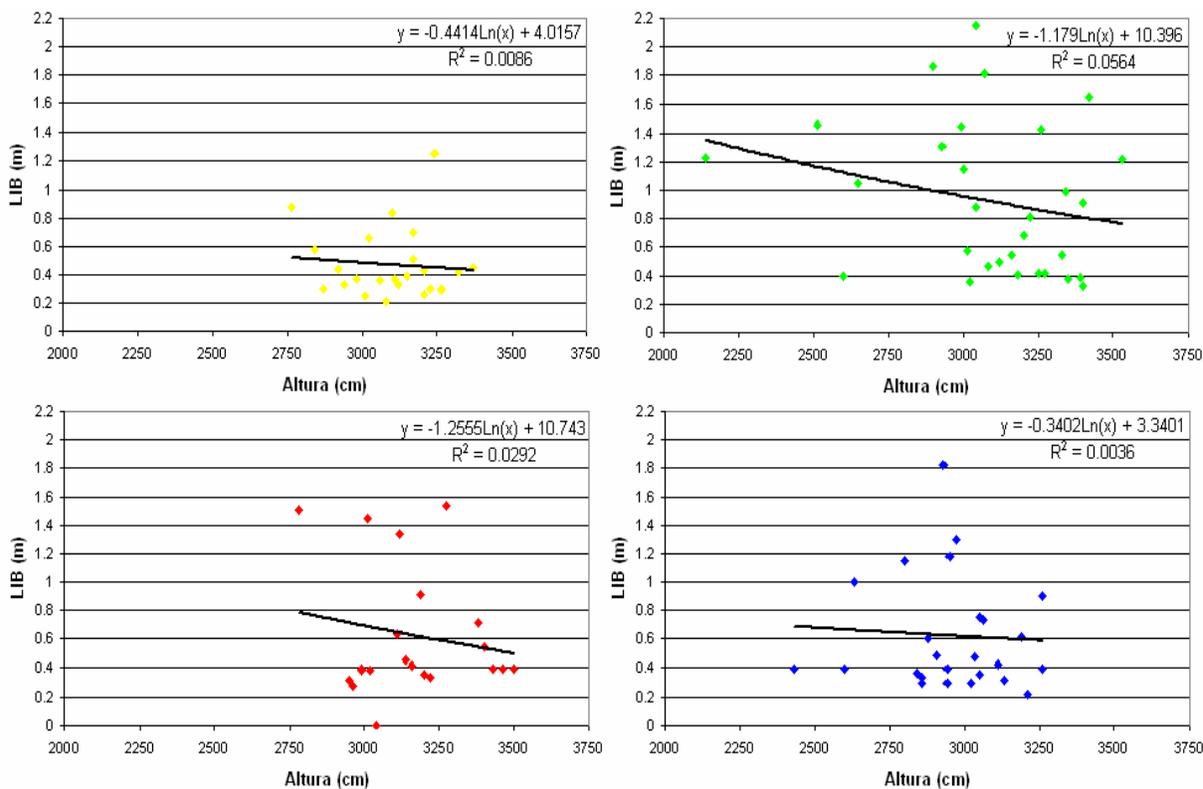


Figura 7. Relación entre largo de internudo base y altura para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)

Al igual que en la relación con el diámetro la relación negativa con la altura indica que mientras el crecimiento aumente, el largo de internudo será menor, pudiéndose explicar esta situación a través de lo estudiado por Fernández (2005) que al tener los individuos una mayor tasa de crecimiento, producto de los efectos del sitio, estos se manifestarán con un mayor número de verticilos anuales, disminuyendo así la porción de madera libre de nudos.

Se encontraron valores similares para las variables largo de internudo medio entre 2 y 11 metros (LIM 211) y largo de internudo medio entre 5 y 11 metros (LIM 511), los que se pueden observar en anexo 4.

Estas bajas relaciones encontradas entre el largo de internudo con la altura del árbol y el diámetro indican que existen otras características que explican de mejor manera la variación del largo de internudo dentro del rodal. Además se realizaron con respecto a la relación altura/DAP, encontrándose también coeficientes bajos.

4.3 Estadística de inferencia

Mediante la prueba de normalidad Shapiro-Wilks, realizada a los cuatro predios de forma independiente se puede observar que los datos para todo el grupo no se comportan de manera normal, con una significancia menor a 0,010, luego la transformación de los datos mediante logaritmo natural, los normalizó, lo que permitió realizar el análisis de varianza.

Estos resultados (anexo 4) mostraron que existen diferencias significativas en los tres indicadores del largo de internudo analizados (LIB, LIM 511 y LIM 211) entre los predios analizados. Comprobando la importancia de los factores externos a las características del suelo y clima, que fueron aisladas en este estudio, para esta variable del árbol.

