INFOR
Instituto Forestal

FIA

Determinación de crecimiento de *Robinia pseudoacacia* y análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la madera

ANEXOS

Abril, 1998

ANEXO Nº 1

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS BOSQUETES DE *Robinia pseudoacacia L.*

1. Coordenadas de los bosquetes.

En el Cuadro N°1 se presentan las coordenadas geográficas de cada bosquete desde donde se obtuvo la información.

CUADRO N° 1. Ubicación geográfica de los sectores muestreados.

SECTOR	LATITUD	LONGITUD
1.- Las Motas	35°54'17" Latitud Sur	71°36'14" Longitud Oeste
2.- San Luis	35°56'53" Latitud Sur	71°37'09" Longitud Oeste
3.- Forestal Copihue	36°04'57" Latitud Sur	71°44'20" Longitud Oeste
4.- Mesamávida	35°58'20" Latitud Sur	71°33'48" Longitud Oeste
5.- Peñuelas	35°38'52" Latitud Sur	71°34'43" Longitud Oeste
6.- Sta. María de Arquén	35°38'38" Latitud Sur	71°32'18" Longitud Oeste
7.- Bodega	35°48'28" Latitud Sur	71°48'01" Longitud Oeste
8.- Palmilla	35°47'08" Latitud Sur	71°47'14" Longitud Oeste
9.- Orilla de Maule	35°36'08" Latitud Sur	71°36'11" Longitud Oeste

2. Mapa de Ubicación

La ubicación de los sectores muestreados dentro de la Provincia de Linares, VII región, se presenta en el mapa adjunto, a una escala de 1:500.000.

ANEXO Nº 2

RESULTADOS DASOMÉTRICOS

Y

DESCRIPCIÓN DE BOSQUETES

CUADRO N°1. **Parametros de los árboles seleccionados para el análisis fustal, entregados por sector.**

Sector 1	Monte	Edad	Dap(cm)	AB(m^2)	Altura(m)	Vol.(m^3)	%Duram.
Sector 1 : Las Motas							
Árbol 1	alto	16	10,50	$8,66*10^{-3}$	16,00	0,039	44
Árbol 2	alto	17	10,85	$9,25*10^{-3}$	16,50	0,043	54
Árbol 3	alto	15	10,50	$8,66*10^{-3}$	15,80	0,057	51
Sector 2 : San Luis							
Árbol 1	alto	12	12,90	0,013	13,00	0,079	42
Árbol 2	bajo	8	10,0	$9,33*10^{-3}$	11,00	0,048	30
Árbol 3	bajo	8	13,5	0,014	12,90	0,077	37
Sector 3 : Forestal Copihue							
Árbol 1	alto	11	10,0	$7,85*10^{-3}$	14,05	0,040	27
Árbol 2	alto	9	7,0	$3,96*10^{-3}$	13,30	0,023	47
Árbol 3	alto	10	7,0	$4,78*10^{-3}$	14,35	0,028	31
Sector 4 : Mesamávida							
Árbol 1	bajo	10	9,0	$7,09*10^{-3}$	13,10	0,046	48
Árbol 2	bajo	10	10,0	$8,66*10^{-3}$	13,20	0,059	46
Árbol 3	bajo	10	10,0	$8,99*10^{-3}$	13,80	0,052	51
Sector 5 : Peñuelas							
Árbol 1	bajo	9	8,0	$5,28*10^{-3}$	13,30	0,037	36
Árbol 2	bajo	9	8,0	$5,03*10^{-3}$	12,00	0,037	49
Árbol 3	alto	10	11,0	0,01	15,80	0,061	35
Sector 6 : Arquén							
Árbol 1	alto	26	13,00	0,014	16,30	0,093	86
Árbol 2	bajo	20	16,50	0,021	17,40	0,145	71
Árbol 3	alto	20	12,30	0,012	18,80	0,079	87
Sector 7 : Bodega							
Árbol 1	alto	10	10,00	$7,85*10^{-3}$	14,20	0,050	31
Árbol 2	alto	10	13,40	0,014	17,20	0,087	29
Árbol 3	alto	10	11,40	0,010	15,80	0,085	37
Sector 8 : Palmilla							
Árbol 1	bajo	11	12,40	0.012	12,10	0,067	55
Árbol 2	alto	12	12,10	0.011	13,30	0,051	54
Árbol 3	bajo	7	10,50	$8,66*10^{-3}$	12,00	0,051	59
Sector 9 : Orilla del Maule							
Árbol 1	alto	13	10,20	$8,17*10^{-3}$	16,30	0,066	72
Árbol 2	alto	13	11,70	0,011	16,30	0,077	67
Árbol 3	alto	12	8,90	$6,22*10^{-3}$	15,00	0,040	50

Nota: En el **Cuadro 1**:

1) El volumen por árbol fue calculado para una troza de 6 m de largo, mediante la fórmula de Smalian (La semisuma del área de la sección menor y mayor de la troza multiplicado por el largo).
2) Para calcular la edad, al número de anillos a la altura de tocón (0,2m) se le agregaron 2 años a los árboles provenientes de semilla (monte alto) y 1 año a los provenientes de rebrote (monte bajo).
3) El porcentaje de duraminización fue calculado considerando, el área con duramen a la altura de tocón y sin corteza.
4) AB= área basal, Vol.= volumen, %duram. = porcentaje de duramen.

CUADRO N°2. Resumen de las mediciones dasométricas de los árboles, realizadas en las parcelas de cada sector.

Sector	Edad promedio (años)	Altura promedio (m)	Dap promedio (cm)	Area Basal/ha (m^2)	N° arboles por ha	Suelo al tacto	Grado extracción	Número promedio de rebrotes por tocón
1	16	14,44	10,76	15,73	1.700	areno-limoso	alto	1
2	9	14,48	10,84	12,32	1.200	areno-limoso	alto	1
3	10	12,48	7,15	16,76	6.570	limosa	bajo	2
4	10	13,70	9,40	23,70	3.730	arcillo limoso	medio	3
5	9	13,07	8,24	16,49	4.200	areno-limoso	medio	2
6	22	16,16	13,93	29,19	2.970	arcillo-arenoso	bajo	1
7	10	14,22	10,37	26,38	3.900	areno-arcilloso	medio	1
8	10	14,53	10,93	14,42	2.300	arenoso	alto	1
9	13	13,59	9,20	25,14	4.680	areno-limoso	bajo	2

Nota: Grado de extracción = Es el grado de intervención o aprovechamiento del bosquete.

CUADRO Nº 3 : Descripción de los fustes, copas de los árboles, vegetación asociada y suelo de los sectores muestreados.

Sector	Fustes	Copas	Vegetación Asociada	Características del suelo
1	Rectos, ramas secas en la parte alta. Cortezas con grietas alargadas. Algunos árboles presentan cancros que parten de la raiz hacia arriba (pudrición).	Pequeña y alargada comenzando de la mitad del árbol hacia arriba. Presencia de conchuelas en el follaje.	Zarzamora. Prunos como arbusto y palqui.	Textura:areno-limosa. M.O.: Abundante. Color: Café claro. Obs.: Perfil pedregoso, con raíces y raicillas.
2	En general rectos, con bifurcaciones en la copa, sanos. Corteza con grietas alargadas y poco profundas.	Copas alargadas, en la parte superior del fuste. Ramas muertas. Conchuelas en las ramas. Pocas espinas, frutos abundantes.	Zarzamora, cardos y cicuta.	Textura: areno-limosa. M.O.: Abundante. Color: Café claro. Obs.: Piedras en el perfil y superficialmente. Presencia de micorrizas.
3	Rectos y otros curvos hacia la copa, sanos. Corteza con grietas superficiales y poco profundas.	Copas alargadas. Abundantes espinas en las ramas y fuste.	Zarzamora, cardos y hierbas naturales.	Textura: limosa. M.O.: Abundante. Color: Café oscuro. Obs.: Presencia de tosca a los 50 cm de profundidad, de color amarillo. Litera en el suelo bien diferenciada.
4	Rectos hasta la mitad, después con curvaturas hacia la copa. Abundantes espinas en el fuste. Corteza con grietas alargadas y superficiales. Sanos.	Copas alargadas y cortas, con ramas secas de la mitad hacia arriba.	Zarzamora, cicuta.	Textura: limosa. M.O.: Abundante. Color: Café claro. Obs.: Suelo libre de piedras. Terreno agrícola cultivado con trigo, adyacente al bosquete.
5	En general rectos, algunos árboles con curvaturas. Sanos. Corteza con grietas alargadas poco profundas. Pocas espinas en el fuste.	Copas alargadas, cortas y globosas. Presencia de conchuelas en el follaje.	Zarzamora abundante.	Textura: areno-limosa. M.O.: Abundante. Color: Café oscuro. Obs.: Piedras grandes en el perfil y sobre el suelo. Litera bien marcada.
6	Rectos en la parte baja y curvos en la parte alta. Corteza con grietas profundas y oscuras. Sanos.	Copas cortas y estrechas. Presencia de pulgones en forma abundante y hojas pegajosas.	Zarzamora, cicuta y abundante regeneración natural.	Textura: arcillo-arenosa. M.O.: Abundante. Color: Café oscuro. Obs.: Piedras grandes en el perfil y sobre el suelo. Litera de 10 a 15 cm de profundidad.

CUADRO N°3 (Continuación):

7	Rectos con curvaturas hacia la copa, bien cilindricos. Presencia de espinas anchas. Corteza con grietas alargadas superficiales de color café anaranjadas. Sanos.	Copas alargadas y cortas, con hojas de color verde oscuro.	Abundante zarzamora.	Textura: areno-arcillosa. M.O.: Escasa. Color: Gris claro. Obs.: Suelo compactado, sin piedras en el perfil.
8	En general árboles poco rectos, con curvaturas y mala forma. Corteza con grietas superficiales, alargadas. Sanos.	Copa alargada con gran cantidad de ramas. Espinas largas y punzantes.	Abundante zarzamora, palqui.	Textura: arenosa. M.O.: Escasa. Color: Café claro. Obs.: Suelo seco, no se observan piedras en el perfil, ni tampoco sobre el suelo.
9	Rectos, con curvaturas hacia la copa. Corteza con grietas alargadas y profundas. Sanos	Copas cortas y alargadas, también globosas. Presencia de abundante conchuela en el follaje. Pocas espinas.	Zarzamora, palqui, maquí.	Textura: areno-limosa. M.O.: Abundante. Color: Café oscuro. Obs.: Abundantes piedras en el perfil y sobre el suelo.

CUADRO Nº 4. Tablas de rodal de los sectores muestreados.

Sector 1		Sector 2		Sector 3	
Dap (cm)	**Nº árb/ha**	**Dap (cm)**	**Nº árb/ha**	**Dap (cm)**	**Nº árb/ha**
< 5	0	< 5	0	< 5	2570
6	0	6	100	6	2286
8	200	8	300	8	1143
10	800	10	400	10	571
12	500	12	200	12	0
14	100	14	150	14	0
16	100	....	....	16	0
18	0	26	50		
Sector 4		**Sector 5**		**Sector 6**	
Dap (cm)	**Nº árb/ha**	**Dap (cm)**	**Nº árb/ha**	**Dap (cm)**	**Nº árb/ha**
<5	467	< 5	1300	< 5	1265
6	334	6	1100	6	110
8	1134	8	900	8	220
10	1134	10	500	10	220
12	600	12	400	12	330
14	67	14	0	14	220
16	0	16	0	16	165
				18	55
				20	165
				22	220
Sector 7		**Sector 8**		**Sector 9**	
Dap (cm)	**Nº árb/ha**	**Dap (cm)**	**Nº árb/ha**	**Dap (cm)**	**Nº árb/ha**
< 5	900	< 5	800	< 5	1152
6	500	6	100	6	768
8	700	8	100	8	896
10	500	10	500	10	1088
12	600	12	800	12	576
14	400	14	0	14	192
16	200	16	0	16	0
18	100				

La distribución de Dap encontrada en terreno se presenta en el **Gráfico N°1.**

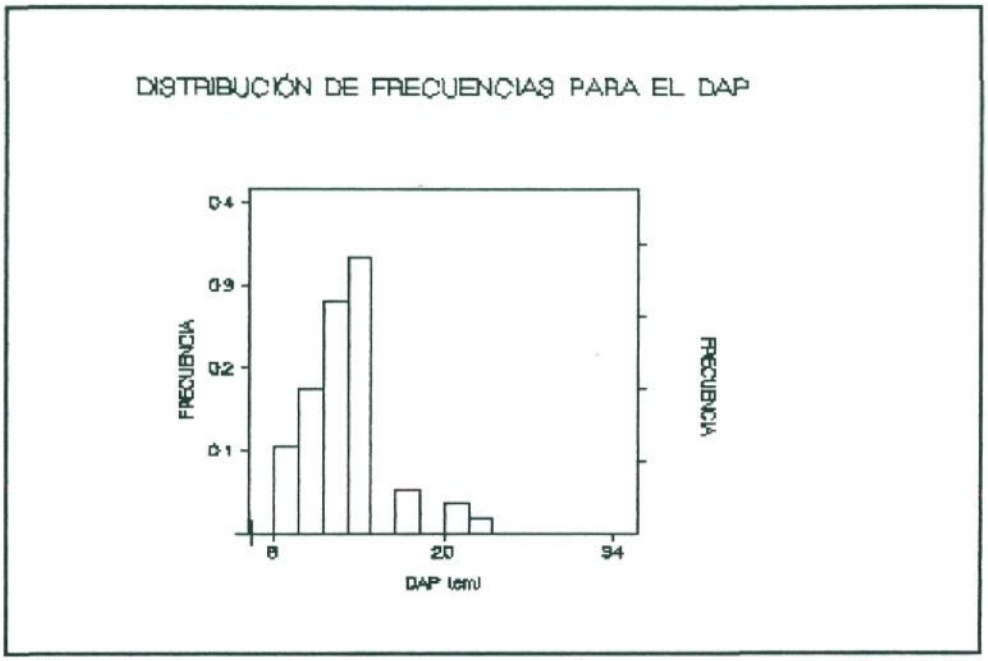


Gráfico N°1. frecuencias de DAP encontradas en los bosquetes de *Robinia*

ANEXO Nº 3

PROPIEDADES DE LA MADERA

RESUMEN

El estudio "Propiedades básicas de la madera de Acacio", encargado por el Proyecto FIA - INFOR, fue desarrollado por la Subgerencia de Industrias del Instituto Forestal.

