



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

**Determinación del factor de conversión
para volumen de madera pulpable de
Pinus radiata D. Don.**

Patrocinante: Sr. Alfredo Aguilera.

Trabajo de Titulación presentado como
parte de los requisitos para optar al
Título de **Ingeniero en Maderas.**

RODRIGO YONHATAN VERA SOLIS.

VALDIVIA
2010

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Alfredo Aguilera L.	6.0
Informante:	Sr. Fabián Cid Y.	6.0
Informante:	Sr. Luis Inzunza.	6.2

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. Alfredo Aguilera L.

RESUMEN EJECUTIVO

En el año 2008 la producción de pulpa en Chile fue de 4.485.000 toneladas (INFOR, 2009), esto sumado a la competencia del mercado lleva a las industrias a buscar formas de reducir sus costos, optimizando tanto los procesos productivos como complementarios, como son la recepción y el abastecimiento.

Esta investigación nace como una forma de mejorar el proceso de recepción de trozos dado el alto volumen de madera recepcionada para la Planta Valdivia de Celulosa Arauco. Ante esto se propone determinar un factor que ayude a la determinación de volumen en madera palpable de *Pinus radiata* D. Don.

El objetivo general para el presente estudio es determinar el factor de conversión de tonelada húmeda a metro cúbico sólido sin corteza, para evaluar las variabilidades de conversión frente a los distintos lugares de procedencia y antigüedad de los trozos.

El método de trabajo utilizado se basó en el seguimiento, toma de peso y cubicación de camiones con trozos pulpables de largo variable de *Pinus radiata* D. Don, los cuales ingresaron a la Planta Valdivia de Celulosa Arauco durante los meses de mayo a diciembre del año 2006. Posteriormente se realizó la relación entre el volumen sólido sin corteza y el peso de los camiones, con lo cual se determinaron los factores de conversión para cada uno de los distintos productos forestales de largo variable que ingresaron a la planta. Finalmente se relacionó el origen de la madera y el efecto que produce el tiempo de almacenamiento de madera en cancha con respecto a los factores de conversión.

Los resultados obtenidos arrojaron que los factores de conversión en forma seccionada según origen y forma de intervención silvicultural aumentan hacia los meses de primavera y verano por la disminución del contenido de humedad. La madera de cosecha forestal presenta mayores factores de conversión que la de raleo por presentar una mayor densidad.

Existe variabilidad de los factores de conversión de acuerdo a los distintos sitios de origen, especialmente desde el punto de vista geográfico (longitud). La diferencia de los factores de conversión entre canchas de acopio no es clara, ya que puede estar afectada por el manejo poco uniforme de éstas.

Los factores de conversión para madera de cancha de acopio son afectados por la antigüedad de ésta, disminuyendo a medida que aumenta el tiempo de permanencia en la cancha. Sin embargo el manejo y ubicación puede ayudar en la homogeneidad de estos factores.

Palabras claves: *Pinus radiata*, *Factor de Conversión*, *Cubicación*, *canchas de acopio*.

INDICE DE MATERIAS

	Página	
1	INTRODUCCION	1
2	MARCO TEORICO	2
2.1	Generalidades	2
2.2	Caracterización del Pinus radiata D. Don	2
2.2.1	Tasa de crecimiento	3
2.2.2	Densidad Básica	3
2.3	Variabilidad de madera de raleo en Pinus radiata D. Don	5
2.3.1	El raleo en Pinus radiata D. Don	5
2.4	Acopio de trozas en canchas	6
2.4.1	Influencia de la antigüedad de corte y la pérdida de humedad.	6
2.4.2	Influencia del tiempo de almacenamiento en la degradación de los trozos.	7
2.5	Clima región de los Ríos	8
2.5.1	Clima templado lluvioso con influencia mediterránea	8
2.6	Factor de conversión	9
2.6.1	Normas de clasificación de trozos pulpables	9
2.6.2	Cubicación de trozos	10
2.6.3	Fórmulas de cubicación	10
3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	13
3.1	Material	13
3.1.1	Trozos de madera	13
3.1.2	Instalaciones	14
3.2	Determinación del tamaño muestral	14
3.3	Método	14
3.3.1	Proceso Pesaje	14
3.3.2	Proceso de medición de volumen a trozos	15
3.3.3	Proceso de cubicación y cálculo del factor	15
3.4	Análisis de datos	16
4	RESULTADOS	17
4.1	Comportamiento de los factores de conversión en madera de largo variable de Pinus radiata D. Don	17
4.1.1	Madera proveniente de canchas de acopio	17
4.1.2	Madera provenientes de predios	21
4.1.3	Madera proveniente de aserradero sin corteza	24
4.2	Efecto del origen de la madera de Pinus radiata D Don sobre los factores de conversión	26
4.2.1	Madera proveniente de cancha de acopio	26
4.2.2	Madera provenientes de predios forestales	30
4.3	Influencia de tiempo de permanencia en canchas de acopio sobre el factor de conversión en madera de largo variable de Pinus radiata D Don	32
5	CONCLUSIONES	34
6	BIBLIOGRAFIA	36

ANEXOS

- 1 Abstract.
- 2 Forma de cubicación de troza en terreno.
- 3 Formularios de control diario de volumen de trozos.
- 4 Base de datos factor de conversión cancha de acopio.
- 5 Distribución de los factores de conversión (m³ ssc/ ton hu) para madera de cancha según la ubicación geográfica.
- 6 Tablas de medición de volumen y factor de conversión según INFOR, 1987.

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tasas de crecimiento en coníferas.	3
Cuadro 2. Tasa de crecimiento de <i>Pinus radiata</i> D.Don m ³ /ha/año.	3
Cuadro 3. Variación de densidad básica con la altura del fuste del árbol.	4
Cuadro 4. Valores promedios de peso específico por parcela (kg /m ³).	5
Cuadro 5. Resumen del Factor para madera de Cancha.	19
Cuadro 6. Correlación Pearson, Variable de madera de cancha v/s Factor de conversión.	19
Cuadro 7. Promedios de las características físicas.	26
Cuadro 8. Correlaciones del factor de conversión.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Curva de pérdida de humedad trozos cortados en verano y otoño (T1- T2) Invierno y primavera (T3 – T4).	7
Figura 2. Resumen precipitaciones año 2006.	9
Figura 3. Ubicación geográfica canchas de acopio y predios forestales	13
Figura 4. Forma de cubicación de trozas.	15
Figura 5. Niveles de caracterización de madera de largo variable	17
Figura 6. Factor, peso y volumen.	18
Figura 7. Distribución de los factores de conversión según mes de medición. Para madera de cancha (m ³ ssc/ton hu)	18
Figura 8. Distribución del factor de conversión	20
Figura 9. Distribución del factor de conversión según madera de cosecha forestal.	21
Figura 10. Relación del factor de conversión y peso - volumen	22
Figura 11. Distribución del factor de conversión madera cosechada	22
Figura 12. Relación lineal factor de conversión, peso y volumen	23
Figura 13. Distribución del factor de conversión de toneladas hu a m ³ ssc.	24
Figura 14. Relación factor, peso y volumen.	25
Figura 15. Distribución del factor de conversión para madera sin	25

	corteza.	
Figura 16.	Distribución del factor de conversión según canchas de acopio	27
Figura 17.	Factores y ubicación geográfica	29
Figura 18.	Distribución de peso y volumen según localidad	29
Figura 19.	Distribuciones de factores de conversión según localidad para madera de cosecha forestal.	30
Figura 20.	Distribución factor de conversión v/s peso, volumen según localidades para madera de cosecha.	31
Figura 21.	Distribución factor de conversión según distribución geográfica.	32
Figura 22.	Distribución factor de conversión según tiempo en cancha.	33
Figura 23.	Histograma cantidad de muestras agrupadas según tiempo en cancha.	33

1. INTRODUCCIÓN

Chile es uno de los más importantes productores y exportadores de pulpa de nivel mundial, debido principalmente a la alta tasa de crecimiento de las plantaciones y que los costos de producción son inferiores a la de países competidores. Siendo en el año 2008 la producción total de pulpa 4.485.000 toneladas.(INFOR, 2009), para lo cual se procesan millones de metros cúbicos de bosques plantados, siendo las especies más utilizadas como materia prima el *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* D. Don .

Dentro de los elementos de mayor relevancia en el abastecimiento de materia prima, al momento del ingreso a la planta, están en los sistemas de recepción, los cuales deben operar en forma adecuada para que no se produzcan distorsiones en los volúmenes de ingreso. De esta manera no se afectará en forma significativa los costos por compra de materia prima.

La variabilidad de pesos y volúmenes, al cuantificar y cubicar los trozos, puede ser afectada por diferentes situaciones tales como: la degradación de la materia prima, la estación climática o la intervención silvicultural. Esto tiene como consecuencia grandes cantidades de trozos con diferentes diámetros y largos, lo cual hace necesario la utilización de unidades de medición de mayor precisión para los distintos productos forestales que ingresan a las plantas de celulosa.

La realización de este estudio tiene como finalidad encontrar un factor de conversión que ayude a la determinación de volúmenes en maderas pulpables de *Pinus radiata* D. Don. Para esto se utilizará un factor que permitirá estimar los volúmenes de materia prima, determinando a su vez los valores finales a facturar por materia prima ingresada a la planta.

Para la realización de este estudio se propone como objetivo principal, Determinar el factor de conversión para volumen de la madera de largo variable de *Pinus radiata* D. Don, para ello se han trazado los siguientes objetivos específicos:

- Determinar los factores de conversión de tonelada húmeda a metro cúbico sólido sin corteza (m^3 ssc) en madera de largo variable de *Pinus radiata* D. Don.
- Evaluar el efecto del origen de la madera de *Pinus radiata* D. Don de largo variable sobre los factores de conversión.
- Determinar la influencia del tiempo de permanencia en canchas de acopio sobre el factor de conversión en madera de largo variable de *Pinus radiata* D. Don.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Generalidades.

Actualmente Chile posee 2,1 millones de hectáreas de plantaciones exóticas, los que representan el 3% de la superficie nacional que constituye aproximadamente el 90% de la economía sectorial. El 68% de las plantaciones a lo largo del país corresponden a *Pinus radiata* D. Don, lo que provee la materia prima a una diversificada industria forestal como aserraderos, tableros contrachapados, aglomerados, celulosa, etc. Por otra parte, las plantaciones de eucaliptos, ocupan un 24% del total de las plantaciones orientadas principalmente a producir pulpa (INFOR, 2005).

El *Pinus radiata* D. Don tiene una potencialidad y versatilidad como pocas especies forestales en el mundo, características que ofrecen innumerables oportunidades de aumentar la rentabilidad de las plantaciones (Basualto, 2005), principalmente por su rápido crecimiento y los múltiples usos que se le pueden dar.

En el aspecto comercial, los trozos pulpables de pino que costaban alrededor de US\$ 1 por m³ en la década del 60, en la actualidad se transan en cifras del orden de los US\$ 20 por m³ (Basualto, 2005).

2.2 Caracterización del *Pinus radiata* D. Don.

De acuerdo a Sierra (1994) existen tres factores de mayor incidencia en la madera para los volúmenes de producción de celulosa:

- La tasa de crecimiento.
- La densidad de la madera.
- El rendimiento pulpable.

Debido a su incidencia en el peso de la madera, esta tesis se orientará hacia los dos primeros factores mencionados, los cuales varían según los siguientes antecedentes:

- Sitio de procedencia del árbol (tipo de suelo).
- Edad del árbol.
- Zona geográfica.

2.2.1 Tasa de crecimiento.

El *Pinus Radiata* se adaptó en forma óptima al clima de Chile donde se registra un crecimiento muy superior al de los lugares de origen. (Ver cuadro 1).

Cuadro 1. Tasas de crecimiento en coníferas.

País	m ³ /ha/año
Canadá	1,5
U.R.S.S.	1,6
Suecia	4,0
EE.UU.	7,0
Chile	25,0

(Fuente: A.T.C.P. 1989.)

Según A.T.C.P. (1989), la tasa de crecimiento es sensible al sitio de plantación y a la edad del árbol. Tal como se indica en el cuadro 2, el mayor crecimiento volumétrico del *Pinus radiata* se obtiene en los suelos de arenas húmedas. Se señala que la altura útil del árbol de arenas secas es menor al observado en los otros sitios, sin embargo, su mayor diámetro basal permite compensar en parte el menor volumen útil.

Cuadro 2. Tasa de crecimiento de *Pinus radiata* D.Don en Chile.

Sitio	Edad del árbol (años)		
	14	18	22
Arcilla (m ³ scc/ha/año)	16,4	24,4	21,9
Arena húmeda (m ³ scc/ha/año)	18,4	25,9	32,9
Arena seca (m ³ scc/ha/año)	14,1	9,7	26,1

(Fuente: A.T.C.P. 1989.)

2.2.2 Densidad básica.

La densidad básica relaciona el peso seco de la madera con el volumen verde que tiene un árbol, es decir, recién cortado. La densidad básica del *Pinus radiata* depende de varios factores entre los cuales se destacan el sitio de plantación, edad del árbol y la posición en altura del fuste. Como tendencia, la densidad básica en cada sitio de procedencia aumenta con la edad del árbol y disminuye con la altura del fuste. En el cuadro 3 se observa que los árboles de menor densidad básica provienen del sitio de arenas secas. (A.T.C.P., 1989)

Cuadro 3. Variación de densidad básica (kg/m³) con la altura del fuste del árbol.

Sitio	Edad (años)	Densidad Básica (kg./m ³)				
		1,3 (m)	6 (m)	12 (m)	18 (m)	24 (m)
Altura fuste (m)		1,3 (m)	6 (m)	12 (m)	18 (m)	24 (m)
Arcilla	14	390	375	356		
	18	395	386	361	341	
	22	426	408	385	365	339
Arena húmeda	14	374	334			
	18	387	379	369	359	
	22	432	416	396	376	356
Arena seca	14	376	344			
	18	363	346	325		
	22	408	388	361	335	

(Fuente: A.T.C.P. 1989)

En general, se puede decir que la madera de *Pinus radiata* proveniente de un mismo árbol es heterogénea, vale decir, sus propiedades varían tanto en sentido horizontal como vertical, lo que la hace una materia prima difícil de tratar desde el punto de vista industrial y químico. Según Delmastro, et al (1981), la variación de densidad básica se presenta entre árboles del mismo rodal, entre rodales y entre localidades.

Al señalar que los valores de densidad básica de *Pinus radiata* son distintos entre localidades, la madera juvenil muestra una tendencia a disminuir su densidad de norte a sur. La madera intermedia no sigue la tendencia de variación apreciable con la latitud. Por su parte, la madera madura presenta una tendencia a aumentar la densidad básica de norte a sur.

El mismo autor señala que en parte importante de las localidades se encontraron diferencias significativas de densidad básica entre parcelas de un mismo lugar. En el cuadro 4 se muestran 10 parcelas ubicadas desde Loncoche hasta Osorno, seleccionadas de un estudio realizado a 42 predios de la zona centro-sur de Chile, donde se observa los distintos promedios de densidad básica de *Pinus radiata* entre localidades.