Sin embargo la prueba de comparaciones múltiples (Test de Sheffé) arrojó diferencias sólo entre los dos predios ex-agrícolas, creando dos subconjuntos independientes del uso anterior del suelo. Para el largo de internudo base el subconjunto uno, agrupa los dos predios forestales con Pichibureo sur (P1) que tiene los valores de largo de internudos más bajos tiene una mayor significancia (0,276), mientras que el subconjunto 2 donde se agrupan los dos predios forestales con Casas de Pichibureo (P2) que tiene los valores de LIB y LIM más altos tiene una menor significancia (0,095).

Esta baja significancia indica que a pesar que la prueba de comparaciones múltiples arrojará que no existen diferencias entre (P2) y los predios forestales, se puede observar una clara diferencia entre ellos, sumado a esto la diferencia encontrada en los valores de los estadísticos descriptivos y al análisis gráfico.

Predios forestales no presentan diferencias entre ellos, obteniendo valores de significancia altos, es decir, las condiciones de sitio, genética y manejo de estos rodales pueden considerarse homogéneas.

De acuerdo a los subgrupos obtenidos mediante el test de Scheffé, se puede descartar la influencia del uso anterior del suelo, como es, en este caso, el agrícola, en las variables que afectan al largo de internudo, los mismos resultados fueron encontrados en los estudios de Gallardo (2003), donde los efectos del sitio no influían en la determinación de un ranking de acuerdo a largo de internudo.

Mediante este mismo test también se puede eliminar el manejo silvícola como factor influyente a la variable en estudio, a pesar que los manejos para los dos predios ex – agrícolas difieren de los forestales, estos pueden ubicarse dentro del mismo grupo, debido a que los objetivos de manejo no era la producción de árboles con internudos largos. Además de acuerdo a los estudios de Siemon *et al* (1976) los cuales concluyen que el efector de densidad y raleo son insignificantes.

Al eliminar estos dos factores que de acuerdo a bibliografía son influyentes en el comportamiento del largo de internudo estaría determinado sólo por el factor genético, el cual debió ser aislado al comienzo del estudio por no tener la información necesaria para su análisis.

5. CONCLUSIONES

En relación a los valores de los indicadores de largo de internudo, se puede concluir que el sitio no explica exclusivamente el largo de internudo, se deben considerar además variables genéticas y de manejo. Debido a que los valores extremos de los indicadores a nivel de árbol los obtuvieron los predios con uso ex-agrícola, con una diferencia de 0,23 m entre ambos en el largo de internudo medio entre 5 y 11 metros, en comparación a los predios forestales que no presentan variaciones.

A diferencia del promedio de Chile, no tienen buenas características para producir madera libre de nudos a partir de la sección no podada de los árboles debido a que los largos de internudo máximo se encuentran en la primera troza, entre los cuatro y cinco metros de altura aproximadamente. Siendo estos resultados ventajosos económicamente al disminuir los costos de poda.

Con respecto a las correlaciones entre las distintas características del árbol y el largo de internudo, se puede concluir que no existe una asociación fuerte con las variables diámetro a altura de pecho (DAP) y altura, encontrándose sólo una relación donde el DAP explica en un 24% el largo de internudo base. Por lo que los indicadores de crecimiento no estarían relacionados con esta variable del árbol.

El análisis de varianza muestran diferencias significativas entre los cuatro predios para los indicadores del largo de internudos, donde posteriormente, la prueba de comparación múltiple arrojó, al igual que la estadística descriptiva y los análisis gráficos que la mayor diferencia se encuentra entre los predio ex-agrícolas. Estos presentan una leve diferencia en el análisis químico de suelos, donde el predio que arrojó los menores resultados tiene un nivel muy alto de nitrógeno, y los tres restantes solo alto, por lo que es posible que esta variable al llegar a un máximo de nivel de este elemento, disminuya abruptamente.