El objetivo del presente informe es entregar antecedentes finales sobre algunas propiedades mecánicas y físicas de **Robinia pseudoacacia** proveniente de la provincia de Linares.

Las propiedades mecánicas determinadas comprenden ensayos de compresión paralela, dureza y flexión estática. Los ensayos se realizaron en dos estados: seco al aire y verde.

Conjuntamente con las propiedades mecánicas referidas, se determinaron tres diferentes densidades y los contenidos de humedad para cada una de las probetas utilizadas en los ensayos.

Se determinó la contracción volumétrica total que experimenta la especie, asociando a cada una de las probetas empleadas su contenido de humedad y densidad básica.

La parte inicial de este informe se refiere a las diferentes fases seguidas en la investigación. Luego, se proporcionan antecedentes para realizar las diferentes determinaciones, seguido de una discusión de resultados. Posteriormente, se incluyen Cuadros resúmenes con los resultados obtenidos. Finalmente, se entrega el detalle de los ensayos en **Anexos N° 3.1, 3.2 y 3.3**.

Participaron en la realización de este estudio el Ingeniero Civil en Industrias Forestales, Sr. Gonzalo Hernández C., el Ingeniero en Maderas, Sr. Paul Sepúlveda M., y el Laboratorista, Sr. Raúl Campos P.

1.- MATERIAL UTILIZADO

En la provincia de Linares, VII región, en el sector de San Luis se muestrearon un total de siete árboles. Los cuatro que presentaron mayor diámetro fueron utilizados para la determinación de las propiedades mecánicas, en tanto, los de diámetro reducido se utilizaron para la determinación de la contracción volumétrica.

Cada uno de los árboles se trozó en secciones de 1,2 m de largo y de ellas se obtuvieron viguetas con diferente sección transversal. Del total de viguetas obtenidas para los ensayos mecánicos, la mitad se destino a la obtención de probetas a ser ensayadas en estado verde y la otra mitad, para las probetas a ser ensayadas en estado seco al aire.

2.- MÉTODOS DE ENSAYO

En el caso de las propiedades mecánicas, el método de ensayo usado se ajustó esencialmente a las proscripciones de la Norma ASTM D 143-83 (Método secundario).

Una vez obtenidas las viguetas para las determinaciones y ensayos en el estado verde, se precedió a la inmediata confección de las probetas y ejecución de los ensayos.

Las viguetas destinadas al ensayo en estado seco al aire, permanecieron encastilladas bajo techo hasta que se obtuvo un contenido de humedad bajo el 30%, posteriormente se almacenaron en una cámara de clima, lo cual permitió obtener la humedad de ensayo (12%) con una aproximación adecuada.

La determinación de la contracción volumétrica se realizo de acuerdo a lo indicado en la Norma Chilena 176/3 Of84.

3.- EQUIPO

Todos los ensayos se efectuaron en la máquina de ensayo INSTRON (capacidad 5.000 kg.) de propiedad de la Universidad del Bío Bío. Asimismo, todas las determinaciones de peso y volumen se realizaron con equipo e instalaciones del Instituto Forestal.

4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

La información obtenida de los ensayos permite realizar las determinaciones que se detallan a continuación.

4.1 Compresión paralela a las fibras: Es la resistencia que ofrece una viga a una carga aplicada en el mismo sentido de la dirección de la fibra.

Se determinó, para cada probeta:

a) Tensión máxima de Rotura, **Rc**

$$\mathbf{Rc} = \frac{Q}{a*e}$$

Q = Carga máxima aplicada, en Kg.
A = Promedio de los anchos medidos, en cm.
E = Promedio de los espesores medidos, en cm.

4.2 Dureza (radial, tangencial y paralela):

La dureza determina la resistencia que ofrece la madera a la penetración de cuerpos de mayor solidez y consistencia que ella.

La dureza se determina directamente del ensayo, ésta corresponde a la carga máxima necesaria para penetrar en la madera la esfera metálica (de la maquina de ensayo) hasta la mitad de su diámetro.

4.3 Flexión Estática:

El ensayo de flexión estática mide la resistencia que opone una viga a una carga puntual aplicada en el centro de la luz o distancia entre apoyos, aplicada en la cara radial más cercana a la médula de la probeta.

Se determinó, para cada probeta:

a) Tensión unitaria de Flexión en el límite de proporcionalidad, **Flp**: corresponde a la carga unitaria máxima en flexión a que se puede someter el material, sin que se produzcan las deformaciones permanentes.

$$\mathbf{Flp} = \frac{3Plp*L}{2b*h2}$$

Plp	=	Carga promedio en el límite de proporcionalidad, en Kg.
L	=	Luz de ensayo (L=36 cm)
b	=	Ancho de la probeta, en cm.
h	=	Espesor de la probeta, en cm.

b) Módulo de rotura a la Flexión, **Rf**: Corresponde a la tensión unitaria máxima en flexión que soporta un material, antes que se produzca la falla. Cualquier incremento adicional de cargas sobre el material provocará la ruptura de éste.

$$\mathbf{Rc} = \frac{3Q*L}{2b*h}$$

Q	=	Carga máxima obtenida, en Kg.
L	=	Luz de ensayo (L=35 cm)
b	=	Ancho de la probeta, en cm.
H	=	Espesor de la probeta, en cm.

c) Módulo de Elasticidad a la Flexión, **Ef**: Es la medida de la rigidez del material. Su cálculo se basa en la razón entre el esfuerzo por unidad de superficie y la deformación por unidad de longitud experimentada por una probeta sometida a flexión. Constituye un valor indicativo de la rigidez y es aplicable solamente a condiciones de trabajo dentro de la zona elástica de la carga versus deformación.

$$\mathbf{Ef} = \frac{Plp*L3}{4dlp*b*h3}$$

Plp:	Carga en el limite de proporcionalidad, en Kg.
L :	Luz de ensayo (L=36 cm)
b :	Ancho de la probeta, en cm.
h :	Espesor de la probeta, en cm.

4.4 Propiedades Físicas

Las propiedades físicas determinadas para cada una de las probetas ensayadas, se detallan a continuación.

a) Contenido de humedad de la madera (CH): La importancia del contenido de humedad de la madera, es que cuando ésta pierde agua bajo el punto de saturación de la fibra, las paredes de cada célula se compactan cada vez más. Debido a ello, las fibras adquieren mayor rigidez, resultando de lo anterior que una pérdida del contenido de humedad bajo el Punto de Saturación de las Fibra incrementa la resistencia de la madera.

El contenido de humedad de la madera se calcula con la expresión siguiente:

$$CH = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso anhidro})}{\text{Peso anhidro}} * 100$$

El peso inicial de las probetas corresponde a madera en condiciones verdes y a madera con un contenido de humedad del 12%.

El peso anhidro se obtiene luego de tener las muestras en estufa a 103 °C, hasta llegar a peso constante.

b) Densidad de la madera: Es el cuociente entre la masa y el volumen de la madera. Debido a que la madera es un material higroscópico se producen variaciones tanto en la masa como en el volumen dependiendo del contenido de humedad a que ella se encuentre, por lo tanto es posible determinar tres densidades, las que quedan definidas con las siguientes relaciones.

Densidad inicial: Relación entre la masa y el volumen de la probeta, determinados ambos a un mismo contenido de humedad.

Densidad anhidra: Relación entre la masa y el volumen de la probeta, ambos en estado anhidro.

Densidad básica: Relación entre la masa de la probeta en estado anhidro y el volumen de esta en estado verde.

c) Contracción: Es la disminución de las dimensiones que sufre la madera cuando pierde humedad por debajo del Punto de Saturación de la Fibra. El valor de las contracciones suele expresarse como un porcentaje de alguna de las dimensiones que tenía la madera en estado verde.

La NCh 176/3 Of84 define la contracción normal máxima como la contracción de una probeta desde el máximo contenido de humedad hasta alcanzar el estado anhidro, considerando el reacondicionamiento para eliminar el colapso.

La contracción volumétrica, **Cv**, se expresa de la siguiente manera:

$Cv = Ct+Cr+Cl$, donde

Ct = Contracción tangencial, %
Cr = Contracción radial, %
Cl = Contracción longitudinal, %

5.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos se resumen en los Cuadros N° 1,2 y 3. Los dos primeros se refieren a las propiedades mecánicas, estado seco y verde respectivamente. Los aspectos de la contracción volumétrica son tratados en el Cuadro N°3.

CUADRO Nº1

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE
" ACACIA" ESTADO SECO (C.H.= 12%)

PROPIEDAD				DESVIACIÓN	NÚMERO
ENSAYO	DETERMINACIÓN	UNIDAD	PROMEDIO	ESTANDAR	DE PROBETA
COMPRESIÓN PARALELA	Tensión de rotura	kg/cm2	591	41	
	Contenido de humedad	%	11,2	0,5	
	Densidad inicial	kg/m3	749	42	13
	Densidad anhídra	kg/m3	700	44	
	Densidad básica	kg/m3	660	38	
DUREZA					
	Carga máxima				
	Normal	Newton	6768	513	
	Paralelo	Newton	8504	747	10
	Contenido de humedad	%	12,7	0,5	
	Densidad inicial	kg/m3	768	22	
	Densidad anhídra	kg/m3	727	24	
	Densidad básica	kg/m3	663	18	
FLEXIÓN ESTÁTICA					
	Tensión en límite de proporcionalidad	kg/cm2	199	87	
	Tensión de rotura	kg/cm2	1066	63	
	Módulo de elasticidad	kg/cm2	94616	14816	7
	Contenido de humedad	%	12,7	0,9	
	Densidad inicial	kg/m3	761	53	
	Densidad anhídra	kg/m3	730	49	
	Densidad básica	kg/m3	668	50	

CUADRO Nº2

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE
" ACACIA" ESTADO VERDE (C.H.> 30%)

PROPIEDAD				DESVIACIÓN	NÚMERO
ENSAYO	DETERMINACIÓN	UNIDAD	PROMEDIO	ESTANDAR	DE PROBETA
COMPRESIÓN PARALELA	Tensión de rotura	kg/cm2	214	46	
	Contenido de humedad	%	35,3	3,4	
	Densidad inicial	kg/m3	847	54	19
	Densidad anhidra	kg/m3	754	47	
	Densidad básica	kg/m3	645	40	
DUREZA					
	Carga máxima				
	Normal	Newton	4561	223	
	Paralelo	Newton	4671	322	11
	Contenido de humedad	%	54,7	4,1	
	Densidad inicial	kg/m3	914	36	
	Densidad anhidra	kg/m3	752	24	
	Densidad básica	kg/m3	610	15	
FLEXIÓN ESTÁTICA					
	Tensión en límite de proporcionalidad	kg/cm2	150	46	
	Tensión de rotura	kg/cm2	656	86	
	Módulo de elasticidad	kg/cm2	58477	8107	10
	Contenido de humedad	%	43,4	7,5	
	Densidad inicial	kg/m3	879	58	
	Densidad anhidra	kg/m3	741	50	
	Densidad básica	kg/m3	612	33	

CUADRO Nº3

CONTRACCION NORMAL MAXIMA
" ACACIA"

ENSAYO	DETERMINACIÓN	UNIDAD	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR	NÚMERO DE PROBETA
CONTRACCION	Tangencial	%	9,50	1,60	
	Radial	%	6,38	0,96	
	Longitudinal	%	0,25	0,18	60
	Volumétrica	%	16,13	2,33	
	Humedad inicial	%	65,41	3,60	

	Dens. Básica	Kg/m3	608,70	44,36	

6.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En este capítulo se interpretarán los valores obtenidos para las características físico-mecánicas del Acacio y se les ordenará de acuerdo a criterios establecidos previamente.

Los Cuadros presentados anteriormente que incluyen las propiedades mecánicas, proporcionan una buena forma de conocer el comportamiento de la especie maderera ante esfuerzos externos, pero no siempre es el mejor camino para comparar maderas entre sí. Existen algunos parámetros que inciden en los valores de la resistencia mecánica y que no siempre son los mismos para las distintas especies, tales como el origen de la madera, la densidad, etc.

Para clasificar el Acacio, según sus propiedades físicas y mecánicas, se utilizará el método de Sallenave (1955).

Las características que permiten clasificar el comportamiento de una especie maderera a través de este método, son las siguientes:

i) Densidad aparente para H=12%.
ii) Dureza.
iii) Flexión estática.
iv) Compresión paralela.

6.1 Propiedades Físicas.

6.1.1 Densidad aparente

La clasificación propuesta toma como valor de comparación la densidad aparente, obtenida con la masa y el volumen determinados a un contenido de humedad de 12% y expresada en gr./cm3. De acuerdo con lo cual, se definen las siguientes clases:

CLASES	DENSIDAD APARENTE (gr/cm^3)	
	Coníferas	Latifoliadas
Muy livianas	< 0,400	< 0,500
Livianas	0,400 - 0,499	0,500 - 0,649
Semipesadas	0,500 - 0,599	0,650 - 0,799
Pesadas	0,600 - 0,700	0,800 - 0,950
Muy pesadas	> 0,700	> 0,950

El valor de densidad aparente media obtenido en el estudio de la Acacio (0,759 gr./cm3), permite clasificarla dentro de la clase Semipesadas en lo que respecta a las especies Latifoliadas.