Cuadro 4. Valores promedios de densidad básica por parcela (kg /m³).

Parcelas	Provincia	Localidad	Latitud	Longitud	Elevación m.s.n.m.	NºObser	Promedio (kg /m ³)
1	Cautín	Loncoche	39°25' S	72°40' W	110	306	418,1
2	Cautín	Loncoche	39°19' S	72°35' W	250	159	386,3
3	Valdivia	Valdivia	39°44' S	73°08' W	30	295	450,2
4	Valdivia	Valdivia	39°44' S	73°08' W	60	306	437,1
5	Valdivia	Cayumapu	39°45' S	73°07' W	20	300	433,9
6	Valdivia	Cayumapu	39°45' S	73°07' W	80	295	464,3
7	Valdivia	Los Ulmos	39°59' S	73°09' W	160	365	457,9
8	Valdivia	Los Ulmos	40°05' S	73°05' W	235	278	418,8
9	Osorno	Osorno	40°37' S	73°15' W	170	275	404,3
10	Osorno	Osorno	40°37' S	73°15' W	160	255	420,0

(Fuente: Delmastro et al, 1981).

2.3 Variabilidad de madera de raleo en *Pinus radiata*.

En los últimos años se ha observado una tendencia generalizada por manejar intensivamente las plantaciones de *Pinus radiata* en el país. Mediante adecuadas y oportunas técnicas de raleo y poda, es posible obtener productos de alta calidad de madera. De acuerdo con Delmastro et al 1981, las intervenciones silvícolas intensivas traen consigo un brusco cambio del tipo de materia prima que recibirá en el futuro la industria de la celulosa. El *Pinus radiata*, como en la mayoría de las especies, presenta un rápido crecimiento del fuste en diámetro, el cual al cabo de algunos años, va disminuyendo hasta alcanzar la etapa de madera madura.

Millar (2003), indica que, una tendencia similar ocurre en el caso de las ramas. Ante una densidad inicial dada, el crecimiento diametral de la rama aumenta rápidamente al comienzo, en el punto de unión con el fuste. Luego de algunos años, al aumentar la competencia y la sombra, el crecimiento diametral disminuye, llegando a ser demasiado pequeño para ser apreciado a simple vista.

2.3.1 El raleo en *Pinus radiata*.

Debido al gran volumen de madera proveniente de manejos silviculturales que ingresan a las plantas de celulosa y a las claras diferencias de densidad y peso que hacen variar el factor de conversión de tonelada a metro cúbico sólido sin corteza se mencionarán, las principales características del raleo aplicado al *Pinus radiata*.

Morales (1999), define el raleo como aquellas cortas realizadas a las plantaciones, fundamentalmente para concentrar la productividad del sitio en unos pocos fustes de alta calidad. Las ganancias de esta intervención se concentraran en el incremento de valor del rodal por aumento del tamaño del producto y de la calidad.

Millar (2003), indica 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.

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 se intervendrá, la intensidad o número de individuos a remover por hectárea y las características silviculturales relacionadas a la especie objetivo.

2.4 Acopio de trozas en canchas.

Se define como tiempo de almacenamiento de un lote de trozos, al tiempo medido en meses, que transcurre desde el momento de corta del árbol, hasta la fecha de recepción de la madera en la fábrica (A.T.C.P. ,1989)

Según Peredo (1987), las plantas nacionales de celulosa poseen una alta producción, lo que las obliga a trabajar con grandes volúmenes de madera, que deben permanecer almacenadas durante largo tiempo antes de ser procesadas. Esto se debe principalmente a consideraciones técnicas relacionadas con el manejo forestal, como el clima, los caminos que exigen que el abastecimiento de la madera sea normalmente estacional y de gran envergadura, pero de utilización sostenida durante todo el año, que realizan las plantas industriales.

A.T.C.P. (1989), indica que para que una industria de celulosa cumpla con el propósito de producir de acuerdo a su capacidad instalada, es necesario asegurar un nivel de procesamiento, evitando de esta forma su detención total o parcial por falta de materia prima, ya sea por la imposibilidad de abastecimiento durante la noche, fenómenos climáticos que imposibilitan el flujo de madera por las rutas o por inaccesibilidad en periodos invernales. De acuerdo con Devlieger y Baettig (1999), con Existen canchas temporales, las que se localizan en lugares cercanos a los bosques en explotación; canchas semipermanentes ubicadas a orillas de carretera y canchas permanentes ubicadas en lugares cercanos a la planta maderera o en las plantas.

2.4.1 Influencia de la antigüedad de corte y la pérdida de humedad.

Por otro lado, existen otras variables que pueden afectar el peso de las trozas y al mismo tiempo los factores de conversión, como es el caso de la pérdida de agua debido a la antigüedad de corte o permanencia de la madera en cancha de acopio.

En la figura 1 que muestra los lotes de trozos de *Pinus radiata*, cortados en verano y otoño (T1 – T2), con respecto a los lotes de trozos cortados en invierno y primavera (T3 – T4), donde la madera (T1 - T2) logra una mayor pérdida de humedad en 12 meses de acopio, mientras que la madera (T3 – T4) alcanza su mayor porcentaje de

perdida de humedad en menos tiempo, pero luego comienza a absorber humedad (A.T.C.P. ,1989).

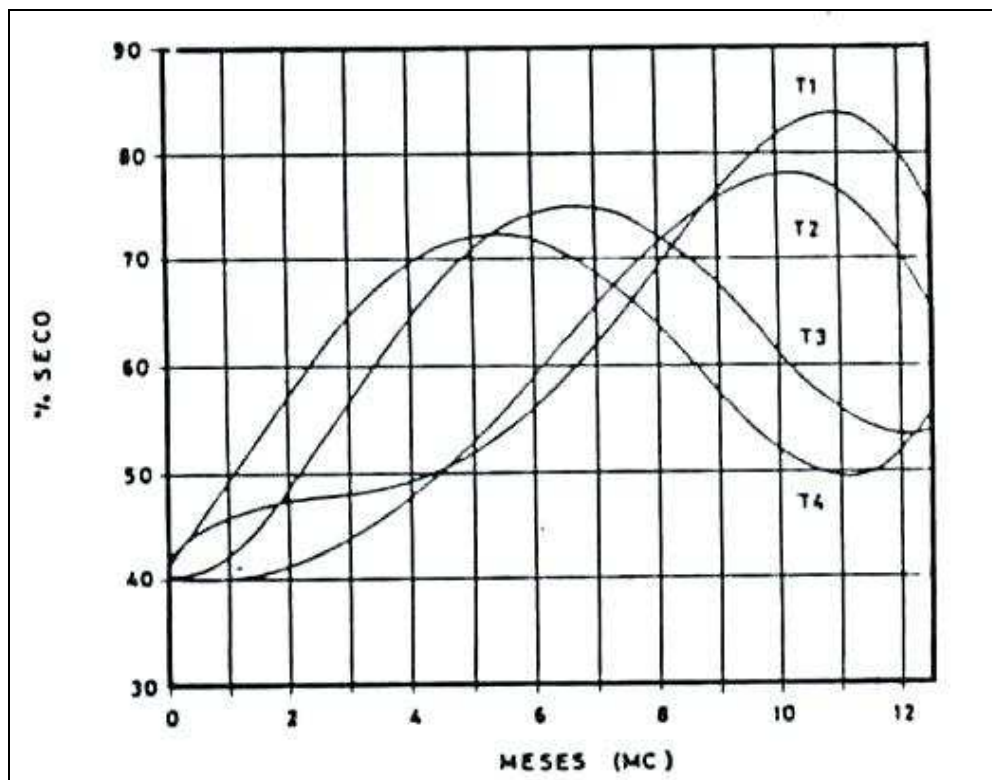


Figura 1. Curva de pérdida de humedad trozos cortados en verano y otoño (T1- T2) invierno y primavera (T3 – T4).

2.4.2 Influencia del tiempo de almacenamiento en la degradación de los trozos.

En una cancha de almacenamiento se deben tomar varias medidas de protección de las trozas, a fin de evitar el ataque de hongos e insectos. Es recomendable procesar las trozas provenientes del bosque tan pronto como sea posible, especialmente durante la temporada de calor, teniendo una adecuada rotación del stock. Conviene considerar la predisposición a la pudrición y manchas de algunas trozas, lo cual acorta su periodo de almacenamiento y la densidad de la madera, siendo estos factores los que deben ser tomados en cuenta al ingresar al proceso (Devlieger, Baettig, 1999).

Kollmann (1959), señala que el avance de la degradación de la madera en las distintas estaciones del año se ve influenciado por las distintas exigencias de temperatura de los hongos, desarrollándose en los meses cálidos y húmedos, ya que en invierno su desarrollo se ve impedido o retrasado por las bajas temperaturas de esta estación.

El efecto del tiempo de almacenamiento sobre la densidad básica de la madera, es estadísticamente significativo en las distintas maderas de *Pinus radiata* que se almacenan en canchas de la Región de los Ríos (Valdivia), registrándose una disminución de densidad básica, lo que es producto de la pérdida, principalmente de celulosa, atribuido a la degradación. Esto provoca la pérdida de masa en la madera. (Toledo, 2005).

2.5 Clima región de Los Ríos.

Como se ha mencionado anteriormente, otro factor importante a la hora de hablar de peso y volumen es el clima regional. La alta pluviosidad en invierno y el calor en verano hacen variar el contenido de humedad y, por ende, el peso de las trozas, especialmente en el caso de maderas de baja densidad como es el *Pinus radiata*.

La mayoría de las maderas estudiadas provienen de canchas de acopio y predios forestales ubicados entre las localidades de San José de la Mariquina y Osorno, zona de alta pluviosidad. En el caso de Valdivia presenta un clima del tipo “costa occidental con influencia mediterránea”. Mientras que San José de la Mariquina al igual que el sector comprendido entre Paillaco y Osorno (Depresión Intermedia) están clasificados dentro del clima “templado cálido, con menos de cuatro meses secos (Rodríguez ,1989). El aumento de las precipitaciones es el principal factor que define un clima lluvioso para la décima cuarta región, con la característica que no existen meses secos, es decir con totales mensuales inferiores a 40 mm de agua caída.

Los totales anuales de agua caída son superiores a 1.300 mm, sobrepasando los 2.200 mm en algunos sectores específicos (Panguipulli, Corral). El período del año más lluvioso continúa siendo el de mayo a agosto.

2.5.1 Clima templado lluvioso con influencia mediterránea.

El clima templado lluvioso corresponde a la mayor parte de la IX y XIV región, extendiéndose aproximadamente hasta los 42° 20' latitud sur. La temperatura media sólo alcanza a 11° C, por lo que no corresponde a los climas cálidos. Las temperaturas promedios para Valdivia y Osorno son de 8,8 °C y 8,7 °C respectivamente, esto a pesar que la distancia a la costa desde ambas localidades es muy diferente.

Si bien las variaciones de relieve no son suficientes para producir cambios significativos en la distribución de las temperaturas, sí generan diferencias en la cantidad y frecuencia de las precipitaciones, las que además se ven influenciadas por la altura y la latitud. En Corral y Niebla superan los 2.000 mm; en Valdivia (Pichoy) descienden a menos de 1.900 mm, tendencia que se acentúa en Osorno, que alcanza los 1.330 mm debido a los efectos de la Cordillera Pelada al oeste. En tanto aumentan a 1.800 mm de agua caída en Puerto Montt. Hacia la cordillera de los Andes se acrecientan las precipitaciones y se presentan intensas nevazones en

invierno (Puerto Fuy, Huilo-Huilo, Puerto Marín, Lago Rupanco, Lago Chapo y Lago Todos los Santos).

En la figura 2 se observa la cantidad de precipitaciones caídas durante el año 2006 en la ciudad de Valdivia, alcanzando un total de 2946 milímetros en el año. Esta cantidad de agua caída afectaría el peso de los trozos y, se cree que, los factores de conversión en los meses de verano, al tener menos precipitaciones los trozos absorben una menor cantidad de agua, por lo que el factor de conversión tenderá a aumentar, mientras que en los meses de invierno el factor disminuye (Huber, 2006)

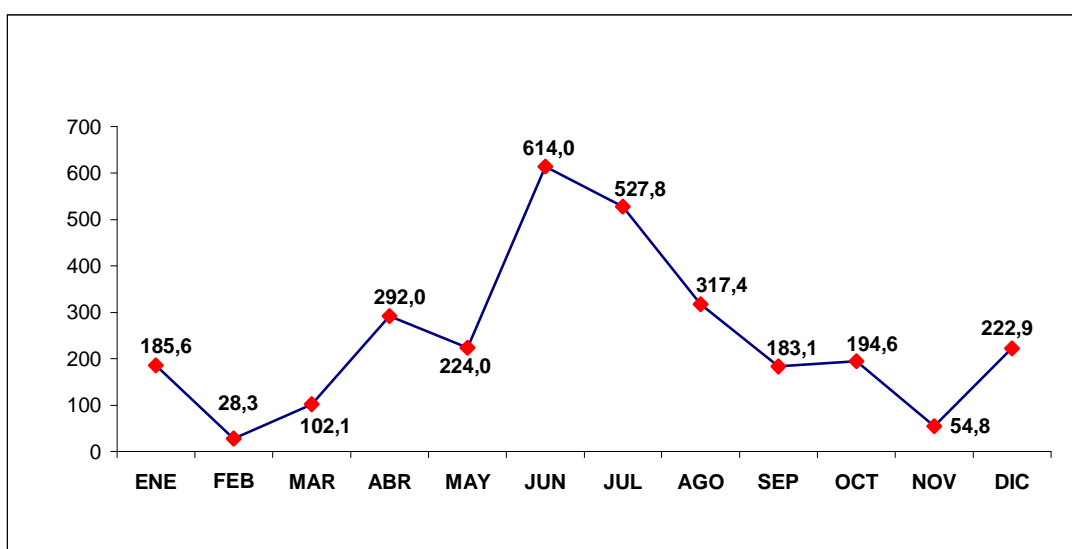


Figura 2. Resumen precipitaciones año 2006 para Valdivia.

2.6 Factor de conversión.

2.6.1 Normas de clasificación de trozos pulpables.

No existe normas oficiales para este producto en Chile, pero en la práctica se deben respetar las especificaciones de la fábrica que procesará dichos trozos.

Las principales especificaciones se refieren a requerimientos dimensionales y defectos de forma. Los productos pulpables se comercializan en tres longitudes: 1,46; 2,44 y 7,0 metros sin descortezar. El diámetro mínimo del lado menor debe ser de 12 cm, mientras que el diámetro máximo admisible es de 40 cm. Estas restricciones están dadas por los equipos para astillado, los cuales al procesar diámetros distintos a estos rangos no producirían en su capacidad óptima.

Normalmente el producto se entrega en terreno, apilado en rumas ordenadas en trozos paralelos, en diversas alturas, dependiendo de la disponibilidad de espacio.

La unidad de volumen es el metro ruma (mr), que consiste en una pila de madera con corteza de 2,44 m de largo por 1 m de alto y 1 m de ancho (Souter et al, 2003).