La poca información acerca de los factores que afectan a estas variables, tales como genética y manejo, dificulta la comprensión del comportamiento del largo de internudo, por lo que se recomienda para estudios posteriores, aumentar el tamaño muestral de manera tal que disminuya el efecto de otros factores.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Baez, A. 2004. Análisis exploratorio: El procedimiento explorar. Capítulo 4. *In*: Baez A.; L. Ojeda. Curso de capacitación docente en temas estadísticos “Análisis estadístico con SPSS”. Universidad Austral de Chile. Instituto de Estadística. 17 p.
- Carson, M. 1988. Long-internode or multinodal radiata pine – A financial analysis. New Zealand Ministry of Forestry, Forest Research Institute. 27 p. (FRI Bulletin, 115)
- Carson, M; C, Inglis. S. 1988. Genotype an location effects o internode length of *Pinus radiata* In New Zeland. New Zeland Journal of Forestry Science, 18(3): 45-33
- Constabel, A. 1994. Evaluación del largo de internudos para un programa de mejoramiento genético en *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 72 p.
- Fernández, P; D Barthélemy; A Norevo. 2005. Manual práctico de manejo. Proyecto FONDEF D01/1021. Simulador de árbol individual para Pino radiata (*Pinus radiata* D. don) Arquitectura de Copa y calidad de madera. Fundación Chile. pp. 71-88.
- FONDEF D031-I128. 2005. “Calidad de rollizos” Manual de procedimientos de inventarios forestales de rollizos de *Pinus radiata*.
- Gallardo, W. 2003. Evaluación del largo de internudos en dos ensayos de progenie de polinización controlada de *Pinus radiata* D. Don en la provincia del Bío-Bío, VII Región. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 56 p.
- Garrido, F. 1989. Efectos del silvopastoreo en características tecnológicas de la madera de *Pinus radiata* D.Don. Tesis Ing Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 70 p.
- Grace, J; M. Carson. 1993. Prediction of internode length en *Pinus radiata* stands. New Zealand Journal of Forestry Science, 23(1): 10-26.
- Guzmán, S. 2000. Effect of Internode Lenght in timber quality (Part I). New Zealand Forest Research about radiata pine growing in Chile. Chile. 29 p.
- Jayawickrama, K.; C Shelbourne, M Carson. 1998. New Zealand’s length internode breed of *Pinus radiata*. New Zealand Journal of Forestry Science. 27(2): 136-141.

- Lineros, Y. 2006. Heredabilidad del largo de internudo en un ensayo de progenie de polinización abierta de uninodales de *Pinus radiata*. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 35 p.
- Maclaren, P. 2002. Wood quality of radiata pine on farm sites – a review of the issues. Forest & Farm Plantation Management Cooperative. Report No. 80, 42 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. 54 p.
- Morales, E. 2005. Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal. Consultora Carolina. Valdivia, Chile, 248 p.
- Obando, M. 2002. Evaluación del efecto de dos intensidades de raleos y dos alturas de podas, en una plantación de *Pinus contorta* sometidas a Silvopastoreo en Coyhaique, Chile. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 83 p.
- Pritchett, W. 1990. Suelos Forestales. Noriega. México. 634p.
- Schlatter, J.; V. Gerding, J. Adriazola. 1994. Sistema de ordenamiento de la tierra. Herramienta para la planificación forestal, aplicada a las regiones VII, VIII y IX. Serie técnica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile (204 p + anexo)
- Siemon, G.; G. Word; W. Forrest. 1976. Effects of thinning on crown structure in radiata pine. New Zealand Journal of Forestry Science 6: 57-66.
- Todoroki, C; G. West; L. Knowles. 2001. Sensivity analisis of log and branch characteristics influencing saw timber grade. New Zealand Journal of Forestry Science. 31(1): 101- 119
- Varhola, A. 2001. Evaluación de un ensayo de progenie de polinización abierta de uninodales de *Pinus radiata*. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 67 p.
- Villalobos, E. 2003. Características que determinan el valor residual de trozas no podadas de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 66 p.

ANEXOS

Anexo 1.
Abstract and keywords

Abstract

The behavior of the internode length was studied in *Pinus radiata* D. Don ex-farm sites; those were compared with two stands located in forest sites, which were in the VIII region. To diminish the effects of the sites that can influence in the study, the four stands they were selected with similar soil characteristics and climate. The variables were measured, and indicators were calculated as internode length bases, mean of the internode length between 2 and 11 meters, mean of the internode length between 5 and 11 meters, and internode index with base 80, 60 and 40 cm, these last ones three at log level.

The general objective of this study was to evaluate the behavior of the internode length in ex-farm sites, and this way to determine if significant differences exist in relation to plantations located in forest sites. For this the following specific objectives were completed: a) to determine the internode length in ex-farm and forest sites, b) to analyze relationships between internode length and different variables of the tree and c) to carry out a statistical comparison between both sites to determine if the site conditions influence in a significant way in the behavior of internode length.

In the descriptive statistic the extreme values were observed from the indicators to tree level in the ex-farm stands, with a difference of 0,23 m between both values for mean of the internode length between 5 and 11 meters, a different behavior has forest stands that didn't present variations. According to the results of the model developed by Grace they were the maximum internode length in the first log, among the four five meters high approximately, these values oscillate between 80 and 61 cm.

It doesn't exist a strong relationship between the variable diameter breast high (dbh) and total height, there was just one relationship where the dbh explains in 24% the internode length bases. For that the indicators of growth would not be related with these variables of the tree.

Finally the analysis of variance shows significant differences between the four stands, with a level of trust of 95% for the indicators of the internode length, then, the test of multiple comparisons, corroborated the descriptive statistic and the graphic analyses that indicated that the difference was between the ex-farm stands.