6.1.2 Dureza.

La dureza es una característica físico-mecánica que tiene una gran importancia dentro de la técnica de la carpintería por estar estrechamente relacionada con la trabajabilidad de la madera, existiendo una relación directa entre dureza y dificultad de trabajo. Al mismo tiempo existe una relación de carácter general entre dureza y densidad, las maderas más duras son en general las más densas.

Según la Dureza (JANKA), normal a las fibras, las diferentes especies madereras se pueden clasificar de la siguiente manera:

ESPECIE	**DUREZA NORMAL A LA FIBRA** (kg.)	**CLASE**
CONÍFERAS	136 - 272 272 - 545 545 - 2.724	Blandas Semiduras Duras
LATIFOLIADAS	27 - 204 204 - 409 409 - 817 817 - 1.226 1.226 - 2.724	Muy blandas Blandas Semiduras Duras Muy duras

En esta propiedad Sallenave también define la "cota de dureza" con la expresión siguiente:

$$\text{Cota de dureza} = \frac{Rdn}{£^2}$$

en que:

Rdn = dureza normal a las fibras, en Kg.
$£^2$ = densidad aparente, para humedad igual al 12%,

Según la "cota de dureza", las maderas se pueden clasificar así:

VALOR DE COTA DE DUREZA	CLASIFICACIÓN	TIPO DE COMPARACIÓN
408 - 817	Pequeña	Madera de carpintería
817 - 1.226	Normal	Madera industrial
1.226 - 1.634	Fuerte	Madera para usos especiales

Para el Acacio en estudio, se tiene la siguiente clasificación:

DUREZA NORMAL A LA FIBRA (kg)	DENSIDAD APARENTE (gr/cm^3)	COTA DE DUREZA	CLASIFICACIÓN	
			DUREZA	COTA DE DUREZA
690,14	0,759	1.198,15	Semidura	Normal

6.2 Propiedades Mecánicas.

Al igual que para las propiedades fisicas, en la clasificación u ordenamiento de las especies según su comportamiento mecánico hay que considerar la naturaleza de ella.

Las propiedades mecánicas elegidas se pueden ordenar, en este caso, considerando la solicitación en el sentido de la fibra:

- Flexión estática.
- Compresión paralela.

Los valores correspondientes a las características anteriores, varían de un árbol a otro, dentro de la misma especie o clase de madera y dentro de un mismo árbol, según la zona en que se tome la muestra que se quiere ensayar, si bien como se ha dicho, dichas variaciones lo son siempre en el mismo sentido que la densidad.

Fundada en esta ley, Sallenave creó el método de las cotas que es, simplemente, la relación de los diferentes esfuerzos de la madera a su correspondiente densidad o al cuadrado de ésta.

6.2.1 Flexión Estática.

Para clasificar las maderas, se usará el módulo de rotura, **Rf**, determinado en el ensayo de probetas libres de defectos en estado seco. Es posible definir así las siguientes clases:

CLASE	**Rf** ($kg./cm^2$)
Pequeña	< 784
Mediana	784 - 1.283
Grande	> 1.283

Si se toma la razón entre la cifra de rotura, **Rf**, (considerada al contenido de humedad de 12%) y la densidad aparente, **£**, en gr./cm3, se obtiene la cota de flexión:

$$\text{Cota de flexión} = \frac{Rf}{100*£}$$

Según esta cota, es posible distinguir las siguientes calidades:

CALIDAD	**COTA DE FLEXIÓN**	**APLICACIONES**
Pequeña	7,1 - 10,7	Madera impropia para carpintería
Mediana	10,7 - 14,3	Madera mediana para carpintería
Grande	14,3 - 17,8	Madera buena para carpintería

Por último, Sallenave, establece el cuociente entre la cifra del módulo de rotura (flexión) y el de resistencia a la compresión paralela, **Rc**, dando origen a una nueva característica llamada "cota de tenacidad".

$$\text{Cota de tenacidad} = \frac{1,459*Rf}{Rc}$$

Ambos valores tomados del ensayo en estado seco (H=12%). Se propone de esta forma las siguientes calidades:

CALIDAD	COTA DE TENACIDAD
Poco tenaz	< 2
Medianamente tenaz	2 - 3
Muy tenaz	3 - 4

Por lo tanto, de acuerdo a la calidad de la madera en la flexión estática, se tendrá la siguiente clasificación para el Acacio:

Rf kg/cm^2	**£** gr/cm^3	**Rc** kg/cm^2	**CLASIFICACIÓN**		
			MODULO ROTURA	**COTA DE FLEXIÓN**	**COTA DE TENACIDAD**
1.066	0,759	591	Mediana	Mediana	Medianamente tenaz.

6.2.2 Compresión Paralela a las Fibras.

Esta solicitación permite medir la carga de ruptura con bastante precisión y con ello la tensión máxima (**Rc**). De acuerdo a esto, Sallenave define tres clases y además la "cota de calidad estática" mediante la fórmula:

$$\text{Cota de calidad estática} = \frac{Rc}{100 * £}$$

en que:

Rc = tensión máxima para H = 12%, en Kg./cm2.
£ = densidad aparente para H = 12%, en gr./cm3.

Esta cota es bastante constante dentro de una misma especie y sirve para comparar entre sí maderas con distinta resistencia a la compresión.

Por lo tanto, para las especies latifoliadas se tiene:

CLASE	LIGERA		SEMIPESADA		PESADA		MUY PESADA	
	Rc	Rc / 100*£	Rc	Rc / 100*£	Rc	Rc / 100*£	Rc	Rc / 100*£
Inferior	208-312	< 7,3	286-380	< 6,2	416-520	< 6,2	520-624	< 7,3
Mediana	313-416	7,3-8,3	381-494	6,2-7,3	521-728	6,2-7,3	625-832	7,3-8,3
Superior	417-624	> 8,3	495-624	> 7,3	729-832	> 7,3	833-1040	> 8,3

Luego, el Acacio se clasifica como sigue:

Rc (kg/cm^2)	£ (gr/cm^3)	Rc / 100*£	CLASIFICACIÓN	
			CLASES	COTA ESTÁTICA
591	0,759	7,78	Superior	Semipesada

Finalmente, por medio del método de clasificación de Sallenave, se realizará una agrupación de las especies madereras crecidas en Chile y la **Robinia pseudoacacia**. Así se tendrá una visión general del encasillamiento de ésta con respecto a las demás especies del país.

TABLA N°1. CLASIFICACIÓN DE LAS LATIFOLIADAS SEGÚN DENSIDAD APARENTE (£).

CLASE	LATIFOLIADAS	
	ESPECIE	**DENSIDAD APARENTE** (Kg/m^3)
MUY LIVIANAS **£<500**	Álamo	433
LIVIANAS **500<£<649**	Canelo	509
	Raulí	539
	Tepa	563
	Castaño	569
	Renoval de Raulí	572
	Lenga	584
	Laurel	586
	Olivillo	597
	Lingue	618
	Aromo australiano	647
SEMIPESADAS **650<£<799**	Coigüe	663
	Ulmo	728
	Tineo	756
	Acacio	**759**
	Roble	778
PESADAS **800<£<950**	Eucalipto	800
MUY PESADAS **£>950**	Luma	1.150

TABLA N°2. CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA DE DUREZA NORMAL (Rdn).

CLASE	ESPECIE	DUREZA NORMAL (Kg)
MUY BLANDAS Rdn<204	Álamo	139
BLANDAS 204<Rdn<409	Canelo	243
	Avellano	268
	Renoval de raulí	271
	Tepa	310
	Coigüe de Magallanes	315
	Lingue	315
	Laurel	330
	Castaño	342
	Raulí	354
	Lenga	362
	Olivillo	368
SEMIDURAS 409<Rdn<817	Coigüe	418
	Aromo australiano	438
	Roble	471
	Tineo	499
	Ulmo	680
	Tepú	680
	Acacio	**690**
	Eucalipto	700

TABLA N°3. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA COTA DE DUREZA (Cd).

CLASE	ESPECIE	COTA DE DUREZA (Cd)
PEQUEÑA 408<Cd<817	Álamo	741
	Araucaria	751
	Roble	778
NORMAL 817<Cd<1.226	Lingue	825
	Renoval de raulí	828
	Alerce	851
	Tineo	873
	Ciprés de la Cordillera	939
	Ulmo	945
	Coigüe	951
	Laurel	961
	Tepa	978
	Olivillo	1.003
	Pino radiata	1.007
	Aromo australiano	1.046
	Lenga	1.061
	Eucalipto	1.094
	Sequoia	1.105
	Castaño	1.133
	Mañio hojas punzantes	1.174
	Acacio	**1.198**
	Raulí	1.219
FUERTE 1.226<Cd	Pino oregón	1.408

TABLA N°4. CLASIFICACIÓN SEGÚN COTA DE FLEXIÓN (Cf).

CALIDAD	ESPECIE	COTA DE FLEXIÓN (Cf)
MEDIANA 10,7<Cf<14,3	Roble	10,9
	Alerce	11,1
	Luma	11,3
	Araucaria	11,4
	Olivillo	11,8
	Ciprés de la Cordillera	11,9
	Álamo	12,0
	Laurel	12,0
	Sequoia	12,0
	Tineo	12,1
	Renoval de raulí	12,5
	Coigüe	12,7
	Tepa	12,9
	Ulmo	13,2
	Castaño	13,7
	Mañio hojas punzantes	13,8
	Pino radiata	13,9
	Canelo	13,9
	Acacio	**14,0**
GRANDE 14,3<Cf<17,8	Raulí	14,3
	Lenga	15,0
	Lingue	15,0
	Eucalipto	15,0
	Aromo australiano	17,3
	Pino oregón	17,8

TABLA N°5. CLASIFICACIÓN SEGÚN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA (Rf).

CLASE	ESPECIE	RESISTENCIA FLEXIÓN (Kg/cm^2)
PEQUEÑA Rf<784	Álamo	519
	Sequoia	559
	Alerce	602
	Avellano	625
	Ciprés de la Cordillera	650
	Olivillo	704
	Laurel	706
	Canelo	706
	Pino radiata	715
	Renoval de raulí	716
	Mañio hojas punzantes	718
	Tepa	727
	Raulí	770
MEDIANA 784<Rf<1.283	Pino oregón	792
	Castaño	822
	Coigüe	839
	Roble	848
	Lenga	876
	Tineo	912
	Lingue	924
	Ulmo	962
	Tepú	1.050
	Acacio	**1.066**
	Aromo australiano	1.117
	Eucalipto	1.198
GRANDE 1.283<Rf	Luma	1.300

TABLA N°6. CLASIFICACIÓN DE LATIFOLIADAS SEGÚN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA (COTA ESTÁTICA :Ce).

CALIDAD	CLASE	ESPECIE
LIGERA	Inferior	Álamo
	Mediana	Canelo
	Mediana	Castaño
	Superior	Tepa
	Superior	Aromo australiano
	Superior	Raulí
SEMI PESADA	Inferior	Lingue
	Mediana	Laurel
	Mediana	Lenga
	Mediana	Olivillo
	Mediana	Renoval de raulí
	Mediana	Tineo
	Superior	Coigüe
	Superior	Eucalipto
	Superior	Ulmo
	Superior	**Acacio**
PESADA	Mediana	Roble
MUY PESADA	Mediana	Luma

6.3 Clasificación del Acacio según su resistencia.

En esta parte del estudio se utilizará el procedimiento establecido en la Norma Chilena NCh 1989, "Agrupamiento de Especies Madereras según su Resistencia-Procedimiento", la cual se basa en el promedio aritmético de las resistencias obtenidas en ensayos normalizados de probetas libres de defectos.

Los grupos establecidos para maderas tanto en estado verde como seco, están definidos por valores mínimos para las medias del módulo de rotura a la flexión (**Rf**), del módulo de elasticidad a la flexión (**Ef**), y la tensión máxima de compresión paralela (**Rc**).

TABLA N°7. CLASIFICACIÓN DEL ACACIO SEGÚN SU RESISTENCIA EN ESTADO VERDE.

ESPECIE	PROPIEDAD		GRUPO DETERMINADO SEGÚN VALOR MÍNIMO DE RESISTENCIA	GRUPO ASIGNADO
	DESIGNACIÓN	VALOR (MPa)		
Acacio	Rf Ef Rc	64,33 5.734,4 20,98	E3 E6 E5	E5

TABLA N°8. CLASIFICACIÓN DEL ACACIO SEGÚN SU RESISTENCIA EN ESTADO SECO.

ESPECIE	PROPIEDAD		GRUPO DETERMINADO SEGÚN VALOR MÍNIMO DE RESISTENCIA	GRUPO ASIGNADO
	DESIGNACIÓN	VALOR (MPa)		
Acacio	Rf Ef	104,53 9.278,28	ES3 ES5	ES3

	Rc	57,95	ES3	

Finalmente, se entregará el agrupamiento por resistencia de las distintas especies crecidas en el país, para madera en estado verde y seco.

TABLA N°9. AGRUPACIÓN POR RESISTENCIA DE ESPECIES CRECIDAS EN CHILE, EN ESTADO VERDE.

GRUPO	ESPECIES
E2	Eucalipto
E3	Ulmo Aromo australiano
E4	Araucaria Coigüe Raulí Roble Renoval de raulí Castaño
E5	Alerce Canelo Ciprés de la Cordillera Ciprés de las Guaitecas Lenga Lingue Laurel Mañio macho Olivillo Pino oregón Tepa **Acacio**
E6	Pino radiata Sequoia
E7	Álamo

TABLA N°10. AGRUPACIÓN POR RESISTENCIA DE ESPECIES CRECIDAS EN CHILE, EN ESTADO SECO

GRUPO	ESPECIES
ES2	Eucalipto
ES3	Aromo australiano Lingue **Acacio**
ES4	Araucaria Coigüe Laurel Lenga Mañio hojas largas Roble Tineo Ulmo Castaño
ES5	Alerce Canelo Ciprés de la Cordillera Mañio macho Olivillo Pino radiata Pino oregón Raulí Renoval de raulí Tepa
ES6	Álamo Ciprés de las Guaitecas Mañio hembra Sequoia

7.- CONCLUSIONES.