La madera, que es cosechada como metro ruma o larga en el bosque, debe ser acanchada tan pronto como sea posible en lugares adecuados, con el fin de reducir pérdidas de calidad por daños provocados por la humedad, el ataque de insectos y hongos. Los productos forestales deben ser acanchados de manera que el cliente pueda verlo en forma cómoda y con fácil acceso para trasladar y manipular. Los lugares para acanchar tienen que estar secos, sin vegetación y con buen acceso para camiones (Shick y Wiederman. 2003).

2.6.2 Cubicación de trozos.

Los trozos que se procesan deben medirse, tanto para tener una base de transacción, como para fines de inventario y de determinación del rendimiento en el proceso. Estas medidas pueden expresarse en volumen (m^3 , m^3s , m^3ssc , mr etc.), (Ver anexo 6) o en peso ya sea seco o húmedo. La cubicación indirecta de trozos mediante su pesaje presenta la desventaja de que el peso varía con la humedad del trozo, la cual, a su vez, depende de factores como la estación del año, tiempos de almacenamiento, especie, etc.

En el país se emplean diferentes métodos de cubicación de trozos. Las reglas más conocidas son la Japanese Agricultural Standards (JAS), EFA desarrollada por la empresa forestal Arauco y la fórmula de Smalian. Comparando estas reglas, se observa que con la regla EFA se obtienen los volúmenes mayores y con la fórmula de Smalian los menores (INFOR, 1989). Los diferentes productos que se pueden cosechar en el bosque, deben ser medidos y seleccionados antes de ponerlos en venta. La clasificación de los productos primarios como trozos, metro ruma y leña se hacen de acuerdo al diámetro, calidad y el uso final.

Los trozos se miden respecto a su volumen en metro cúbico sólido o pulgadas. Para calcular el volumen de una troza se necesita su longitud y su diámetro, dependiendo de la forma usada para el cálculo de volumen, se tiene que medir el diámetro en el centro o en los extremos menor y mayor de la troza (Shick y Wiederman, 2003).

2.6.3 Fórmulas de cubicación

a) Smalian

Esta fórmula al considerar las dos áreas del trozo y no utilizando aproximaciones en sus medidas la hacen ser más exacta respecto de la fórmula JAS. Por su fácil aplicabilidad permite calcular volúmenes de trozos en forma seccionada disminuyendo las sobreestimaciones por curvaturas y deformaciones. (INFOR 1989).

$$V = \frac{(a + A) * L}{2}$$

Donde:

V = Volumen de la troza (m³ ssc)

L = Longitud de la troza (m)

A = Área de la sección del diámetro mayor (m²)

a = Área de la sección del diámetro menor (m²)

b) Metro ruma

La madera para pulpa se comercializa en unidades que reciben el nombre de metro ruma. Esta unidad es el volumen de madera en trozos, con corteza o descortezada, cortada a 2.44 m ó 1.22 m de largo y apilada en un metro de alto y un metro de ancho. Los rollizos deben ser libres de ramas y con un diámetro menor no inferior a 10 cm.

Si el metro ruma se encuentra en canchas grandes, donde se ha apilado por máquinas en rumas irregulares, se puede medir el volumen después de cargar el camión o se tiene que medir el largo de la ruma y varias alturas para obtener un promedio de la altura de la ruma (Shick y Wiederman, 2003).

c) JAS (Japanese Agricultural Standards).

Esta fórmula de cubicación se utiliza generalmente en la industria del aserrio, debido a que sólo se toma en consideración el diámetro menor de los trozos. Los resultados arrojados subestiman los volúmenes (INFOR, 1989).

La formula de cubicación es la siguiente:

$$V = \frac{D^2 \times L}{10.000}$$

Donde:

V = volumen de la troza (m³ssc)

D = diámetro menor de la troza sin corteza, aproximando al par inferior (cm)

L = largo aproximado a los 20 cm inmediatamente inferiores a la medida real (m)

d) Mediciones electrónicas de trozas

Las trozas han sido tradicionalmente medidas utilizando forcímulas manuales. Sin embargo, en la actualidad este método está siendo reemplazado por sistemas de medición óptica, conocidos comúnmente como scanner o cortina de luz.

Los scanners están constituidos por varios focos emisores y receptores de luz colimada. Su funcionamiento se basa en la continuidad de los haces de luz, que son

provocadas por el paso de una troza entre algunos de los emisores y receptores de luz. De este modo, se logra la detección de los bordes de las trozas, realizándose diferentes mediciones a través de su longitud. Se señala que las mediciones electrónicas deben ofrecer una buena precisión en sus mediciones independiente de los cambios de temperatura, clima o de las vibraciones causadas por maquinaria de su alrededor (Devlieger y Baettig ,1999).

e) Factores de conversión

En el anexo 6 se puede observar los valores de factores de conversión de metro ruma a metro cúbico sólido con corteza y metro cúbico sólido sin corteza, donde este último arroja un promedio de $1,4 \text{ m}^3 \text{ ssc/mr}$. Se debe tomar en consideración que en la madera existe gran variabilidad entre la cantidad de trozos y diámetros medios. Al arrumar los trozos se encuentra un porcentaje promedio de 32% de aire entre ellos.

El anexo 6 muestra los contenidos de humedad de un metro ruma y como afecta este factor al peso de los trozos. La diferencia en peso para los trozos sin corteza con 120% de contenido de humedad base seca y otros trozos con 40% de humedad base seca es de $0,55 \text{ (kg/m-r)}$, mientras que para los trozos con corteza la diferencia bajo las mismas condiciones es de $0,61 \text{ (kg/m-r)}$.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

3.1 Material.

3.1.1 Trozos de madera.

Para esta investigación se utilizaron trozas de *Pinus radiata*, provenientes de distintos predios de la novena y décima cuarta región, todos pertenecientes a la empresa Forestal Valdivia. En la figura 3 se puede observar la ubicación geográfica de las canchas de acopio y predios forestales de donde provienen los trozos a estudiar.



Figura 3. Ubicación geográfica canchas de acopio y predios forestales

Las trozas son definidas con el nombre de madera de largo variable, cuyas dimensiones son: 7,0; 6,5; 5,5; 5,0 y 4,5 metros, y largos no definidos. Para el estudio se controlaron 365 camiones o carros con una cantidad promedio de 335 trozos por cada uno lo que equivale a 122.275 trozos aproximadamente.

3.1.2 Instalaciones

Para la medición y cubicación de los trozos se utilizaron las dependencias de la Planta Valdivia de Celulosa Arauco, donde se habilitó una cancha de muestreo. Para la descarga y esparcimiento de las trozas se utilizó un trineumático, también perteneciente a la planta Valdivia, mientras que el pesaje de las trozas se realizó en una romana de la misma planta.

3.2 Determinación del tamaño muestral.

Para la determinación del tamaño muestral se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Cantidad de camiones con madera de largo variable ingresada a la planta celulosa Valdivia durante los meses de mayo a octubre del año 2005.
- Tiempo estimado por medición y cubicación de trozas.
- También se consideró intervalo de confianza de un 95%.
- Varianza desconocida, lo cual arrojó un valor de 365 muestras a realizar, el cual corresponde a un 5% del total de las maderas de largo variable ingresadas a la planta, durante los meses de mayo a diciembre del año 2006.

3.3 Método.

La determinación de los factores de conversión de peso a volumen se realizó por medio de tres procesos:

3.3.1 Proceso Pesaje.

Una vez ingresado el camión y carro con trozos de largo variable a la planta celulosa Arauco Valdivia, se hacen pasar por una romana la cual arroja los siguientes datos:

- Peso bruto (Tara + Peso Trozas).
- Tara (Peso Camión).
- Peso Neto (Peso Trozas).

3.3.2 Proceso de medición de volumen a trozos.

Posteriormente el camión y carro se dirigen hacia la cancha, lugar donde por medio de un trineumático es distribuida la carga en el suelo, considerando un espacio entre trozas para que se pueda realizar la medición. En la figura 4 se puede observar la forma en que se midieron los diámetros mayor y menor (en el anexo 2 se puede ver la forma de medición en terreno). Para luego cada un metro proceder a quitar una franja de corteza midiendo nuevamente sus diámetros. Este proceso se realiza 2 veces, y luego la medición continúa cada dos metros. La última medición se realiza tomando en cuenta si el trozo sobrante es menor a 50cm, es considerado dentro de esta última en el caso de ser mayor se toma como otra medición, los datos son registrados en los formularios de control diario de volumen de trozos (Ver anexo 3).

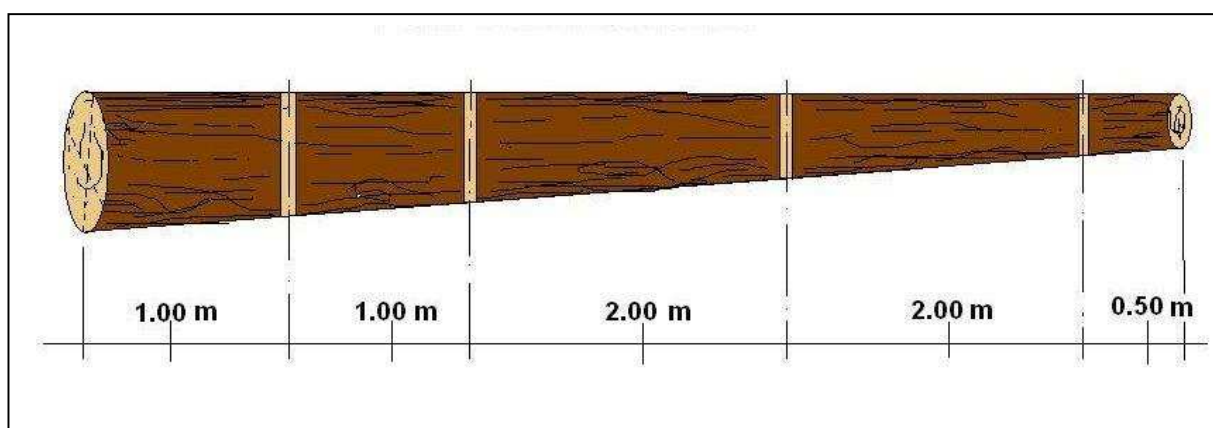


Figura 4. Forma de cubicación de trozas.

3.3.3 Proceso de cubicación y cálculo del factor.

Una vez obtenido los diámetros y largo de las secciones de los trozos según anexo 4, se procedió a la cubicación en forma seccionada de los volúmenes sólidos sin corteza de los trozos mediante la fórmula Smalian. Luego mediante la sumatoria de los volúmenes de trozas se determinó el volumen total de cada muestra.

Luego de obtener los volúmenes de las muestras y con el peso neto de los trozos arrojado de la romana, se procederá a utilizar la fórmula para el cálculo del factor, la cual se muestra a continuación:

Fórmula de cálculo del factor de conversión.

$$F_c = \frac{\text{Vol. (m}^3_{\text{SSC}})}{\text{Peso Neto (t)}}$$

3.4 Análisis de datos

El estudio de datos se realizó mediante un análisis descriptivo del factor de conversión, con el fin de ver el comportamiento de éste en el tiempo. Se aplicaron pruebas de correlación entre las variables físicas que intervienen en el cálculo del factor, con el fin de demostrar la efectividad de la relación volumen y peso. Luego, mediante anova se demostró si existen diferencias significativas entre los factores de conversión y los lugares de procedencia. A su vez, mediante una correlación, se observó si existen diferencias significativas entre el tiempo de permanencia en cancha y el factor de conversión.

4. RESULTADOS

4.1 Comportamiento de los factores de conversión en madera de largo variable de *Pinus radiata*.

Los resultados se obtuvieron luego de ocho meses de seguimiento y obtención de datos de volúmenes y pesos de trozos de largo variable. Estos fueron tomados en forma aleatoria en camiones y carros ingresados a la Planta Valdivia de Celulosa Arauco. Para mayor claridad y comprensión de esta sección, el estudio se subdividió, considerando los elementos y niveles presentes en la figura 5:

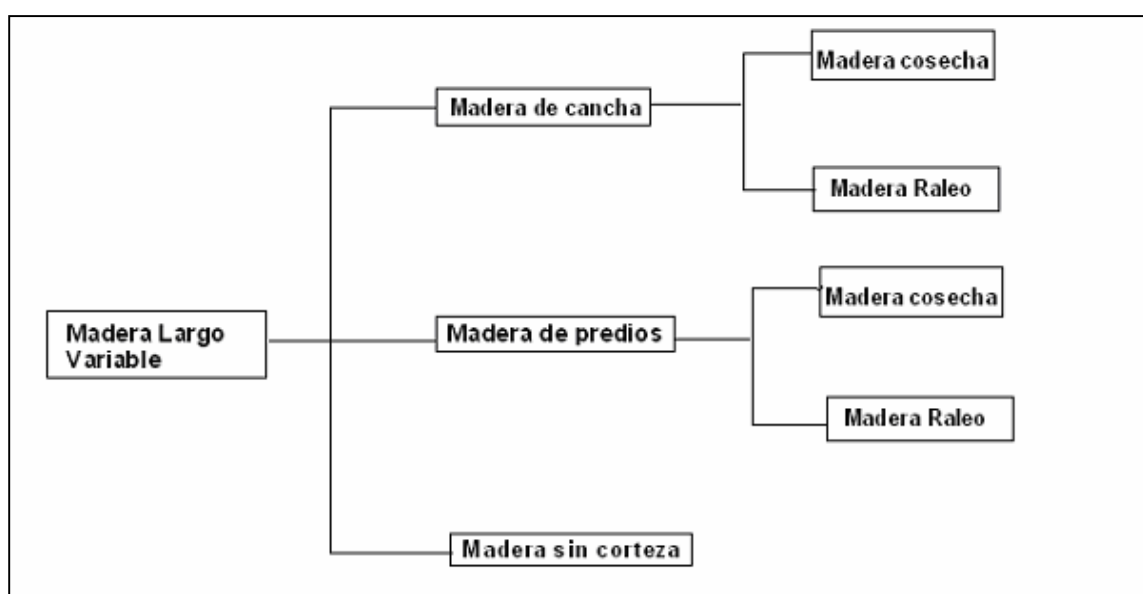


Figura 5. Niveles de caracterización de madera de largo variable

4.1.1 Madera proveniente de canchas de acopio.

- Validación del factor de conversión de tonelada húmeda a metro cúbico sólido sin corteza, para madera proveniente de canchas de acopio.

En la figura 6 se observa que existe una relación lineal inversa significativa entre el peso en toneladas húmedas de las muestras de madera de cancha y el volumen sólido sin corteza de las mismas, para un nivel de confianza del 99%. El indicador r^2 explica un 96,2% de variabilidad de los factores antes mencionados, lo que muestra una relación importante entre el peso y volumen. La figura también muestra la ecuación que relaciona estas variables en forma lineal.

Esta regresión lineal fue realizada tomando en cuenta las 214 muestras de madera de cancha con sus respectivos factores, pesos y volumen. Donde el factor promedio para madera de cancha es de 0,974 (m³ssc/ t hu).