Key words: *Pinus radiata*, ex-farm sites, internode length, model of Grace

Anexo 2
Frecuencia relativa de indicadores de largo de internado

Frecuencia relativa de indicadores a nivel de árbol

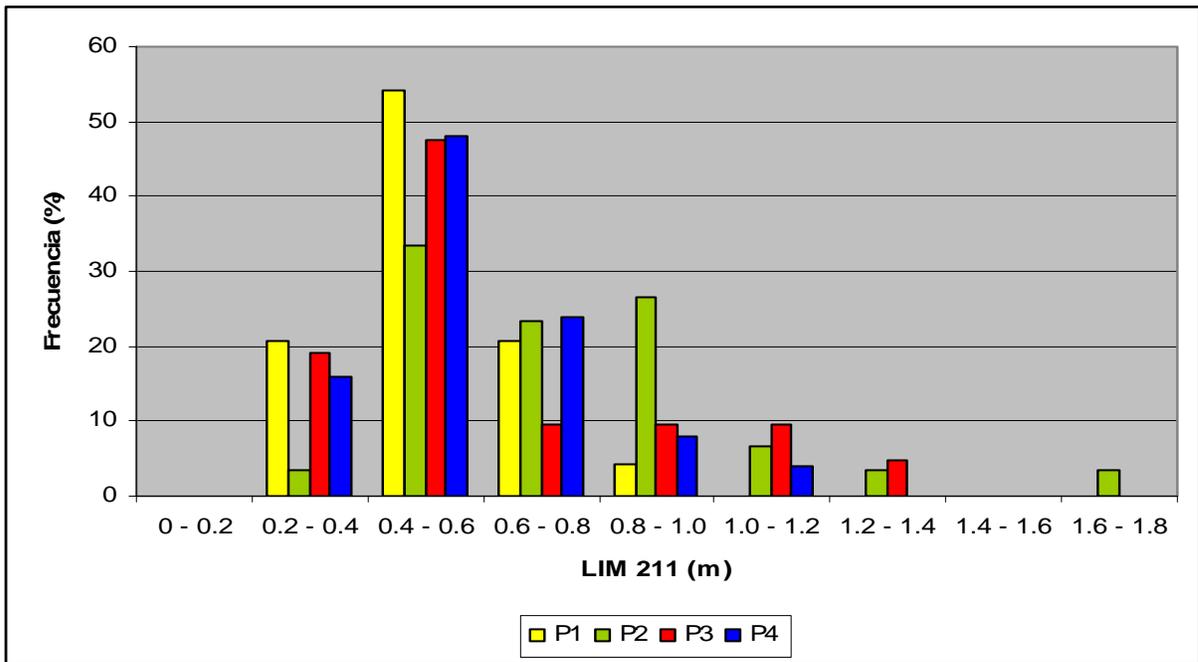


Figura 1. Frecuencia relativa para el largo de internudo medio de largo entre 2 y 11 metros

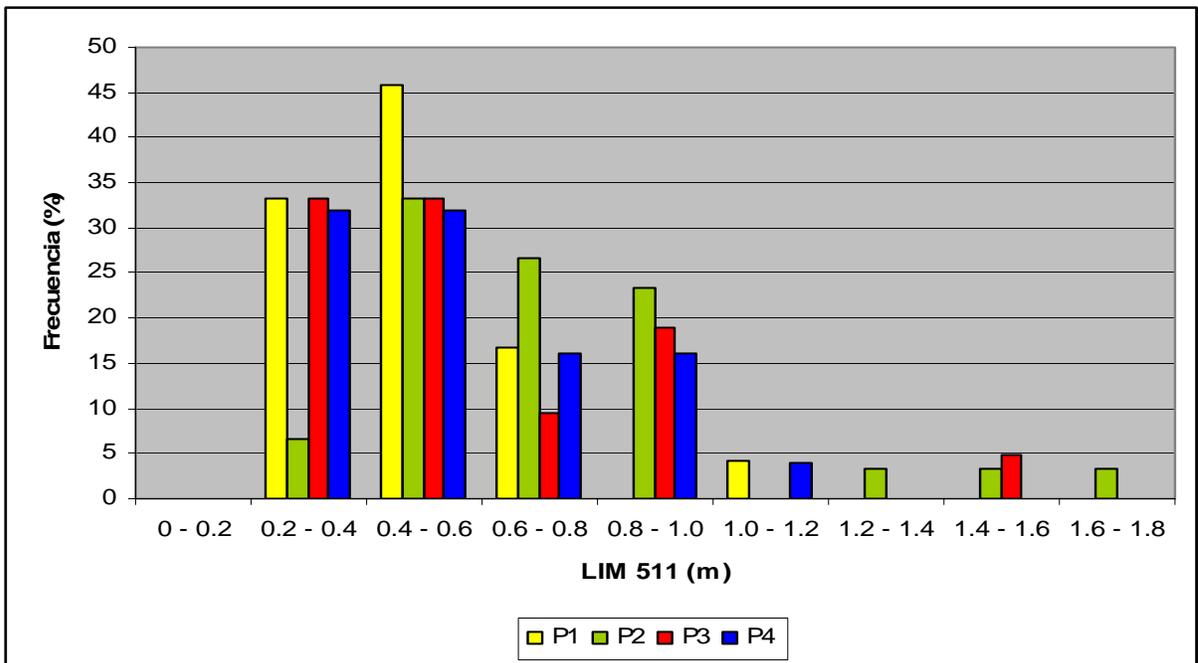


Figura 2. Frecuencia relativa para el largo de internudo medio de largo entre 2 y 11 metros