De los datos registrados, el Acacio (**Robinia pseudoacacia**) presenta una densidad básica de 664 kg./m3. Se define como una madera semidura. Tiene, para los datos revisados, resistencias mecánicas definidas como de medianas a superior. La contracción volumétrica del Acacio (15,9%), considerando las direcciones tangencial y radial, es muy similar a la reportada para el Tineo (15,8%). Solamente es superada por el **Eucaliptus globulus** (18,2%) y Ulmo (17,6%).

Debido a la limitada información nacional sobre usos potenciales de la madera de Acacio se recomienda realizar trabajos futuros orientados a conocer el comportamiento de la madera frente a condiciones de secado, procesos mecánicos de elaboración y fabricación de piezas o elementos para usos especiales.

8.- BIBLIOGRAFÍA.

1. ASTM D 143-83 Standard methods of testing small clear specimens of timber.

2. INFOR. Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación. Informe Técnico N°122. Santiago, 1990.

3. Nch 176/1 Of84 Madera. Determinación de humedad.

4. Nch 176/2 Of86 Madera. Determinación de densidad.

5. Nch 173/3 Of84 Madera. Determinación de la contracción radial y tangencial.

6. Nch 968 Of86 Madera. Selección, obtención y acondicionamiento de muestras y probetas para la determinación de propiedades físicas y mecánicas.

7. Nch 969 Of86 Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Condiciones generales para los ensayos.

8. Nch 973 Of86 Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de compresión paralela.

9. Nch 978 Of86 Madera. Determinación de propiedades mecánicas. Ensayo de dureza.

10. Nch 987 Of86 Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de flexión estática.

11. Nch 1989 Of86 Madera. Agrupamiento de especies madereras según su resistencia.

A N E X O Nº 3.1

DETALLES ENSAYOS EN ESTADO SECO

COMPRESIÓN PARALELA
(ESTADO SECO)

PROBETA	ESPESOR cm	ANCHO cm	ÁREA cm^2	CARGA MÁXIMA APLICADA kg	TENSIÓN MÁXIMA ROTURA kg / cm^2
A1T1(1)	2,43	2,46	5,98	3558	595,20
A1T1(2)	2,46	2,45	6,03	3341	554,34
A1T2 (1)	2,47	2,41	5,95	3283	551,51
A1T2 (2)	2,47	2,45	6,05	3787	625,80
A1T3 (1)	2,49	2,51	6,25	4247	679,53
A2T2(1)	2,48	2,51	6,22	3429	550,86
A2T2 (2)	2,52	2,50	6,30	3844	610,16
A2T3 (1)	2,46	2,46	6,05	3635	600,67
A2T3 (2)	2,49	2,49	6,20	3707	597,89
A2T3 (3)	2,44	2,45	5,98	3722	622,62
A3T2 (1)	2,49	2,50	6,23	3545	569,48
A3T3 (1)	2,51	2,44	6,12	3205	523,32
A3T3 (2)	2,53	2,48	6,27	3762	599,58
			PROMEDIO		590,84
			DES. ESTANDAR		41,03

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROBETA	PESO INICIAL gr	PESO ANHIDRO gr	CONTENIDO HUMEDAD %
A1T1(1)	17,80	16,00	11,25
A1T1(2)	17,40	15,60	11,54
A1T2 (1)	18,00	16,20	11,11
A1T2 (2)	17,10	15,40	11,04
A1T3 (1)	18,20	16,30	11,66
A2T2(1)	16,40	14,80	10,81
A2T2 (2)	17,00	15,40	10,39
A2T3 (1)	16,90	15,20	11,18
A2T3 (2)	16,20	14,60	10,96
A2T3 (3)	15,90	14,40	10,42
A3T2 (1)	15,80	14,20	11,27
A3T3 (1)	15,80	14,10	12,06
A3T3 (2)	15,70	14,10	11,35
	PROMEDIO		11,16

DES. ESTANDAR	0,46

DETERMINACIÓN DE LAS DENSIDADES

PROBETA	ESTADO INICIAL		ESTADO ANHIDRO		DENS. INICIAL	DENS. ANHIDRA	DENS. BÁSICA
	PESO gr	VOL cm^3	PESO gr	VOL cm^3	kg/cm^3	kg/cm^3	kg/cm^3
A1T1(1)	4,50	5,664	3,90	5,277	794,49	739,06	688,56
A1T1(2)	4,10	5,535	3,50	5,166	740,74	677,51	632,34
A1T2 (1)	3,90	5,142	3,40	4,779	758,46	711,45	661,22
A1T2 (2)	4,70	5,961	4,20	5,547	788,46	757,17	704,58
A1T3 (1)	4,40	5,268	3,90	4,932	835,23	790,75	740,32
A2T2(1)	4,20	5,691	3,70	5,385	738,01	687,09	650,15
A2T2 (2)	4,20	5,619	3,70	5,262	747,46	703,15	658,48
A2T3 (1)	3,80	5,145	3,40	4,899	738,58	694,02	660,84
A2T3 (2)	4,10	5,610	3,60	5,292	730,84	680,27	641,71
A2T3 (3)	4,20	5,700	3,70	5,418	736,84	682,91	649,12
A3T2 (1)	3,80	4,974	3,40	4,797	763,97	708,78	683,55
A3T3 (1)	4,00	5,910	3,60	5,619	676,82	640,68	609,14
A3T3 (2)	3,90	5,688	3,40	5,379	685,65	632,09	597,75
			PROMEDIO		748,89	700,38	659,83
			DESVIACIÖN ESTANDAR		42,21	43,56	38,29

DUREZA (ESTADO SECO)

PROBETA	DUREZA NORMAL								DUREZA PARALELA			
	TANGENCIAL (kg)			RADIAL (kg)			PROMEDIO NORMAL		P1	P2	PROMEDIO PARALELA	
	T1	T2	PROMED	R1	R2	PROMED.	kg	NW	kg	kg	kg	NW
A1T1 (1)	707,00	750,00	728,50	485,40	512,20	498,80	613,65	6013,77	738,00	783,00	760,50	7452,90
A1T1 (2)	694,00	673,00	683,50	579,00	695,00	637,00	660,25	6470,45	788,00	797,00	792,50	7766,50
A1T1 (3)	677,00	650,00	663,50	686,70	655,00	670,85	667,18	6538,32	740,00	831,00	785,50	7697,90
A1T2 (1)	831,00	810,00	820,50	585,00	709,00	647,00	733,75	7190,75	779,00	833,00	806,00	7898,80
A1T2 (2)	569,00	831,00	700,00	697,00	704,00	700,50	700,25	6862,45	846,00	931,00	888,50	8707,30
A2T1(1)	746,00	788,00	767,00	782,00	852,10	817,05	792,03	7761,85	944,00	959,00	951,50	9324,70
A2T1 (2)	869,00	688,00	778,50	582,00	830,00	706,00	742,25	7274,05	991,00	826,00	908,50	8903,30
A3T1 (1)	634,00	573,00	603,50	671,00	715,00	693,00	648,25	6352,85	927,00	967,00	947,00	9280,60
A3T1 (2)	847,00	483,00	665,00	659,00	727,00	693,00	679,00	6654,20	942,00	807,00	874,50	8570,10
A3T1 (3)	560,00	819,00	689,50	752,00	546,00	649,00	669,25	6558,65	977,00	950,00	963,50	9442,30
PROMEDIO			709,95			671,22	690,59	6767,73			867,8	8504,44
DES. ESTANDAR			64,33			79,07	52,37	513,24			76,26	747,36

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROBETA	PESO INICIAL gr	PESO ANHIDRO gr	CONTENIDO HUMEDAD %
A1T1 (1)	19,50	17,30	12,72
A1T1 (2)	15,90	14,10	12,77
A1T1 (3)	19,60	17,20	13,95
A1T2 (1)	20,00	17,80	12,36
A1T2 (2)	17,30	15,40	12,34
A2T1 (1)	16,90	14,90	13,42
A2T1 (2)	15,60	13,90	12,23
A3T1 (1)	16,50	14,70	12,24
A3T1 (2)	18,30	16,30	12,27
A3T1 (3)	15,20	13,50	12,59
PROMEDIO			12,69
DESVIACIÓN STANDAR			0,54

DETERMINACIÓN DE LAS DENSIDADES

PROBETA	ESTADO INICIAL		ESTADO ANHIDRO		DENS. INICIAL kg/m3	DENS. ANHIDRA kg/m3	DENS. BÁSICA kg/m3
	PESO gr	VOL cm3	PESO gr	VOL cm3			
A1T1 (1)	4,90	6,087	4,20	5,472	804,99	767,54	690,00
A1T1 (2)	4,80	5,961	4,10	5,442	805,23	753,40	687,80
A1T1 (3)	4,50	5,736	3,90	5,199	784,52	750,14	679,92
A1T2 (1)	4,50	5,838	3,90	5,316	770,81	733,63	668,04
A1T2 (2)	4,70	6,150	4,10	5,520	764,23	742,75	666,67
A2T1 (1)	4,50	5,943	3,90	5,508	757,19	708,06	656,23
A2T1 (2)	4,20	5,619	3,60	5,160	747,46	697,67	640,68
A3T1 (1)	4,70	6,228	4,00	5,682	754,66	703,98	642,26
A3T1 (2)	4,80	6,390	4,20	5,934	751,17	707,79	657,28
A3T1 (3)	4,50	6,096	3,90	5,508	738,19	708,06	639,76
			PROMEDIO		767,85	727,30	662,86
			DES. ESTANDAR		22,22	23,76	17,93

FLEXIÓN ESTÁTICA (ESTADO SECO)

PROBETA	ALTURA cm	ANCHO cm	CARGA EN LIMITE PROPOR. kg	CARGA MÁX. APLICADA kg	TENSIÓN UNITARIA DE FLEXIÓN kg / cm2	MÓDULO ROTURA DE FLEXIÓN kg / cm2	MÓDULO DE ELASTICIDAD kg / cm2
A1T1(1)	2,490	2,490	47,50	345,00	161,53	1173,22	87135,83
A1T2 (1)	2,500	2,550	57,50	401,00	185,70	1295,04	130420,72
A2T2 (1)	2,500	2,550	65,00	364,00	209,92	1175,55	110574,09
A3T2 (1)	2,500	2,510	85,00	379,00	283,33	1263,31	121296,51
A3T3 (1)	2,495	2,540	117,50	376,00	383,23	1226,34	108085,01
A3T3 (2)	2,530	2,435	47,50	379,00	166,24	1326,42	104801,79
A4T1(1)	2,530	2,530	142,50	417,00	461,97	1351,87	218012,21
			PROMEDIO		198,56	1065,70	94616,28
			DES. ESTANDAR		86,52	62,89	14815,62

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROBETA	PESO INICIAL gr	PESO ANHIDRO gr	CONTENIDO HUMEDAD %
A1T1 (1)	22,10	19,50	13,33
A1T2(1)	23,80	21,40	11,21
A2T2 (1)	22,90	20,40	12,25
A3T2(1)	21,80	19,20	13,54
A3T3 (1)	20,30	17,90	13,41
A3T3(2)	19,20	16,90	13,61
A4T1 (1)	24,80	22,20	11,71
	PROMEDIO		12,72
	DES. ESTANDAR		0,98

DETERMINACIÓN DE LAS DENSIDADES

PROBETA	ESTADO INICIAL		ESTADO ANHIDRO		DENS. INICIAL	DENS. ANHIDRA	DENS. BÁSICA
	PESO gr	VOL cm3	PESO gr	VOL cm3	kg/m3	kg/m3	kg/m3
A1T1 (1)	4,30	5,580	3,60	5,034	770,61	715,14	645,16
A1T2(1)	4,70	5,697	4,20	5,277	825,00	795,91	737,23
A2T2 (1)	4,20	5,352	3,70	4,986	784,75	742,08	691,33
A3T2(1)	4,40	5,784	3,90	5,394	760,72	723,03	674,27
A3T3 (1)	4,20	5,907	3,60	5,517	711,02	652,53	609,45
A3T3(2)	4,20	6,252	3,80	5,448	671,79	697,50	607,81
A4T1 (1)	4,40	5,472	3,90	4,986	804,09	782,19	712,72
			PROMEDIO		761,14	729,77	668,28
			DES. ESTANDAR		53,33	49,23	49,92

ANEXO Nº 3.2

DETALLE ENSAYOS

EN

ESTADO VERDE

COMPRESIÓN PARALELA (ESTADO VERDE)

PROBETA	ESPESOR cm	ANCHO cm	ÁREA cm2	CARGA MÁXIMA APLICADA kg	TENSIÓN MÁX ROTURA kg / cm2
A1T1(1)	2,44	2,48	6,05	932,1	154,16
A1T2 (1)	2,52	2,51	6,33	1385	218,71
A1T2 (2)	2,50	2,50	6,23	1698	272,77
A1T3 (1)	2,51	2,49	6,24	1402	224,77
A1T3 (2)	2,52	2,49	6,26	1134	181,23
A2T1(1)	2,47	2,49	6,13	1203	196,39
A2T1 (2)	2,52	2,53	6,38	1167	182,97
A2T2 (1)	2,49	2,49	6,19	1824	294,78
A2T2 (2)	2,50	2,52	6,30	1793	284,49
A2T2 (3)	2,49	2,49	6,20	1486	239,87
A2T2 (4)	2,45	2,47	6,04	1032	170,88
A2T3 (1)	2,53	2,48	6,26	1486	237,21
A2T3 (2)	2,54	2,51	6,38	1443	226,07
A2T3 (3)	2,53	2,53	6,39	1285	201,07
A3T2 (1)	2,48	2,51	6,22	1352	217,20
A3T2 (2)	2,54	2,54	6,46	1470	227,58
A3T3 (1)	2,45	2,54	6,22	1583	254,38
A3T3 (2)	2,52	2,51	6,33	855,3	135,06
A3T3 (3)	2,52	2,54	6,40	904,7	141,45
			PROMEDIO		213,74
			DES. ESTANDAR		45,77