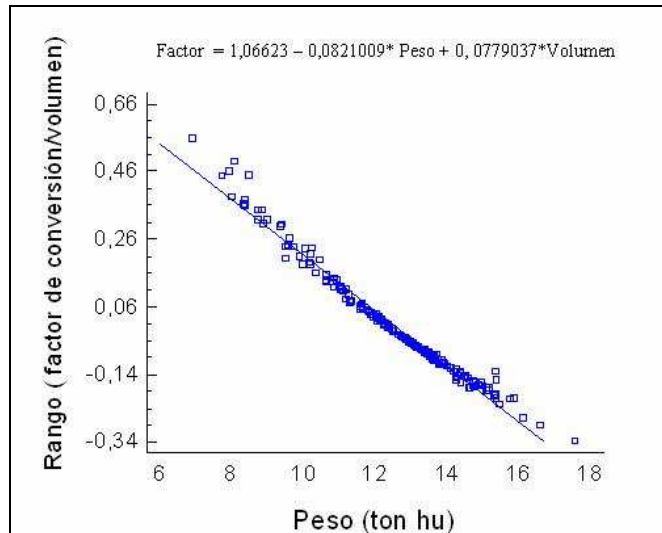


Figura 6. Factor, peso y volumen.

En la figura 7 se observa como los factores de conversión varían de acuerdo a los distintos meses del año.

Estas variantes se hacen presentes al analizar los factores de conversión del mes de octubre, donde el factor de conversión promedio es de 0,846 (m³ssc/t hu). Esto contrasta con el mes de diciembre del mismo año, donde el factor se eleva a 0,994 (m³ssc/t hu).

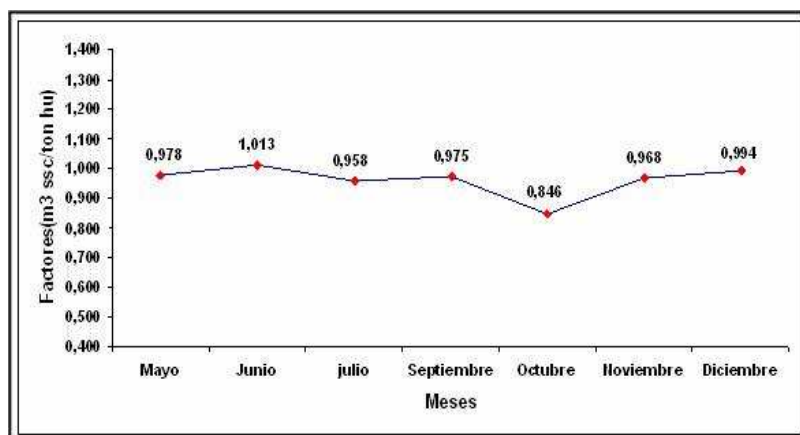


Figura 7. Distribución de los factores de conversión según mes de medición para madera de cancha (m³ssc/t hu).

En el cuadro 5 se ilustra lo mencionado en la figura anterior, donde dentro de las características físicas que afectan a la madera, el peso de los trozos adquiere mayor variabilidad en comparación con el volumen, el largo promedio y el diámetro promedio.

Cuadro 5. Resumen del factor para madera de cancha.

	Media	Desviación típica	N
Peso (t)	12,59	1,88	214
Volumen(m ³ ssc)	12,09	1,30	214
L .Promedio (m)	4,01	0,53	214
D Promedio (cm)	14,73	1,36	214

En el cuadro 6 se muestra que las variables peso, largo promedio y diámetro promedio de los trozos provenientes de cancha de acopio, se relacionan en forma significativa con el factor de conversión, a un nivel de confianza del 99%. Sin embargo, el volumen de los trozos (m³ssc) sólo muestra una correlación con el peso en toneladas húmedas.

Cuadro 6. Correlación Pearson, variable de madera de cancha y factor de conversión

		Factor	Peso	Volumen	Largo promedio	Diámetro promedio
Factor	Correlación	1,0	-0,74(**)	0,05	0,22(**)	0,25(**)
	Sig. (bilateral)		0,00	0,46	0,00	0,00
	N	214	214	214	214	214
Peso	Correlación	-0,742(**)	1,0	0,61(**)	-0,13	-0,16(*)
	2	0,00		0,00	0,05	0,01
	N	214	214	214	214	214
Volumen	Correlación	0,05	0,61(**)	1,0	0,11	0,06
	Sig. (bilateral)	0,46	0,00		0,08	0,33
	N	214	214	214	214	214
L.Promedio	Correlación	0,22(**)	-0,13	0,11	1,0	0,46(**)
	Sig. (bilateral)	0,00	0,05	0,08		0,00
	N	214	214	214	214	214
D.Promedio	Correlación	0,25(**)	-0,16(*)	0,06	0,46(**)	1,0
	Sig. (bilateral)	0,00	0,01	0,33	0,00	
	N	214	214	214	214	214

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

A) Madera de raleo proveniente de canchas de acopio.

En la figura 8 se observa que el promedio de los factores para los meses de mayo a diciembre en madera de raleo es de 0,960 ($m^3\text{ssc}/t\text{ hu}$), con una desviación estándar de 0,123 ($m^3\text{ssc}/t\text{ hu}$), el peso promedio de las muestras es de 12,76 toneladas húmedas por metro cúbico.

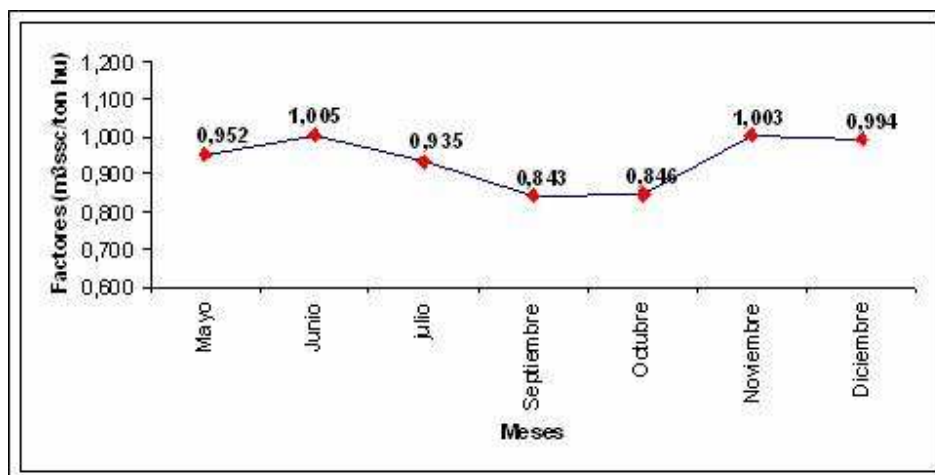


Figura 8. Distribución del factor de conversión

B) Madera de cosecha proveniente de canchas de acopio.

Los diámetros y largos promedios obtenidos de la madera de cosecha tienen como resultado 14,83 cm y 396 cm respectivamente.

La madera de cosecha forestal, almacenada en canchas de acopio a la intemperie, es capaz de almacenar menos agua que la madera proveniente de raleo forestal, debido a su mayor densidad básica, lo que produce un menor peso en los trozos y, por ende, los factores de conversión son más altos.

Relacionado con lo anterior, la estadística descriptiva arroja que para la madera de cosecha forestal proveniente de canchas de acopio, el factor promedio corresponde a 0,999 ($m^3\text{ssc}/t\text{ hu}$), siendo éste mayor al correspondiente a la madera de raleo. La desviación estándar para este tipo de madera corresponde a 0,124 $m^3\text{ssc}/t\text{ hu}$.

La figura 9 muestra el comportamiento de los factores de conversión durante los meses de mayo a noviembre. Siendo el tamaño muestral de 80 camiones de trozos. Estos factores muestran una tendencia a disminuir hacia el mes de noviembre, dado que la mayor cantidad de muestras de dicho mes corresponde a maderas con menos de 6 meses de almacenamiento, por ende, con mayor contenido de humedad respecto a las muestras de los otros meses.

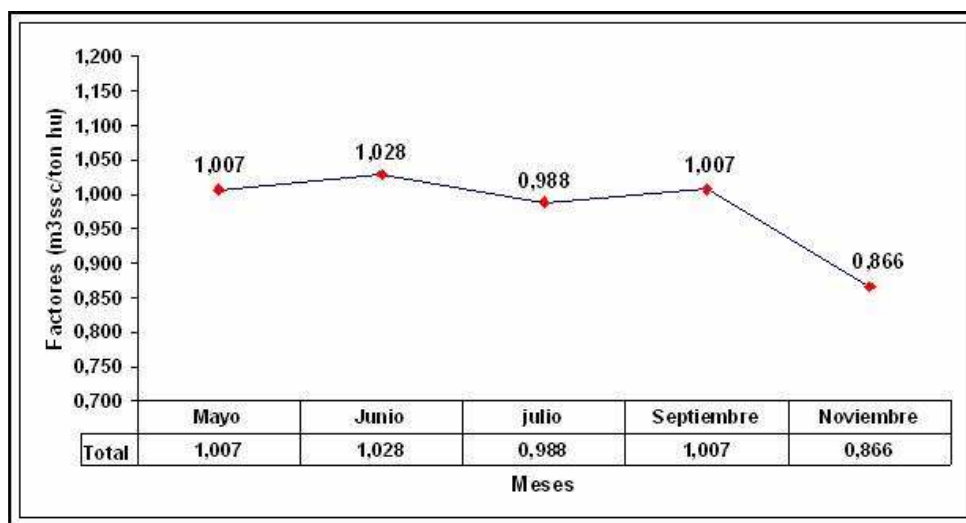


Figura 9. Distribución del factor de conversión según madera de cosecha forestal.

4.1.2 Madera provenientes de predios

Esta madera se subdividió según intervención silvicultural en:

- Madera de cosecha forestal proveniente de predio.
- Madera de raleo proveniente de predio.

A) Madera de cosecha forestal proveniente de predio.

- Validación factor de conversión tonelada húmeda a metro cúbico sin corteza.

Los trozos provenientes de predio se analizaron en forma separada, debido a la variación del contenido de humedad que diferencian a la madera de raleo y la de cosecha forestal.

Los resultados del modelo estadístico, al relacionar el factor y las variables de peso y volumen, arrojan una relación significativa en un nivel de confianza del 99%. El estadígrafo r^2 explica un 96% de variabilidad de los factores, lo que indica la existencia de una relación lineal entre ellos, La ecuación que se ajusta a este modelo para madera de cosecha forestal es la siguiente (figura 10).

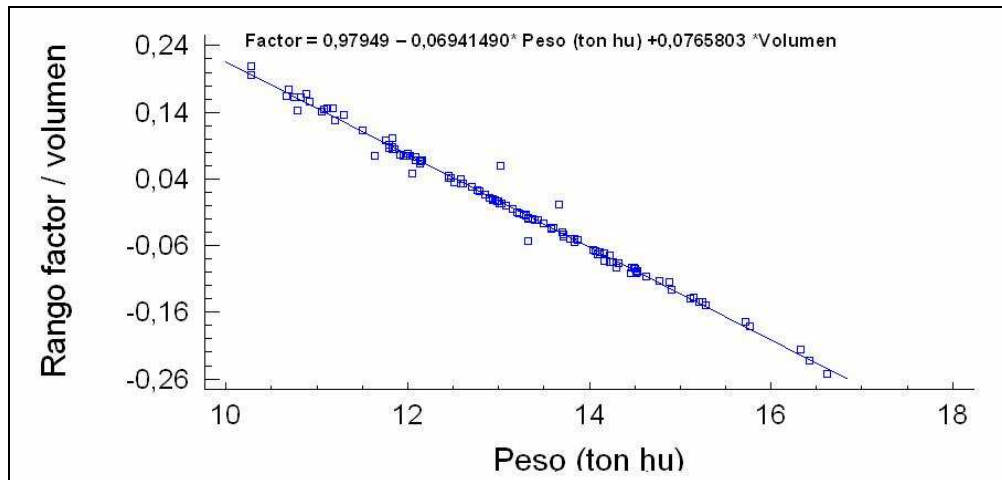


Figura 10. Relación del factor de conversión y peso - volumen.

En la figura 11 se puede observar el comportamiento de los factores de conversión para madera de cosecha forestal (tamaño muestral de 119 camiones de trozos), el cual dió como promedio general 0,910 (m³ ssc/t hu). Este resultado es inferior al de la madera proveniente de cancha, debido a que corresponde a madera fresca y, por tanto, con mayor contenido de humedad. La dispersión de los datos con respecto al promedio para la madera proveniente de predio es de 0,048 (m³ ssc/t hu), lo que da cuenta de un aumento de la homogeneidad entre las muestras.

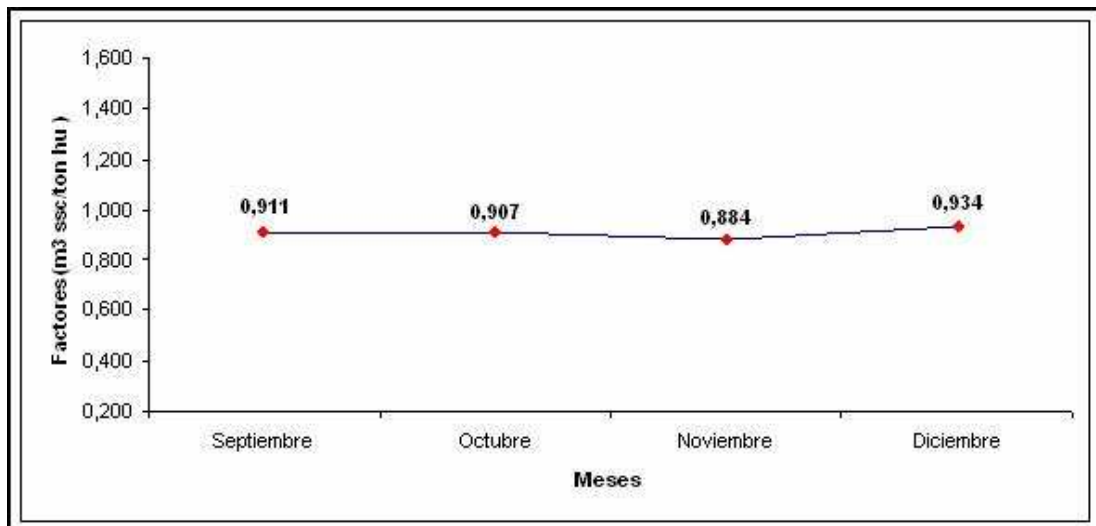


Figura 11. Distribución del factor de conversión madera cosechada

El volumen promedio de los trozos fue de 11,9 m³ssc, con una desviación estándar de 1,22 m³ssc, lo que indica que existe variabilidad entre los volúmenes. La tabla Anova indica que existe una relación significativa entre el factor de conversión y el volumen de los trozos.

El diámetro promedio para esta madera es de 17,2 cm, mientras que el largo promedio de los trozos fue de 5,72 mt lo cual es significativamente mayor que la madera proveniente de canchas de acopio.