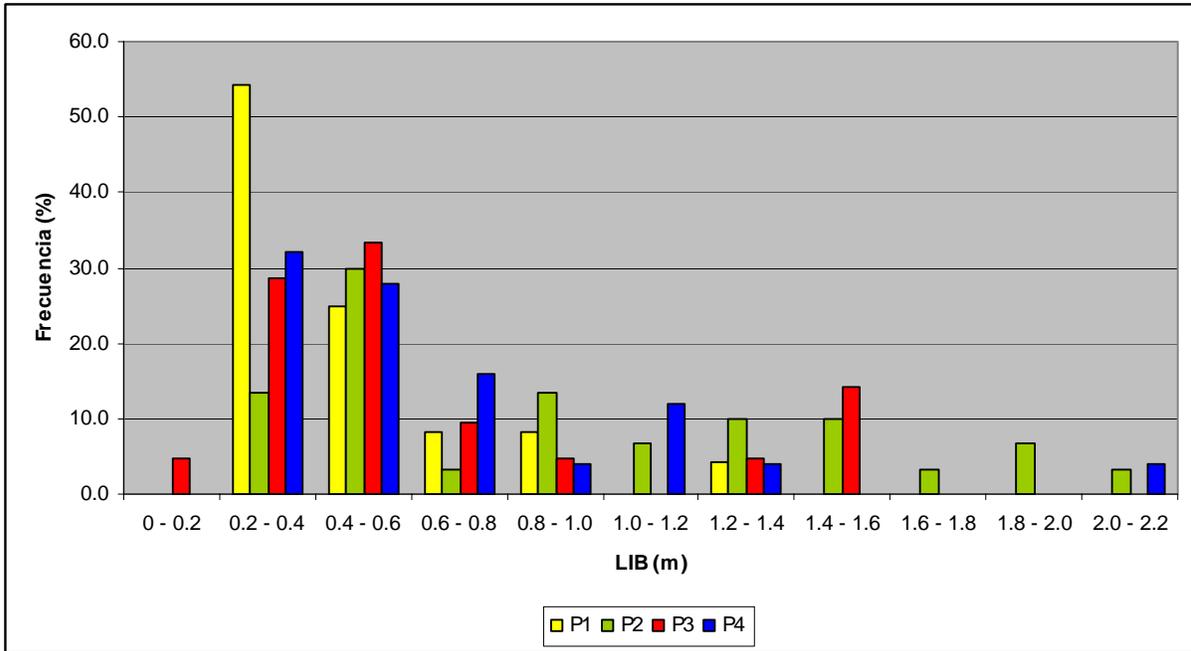


Figura 3. Frecuencia relativa para el largo de internudo base.