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROBETA	PESO INICIAL gr	PESO ANHIDRO gr	CONTENIDO HUMEDAD %
A1T1(1)	29,80	21,70	37,33
A1T2 (1)	28,00	20,50	36,59
A1T2 (2)	26,80	20,00	34,00
A1T3 (1)	29,50	20,60	43,20
A1T3 (2)	28,10	20,90	34,45
A2T1(1)	29,90	21,30	40,38
A2T1 (2)	29,10	20,80	39,90
A2T2 (1)	29,00	22,10	31,22
A2T2 (2)	27,60	21,50	28,37
A2T2 (3)	28,00	20,90	33,97
A2T2 (4)	29,30	22,20	31,98
A2T3 (1)	21,90	16,20	35,19
A2T3 (2)	24,40	18,10	34,81
A2T3 (3)	23,40	17,30	35,26
A3T2 (1)	24,60	18,00	36,67
A3T2 (2)	23,70	17,60	34,66
A3T3 (1)	31,00	22,70	36,56
A3T3 (2)	30,40	22,90	32,75
A3T3 (3)	27,10	20,20	34,16
	PROMEDIO		35,34
	DESV. ESTANDAR		3,39

DETERMINACIÓN DE LAS DENSIDADES

PROBETA	ESTADO INICIAL		ESTADO ANHIDRO		DENS. INICIAL	DENS. ANHIDRA	DENS. BÁSICA
	PESO gr	VOL cm3	PESO gr	VOL cm3	kg/cm3	kg/cm3	kg/cm3
A1T1(1)	5,70	6,000	4,00	4,950	950,00	808,08	666,67
A1T2 (1)	5,50	6,468	4,70	5,910	850,34	795,26	726,65
A1T2 (2)	6,00	6,840	4,00	5,799	877,19	689,77	584,80
A1T3 (1)	6,70	7,692	4,90	6,549	871,03	748,21	637,03
A1T3 (2)	6,30	7,329	4,50	6,213	859,60	724,29	614,00
A2T1(1)	5,50	6,408	4,10	5,412	858,30	757,58	639,83
A2T1 (2)	5,50	5,979	4,00	4,833	919,89	827,64	669,01
A2T2 (1)	4,70	5,976	3,80	5,169	786,48	735,15	635,88
A2T2 (2)	5,10	6,213	3,90	5,415	820,86	720,22	627,72
A2T2 (3)	5,50	6,753	4,30	5,850	814,45	735,04	636,75
A2T2 (4)	5,70	7,071	4,50	6,021	806,11	747,38	636,40
A2T3 (1)	4,40	5,439	3,40	4,653	808,97	730,71	625,11
A2T3 (2)	3,80	5,133	3,10	4,407	740,31	703,43	603,94
A2T3 (3)	4,60	5,925	3,50	5,112	776,37	684,66	590,72
A3T2 (1)	5,00	6,180	3,80	5,283	809,06	719,29	614,89
A3T2 (2)	5,20	6,222	4,10	5,322	835,74	770,39	658,95
A3T3 (1)	5,80	6,102	4,30	5,046	950,51	852,16	704,69
A3T3 (2)	5,60	6,066	4,30	5,208	923,18	825,65	708,87
A3T3 (3)	5,10	6,132	4,10	5,415	831,70	757,16	668,62
			PROMEDIO		846,85	754,32	644,76
			DES. ESTANDAR		54,06	47,35	39,66

DUREZA (ESTADO VERDE)

PROBETA	DUREZA NORMAL								DUREZA PARALELA			
	TANGENCIAL (kg)			RADIAL (kg)			PROMEDIO NORMAL		P1	P2	PROMED.PARALELA	
	T1	T2	PROMED	R1	R2	PROMED	kg	NW	kg	kg	kg	NW
A1T1 (1)	446,00	491,00	468,50	475,00	483,00	479,00	473,75	4642,75	448,00	454,00	451,00	4420
A1T1 (2)	403,00	526,00	464,50	475,00	538,00	506,50	485,50	4757,90	508,00	525,00	516,50	5062
A1T1 (3)	545,00	435,00	490,00	471,00	556,00	513,50	501,75	4917,15	450,00	539,00	494,50	4846
A1T3 (1)	467,60	498,50	483,05	452,10	455,00	453,55	468,30	4589,34	497,70	498,50	498,10	4881
A1T3 (2)	462,50	431,00	446,75	504,70	416,40	460,55	453,65	4445,77	431,00	502,00	466,50	4572
A1T3 (3)	520,00	476,50	498,25	446,30	424,20	435,25	466,75	4574,15	476,50	394,00	435,25	4265
A1T3 (4)	422,00	539,00	480,50	469,10	482,00	475,55	478,03	4684,65	539,00	497,00	518,00	5076
A1T3 (5)	462,00	414,00	438,00	403,00	419,00	411,00	424,50	4160,10	414,00	452,00	433,00	4243
A3T1 (1)	400,70	406,70	403,70	452,00	455,00	453,50	428,60	4200,28	422,50	453,00	437,75	4290

A3T1 (2)	440,80	502,30	471,55	504,70	416,40	460,55	466,05	4567,29	506,30	492,90	499,60	4896
A3T1 (3)	535,80	482,70	509,25	446,30	424,20	435,25	472,25	4628,05	482,70	503,30	493,00	4831
PROMEDIO			468,55			462,20	465,38	4560,68			476,65	4671,21
DES. ESTANDAR			29,99			30,47	22,75	222,98			32,81	321,52

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROBETA	PESO INICIAL gr	PESO ANHIDRO gr	CONTENIDO HUMEDAD %
A1T1 (1)	30,60	19,70	55,33
A1T1 (2)	31,70	20,40	55,39
A1T1 (3)	32,10	20,50	56,59
A1T3 (1)	29,80	18,90	57,67
A1T3 (2)	30,90	19,70	56,85
A1T3 (3)	30,90	19,70	56,85
A1T3 (4)	30,10	19,10	57,59
A1T3 (5)	30,50	19,20	58,85
A3T1 (1)	30,30	20,20	50,00
A3T1 (2)	30,50	20,90	45,93
A3T1 (3)	28,90	19,20	50,52
PROMEDIO			54,69
DES. ESTANDAR			4,06

DETERMINACIÓN DE LAS DENSIDADES

PROBETA	ESTADO INICIAL		ESTADO ANHIDRO		DENSIDAD INICIAL	DENSIDAD ANHIDRA	DENSIDAD BÁSICA
	PESO gr	VOL cm3	PESO gr	VOL cm3	kg/m3	kg/m3	kg/m3
A1T1 (1)	6,10	6,432	3,90	5,127	948,38	760,68	606,34
A1T1 (2)	5,90	6,549	4,00	5,307	900,90	753,72	610,78
A1T1 (3)	5,80	6,303	3,80	4,941	920,20	769,08	602,89
A1T3 (1)	5,80	6,663	3,90	5,472	870,48	712,72	585,32
A1T3 (2)	6,00	6,606	4,10	5,346	908,27	766,93	620,65
A1T3 (3)	6,00	6,450	4,00	5,238	930,23	763,65	620,16
A1T3 (4)	5,40	6,174	3,70	4,998	874,64	740,30	599,29
A1T3 (5)	5,60	5,703	3,60	4,644	981,94	775,19	631,25
A3T1 (1)	5,80	6,183	3,90	4,986	938,06	782,19	630,76
A3T1 (2)	5,70	6,222	3,80	5,109	916,10	743,79	610,74
A3T1 (3)	5,30	6,126	3,60	5,091	865,16	707,13	587,66
			PROMEDIO		914,03	752,31	609,62
			DES. ESTANDAR		35,66	24,37	15,44

FLEXIÓN ESTÁTICA (ESTADO VERDE)

PROBETA	ALTURA cm	ANCHO cm	CARGA EN LIMITE PROPOR. kg	CARGA MÁX. APLICADA kg	TENSIÓN UNITARIA DE FLEXIÓN kg / cm2	MÓDULO ROTURA DE FLEXIÓN kg / cm2	MÓDULO DE ELASTICIDAD kg / cm2
A1T1 (1)	2,480	2,510	35,00	199,60	117,61	670,69	66431,93
A1T1(2)	2,520	2,525	40,50	157,80	132,34	515,64	55733,11
A1T5 (1)	2,510	2,510	62,50	203,40	207,50	675,29	65930,95
A2T1(1)	2,520	2,515	47,50	167,00	156,45	550,05	54743,84
A2T2 (1)	2,495	2,495	60,00	230,00	202,81	777,46	70924,67
A3T1(1)	2,515	2,575	35,00	180,70	110,19	568,89	49639,78
A3T2 (1)	2,510	2,550	60,00	221,70	193,00	713,13	64385,77
A4T1 (1)	2,510	2,505	45,00	224,60	150,00	748,65	54577,26
A4T1 (2)	2,560	2,540	20,00	207,40	63,57	659,27	45626,27
A4T1 (3)	2,520	2,540	52,50	212,00	169,53	684,58	56779,36
			PROMEDIO		150,30	656,36	58477,29
			DESV. ESTANDAR		45,68	85,98	8106,88

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROBETA	PESO INICIAL gr	PESO ANHIDRO gr	CONTENIDO HUMEDAD %
A1T1 (1)	27,80	18,30	51,91
A1T1(2)	28,70	19,80	44,95
A1T5 (1)	27,10	17,30	56,65
A2T1(1)	24,50	17,00	44,12
A2T2 (1)	24,90	18,50	34,59
A3T1(1)	25,40	17,40	45,98
A3T2 (1)	25,40	17,40	45,98
A4T1 (1)	26,30	18,80	39,89
A4T1 (2)	28,10	21,20	32,55
A4T1 (3)	25,80	18,80	37,23
	PROMEDIO		43,39
	DES. ESTANDAR		7,53

DETERMINACIÓN DE LAS DENSIDADES

PROBETA	ESTADO INICIAL		ESTADO ANHIDRO		DENS. INICIAL	DENS. ANHIDRA	DENS. BÁSICA
	PESO gr	VOL cm3	PESO gr	VOL cm3	kg/m3	kg/m3	kg/m3
A1T1 (1)	6,40	6,798	4,30	5,757	941,45	746,92	632,54
A1T1(2)	6,80	6,921	4,50	5,541	982,52	812,13	650,20
A1T5 (1)	6,60	7,389	4,40	6,138	893,22	716,85	595,48
A2T1(1)	6,50	7,551	4,50	6,135	860,81	733,50	595,95
A2T2 (1)	5,80	7,137	4,40	6,060	812,67	726,07	616,51
A3T1(1)	5,90	7,110	4,00	5,979	829,82	669,01	562,59
A3T2 (1)	5,80	7,188	4,10	5,964	806,90	687,46	570,40
A4T1 (1)	6,10	6,852	4,30	5,694	890,25	755,18	627,55
A4T1 (2)	6,10	6,603	4,40	5,304	923,82	829,56	666,36
A4T1 (3)	5,90	6,966	4,20	5,745	846,97	731,07	602,93
			PROMEDIO		878,84	740,77	612,05
			DES. ESTANDAR		58,05	49,61	33,14

A N E X O 3.3

DETALLE ENSAYOS

CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA

DETERMINACIÓN DE LA CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA

PROBETA	C.H= 12% A.R			C.H =12% D.R.			CONTRACCIÓN MÁXIMA (%)			COLAPSO (%)			C. V. TOTAL
	Contracción (%)			Contracción (%)									
	Ra	Tg	Lg	Ra	Tg	Lg	Ra	Tg	Lg	Ra	Tg	Lg	%
A1T1 (1)	5,79	3,67	0,10	5,59	3,78	0,05	9,58	6,49	0,20	0,20	-0,12	0,05	16,28
A1T1 (2)	7,97	3,58	0,20	9,17	3,86	0,10	11,61	6,64	1,15	-1,20	-0,28	0,10	19,40
A1T1 (3)	6,88	3,76	0,25	5,37	3,88	0,20	8,83	6,35	0,30	1,51	-0,12	0,05	15,48
A1T1 (4)	5,41	3,54	0,20	5,77	4,06	0,10	9,47	7,05	0,25	-0,36	-0,52	0,10	16,77
A1T1 (5)	5,19	3,64	0,10	5,67	3,96	0,05	8,96	6,53	0,15	-0,48	-0,32	0,05	15,64
A1T1 (6)	7,75	3,73	0,05	7,44	3,93	0,02	11,13	6,83	0,10	0,32	-0,20	0,03	18,07
A1T1 (7)	5,85	3,40	0,25	7,27	3,72	0,35	11,51	6,72	0,35	-1,41	-0,32	-0,10	18,57
A1T1 (8)	6,22	4,06	0,10	4,83	3,98	0,05	9,50	7,29	0,12	1,39	0,08	0,05	16,92
A1T1 (9)	7,51	3,60	0,95	7,39	4,00	0,60	11,19	6,80	1,00	0,12	-0,40	0,35	18,98
A1T1 (10)	5,95	3,24	0,20	5,95	3,64	0,10	9,63	6,81	0,25	0,00	-0,40	0,10	16,69
A2T1 (1)	5,19	3,80	0,10	5,39	4,04	0,05	8,64	7,01	0,18	-0,20	-0,24	0,05	15,83
A2T1 (2)	5,16	3,69	0,30	5,68	3,89	0,20	8,66	7,26	0,35	-0,52	-0,20	0,10	16,27
A2T1 (3)	6,54	3,30	0,20	5,35	3,58	0,10	8,78	6,37	0,25	1,20	-0,28	0,10	15,39
A2T1 (4)	5,30	3,96	0,15	5,70	4,00	0,07	8,59	6,29	0,20	-0,40	-0,04	0,08	15,07
A2T1 (5)	7,50	4,55	0,20	7,22	4,43	0,15	10,77	7,25	0,22	0,28	0,12	0,05	18,23
A2T1 (6)	5,91	3,54	0,05	5,75	3,90	0,02	9,20	6,12	0,09	0,16	-0,36	0,03	15,41
A2T1(7)	7,60	1,74	0,40	7,84	4,16	0,60	11,49	7,02	0,45	-0,24	-2,42	-0,20	18,95
A2T1 (8)	4,79	4,10	0,40	5,23	3,78	0,30	8,39	6,57	0,45	-0,44	0,32	0,10	15,40
A2T1 (9)	4,44	3,57	0,25	4,96	3,57	0,20	7,89	6,07	0,27	-0,52	0,00	0,05	14,23
A2T1 (10)	5,50	4,36	0,15	5,50	4,36	0,05	8,01	6,95	0,20	0,00	0,00	0,10	15,17
A3T1 (1)	5,35	3,95	0,25	5,58	4,19	0,30	8,97	7,06	0,27	-0,24	-0,24	-0,05	16,30
A3T1 (2)	5,90	3,71	0,05	6,10	4,51	0,08	9,68	7,10	0,05	-0,20	-0,80	-0,03	16,83
A3T1 (3)	5,75	3,47	0,10	5,95	3,86	0,05	9,52	6,65	0,12	-0,20	-0,40	0,05	16,29
A3T1 (4)	5,05	3,56	0,30	5,69	3,72	0,27	9,22	6,95	0,35	-0,64	-0,16	0,03	16,52
A3T1 (5)	5,91	3,72	0,10	6,11	4,04	0,05	9,51	6,83	0,16	-0,20	-0,32	0,05	16,50
A3T1 (6)	6,27	4,47	0,35	6,20	4,47	0,30	10,44	7,37	0,37	0,08	0,00	0,05	18,18
A3T1 (7)	6,35	4,19	0,15	6,43	3,95	0,10	10,52	7,34	0,19	-0,08	0,24	0,05	18,04
A3T1 (8)	4,98	3,52	0,05	5,25	3,52	0,10	8,56	6,23	0,10	-0,28	0,00	-0,05	14,89
A3T1 (9)	5,14	3,22	0,20	5,82	3,70	0,15	8,90	6,21	0,27	-0,67	-0,48	0,05	15,38