B) Madera de raleo proveniente de predio.

- Validación del factor de conversión de tonelada húmeda a metro cúbico sin corteza.

Al relacionar el factor de conversión con las variables de peso (t hu) y volumen (m³ssc), se observa que existe una relación estadísticamente significativa entre éstas, con el estadígrafo r² que explica el 99,6 % de la variabilidad del factor. La siguiente es la ecuación que da cuenta de lo expresado anteriormente. (Figura 12).

En la misma figura se observa gran homogeneidad de los datos, lo cual esta influenciado por la cantidad muestral, ya que sólo son 24 las muestras estudiadas, debido a que esta madera llega en menor cantidad a la planta Celulosa Arauco.

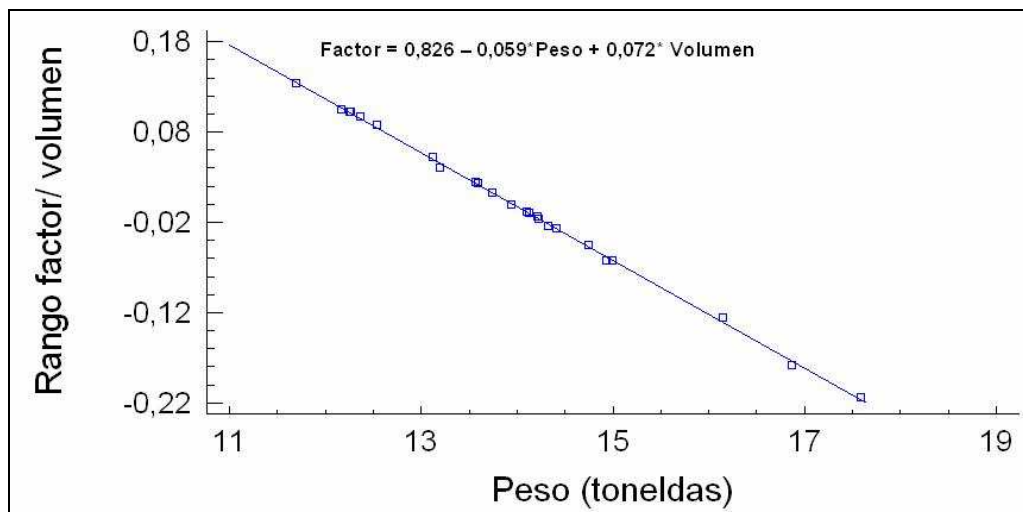


Figura 12. Relación del factor de conversión, peso y volumen

La figura 13 muestra la distribución de los factores de conversión para madera de raleo, la cual presentó un promedio de 0,832 (m³ssc/t hu), claramente menor que el observado en la madera de cosecha. Esta diferencia puede estar explicada por un aumento en el peso de los trozos, el cual arrojó un promedio de 13,96 toneladas húmedas por muestra. Sin embargo el volumen de las muestras se mantuvo en

11,61 (m^3 ssc), con una desviación estándar de 0,038 (m^3 ssc/t hu), lo cual nos indica homogeneidad entre los datos.

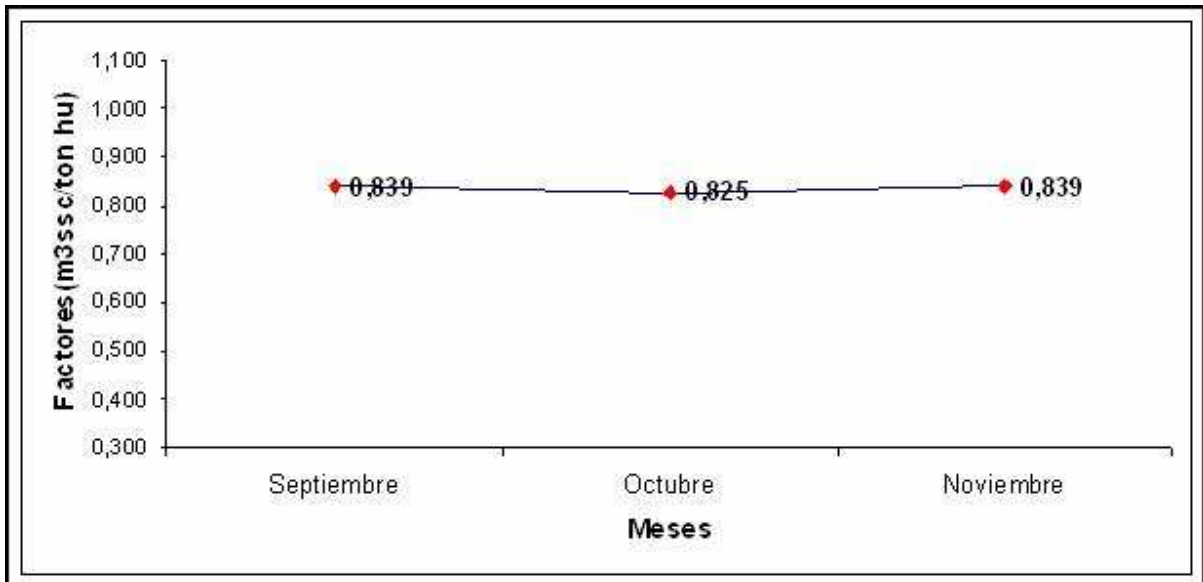


Figura 13. Distribución del factor de conversión de toneladas húmeda a m^3 ssc. para madera de raleo proveniente de predio.

Los diámetros y largos promedios de los trozos también muestran una disminución con respecto a la madera de cosecha dando como promedio 16,23cm y 5,18 mt respectivamente.

4.1.3 Madera proveniente de aserradero sin corteza.

- Validación del factor de conversión, de tonelada húmeda a metro cúbico sin corteza.

Al realizar una regresión lineal entre los factores de conversión, el peso en toneladas húmedas de las muestras y el volumen en metro sólido sin corteza (m^3 ssc) señalan que existe una relación estadísticamente significativa entre estas variables para un nivel de confianza del 99%. El estadístico r^2 indica que el 93,23% de la variabilidad de los factores está expresada por esta relación. Siendo esta relación mas débil en comparación con las maderas analizadas anteriormente.

En la figura 14 se puede observar la ecuación que relaciona el factor, el peso y el volumen.

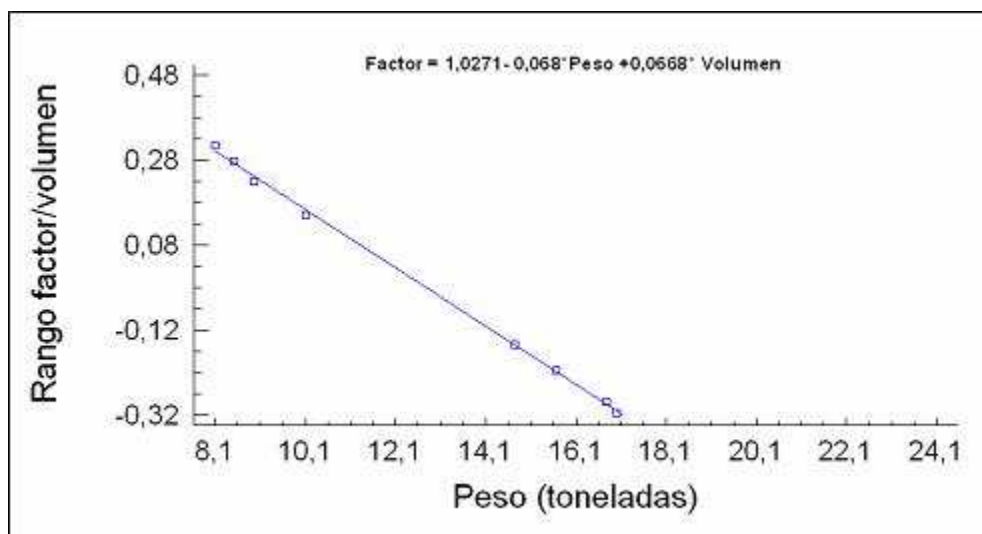


Figura 14 Relación factor, peso y volumen para madera proveniente de aserradero.

El comportamiento de los factores de conversión para la madera sin corteza, da cuenta de los resultados obtenidos en el periodo de diciembre de 2006 a febrero de 2007. En el mes de enero de 2007, el factor promedio fue de 0,981(m³ssc/t hu) y una desviación estándar de 0,015, mientras que para el mes de febrero el factor fue de 1,061(m³ssc/t hu), arrojando una dispersión de datos de 0,002 (m³ssc/t hu), lo que indica una mayor homogeneidad entre peso y volumen de los trozos. Cabe destacar que el tamaño muestral fue de 8 camiones de trozos.

Como promedio para los meses de muestreo dio como resultado un factor de 1,017 (m³ssc/t hu) y una desviación estándar de 0,0340. (Figura 15)

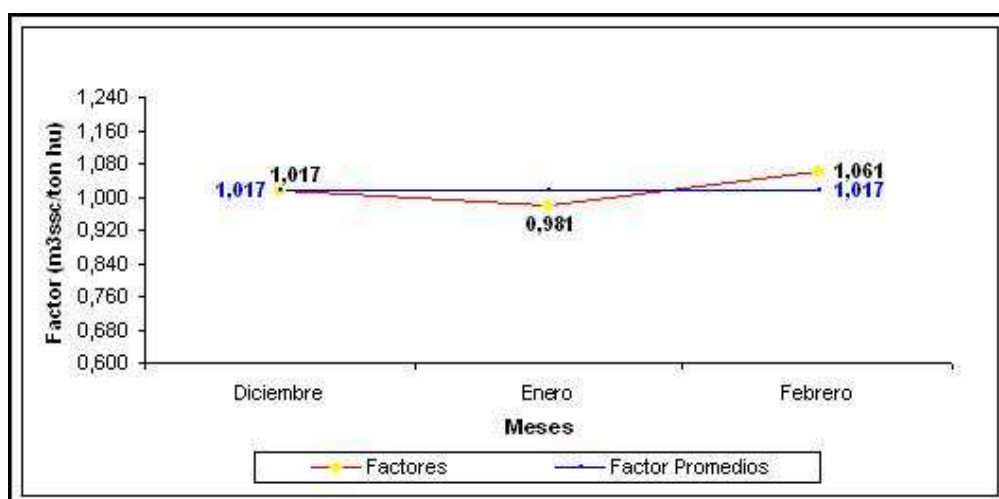


Figura N° 15 Distribución del factor de conversión para madera sin corteza.

En el cuadro 7 se muestran los valores promedios, los cuales dan a conocer las principales características físicas que afectan al cálculo de los factores de conversión, destacándose los diámetros y largos promedios de los trozos que presentan una mayor homogeneidad, debido a que esta madera proviene de los rechazos de los aserraderos, lugar donde es dimensionado y clasificado.

Cuadro 10. Promedios de las características físicas.

Meses	Volumen (m ³ ssc)	Peso (T hu)	Diámetro promedio(cm)	Largo promedio(m)
Diciembre	12,109	11,975	19,664	4,113
Enero	13,159	13,450	20,018	4,108
Febrero	13,331	12,560	19,774	4,094
Promedio	12,866	12,662	19,819	4,105
Desviación Estándar	0,661	0,743	0,181	0,010

4.2 Efecto del origen de la madera de *Pinus radiata* D Don sobre los factores de conversión.

4.2.1 Madera proveniente de cancha de acopio.

En primer lugar se analizará como el factor de conversión varía de acuerdo a las distintas canchas de acopio y finalmente desde el punto de vista geográfico.

A) Distribución factores de conversión (m³ssc/t hu) según canchas de almacenamiento.

En la figura 16 se puede observar como los factores varían de acuerdo a las distintas canchas de acopio, esto según el trato que se le da a las canchas de almacenamiento (ver anexo 5. distribución peso-volumen según cancha de acopio). Se ve en la cancha pozo San José que el factor es 0,888 (m³ ssc / t hu) y en la cancha Mariquina el factor es 1,212 (m³ ssc/ t hu). Estas canchas pertenecen a la misma localidad, sin embargo, la diferencia existente se puede deber al manejo de la cancha y principalmente a la época de los muestreos, ya que las muestras de la cancha pozo San José fueron tomadas en invierno y las de cancha Mariquina en los meses de primavera, reduciéndose el contenido de humedad y aumentando el factor. La menor dispersión del factor corresponde a la cancha de Cuatro Esquinas con 0,004 m³ssc/t hu y la mayor desviación estándar corresponde a la cancha de Rapaco con 0,152 m³ssc/t hu.

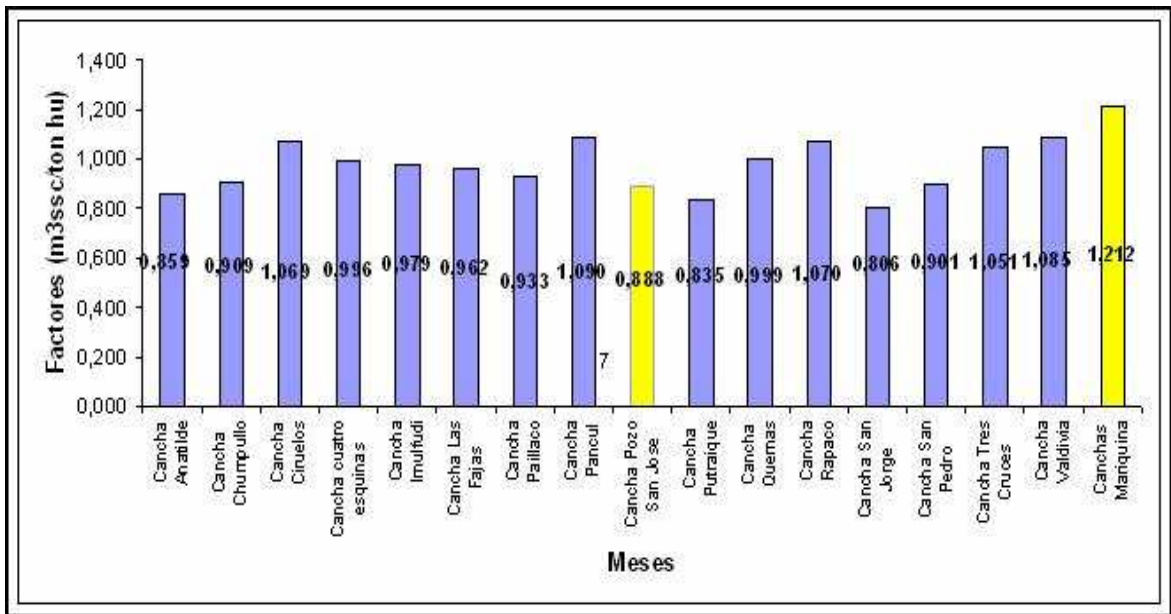


Figura 16. Distribución del factor de conversión según canchas de acopio

A continuación en el cuadro 8 se agruparon las principales variables físicas que puedan causar algún efecto sobre el factor de conversión y las correlacionamos entre ellas para saber cual es la que influye más sobre el factor, las variables a correlacionar son el peso, volumen, diámetro promedio y largo promedio. Según la correlación de Pearson el factor de conversión se relaciona a un nivel de 99% de confianza con el peso de los trozos, a su vez el peso se relaciona con el volumen en forma significativa.