Anexo 3
Relación entre largo de internudo y variables del árbol

Relación de largo de internudo medio entre 2 y 11 metros y DAP

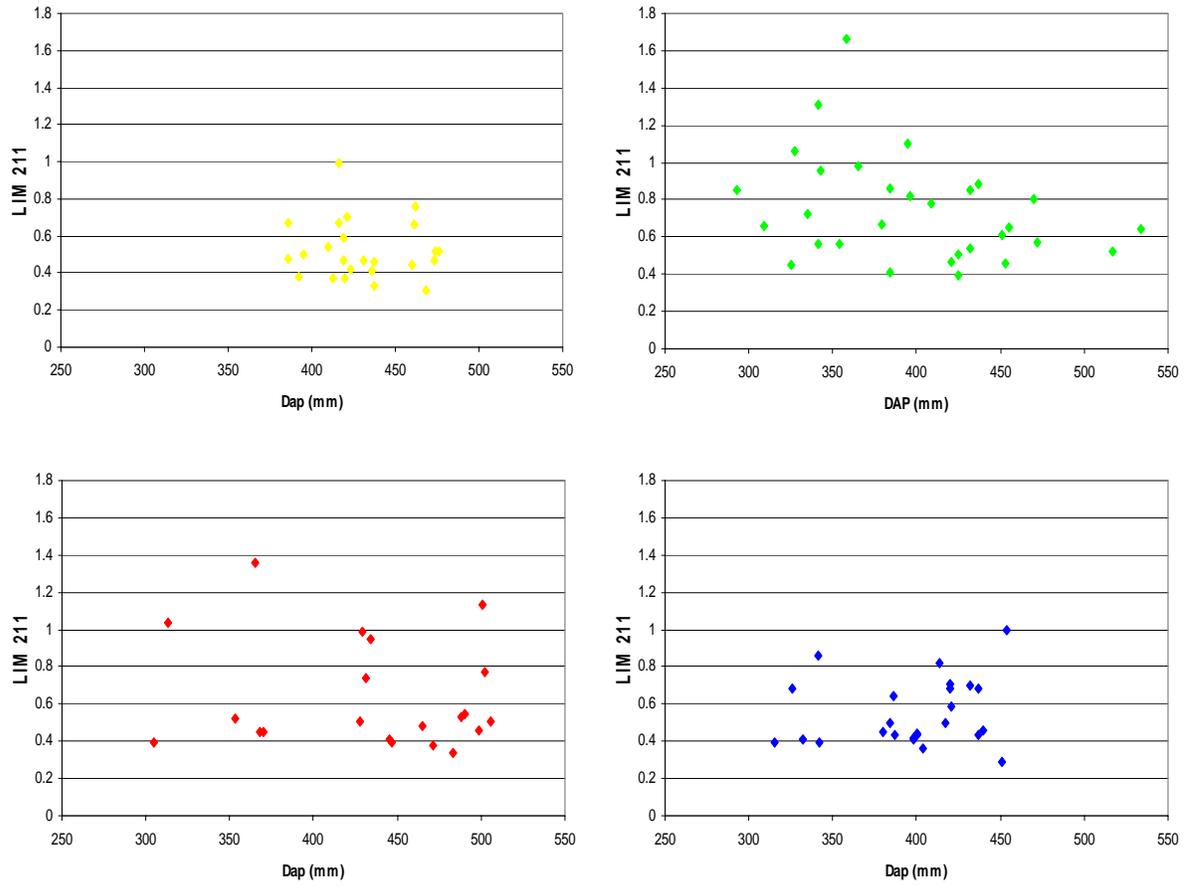


Figura 1. Relación entre largo de internudo medio entre 2 y 11 m y DAP para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)

Relación de largo de internudo medio entre 5 y 11 metros y DAP

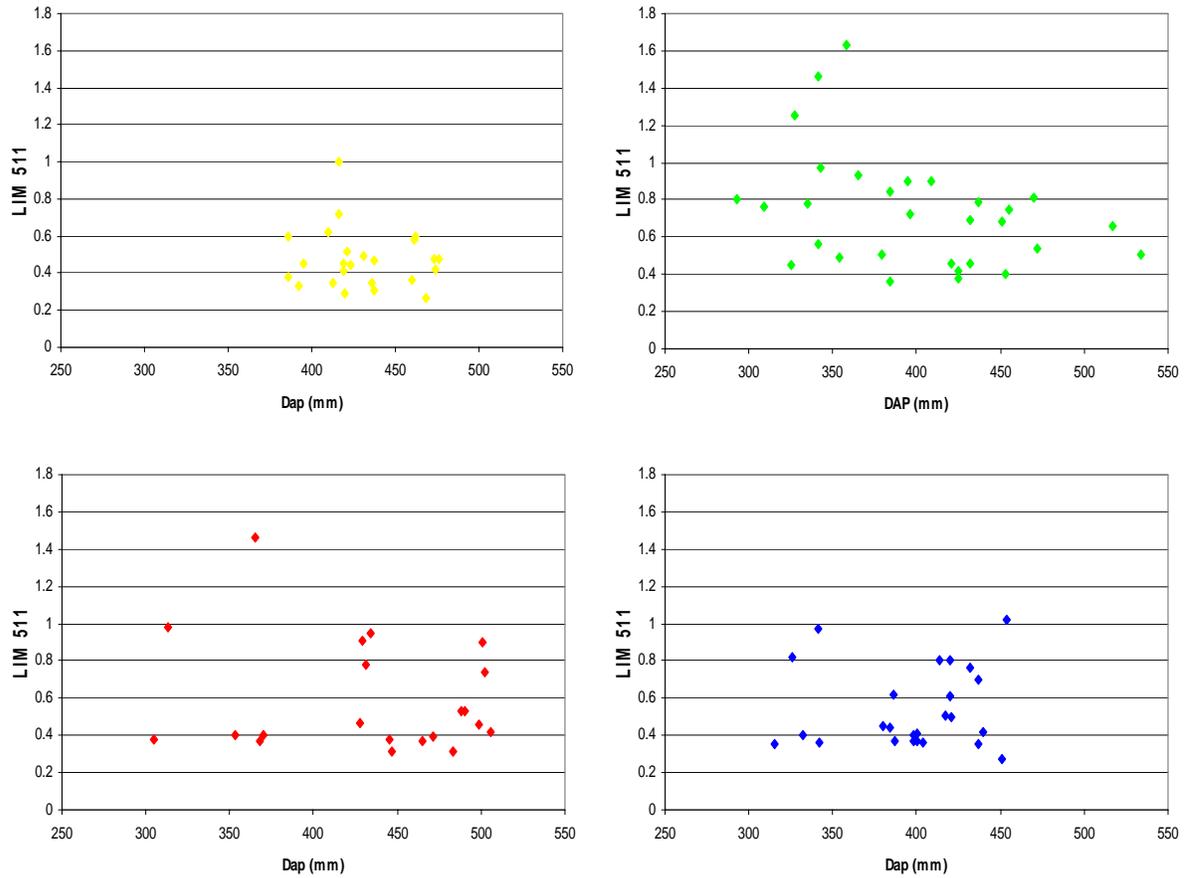


Figura 2. Relación entre largo de internudo medio entre 5 y 11 m y DAP para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)