A3T1 (10)	6,24	4,04	0,30	6,33	3,97	0,35	9,43	6,62	0,40	-0,08	0,08	-0,05	16,45

PROBETA	C.H =12% A.R			C.H =12% D.R.			CONTRACCIÓN MÁXIMA (%)			COLAPSO (%)			C. V. TOTAL
	Contracción (%)			Contracción (%)									
	Ra	Tg	Lg	Ra	Tg	Lg	Ra	Tg	Lg	Ra	Tg	Lg	%
A1T2 (1)	2,81	4,57	0,10	6,48	4,49	0,05	10,28	8,75	0,22	-3,67	0,08	0,05	19,24
A1T2 (2)	7,64	4,18	0,10	7,45	3,94	0,05	10,50	6,25	0,15	0,20	0,24	0,05	16,89
A1T2 (3)	7,65	3,71	0,20	7,73	3,71	0,15	10,78	6,57	0,25	-0,08	0,00	0,05	17,61
A1T2 (4)	3,58	2,41	0,20	3,46	2,33	0,15	5,29	4,21	0,27	0,12	0,08	0,05	9,77
A1T2 (5)	2,92	3,96	0,20	2,72	4,04	0,15	4,71	5,43	0,25	0,20	-0,08	0,05	10,39
A1T2 (6)	8,10	3,88	0,15	7,98	4,08	0,10	11,70	6,81	0,20	0,12	-0,20	0,05	18,71
A1T2 (7)	7,74	3,69	0,05	7,07	4,17	0,05	11,72	7,22	0,10	0,68	-0,48	0,00	19,04
A1T2 (8)	6,28	1,01	0,10	5,48	1,66	0,07	8,20	4,38	0,12	0,80	-0,65	0,03	12,70
A1T2 (9)	4,70	3,85	0,05	5,10	3,85	0,10	8,65	6,83	0,05	-0,40	0,00	-0,05	15,53
A1T2 (10)	4,97	3,54	0,15	5,49	3,94	0,10	8,95	6,75	0,20	-0,52	-0,40	0,05	15,91
A2T2 (1)	8,39	3,89	0,10	6,85	3,69	0,05	12,02	6,99	0,12	1,53	0,20	0,05	19,13
A2T2 (2)	7,55	3,63	0,05	7,19	3,95	0,00	10,52	6,85	0,10	0,36	-0,32	0,05	17,48
A2T2 (3)	5,88	3,71	0,15	5,88	3,99	0,05	8,87	6,10	0,19	0,00	-0,28	0,10	15,16
A2T2 (4)	4,50	7,09	0,20	6,69	4,16	0,10	10,74	6,69	0,25	-2,19	2,92	0,10	17,68
A2T2 (5)	7,06	3,65	0,40	6,75	4,16	0,25	10,24	6,94	0,43	0,32	-0,52	0,15	17,60
A2T2 (6)	6,70	3,20	0,25	6,30	3,48	0,20	9,59	6,12	0,35	0,40	-0,28	0,05	16,06
A2T2 (7)	7,13	3,37	0,25	5,29	3,17	0,15	10,54	6,15	0,30	1,84	0,20	0,10	16,99
A2T2 (8)	5,52	3,05	0,15	4,64	3,01	0,10	7,13	4,83	0,22	0,88	0,04	0,05	12,18
A2T2 (9)	5,80	3,24	0,15	6,00	3,24	0,10	8,81	5,59	0,17	-0,20	0,00	0,05	14,57
A2T2 (10)	7,09	5,48	0,10	6,85	4,12	0,05	11,16	6,80	0,17	0,24	1,36	0,05	18,12
A3T2 (1)	6,04	4,13	0,15	5,76	3,59	0,10	8,22	6,37	0,20	0,28	0,53	0,05	14,80
A3T2 (2)	3,56	2,18	0,25	4,08	2,22	0,20	6,81	4,49	0,26	-0,51	-0,04	0,05	11,56
A3T2 (3)	1,20	2,34	0,30	0,84	0,95	0,05	8,54	5,05	0,32	0,36	1,39	0,25	13,91
A3T2 (4)	7,95	3,37	0,20	7,95	3,57	0,15	11,87	6,47	0,22	0,00	-0,20	0,05	18,56
A3T2 (5)	2,39	2,69	0,20	2,39	2,21	0,15	9,07	3,97	0,25	0,00	0,48	0,05	13,29
A3T2 (6)	4,04	2,50	0,10	4,04	2,62	0,05	6,39	4,63	0,15	0,00	-0,12	0,05	11,18
A3T2 (7)	8,77	3,69	0,10	7,98	3,80	0,10	11,54	6,38	0,20	0,79	-0,12	0,00	18,12
A3T2 (8)	7,82	3,67	0,05	7,41	3,87	0,05	10,86	6,08	0,10	0,41	-0,20	0,00	17,04
A3T2 (9)	7,29	3,76	0,20	4,41	4,04	0,15	7,41	3,24	0,32	2,89	-0,28	0,05	10,98
A3T2 (10)	8,35	3,89	0,25	7,58	3,81	0,20	12,10	6,87	0,30	0,77	0,08	0,05	19,27

PROMEDIO	9,50	6,38	0,25		####
DESV. ESTANDAR	1,60	0,96	0,18		2,33

DETERMINACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD BÁSICA

PROBETA	CONTENIDO HUMEDAD			C.H=12% A.R.		C.H=12% D.R.		DENS. BÁSICA		
	P.V	P.S	C.H	Peso	C.H	Peso	C.H	Peso	V	D.bas.
	gr	gr	%	gr	%	gr	%	gr	mm3	Kg/m3
A1T1 (1)	64,20	39,27	63,48	43,55	10,90	43,72	11,33	39,27	61744	636,02
A1T1 (2)	70,60	42,21	67,26	46,85	10,99	46,69	10,61	42,21	62988	670,13
A1T1 (3)	59,20	35,81	65,32	39,48	10,25	39,95	11,56	35,81	63240	566,26
A1T1 (4)	64,80	39,76	62,98	44,17	11,09	44,23	11,24	39,76	63474	626,40
A1T1 (5)	65,90	39,93	65,04	44,45	11,32	44,46	11,34	39,93	63992	623,98
A1T1 (6)	64,80	39,61	63,60	43,83	10,65	44,07	11,26	39,61	63587	622,92
A1T1 (7)	70,40	42,58	65,34	47,30	11,09	46,93	10,22	42,58	62142	685,21
A1T1 (8)	65,40	40,27	62,40	44,70	11,00	44,81	11,27	40,27	63694	632,24
A1T1 (9)	72,20	43,35	66,55	48,10	10,96	47,78	10,22	43,35	62888	689,32
A1T1 (10)	66,60	40,97	62,56	45,50	11,06	45,56	11,20	40,97	64075	639,41
A2T1 (1)	64,50	40,55	59,06	44,95	10,85	44,15	8,88	40,55	63151	642,12
A2T1 (2)	64,80	40,82	58,75	45,10	10,49	45,02	10,29	40,82	63771	640,10
A2T1 (3)	66,00	40,93	61,25	45,26	10,58	45,52	11,21	40,93	63316	646,44
A2T1 (4)	65,40	40,94	59,75	45,36	10,80	45,40	10,89	40,94	63257	647,20
A2T1 (5)	63,60	37,60	69,15	41,56	10,53	41,92	11,49	37,60	62585	600,78
A2T1 (6)	63,80	39,37	62,05	43,60	10,74	43,91	11,53	39,37	62954	625,38
A2T1(7)	71,60	42,86	67,06	47,65	11,18	47,39	10,57	42,86	63999	669,70
A2T1 (8)	65,50	40,51	61,69	44,81	10,61	44,94	10,94	40,51	63278	640,19
A2T1 (9)	68,00	41,92	62,21	46,40	10,69	46,45	10,81	41,92	63904	655,98
A2T1 (10)	63,00	39,07	61,25	43,19	10,55	43,50	11,34	39,07	62907	621,08
A3T1 (1)	66,80	40,59	64,57	45,10	11,11	45,05	10,99	40,59	63133	642,93
A3T1 (2)	65,60	40,17	63,31	44,67	11,20	44,66	11,18	40,17	63077	636,84
A3T1 (3)	65,90	40,76	61,68	45,09	10,62	45,39	11,36	40,76	63492	641,97
A3T1 (4)	66,80	40,50	64,94	45,10	11,36	45,18	11,56	40,50	62557	647,40
A3T1 (5)	64,40	39,59	62,67	43,95	11,01	44,02	11,19	39,59	62932	629,09
A3T1 (6)	64,70	39,52	63,71	44,07	11,51	44,05	11,46	39,52	62866	628,64
A3T1 (7)	65,00	39,71	63,69	44,00	10,80	44,26	11,46	39,71	63524	625,12
A3T1 (8)	66,40	40,86	62,51	45,55	11,48	45,38	11,06	40,86	63095	647,59

A3T1 (9)	65,40	40,45	61,68	44,81	10,78	44,82	10,80	40,45	63821	633,80
A3T1 (10)	65,60	40,31	62,74	44,47	10,32	44,57	10,57	40,31	62909	640,77

PROBETA	CONTENIDO HUMEDAD			C.H=12% A.R.		C.H=12% D.R.		DENS. BÁSICA		
	P.V gr	P.S gr	C.H %	Peso gr	C.H %	Peso gr	C.H %	Peso gr	V mm3	D.bas. Kg/m3
A1T2 (1)	61,30	37,58	63,12	41,88	11,44	41,82	11,28	37,58	61914	606,97
A1T2 (2)	64,70	39,12	65,39	43,68	11,66	43,35	10,81	39,12	63650	614,61
A1T2 (3)	61,70	36,33	69,83	40,15	10,51	40,54	11,59	36,33	62592	580,43
A1T2 (4)	52,20	32,20	62,11	35,97	11,71	35,88	11,43	32,20	61584	522,86
A1T2 (5)	57,80	35,18	64,30	38,97	10,77	39,19	11,40	35,18	63517	553,87
A1T2 (6)	64,90	38,43	68,88	42,60	10,85	42,90	11,63	38,43	63504	605,16
A1T2 (7)	64,70	38,74	67,01	43,15	11,38	43,31	11,80	38,74	63676	608,40
A1T2 (8)	60,60	36,00	68,33	39,90	10,83	40,13	11,47	36,00	61947	581,14
A1T2 (9)	66,30	41,00	61,71	45,40	10,73	45,52	11,02	41,00	63429	646,39
A1T2 (10)	64,70	40,45	59,95	44,84	10,85	45,02	11,30	40,45	62742	644,70
A2T2 (1)	62,50	37,75	65,56	41,90	10,99	42,16	11,68	37,75	62696	602,11
A2T2 (2)	62,30	37,56	65,87	41,63	10,84	41,90	11,55	37,56	62603	599,98
A2T2 (3)	65,40	39,42	65,91	43,57	10,53	43,95	11,49	39,42	63234	623,40
A2T2 (4)	63,40	37,80	67,72	41,87	10,77	42,27	11,83	37,80	63032	599,70
A2T2 (5)	65,40	39,17	66,96	43,36	10,70	43,40	10,80	39,17	63936	612,65
A2T2 (6)	62,10	36,23	71,40	40,02	10,46	40,47	11,70	36,23	62612	578,65
A2T2 (7)	62,10	36,54	69,95	40,32	10,34	40,72	11,44	36,54	63157	578,56
A2T2 (8)	57,90	34,49	67,87	38,78	12,44	38,27	10,96	34,49	63365	544,31
A2T2 (9)	60,70	36,33	67,08	39,97	10,02	40,60	11,75	36,33	62744	579,02
A2T2 (10)	62,30	37,27	67,16	41,16	10,44	41,55	11,48	37,27	63127	590,40
A3T2 (1)	58,10	34,72	67,34	38,34	10,43	38,86	11,92	34,72	61863	561,24
A3T2 (2)	55,00	32,48	69,33	36,38	12,01	36,16	11,33	32,48	63897	508,31
A3T2 (3)	51,70	29,45	75,55	33,05	12,22	32,86	11,58	29,45	62937	467,93
A3T2 (4)	63,50	37,01	71,58	40,93	10,59	41,42	11,92	37,01	63366	584,07
A3T2 (5)	53,60	31,29	71,30	34,86	11,41	34,92	11,60	31,29	62862	497,76
A3T2 (6)	58,90	34,94	68,57	38,45	10,05	38,55	10,33	34,94	62342	560,46
A3T2 (7)	64,90	38,39	69,05	42,44	10,55	42,90	11,75	38,39	64151	598,43
A3T2 (8)	57,40	34,66	65,61	38,13	10,01	38,77	11,86	34,66	60697	571,03
A3T2 (9)	61,70	36,38	69,60	40,78	12,09	40,65	11,74	36,38	63364	574,14

A3T2 (10)	61,10	35,45	72,36	39,17	10,49	39,78	12,21	35,45	62188	570,05
PROMEDIO			65,41		10,910 7		11,241 7			608,7
DES. ESTANDAR			3,60		0,51		0,54			44,36

ANEXO Nº 4

ANÁLISIS FUSTAL

1.- Resultados obtenidos a partir del análisis fustal.