Luego de observar que existe relación entre el peso de las muestras y el factor de conversión, se realizó una regresión lineal, la que arrojó que (p -valor $<0,01$) existe una relación significativa entre estas variables, el estadístico r^2 indica que el modelo explica un 80% de la variabilidad del factor de conversión.

Cuadro 8. Correlaciones del factor de conversión.

		Factor	Peso	Volumen	D.Promedio	L Promedio
Factor	Correlación de Pearson	1	-0,895(**)	-0,312	0,263	0,301
	Sig. (bilateral)		0,000	0,222	0,308	0,240
	N	17	17	17	17	17
Peso	Correlación de Pearson	-,895(**)	1	0,691(**)	-0,261	-0,123
	Sig. (bilateral)	0,000		0,002	0,312	0,638
	N	17	17	17	17	17
Volumen	Correlación de Pearson	-0,312	0,691(**)	1	-0,117	0,275
	Sig. (bilateral)	0,222	0,002		0,654	0,286
	N	17	17	17	17	17
D.Promedio	Correlación de Pearson	0,263	-0,261	-0,117	1	0,295
	Sig. (bilateral)	0,308	0,312	0,654		0,251
	N	17	17	17	17	17
L Promedio	Correlación de Pearson	0,301	-0,123	0,275	0,295	1
	Sig. (bilateral)	0,240	0,638	0,286	0,251	
	N	17	17	17	17	17

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)

Para la cancha Mariquina el peso promedio de las muestras es de 8,460 (t hu) mientras que el volumen es de 10,149 (m³ssc), como mencionamos anteriormente estas muestras fueron tomadas en los meses de primavera , donde se comprueba la baja de peso por pérdida de humedad, mientras que para la cancha San Jorge el peso promedio es de 13,720 (t hu) muy superior al volumen de 10,746(m³ssc) esta baja en el volumen puede ser explicado por el largo promedio de los trozos el cual es de 3,5 (m) inferior al promedio de 4,13(m).(ver anexo 5).

B) Comportamiento de los factores de conversión de peso (t hu) a volumen (m³ssc) según ubicación geográfica de las canchas de acopio.

En la figura 17 se puede observar la tendencia de los factores con respecto a la ubicación geográfica de cada cancha, donde el promedio entre las tres canchas ubicadas más al norte arroja un factor de 0,981 (m³ ssc/t hu) mientras que el promedio de las tres canchas ubicadas al sur da como resultado 0,997(m³ ssc/ton hu) mostrando una leve tendencia a aumentar el factor de conversión desde el norte a sur, para la comuna de Loncoche el factor es de 0,851(m³ ssc/t hu) en cambio para la comuna de La Unión el factor aumenta en 1,070 (m³ ssc/t hu).

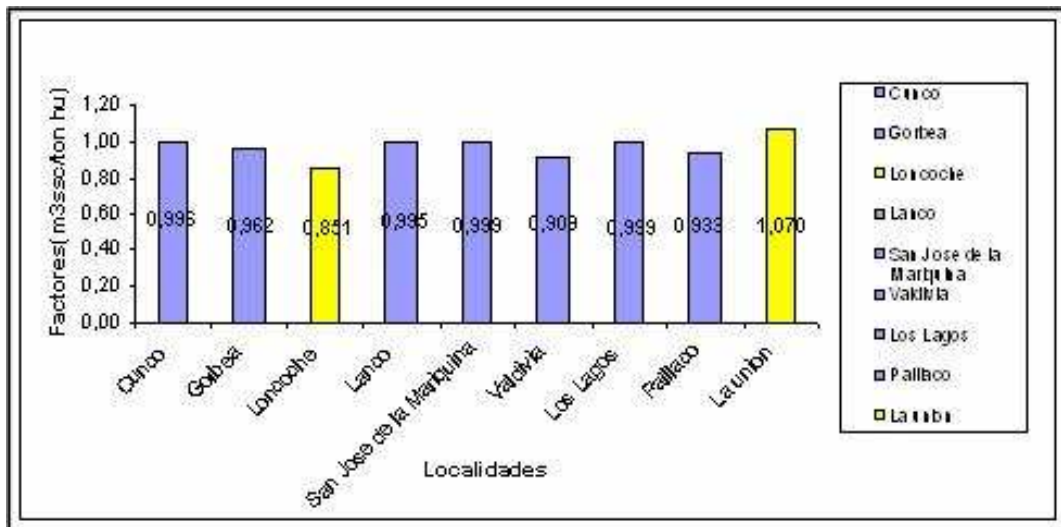


Figura 17. Factores y ubicación geográfica

En la figura 18 se puede observar como el peso de los trozos disminuye con una tendencia desde norte a sur y el volumen se mantiene más o menos homogéneo, este concuerda con lo que plantea Delmastro, et al (1981) mencionando que la densidad de la madera juvenil disminuye desde norte a sur, el volumen y peso de las muestras para la localidad de Loncoche es de 13,626 (m³ssc) y 14,203 (t hu) respectivamente, mientras que para La Unión el volumen es de 12,611 (m³ssc) y el peso promedio de los trozos es de 11,973 (t hu), también podemos mencionar que la mayor dispersión de los datos se obtuvo para la localidad de La Unión con una desviación estándar de 1,619 y la menor fue para la localidad de Cunco con una desviación estándar de 0,384, el menor volumen se obtiene de la localidad de Loncoche con 11,701 (m³ssc) .

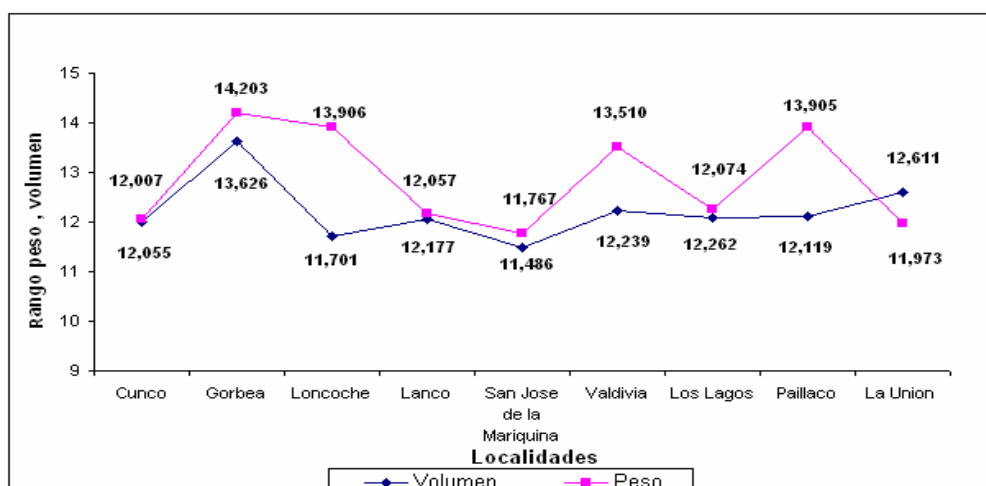


Figura 18. Distribución de peso y volumen según localidad

4.2.2 Madera provenientes de predios forestales.

A) Distribución factores de conversión ($\text{m}^3\text{ssc}/\text{t hu}$) según la ubicación geográfica de los predios forestales para madera proveniente cosecha forestal.

En la figura 19 se puede observar como los factores de conversión para madera proveniente de predios siguen la misma tendencia de la madera de cancha de acopio al aumentar desde norte a sur, la localidad de Mehuin obtiene un factor de conversión promedio de $0,873 \text{ m}^3\text{ssc}/\text{t hu}$ con una dispersión en los datos de $0,039 \text{ m}^3\text{ssc}/\text{t hu}$ mientras que la localidad de Osorno obtiene un factor promedio de $0,949 \text{ m}^3\text{ssc}/\text{t hu}$ y una desviación estándar de $0,042 \text{ m}^3\text{ssc}/\text{t hu}$, también se puede observar que no existe una tendencia clara en relación a la variabilidad de los factores de conversión con respecto cordillera a costa pero si para este caso puntual Mehuin perteneciente a la zona costera muestra menores pesos que Osorno el cual pertenece a la depresión intermedia.

El aumento del factor de conversión puede ser explicado por una disminución en el contenido de humedad, en las maderas provenientes de la zona sur.

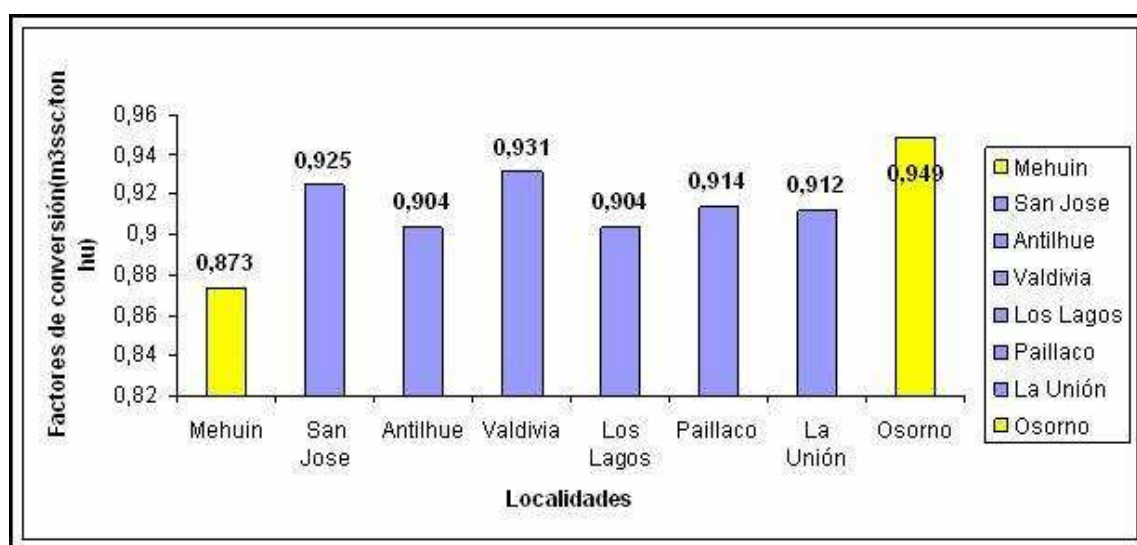


Figura 19. Distribuciones de factores de conversión según localidad para madera de cosecha forestal.

Para lograr una visión más clara a continuación analizaremos los pesos promedio de los trozos y volúmenes mediante un gráfico (Figura 20).

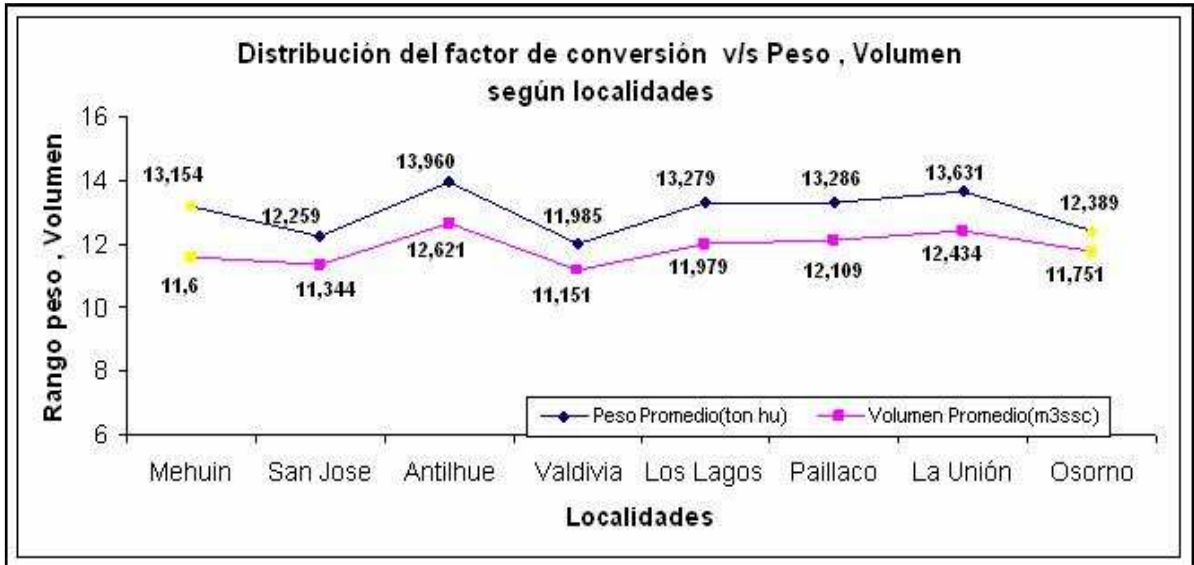


Figura 20. Distribución factor de conversión, peso, volumen según localidades para madera de cosecha.

En la Figura 20 se muestra como varían los pesos y volúmenes entre distintas localidades, mostrándose claramente que en Osorno el peso de las maderas disminuye, el volumen se mantiene constante con respecto a las demás localidades, produciendo así un aumento en el factor de conversión. Mientras que el peso para Mehuín (zona costera) es mayor, disminuyendo el factor de conversión.

B) Distribución factores de conversión (m^3 ssc/ t hu) según la ubicación geográfica de los predios forestales para madera proveniente raleo forestal.

En la Figura 21 se muestra como la madera de raleo se comporta de acuerdo a las distintas localidades, Los Lagos tiene la menor dispersión entre sus datos ya que su desviación estándar es de 0,013 mientras que la localidad de Osorno presenta una desviación estándar de 0,056, esto debido a que la cantidad de muestras tomadas en la comuna de Osorno es superior en un 30% a la de la comuna de Los Lagos. El factor más alto se presentó en la localidad de Tóltén con un factor promedio de 0,870, mientras que Osorno presenta un factor promedio de 0,827(m^3 ssc/t hu).

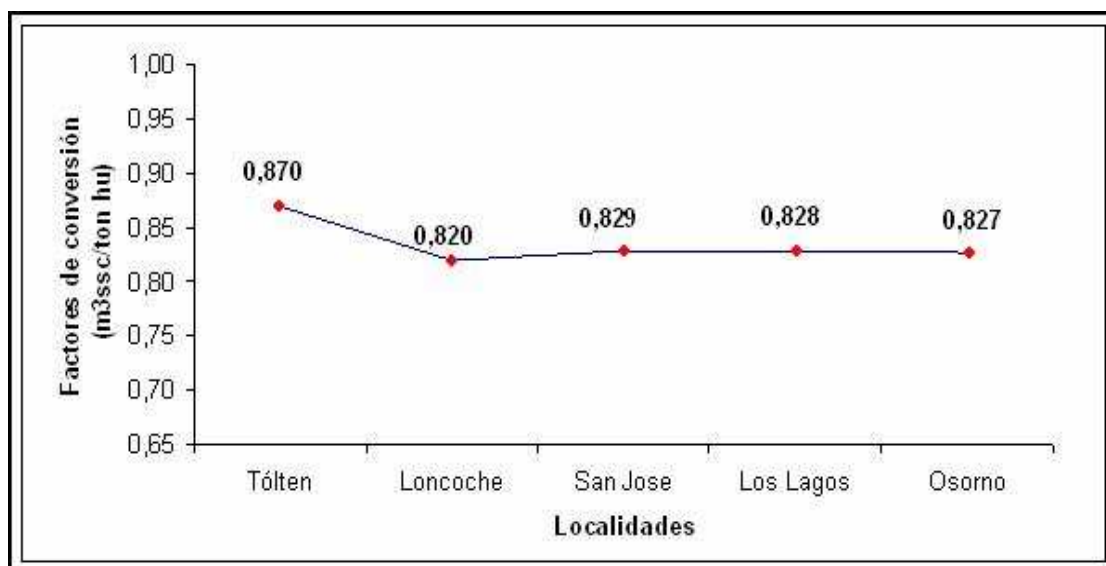


Figura 21. Distribución factor de conversión según área geográfica para madera de raleo.