Relación de largo de internudo medio entre 5 y 11 metros y altura

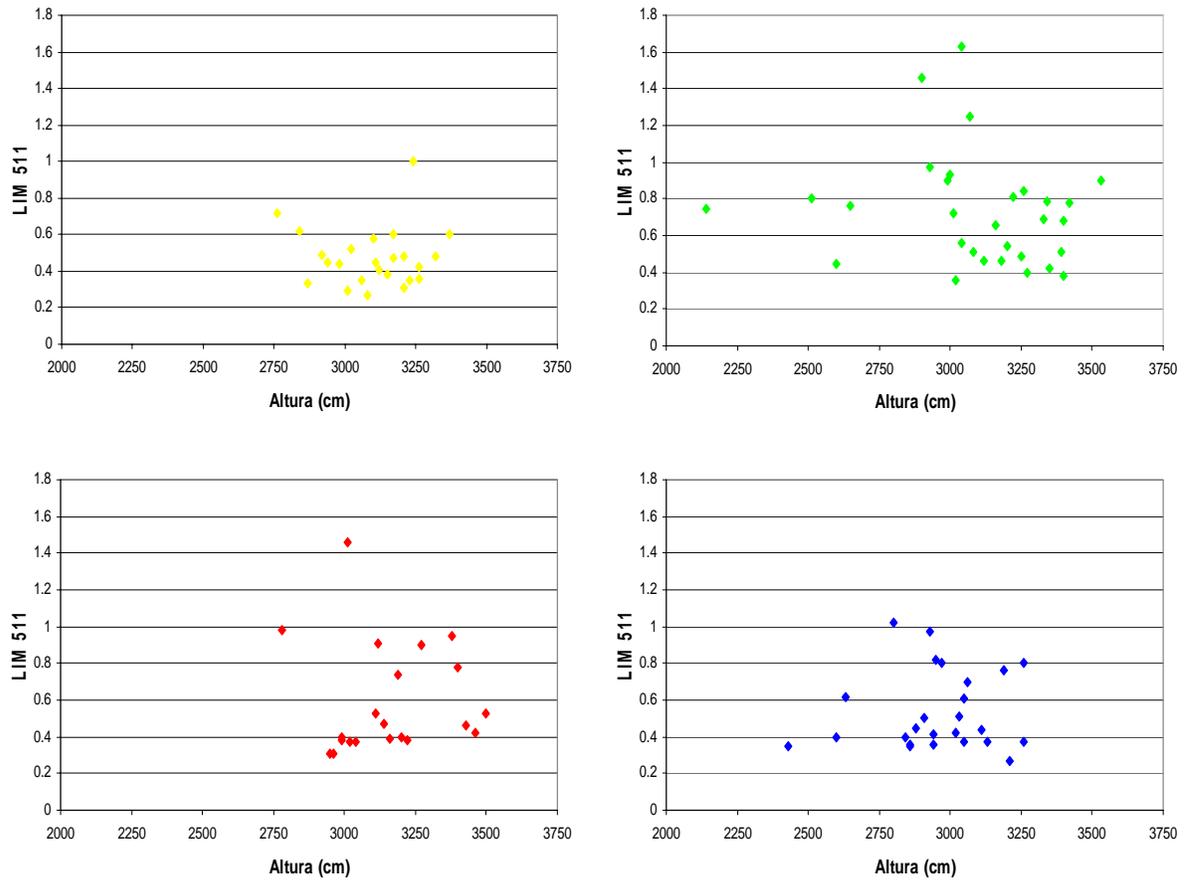


Figura 4. Relación entre largo de internudo medio entre 5 y 11 m y altura para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)