En lo cuadros que se presentan a continuación se entregan los crecimientos en altura, dap, área basal y volumen a diferentes edades, determinados para cada uno de los 27 árboles seleccionados, mediante el método gráfico. Los árboles provenientes de semilla se denotarán como " Semilla" y los árboles provenientes de un tocón se denotarán como "Rebrote". La información se obtuvo a partir de las mediciones de los anillos de crecimiento de las rodelas cortadas a través del fuste de los 27 árboles seleccionados.

CUADRO N°1. Árbol N°1, ubicado en el sector 1. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.0	0.0	0	
2	2.0	0.8	$5.03*10^{-5}$	
3	2.6	1.2	$1.13*10^{-4}$	
4	3.0	2	$3.14*10^{-4}$	
5	4.0	3	$7.07*10^{-4}$	$2.36*10^{-3}$
6	7.0	5	$1.96*10^{-3}$	
7	9.7	6	$2.83*10^{-3}$	
8	11.6	6.5	$3.32*10^{-3}$	
9	12.0	7.2	$4.07*10^{-3}$	
10	12.5	7.8	$4.78*10^{-3}$	0.0243
11	13.4	8.6	$5.81*10^{-3}$	
12	13.7	9.2	$6.65*10^{-3}$	
13	15.4	10.0	$7.85*10^{-3}$	
14	16.0	10.6	$8.82*10^{-3}$	0.061

CUADRO N°2. Árbol N°2, ubicado en el sector 1. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.0	0	0	
2	1.5	.2	$3.14*10^{-6}$	
3	1.9	1	$7.85*10^{-5}$	
4	2.3	1.6	$2.01*10^{-4}$	

5	3.4	2.2	$3.80*10^{-4}$	$1.18*10^{-4}$
6	6.0	3.6	$1.02*10^{-3}$	
7	7.6	5.0	$1.96*10^{-3}$	
8	9.1	5.8	$2.64*10^{-3}$	
9	10.7	6.6	$3.42*10^{-3}$	
10	12.0	7.4	$4.30*10^{-3}$	0.017
11	13.7	7.8	$4.78*10^{-3}$	
12	14.7	8.6	$5.81*10^{-3}$	
13	15.1	9.2	$6.65*10^{-3}$	
14	15.9	9.6	$7.24*10^{-3}$	
15	16.5	10.2	$8.17*10^{-3}$	0.052

CUADRO N°3. Árbol N°3, ubicado en el sector 1. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	0.9	0	0	
2	1.2	0	0	
3	2.8	0.8	$5.03*10^{-5}$	
4	4.5	2.2	$3.80*10^{-4}$	
5	7.2	3.2	$8.04*10^{-4}$	$3.142*10^{-4}$
6	8.1	4.0	$1.26*10^{-3}$	
7	9.1	5.2	$2.12*10^{-3}$	
8	10.3	6.0	$2.83*10^{-3}$	
9	11.0	6.8	$3.63*10^{-3}$	
10	12.0	8.0	$5.03*10^{-3}$	0.028
11	13.3	8.6	$5.81*10^{-3}$	
12	13.9	9.4	$6.94*10^{-3}$	
13	15.8	10.0	$7.85*10^{-3}$	0.059

CUADRO N°4. Árbol N°4, ubicado en el sector 2. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.8	0.2	$3.14*10^{-6}$	
2	5.3	1.8	$2.54*10^{-4}$	
3	6.5	3.2	$8.04*10^{-4}$	
4	7.2	3.8	$1.13*10^{-3}$	
5	8.2	5.6	$2.46*10^{-3}$	0.017
6	9.0	6.6	$3.42*10^{-3}$	
7	10.8	8.2	$5.28*10^{-3}$	
8	11.3	9.6	$7.24*10^{-3}$	
9	11.8	10.6	$8.82*10^{-3}$	
10	13.0	11.8	0.011	0.068

CUADRO N°5. Árbol N°5, ubicado en el sector 2. Rebrote.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	3.3	1.2	$1.13*10^{-4}$	
2	4.9	4.0	$1.26*10^{-3}$	
3	6.3	5.4	$2.29*10^{-3}$	

4	7.3	6.2	$3.02*10^{-3}$	
5	8.8	7.8	$4.78*10^{-3}$	0.017
6	9.7	8.8	$6.08*10^{-3}$	
7	11.0	9.8	$7.54*10^{-3}$	0.038

CUADRO N°6. Árbol N°6, ubicado en el sector 2. Rebrote.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	4.5	2.6	$5.31*10^{-4}$	
2	8.2	5.6	$2.46*10^{-3}$	
3	9.3	7.2	$4.07*10^{-3}$	
4	10.0	8.6	$5.81*10^{-3}$	
5	11.3	9.8	$7.54*10^{-3}$	0.038
6	12.2	11.0	$9.50*10^{-3}$	
7	12.9	12.0	0.012	0.069

CUADRO N°7. Árbol N°7, ubicado en el sector 3. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.7	0.8	$5.03*10^{-5}$	
2	5.5	2.4	$4.52*10^{-4}$	
3	7.0	3.8	$1.13*10^{-3}$	
4	9.5	5.0	$1.96*10^{-3}$	
5	10.3	6.0	$2.83*10^{-3}$	0.014
6	11.0	6.6	$3.42*10^{-3}$	
7	13.0	7.2	$4.07*10^{-3}$	
8	13.4	8.0	$5.03*10^{-3}$	
9	14.0	9.2	$6.65*10^{-3}$	0.050

CUADRO N°8. Árbol N°8, ubicado en el sector 3. Rebrote.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	5.0	2.6	$5.31*10^{-4}$	
2	7.0	4.0	$1.26*10^{-3}$	
3	9.3	5.0	$1.96*10^{-3}$	
4	10.8	5.6	$2.46*10^{-3}$	
5	12.3	6.0	$2.83*10^{-3}$	0.014
6	13.3	6.4	$3.22*10^{-3}$	
7	13.8	6.6	$3.42*10^{-3}$	
8	14.3	7.0	$3.85*10^{-3}$	0.029

CUADRO N°9. Árbol N°9, ubicado en el sector 3. Semilla.

Edad (años)	Altura (m)	Dap (cm) sin corteza	Area Basal (m^2)	Volumen (m^3) sin corteza
1	4.5	2.0	$3.14*10^{-4}$	
2	6.9	3.0	$7.07*10^{-4}$	
3	9.0	4.0	$1.26*10^{-3}$	
4	10.5	4.6	$1.66*10^{-3}$	
5	11.4	5.0	$1.96*10^{-3}$	0.012
6	12.1	5.6	$2.46*10^{-3}$	
7	12.5	6.0	$2.83*10^{-3}$	
8	13.0	6.2	$3.02*10^{-3}$	0.024

CUADRO N°10. Árbol N°10, ubicado en el sector 4. Rebrote.

Edad (años)	Altura (m)	Dap (cm) sin corteza	Area Basal (m^2)	Volumen (m^3) sin corteza
1	2.5	1.2	$1.13*10^{-4}$	
2	5.0	2.8	$6.16*10^{-4}$	
3	5.9	3.4	$9.08*10^{-4}$	
4	6.7	4.6	$1.66*10^{-3}$	
5	8.8	5.6	$2.46*10^{-3}$	0.013
6	10.9	6.4	$3.22*10^{-3}$	
7	11.4	7.2	$4.07*10^{-3}$	
8	12.0	8.0	$5.03*10^{-3}$	
9	13.0	8.6	$5.81*10^{-3}$	0.038

CUADRO N°11. Árbol N°11, ubicado en el sector 4. Rebrote.

Edad (años)	Altura (m)	Dap (cm) sin corteza	Area Basal (m^2)	Volumen (m^3) sin corteza
1	2.0	1.0	$7.85*10^{-5}$	
2	3.5	2.2	$3.80*10^{-4}$	
3	4.5	3.2	$8.04*10^{-4}$	
4	7.2	5.0	$1.96*10^{-3}$	
5	8.4	6.2	$3.02*10^{-3}$	0.013
6	9.2	7.4	$4.30*10^{-3}$	
7	11.4	8.4	$5.54*10^{-3}$	
8	12.2	9.0	$6.36*10^{-3}$	
9	13.2	9.8	$7.54*10^{-3}$	0.050

CUADRO N°12. Árbol N°12, ubicado en el sector 4. Rebrote.

Edad (años)	Altura (m)	Dap (cm) sin corteza	Area Basal (m^2)	Volumen (m^3) sin corteza
1	3.4	1.6	$2.01*10^{-4}$	
2	5.1	3.0	$7.07*10^{-4}$	
3	6.4	4.0	$1.26*10^{-3}$	
4	7.7	5.0	$1.96*10^{-3}$	
5	9.0	6.2	$3.02*10^{-3}$	0.014
6	10.7	7.4	$4.30*10^{-3}$	
7	12.2	8.4	$5.54*10^{-3}$	

8	13.2	9.0	$6.36*10^{-3}$	
9	13.8	9.6	$7.24*10^{-3}$	0.053

CUADRO N°13. Árbol N°13, ubicado en el sector 5. Rebrote.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	2.9	1.8	$2.54*10^{-4}$	
2	5.2	3.0	$7.07*10^{-4}$	
3	8.0	3.8	$1.13*10^{-3}$	
4	9.2	4.6	$1.66*10^{-3}$	
5	10.3	5.4	$2.29*10^{-3}$	0.014
6	11.8	6.0	$2.83*10^{-3}$	
7	12.8	6.6	$3.42*10^{-3}$	
8	13.3	7.4	$4.30*10^{-3}$	0.031

CUADRO N°14. Árbol N°14, ubicado en el sector 5. Rebrote.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	4.3	2.4	$4.52*10^{-4}$	
2	6.0	3.4	$9.08*10^{-4}$	
3	7.5	4.2	$1.39*10^{-3}$	
4	8.6	4.8	$1.81*10^{-3}$	
5	9.8	5.6	$2.46*10^{-3}$	0.013
6	10.4	6.0	$2.83*10^{-3}$	
7	10.9	6.6	$3.42*10^{-3}$	
8	12.0	7.2	$4.07*10^{-3}$	0.024

CUADRO N°15. Árbol N°15, ubicado en el sector 5. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	3.7	1.8	$2.54*10^{-4}$	
2	6.5	3.0	$1.13*10^{-3}$	
3	8.0	4.8	$1.81*10^{-3}$	
4	10.2	5.6	$2.46*10^{-3}$	
5	10.9	6.8	$3.63*10^{-3}$	0.019
6	11.7	7.6	$4.54*10^{-3}$	
7	12.8	8.8	$6.08*10^{-3}$	
8	13.9	11.2	$9.85*10^{-3}$	0.063

CUADRO N°16. Árbol N°16, ubicado en el sector 6. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.9	2.0	$3.14*10^{-4}$	
2	4.0	2.4	$4.52*10^{-4}$	
3	5.0	3.0	$7.07*10^{-4}$	
4	5.6	3.4	$9.08*10^{-4}$	
5	6.7	3.8	$1.13*10^{-3}$	$3.142*10^{-3}$
6	7.6	4.2	$1.39*10^{-3}$	
7	8.6	5.0	$1.96*10^{-3}$	
8	9.3	5.8	$2.64*10^{-3}$	
9	10.0	6.2	$3.02*10^{-3}$	

10	10.1	6.8	$3.63*10^{-3}$	0.016
11	10.3	7.4	$4.36*10^{-3}$	
12	10.4	8.0	$5.03*10^{-3}$	
13	10.6	8.6	$5.81*10^{-3}$	
14	10.8	9.0	$6.36*10^{-3}$	
15	11.0	9.4	$6.94*10^{-3}$	0.036
16	11.3	9.8	$7.54*10^{-3}$	
17	12.1	10.0	$7.85*10^{-3}$	
18	13.0	10.2	$8.17*10^{-3}$	
19	13.7	10.6	$8.82*10^{-3}$	
20	14.2	10.8	$9.16*10^{-3}$	0.061
21	14.8	11.2	$9.85*10^{-3}$	
22	15.1	11.4	0.010	
23	15.7	11.6	0.011	
24	16.3	11.8	0.011	0.082