4.3 Influencia de tiempo de permanencia en canchas de acopio sobre el factor de conversión en madera de largo variable de *Pinus radiata* D Don.

En la figura 22 se puede observar una tendencia a disminuir el factor de conversión a medida que aumenta el tiempo de permanencia en las canchas de acopio. Los trozos que se mantuvieron 2 meses en canchas antes de ser procesados tienen un factor promedio de 0,992 (m³ssc/t hu) y una desviación estándar de 0,011, los trozos con 28 meses de antigüedad presentan un factor promedio de 0,888 (m³ssc/t hu) y una dispersión de los datos de 0,084.

Dada la diferencia de un 10,5% entre ambos factores de conversión, se deduce que el factor disminuye un 0,4 % por cada mes de permanencia en cancha.

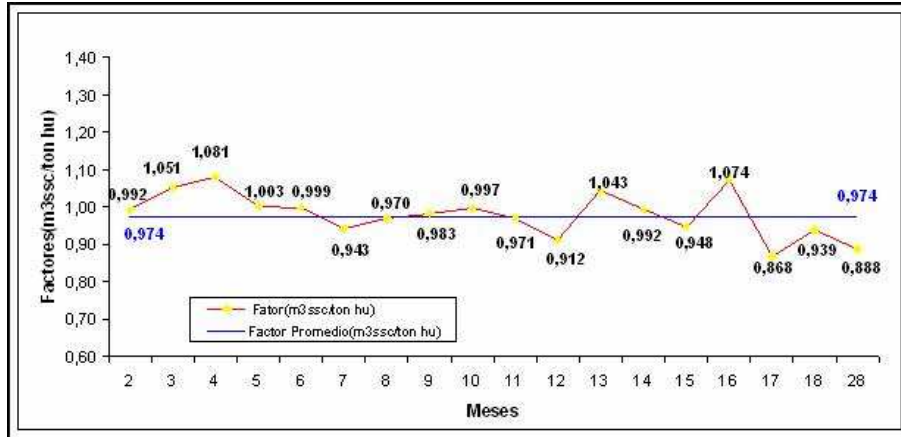


Figura 22. Distribución factor de conversión según tiempo en cancha.

Al realizar una regresión lineal entre el factor de conversión y el tiempo de permanencia en cancha indica que existe una relación débil entre estos para un nivel de confianza del 99%. El estadístico r^2 indica que esta relación explica un 3,37 % de la variabilidad del factor, el coeficiente de correlación es igual a $-0,183752$, indicando una relación relativamente débil entre el factor de conversión y el peso de las muestras, por lo tanto, no se puede utilizar un factor promedio, considerando la antigüedad de la madera.

En la figura 23 se puede observar como la mayoría de las muestras de madera de cancha tiende agruparse entre los 6 y 11 meses de antigüedad destacándose que el 17% de las muestras presentan una antigüedad de 10 meses en las canchas de acopio y un 6,5% de las muestras poseen una antigüedad de 28 meses en las canchas de acopio antes de ser procesadas. Como promedio las maderas de canchas pasan 10,4 meses en acopio antes de ser ingresadas a la planta de celulosa, lo cual produce una degradación y disminución en el largo de los trozos influyendo en el factor de conversión.

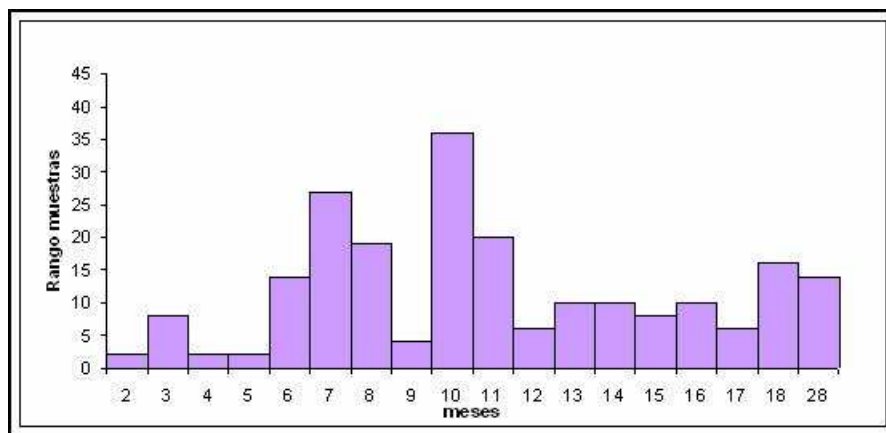


Figura 23. Histograma cantidad de muestras agrupadas según tiempo en cancha.

5. CONCLUSIONES

- De acuerdo a las características de los diferentes productos forestales estudiados, no es adecuado el uso de un sólo factor de conversión de tonelada húmeda (t hu) a metro cúbico sólido sin corteza (m^3_{ssc}); para madera de largo variable sin embargo en forma seccionada por origen y forma de intervención silvicultural el factor es mas preciso.
- El factor de conversión obtenido bajo las condiciones climáticas presentadas entre los meses de mayo a diciembre del año 2006 para trozos provenientes de cancha de acopio fue de 0,974 (m^3_{ssc}/t hu), para esta madera el factor de conversión muestra una tendencia a aumentar debido a la perdida de agua hacia los meses de primavera y verano, esta madera presenta la mayor variabilidad en el peso y volumen de las muestras.
- Al subdividir la madera proveniente de canchas de acopio según intervención silvicultural, la madera de raleo presenta un factor de conversión menor a la madera proveniente de cosecha forestal (0,960 m^3_{ssc} y 0,999 m^3_{ssc} respectivamente). La madera de raleo presenta un diámetro promedio de 16,23 cm siendo en gran porcentaje madera juvenil, al contrario, la madera proveniente de cosecha forestal presenta un diámetro promedio de 17,2 cm presentando una mayor proporción de madera madura. La diferencia en el factor esta dada por el mayor contenido de humedad y por lo tanto mayor peso que presenta la madera juvenil, y a su vez la madera madura presenta un mayor contenido de masa y menos contenido de humedad lo que hace que los factores aumenten.
- Los trozos provenientes de predios forestales muestran factores de conversión menores a los de madera proveniente de canchas de acopio. El comportamiento de los factores es mas regular, al subdividir la madera de predio según intervención silvicultural, la madera de cosecha forestal arrojó un factor promedio de 0,910 (m^3_{ssc}/t hu), mientras que la madera de raleo proveniente de predios presenta un factor promedio de 0,832(m^3_{ssc}/t hu) caracterizado por un aumento de peso de las muestras, esta madera tiene una mayor homogeneidad de peso y volumen.
- Los trozos provenientes de aserradero sin corteza muestran un aumento en el factor promedio a 1,017(m^3_{ssc}/t hu). Estos trozos presentan la propiedad de eliminar su contenido de humedad con mayor facilidad, por lo que hay mayores volúmenes y menor peso, lo que explica los mayores factores en esta madera.

- La diferencia entre los factores de conversión de acuerdo a su procedencia de las distintas canchas de acopio están determinadas principalmente por el manejo de cancha, estación climática el momento de corte del trozo y el tipo de intervención
- La distribución de los factores de conversión para madera de cancha según ubicación geográfica muestra una tendencia a aumentar de norte a sur, mientras que de cordillera a costa muestra una leve tendencia a disminuir, también el peso de las muestras sigue esta tendencia, las localidades con mayores pesos son Gorbea, Loncoche y Paillaco perteneciendo estas tres localidades a la depresión intermedia.
- La distribución de los factores de conversión para madera de cosecha forestal pertenecientes a predios forestales muestra una tendencia a aumentar desde norte a sur, debido al aumento en el peso de las maderas provenientes de la zona sur.
- La madera de raleo perteneciente a predios forestales muestra un comportamiento mucho más uniforme que el resto de las maderas, la tendencia que existe de norte a sur no es muy clara excepto el caso puntual de la localidad de Tolten donde se eleva el promedio, esta localidad perteneciente a la zona costera.
- Existe una relación estadísticamente significativa entre los factores de conversión y el tiempo de permanencia en canchas de acopio, la tendencia de los factores es a disminuir a medida que aumenta el tiempo de permanencia en cancha, sin embargo esta tendencia esta influenciada por variables de manejo de las canchas de acopio.

6. BIBLIOGRAFIA

A.T.C.P. 1989. La industria Latinoamericana de celulosa y papel en el umbral del siglo XXI. Quinto congreso Latinoamericano de celulosa y papel. p 251.

BASUALTO L H.; 2005. *Pinus Radiata*. D. Don, entre el fast - food, la cazuela y la haute cuisine. Rev. Lignum (Nov.): p 71.

DELMASTRO, R.; J.E. DÍAZ VAZ; J. SCHLATTER. 1981. 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° 43). p 33.

DEVILIEGER, S; BAETTIG P.1999. Ingeniería de aserraderos, fundamentos de la Planificación y gestión. p 19.

HUBER, A. 2006. Información histórica de precipitaciones anuales. Prof. Adjunto, área de investigación: Hidrología Forestal; Bioclimatología, Instituto de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. (Comunicación personal).

INFOR Instituto de investigación Forestal. 1987. Manual N° 15 Tabla de conversión Mecánica y elaboración. p 2-4.

INFOR. Instituto de investigación Forestal. 1989. Principios de organización y operación del aserradero. p 31.

INFOR. Instituto de investigación Forestal. 2005. El sector forestal chileno en una mirada. p 25.

INFOR. Instituto de investigación Forestal. 2008. Exportaciones forestales Chilenas enero – febrero. Elaborado por la unidad de estudios económicos y de mercado sede metropolitana. p 32.

INFOR Instituto de investigación Forestal. 2009. Series y estadística, producción, celulosa (miles de toneladas). Disponible en: <http://www.infor.cl/es/series-y-estadisticas/103-produccion/321-celulosa.html>.

KOLLMAN F, 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y servicio de la Madera, Madrid. p 45-49.

MILLAR, J. 2003. Análisis del crecimiento diametral de ramas de *Pinus radiata* D. Don en distintos sitios, entre las regiones VII y IX. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. p 9.

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 Ingeniero Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. p.12.

PEREDO L. 1987. Identificación de microorganismos en madera de *Pinus Radiata D. Don* almacenada durante periodos prolongados, estación de corte N° 2. Tercer informe de avance. p 187.

RODRÍGUEZ M. 1989, Geografía agrícola de Chile. Santiago de Chile, Edit. Universitaria. p 260.

SCHICK A. UHF WIEDERMAN. 2003 El operario forestal: Manual de técnicas, seguridad y manejo del bosque. p 120.

SIERRA V. 1994. Variabilidad de la densidad de la madera en Progenies de *Pinus radiata D. Don*, del programa costa de Forestal Mininco S.A. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. p 11-12.

SOUTER R., DE LA MAZA J., EMANUELLI P. 2003. Normas de calidad de productos madereros del bosque nativo. (Proyecto conservación y manejo sustentable del bosque nativo). p 30.

TOLEDO J. 2005. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre madera de *Pinus radiata D. Don* en canchas de la provincia de Valdivia, X región de Chile. Tesis Ingeniero Madera. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. p 30.

ANEXOS

Anexo 1
Abstract

ABSTRACT

In 2008, the pulp production in Chile was 4.485.000 tons (INFOR, 2009),. This fact and the market competition led the industry to look for strategies to reduce its costs by optimizing both their productive processes as well as the complementary ones such as reception and supplying.

The aim of this study was to improve the log reception process due to the high volume of wood received at Celulosa Arauco Valdivia Plant. In consequence, the estimation of a factor helping the assessment of the radiata Pinus D.Don pulp wood volume, was proposed.

The aim of this study was to estimate a humid ton to solid barkless cubic meter conversion factor, to evaluate the conversion variability according to the different origins and logs' age.

The method included the follow up, the weighing and the trucks' cubing containing variable length radiata Pinus D.Don pulp logs, arriving to Celulosa Arauco, Planta Valdivia, during May to December 2006. Then, the relation between the solid barkless volume and the trucks' weight was estimated. Consequently, conversion factors for each of the different forest products of varied length arriving to the plant, were determined. Finally, the origin of the wood and the effect of the length of the wood storage period in the field with respect to the conversion factors, were related.

The results showed that the conversion factors according to origin and type of silvicultural intervention increased towards the months of spring and summer due to the moisture content decrease. The forest harvested wood showed higher conversion factors than the raleo (Thinning)wood due to its greater density.

Conversion factors vary according to the different geographic (longitude) origins, The conversion factors' difference between storing fields is not clear, since it can be affected by the uniform handling of them.

Storing field wood conversion factors are affected by the wood's age, decreasing as the time in the field increases. Nevertheless the handling and location can help in the homogeneity of these factors.

Key words: *Radiata Pinus D. Don., Conversion factors, Cubing, Storage fields.*

Anexo 2
Forma de cubicación de troza en terreno



Cancha de muestreo planta celulosa Valdivia

Anexo 3
Formularios de control diario de volumen de trozos

Fórmula medición de Factores Pulpa Variable de Predio

Fecha	Nº Guía	Sigla	Patente	Origen	Especie	F. Corta	Largo carga		Peso Neto	Volumen			Nº Trozos
							Guía	Visual		Log mr	Stereo	m3ssc	

Formulario Estudio Peso / Volumen de trozos – Cubicación Estérea de Camiones

Origen Madera	
Nº Guía	
Especie	
Patente - Camión - Carro	
Sigla	
Fecha Medición	
Largo Nomina Producto	
TIPO (PODADO/REGULAR)	

Brigada		
Fecha de Corta		
Pesos	Recepción	Estudio
Peso Cargado		
Peso Vacío		
Peso Neto		

Ancho de Atriles (m)		
	Adelante	Atrás
Arriba		
Abajo		

Altura de carga (m) desde la Cabina Chofer a			
	0m	_____m	Largo
Lado 1			
Lado 2			

Nota: SI EXISTEN BANCOS - ESTA MEDICION EQUIVALE SOLO A UN BANCO.