Relación de largo de internudo medio entre 2 y 11 metros y altura

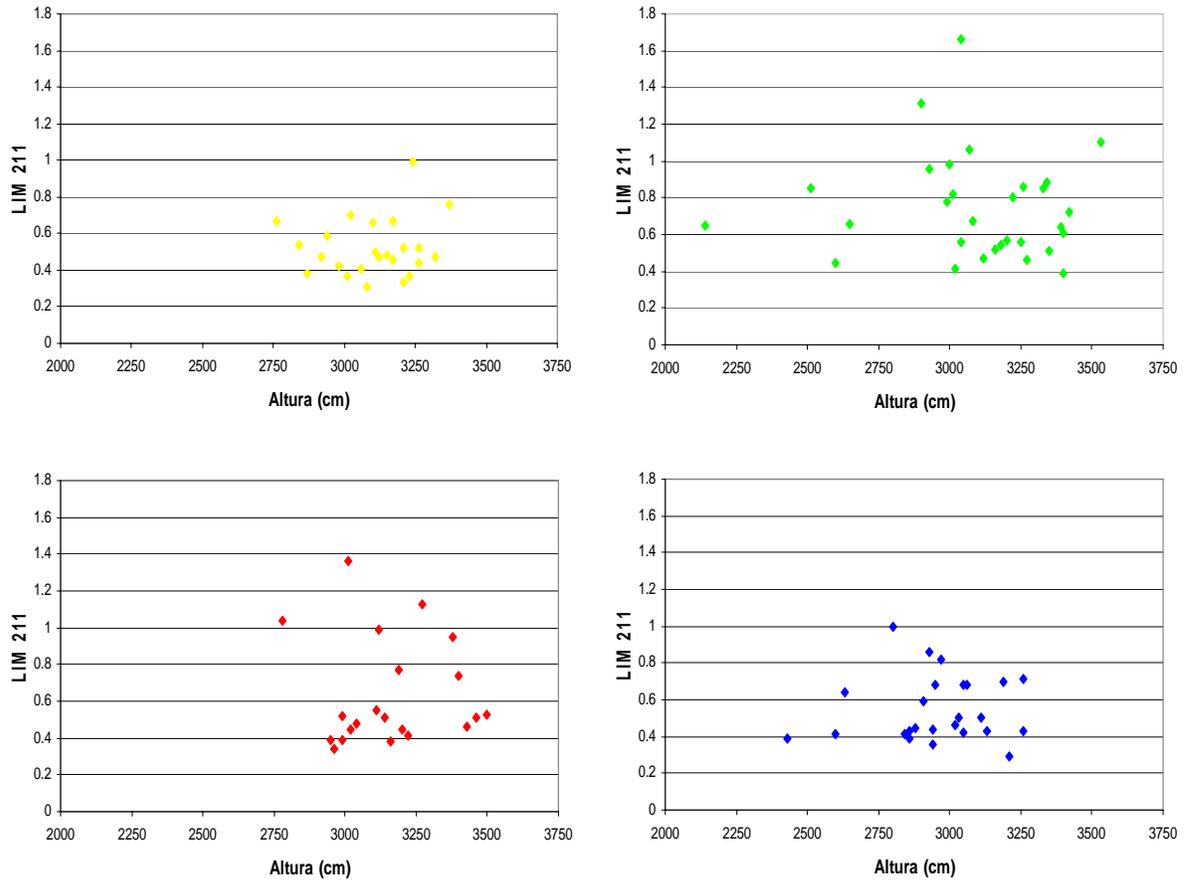


Figura 3. Relación entre largo de internudo medio entre 2 y 11 m y altura para predios Pichibureo Sur (P1), Casas de Pichibureo (P2), San Isidro (P3) y Las Lumas (P4)

Anexo 4
Estadística de inferencia

Cuadro 1. Análisis de varianza para los tres indicadores de largo de internado.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
LIM211	Entre grupos	1,843	3	0,614	5,346	0,002
	Dentro de grupo	11,029	96	0,115		
	Total	12,872	99			
LIM511	Entre grupos	2,407	3	0,802	5,581	0,001
	Dentro de grupo	13,802	96	0,144		
	Total	16,209	99			
LIB	Entre grupos	5,435	3	1,812	6,169	0,001
	Dentro de grupo	28,190	96	0,294		
	Total	33,624	99			

Cuadro 2. Subconjuntos homogéneos determinados por el test de Scheffé para largo de internado base (LIB)

Predio	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Pichibureo Sur (P1)	24	0,422	
Las Lumas (P4)	25	0,530	0,530
San Isidro (P3)	21	0,573	0,573
Casas de Pichibureo (P2)	30		0,788
Sig.		0,276	0,095

Cuadro 3. Subconjuntos homogéneos determinados por el test de Scheffé para largo de internado medio entre 5 y 11 metros (LIM 511)

Predio	N	Suconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Pichibureo Sur (P1)	24	0,452	
Las Lumas (P4)	25	0,502	0,502
San Isidro (P3)	21	0,535	0,535
Casas de Pichibureo (P2)	30		0,676
Sig.		0,496	0,060

Cuadro 4. Subconjuntos homogéneos determinados por el test de Scheffé para largo de internado medio entre 2 y 11 metros (LIM 211)

Predio	N	Suconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Pichibureo Sur (P1)	24	0,501	
Las Lumas (P4)	25	0,522	
San Isidro (P3)	21	0,584	0,584
Casas de Pichibureo (P2)	30		0,699
Sig.		0,481	0,328