Anexo 4
Base de datos factor de conversión cancha de acopio

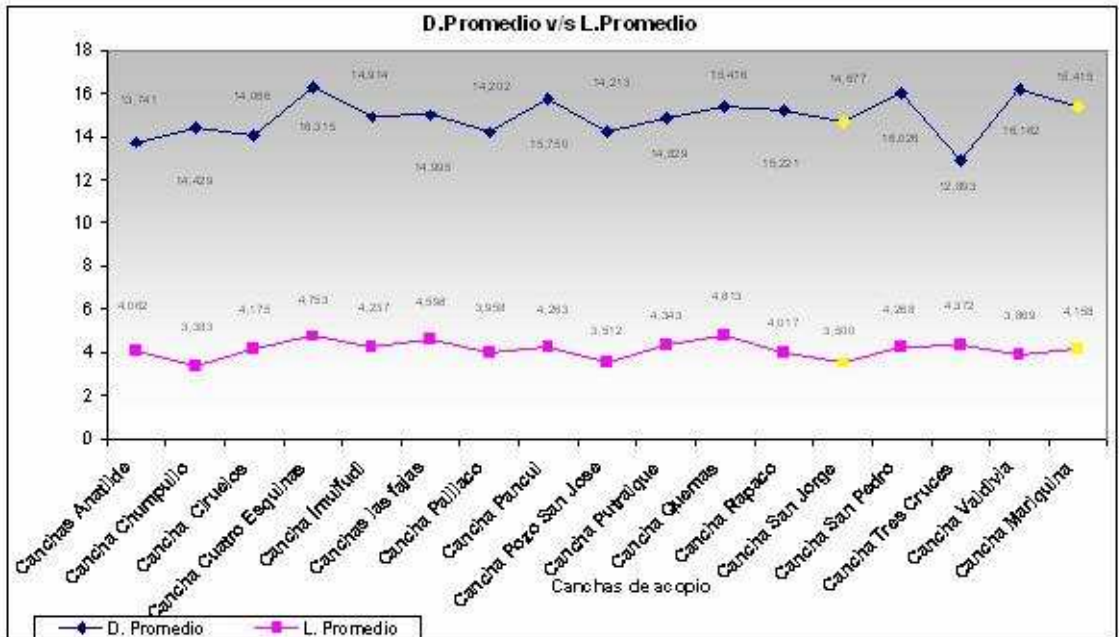
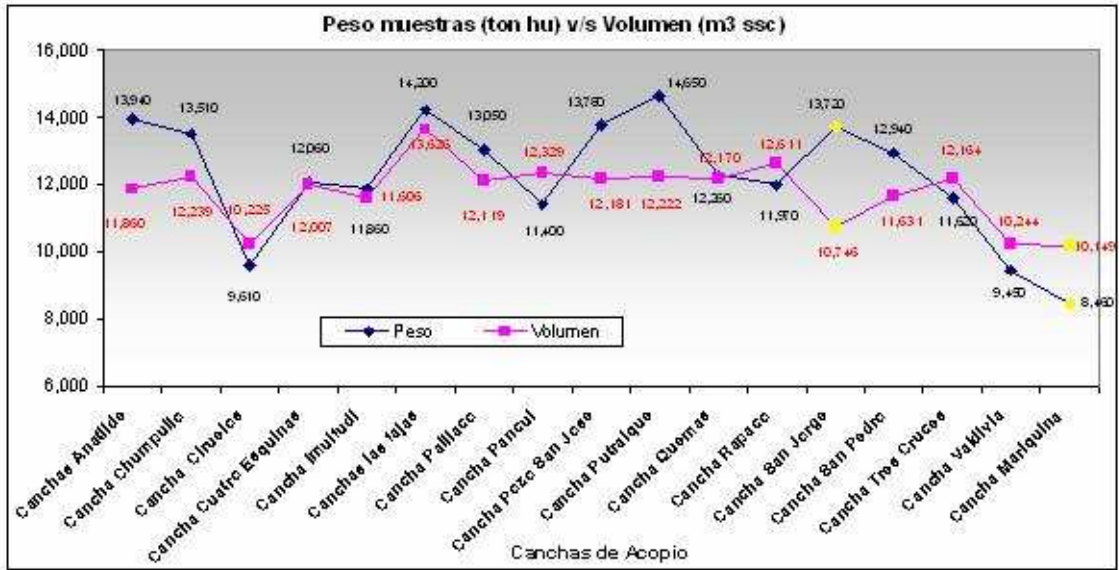
Muestras	Variable	Mes	Factor	Origen	Intevencion	Ubicación	Fecha de corta	Nº GUIA
1	M.de cancha	Mayo	1,030	CANCHA TRES CRUCES	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Oct-05	1055588
2	M. de cancha	Mayo	1,049	CANCHA TRES CRUCES	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Oct-05	1055588
3	M.de cancha	Mayo	1,040	CANCHA TRES CRUCES	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Nov-05	1055587
4	M.de cancha	Mayo	1,073	CANCHA TRES CRUCES	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Nov-05	1055587
5	M.de cancha	Mayo	1,101	CANCHA TRES CRUCES	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Jul-05	1055584
6	M.de cancha	Mayo	1,111	CANCHA TRES CRUCES	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Jul-05	1055584
7	M.de cancha	Mayo	1,074	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Feb-06	1058016
8	M.de cancha	Mayo	1,081	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Feb-06	1058016
9	M.de cancha	Mayo	1,138	CANCHA RAPACO	Raleo	La Unión	Feb-06	1049541
10	M.de cancha	Mayo	1,179	CANCHA RAPACO	Raleo	La Unión	Feb-06	1049541
11	M.de cancha	Mayo	0,866	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Feb-06	1050194
12	M.de cancha	Mayo	0,844	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Feb-06	1050194
13	M.de cancha	Mayo	1,094	CANCHA POZO SAN JOSE	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Feb-05	1051312
14	M.de cancha	Mayo	0,940	CANCHA POZO SAN JOSE	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Feb-05	1051312
15	M.de cancha	Mayo	1,018	CANCHA TRES CRUCES	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Dic-05	1058560
16	M.de cancha	Mayo	0,989	CANCHA TRES CRUCES	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Dic-05	1058560
17	M.de cancha	Mayo	1,245	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-06	945663
18	M.de cancha	Mayo	0,981	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-06	945663
19	M.de cancha	Mayo	1,056	CANCHA LA FAJAS	Cosecha	Gorbea	Oct-05	1052370
20	M.de cancha	Mayo	1,042	CANCHA LA FAJAS	Cosecha	Gorbea	Oct-05	1052370
21	M.de cancha	Mayo	0,845	CANCHA POZO SAN JOSE	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Feb-05	1051348
22	M.de cancha	Mayo	0,848	CANCHA POZO SAN JOSE	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Feb-05	1051348
23	M.de cancha	Mayo	0,857	CANCHA POZO SAN JOSE	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113957
24	M.de cancha	Mayo	0,873	CANCHA POZO SAN JOSE	Cosecha	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113957
25	M.de cancha	Mayo	1,046	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113955
26	M.de cancha	Mayo	0,940	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113955
27	M.de cancha	Mayo	0,926	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113973
28	M.de cancha	Mayo	0,825	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113973
29	M.de cancha	Mayo	0,950	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-05	1113960
30	M.de cancha	Mayo	0,899	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-05	1113960

Muestras	Variable	Mes	Factor	Origen	Intevecion	Ubicación	Fecha de corta	Nº GUIA
31	M.de cancha	Mayo	0,813	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113992
32	M.de cancha	Mayo	0,854	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113992
33	M.de cancha	Mayo	0,800	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113990
34	M.de cancha	Mayo	0,814	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113990
35	M.de cancha	Mayo	1,129	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-05	957416
36	M.de cancha	Mayo	1,119	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-05	957416
37	M.de cancha	Mayo	0,844	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113999
38	M.de cancha	Mayo	0,820	CANCHA POZO SAN JOSE	Raleo	San Jose de la Mariquina	Ene-04	1113999
39	M.de cancha	Junio	1,061	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Dic-05	1049838
40	M.de cancha	Junio	1,089	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Dic-05	1049838
41	M.de cancha	Junio	1,100	CANCHA PANCUL	Cosecha	Los Lagos	Dic-05	957422
42	M.de cancha	Junio	1,028	CANCHA PANCUL	Cosecha	Los Lagos	Dic-05	957422
43	M.de cancha	Junio	1,095	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-06	957429
44	M.de cancha	Junio	1,066	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-06	957429
45	M.de cancha	Junio	1,053	CANCHA PANCUL	Cosecha	Los Lagos	Feb-05	957430
46	M.de cancha	Junio	1,031	CANCHA PANCUL	Cosecha	Los Lagos	Feb-05	957430
47	M.de cancha	Junio	1,152	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-05	957435
48	M.de cancha	Junio	1,219	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-05	957435
49	M.de cancha	Junio	1,189	CANCHA PANCUL	Cosecha	Los Lagos	Feb-05	957441
50	M.de cancha	Junio	1,253	CANCHA PANCUL	Cosecha	Los Lagos	Feb-05	957441
51	M.de cancha	Junio	0,995	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-04	1115317
52	M.de cancha	Junio	1,029	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-04	1115317
53	M.de cancha	Junio	1,008	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-05	957443
54	M.de cancha	Junio	0,991	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Feb-05	957443
55	M.de cancha	Junio	0,993	CANCHA PAILLACO	Cosecha	Paillaco	Dic-04	1114977
56	M.de cancha	Junio	1,003	CANCHA PAILLACO	Cosecha	Paillaco	Dic-04	1114977
57	M.de cancha	Junio	1,030	CANCHA PAILLACO	Cosecha	Paillaco	Dic-04	1114988
58	M.de cancha	Junio	1,006	CANCHA PAILLACO	Cosecha	Paillaco	Dic-04	1114988
59	M.de cancha	Junio	1,183	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053401
60	M.de cancha	Junio	0,971	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053401
61	M.de cancha	Junio	1,015	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Sep-05	1053402

Muestras	Variable	Mes	Factor	Origen	Intevecion	Ubicación	Fecha de corta	Nº GUIA
62	M.de cancha	Junio	0,957	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Sep-05	1053402
63	M.de cancha	Junio	0,929	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053403
64	M.de cancha	Junio	0,963	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053403
65	M.de cancha	Junio	1,039	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053411
66	M.de cancha	Junio	0,965	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053411
67	M.de cancha	Junio	0,941	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053410
68	M.de cancha	Junio	0,961	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053410
69	M.de cancha	Junio	0,917	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053431
70	M.de cancha	Junio	0,934	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053431
71	M.de cancha	Junio	0,938	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053440
72	M.de cancha	Junio	0,926	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053440
73	M.de cancha	Junio	0,937	CANCHA SAN PEDRO	Raleo	Los Lagos	Ago-05	1050113
74	M.de cancha	Junio	0,925	CANCHA SAN PEDRO	Raleo	Los Lagos	Ago-05	1050113
75	M.de cancha	Junio	0,950	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053442
76	M.de cancha	Junio	0,904	CANCHA PAILLACO	Raleo	Paillaco	Ago-05	1053442
77	M.de cancha	Junio	0,912	CANCHA SAN PEDRO	Raleo	Los Lagos	Ago-05	1050114
78	M.de cancha	Junio	0,917	CANCHA SAN PEDRO	Raleo	Los Lagos	Ago-05	1050114
79	M.de cancha	Junio	0,902	CANCHA SAN PEDRO	Raleo	Los Lagos	Ago-05	1050115
80	M.de cancha	Junio	0,910	CANCHA SAN PEDRO	Raleo	Los Lagos	Ago-05	1050115
81	M.de cancha	Junio	0,999	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Dic-05	1114718
82	M.de cancha	Junio	0,980	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Dic-05	1114718
83	M.de cancha	Junio	1,121	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Dic-05	1114719
84	M.de cancha	Junio	1,201	CANCHA PANCUL	Raleo	Los Lagos	Dic-05	1114719
85	M.de cancha	Junio	0,940	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Ago-05	1114585
86	M.de cancha	Junio	0,894	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Ago-05	1114585
87	M.de cancha	Junio	1,065	CANCHA RAPACO	Cosecha	La Unión	Ago-05	1053730
88	M.de cancha	Junio	1,024	CANCHA RAPACO	Cosecha	La Unión	Ago-05	1053730
89	M.de cancha	Junio	0,898	CANCHA RAPACO	Raleo	La Unión	Ago-05	1053749
90	M.de cancha	Junio	0,915	CANCHA RAPACO	Raleo	La Unión	Ago-05	1053749
91	M.de cancha	Junio	0,920	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Dic-04	1121426
92	M.de cancha	Junio	0,911	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Dic-04	1121426
93	M.de cancha	Junio	0,964	CANCHA CHUMPULLO	Raleo	Valdivia	Dic-04	1121423
94	M.de cancha	Junio	1,001	CANCHA CHUMPULLO	Raleo	Valdivia	Dic-04	1121423
95	M.de cancha	Junio	0,919	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Dic-04	1121432
96	M.de cancha	Junio	0,874	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Dic-04	1121432
97	M.de cancha	Junio	0,956	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Dic-04	1121427
98	M.de cancha	Junio	0,901	CANCHA CHUMPULLO	Cosecha	Valdivia	Dic-04	1121427
99	M.de cancha	Junio	1,220	CANCHA RAPACO	Raleo	La Unión	Ago-05	1053531

Anexo 5

Distribución de los factores de conversión (m³ ssc/ ton hu) para madera de cancha según la ubicación geográfica



Anexo 6
Tablas de medición de volumen y factor de conversión según INFOR,
1987.

Factores de conversión y composición de un metro ruma.

Diámetro medio	Nº de trozos	% Aire			Factores de conversión	
			% Madera scc	% Corteza	(m ³ scc/mr)	(m ³ scc/mr)
10	83	38,5	57,4	4,1	1,5	1,4
11	67	37,3	57,4	5,3	1,53	1,4
12	54	36	57,4	6,6	1,56	1,4
13	45	34,8	57,4	7,8	1,59	1,4
14	38	33,6	57,4	9	1,62	1,4
15	33	32,4	57,4	10,2	1,65	1,4
16	30	31,1	57,4	11,5	1,68	1,4
17	27	29,9	57,4	12,7	1,71	1,4
18	25	28,7	57,4	13,9	1,74	1,4
19	23	27,4	57,4	15,2	1,77	1,4
20	21	26,2	57,4	16,4	1,8	1,4
Promedio	40,5	32,3	57,4	10,3	1,65	1,4

(Fuente: INFOR 1987)

Contenido de humedad v/s Peso de *Pinus radiata* D.Don.

CH (%)	Peso (kg/m-r) (Trozas con corteza)	Peso(kg/m-r) (Trozas sin corteza)
120	1,687	1,515
115	1,648	1,480
110	1,610	1,446
105	1,571	1,412
100	1,533	1,377
95	1,495	1,343
90	1,456	1,308
85	1,418	1,274
80	1,379	1,239
75	1,341	1,205
70	1,303	1,170
65	1,264	1,136
60	1,226	1,101
55	1,187	1,067
50	1,151	1,034
45	1,112	0,999
40	1,074	0,965

(Fuente INFOR 1987)