CUADRO N°17. Árbol N°17, ubicado en el sector 6. Rebrote.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	4.0	2.6	$5.31*10^{-4}$	
2	8.0	4.2	$1.39*10^{-3}$	
3	9.8	5.2	$2.12*10^{-3}$	
4	10.9	6.0	$2.81*10^{-3}$	
5	11.7	6.8	$3.63*10^{-3}$	0.027
6	12.2	7.2	$4.07*10^{-3}$	
7	12.6	7.4	$4.30*10^{-3}$	
8	12.9	7.8	$4.78*10^{-3}$	
9	13.2	8.2	$5.28*10^{-3}$	
10	13.4	9.0	$6.36*10^{-3}$	0.050
11	13.8	9.6	$7.24*10^{-3}$	
12	14.5	10.6	$8.82*10^{-3}$	
13	15.4	11.6	0.011	
14	15.8	12.2	0.012	
15	15.9	13.0	0.013	0.108
16	16.0	13.8	0.015	
17	16.2	14.4	0.016	
18	16.3	15.2	0.018	
19	16.5	15.6	0.019	0.157

CUADRO N°18. Árbol N°18, ubicado en el sector 6. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	2.9	2.2	$3.80*10^{-4}$	
2	4.7	3.6	$1.02*10^{-3}$	
3	7.2	4.4	$1.52*10^{-3}$	
4	10.5	5.0	$1.96*10^{-3}$	
5	13.0	5.6	$2.46*10^{-3}$	0.011
6	13.5	6.2	$3.02*10^{-3}$	
7	13.7	7.0	$3.85*10^{-3}$	
8	13.9	7.6	$4.54*10^{-3}$	
9	14.1	8.0	$5.03*10^{-3}$	
10	14.4	8.6	$5.81*10^{-3}$	0.038
11	14.9	9.0	$6.36*10^{-3}$	

12	15.6	9.4	$6.94*10^{-3}$	
13	16.5	9.8	$7.54*10^{-3}$	
14	17.1	10.2	$8.17*10^{-3}$	
15	17.5	10.4	$8.49*10^{-3}$	0.068
16	17.8	10.8	$9.16*10^{-3}$	
17	18.4	11.2	$9.85*10^{-3}$	
18	18.8	11.4	0.010	0.085

CUADRO N°19. Árbol N°19, ubicado en el sector 7. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.5	0.4	$1.25*10^{-5}$	
2	5.9	2.0	$3.14*10^{-4}$	
3	8.2	3.8	$1.13*10^{-3}$	
4	10.5	5.8	$2.64*10^{-3}$	
5	12.0	7.4	$4.30*10^{-3}$	0.012
6	12.8	8.4	$5.54*10^{-3}$	
7	13.5	9.0	$6.36*10^{-3}$	
8	14.2	9.4	$6.94*10^{-3}$	0.047

CUADRO N°20. Árbol N°20, ubicado en el sector 7. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.3	0	0	
2	5.1	2.0	$3.14*10^{-4}$	
3	9.5	4.4	$1.52*10^{-3}$	
4	10.9	6.6	$3.42*10^{-3}$	
5	13.0	8.6	$5.81*10^{-3}$	0.038
6	15.1	9.8	$7.54*10^{-3}$	
7	16.4	11.2	$9.85*10^{-3}$	
8	17.2	12.0	0.011	0.094

CUADRO N°21. Árbol N°21, ubicado en el sector 7. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.8	0.6	$2.83*10^{-5}$	
2	4.1	1.8	$2.54*10^{-4}$	
3	6.0	4.2	$1.39*10^{-3}$	
4	8.0	5.4	$2.29*10^{-3}$	
5	10.5	7.0	$3.85*10^{-3}$	0.017
6	12.6	8.6	$5.81*10^{-3}$	
7	14.5	9.8	$7.54*10^{-3}$	
8	15.8	10.8	$9.16*10^{-3}$	0.061

CUADRO N°22. Árbol N°22, ubicado en el sector 8. Rebrote.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	1.6	0.4	$1.25*10^{-5}$	
2	3.6	1.8	$2.54*10^{-4}$	
3	4.5	2.6	$5.31*10^{-4}$	
4	5.5	3.2	$8.04*10^{-4}$	
5	6.4	4.2	$1.39*10^{-3}$	$6.28*10^{-3}$
6	7.6	5.4	$2.29*10^{-3}$	
7	9.0	7.4	$4.30*10^{-3}$	
8	10.1	9.0	$6.36*10^{-3}$	
9	11.2	10.8	$9.16*10^{-3}$	
10	12.1	11.6	0.011	0.060

CUADRO N°23. Árbol N°23, ubicado en el sector 8. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	2.4	2.0	$3.14*10^{-4}$	
2	2.9	2.6	$5.31*10^{-4}$	
3	4.5	3.2	$8.04*10^{-4}$	
4	5.0	3.8	$1.13*10^{-3}$	
5	6.0	4.2	$1.39*10^{-3}$	$3.93*10^{-3}$
6	7.2	5.4	$2.29*10^{-3}$	
7	8.5	6.2	$3.02*10^{-3}$	
8	11.1	7.8	$4.78*10^{-3}$	
9	12.6	9.0	$6.36*10^{-3}$	
10	13.3	10.6	$8.82*10^{-3}$	0.047

CUADRO N°24. Árbol N°24, ubicado en el sector 8. Rebrote.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	2.7	2.0	$3.14*10^{-4}$	
2	5.5	4.0	$1.26*10^{-3}$	
3	8.1	5.4	$2.29*10^{-3}$	
4	10.5	6.6	$3.42*10^{-3}$	
5	11.4	7.6	$4.54*10^{-3}$	0.025
6	12.0	9.0	$6.36*10^{-3}$	0.036

CUADRO N°25. Árbol N°25, ubicado en el sector 9. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	2.5	1.0	$7.85*10^{-5}$	
2	4.5	2.4	$4.52*10^{-4}$	
3	6.0	3.0	$7.07*10^{-4}$	
4	7.5	4.0	$1.26*10^{-3}$	
5	9.0	5.2	$2.12*10^{-3}$	$9.42*10^{-3}$
6	10.5	6.2	$3.02*10^{-3}$	
7	11.5	7.0	$3.85*10^{-3}$	
8	14.0	7.6	$4.54*10^{-3}$	
9	15.1	8.2	$5.28*10^{-3}$	

10	15.8	8.6	$5.81*10^{-3}$	0.044
11	16.3	9.2	$6.65*10^{-3}$	0.053

CUADRO N°26. Árbol N°26, ubicado en el sector 9. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	2.2	1.0	$7.85*10^{-5}$	
2	3.5	2.4	$4.52*10^{-4}$	
3	5.8	4.0	$1.26*10^{-3}$	
4	7.5	5.4	$2.29*10^{-3}$	
5	9.5	6.6	$3.42*10^{-3}$	0.017
6	11.0	7.2	$4.07*10^{-3}$	
7	12.0	8.0	$5.03*10^{-3}$	
8	12.8	8.6	$5.81*10^{-3}$	
9	13.8	9.2	$6.65*10^{-3}$	
10	15.6	9.6	$7.24*10^{-3}$	0.057
11	16.3	10.2	$8.17*10^{-3}$	0.066

CUADRO N°27. Árbol N°27, ubicado en el sector 9. Semilla.

Edad (años)	**Altura** (m)	**Dap** (cm) sin corteza	**Area Basal** (m^2)	**Volumen** (m^3) sin corteza
1	3.0	1.4	$1.54*10^{-4}$	
2	5.5	2.6	$5.31*10^{-4}$	
3	6.5	3.6	$1.02*10^{-3}$	
4	8.5	4.4	$1.52*10^{-3}$	
5	10.0	5.2	$2.12*10^{-3}$	0.014
6	11.3	6.0	$2.83*10^{-3}$	
7	12.4	6.6	$3.42*10^{-3}$	
8	13.1	7.0	$3.85*10^{-3}$	
9	14.2	7.4	$4.30*10^{-3}$	
10	15.0	7.6	$4.54*10^{-3}$	0.039

Al agrupar la información anterior y graficarla según origen de los árboles se obtiene las siguientes curvas:

GRÁFICO N° 1. Curvas de crecimiento en altura de los 16 árboles provenientes de semilla.

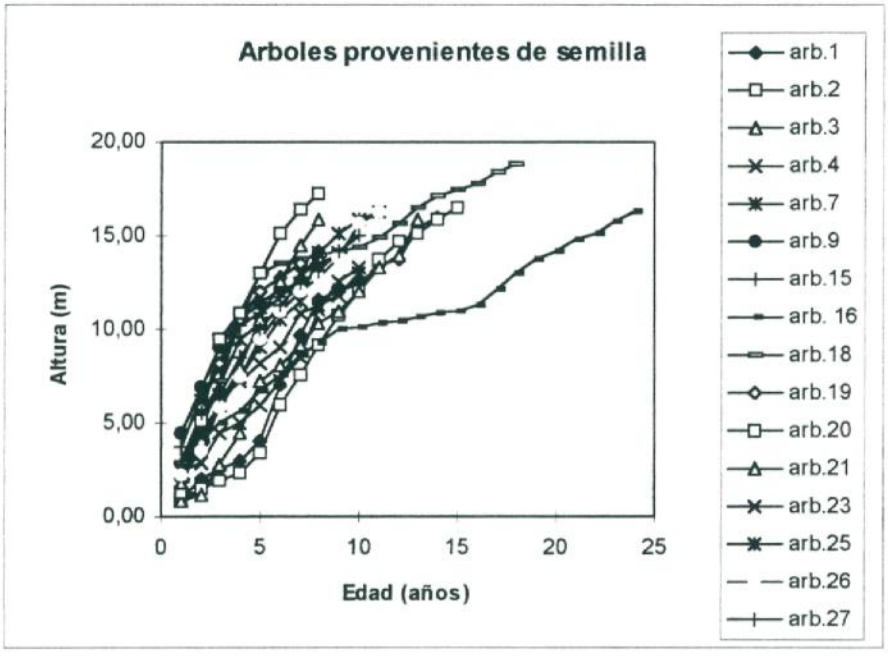


GRÁFICO N° 2. Curvas de crecimiento en altura de los 11 árboles provenientes de rebrote.

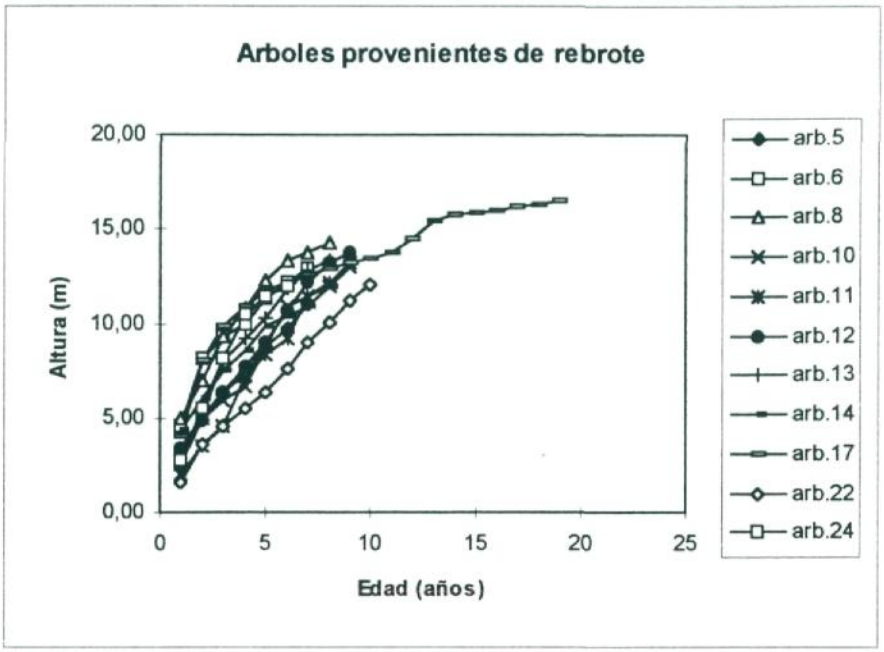


GRÁFICO N° 3. Curvas de crecimiento en Da de los 16 árboles provenientes de semilla.

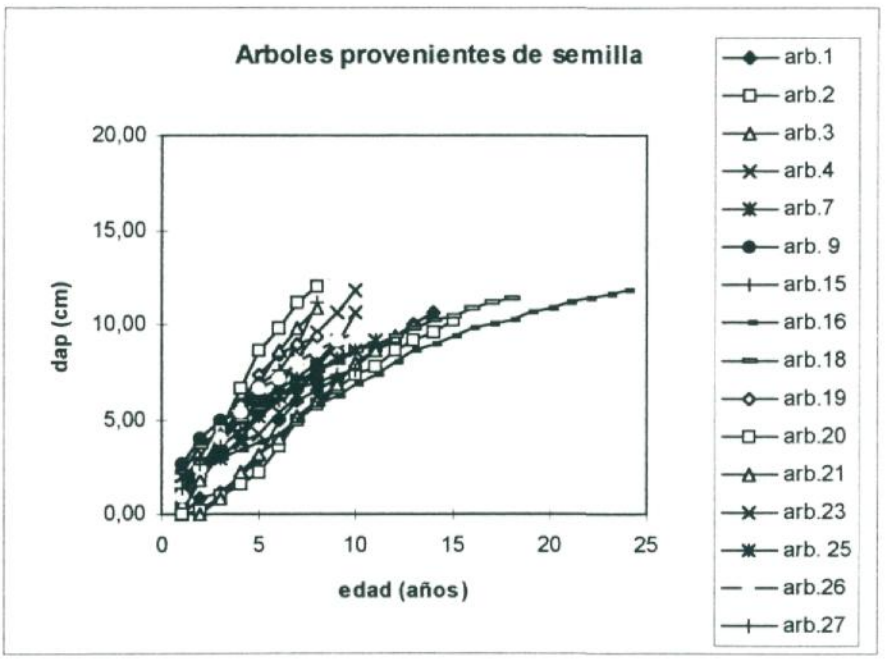
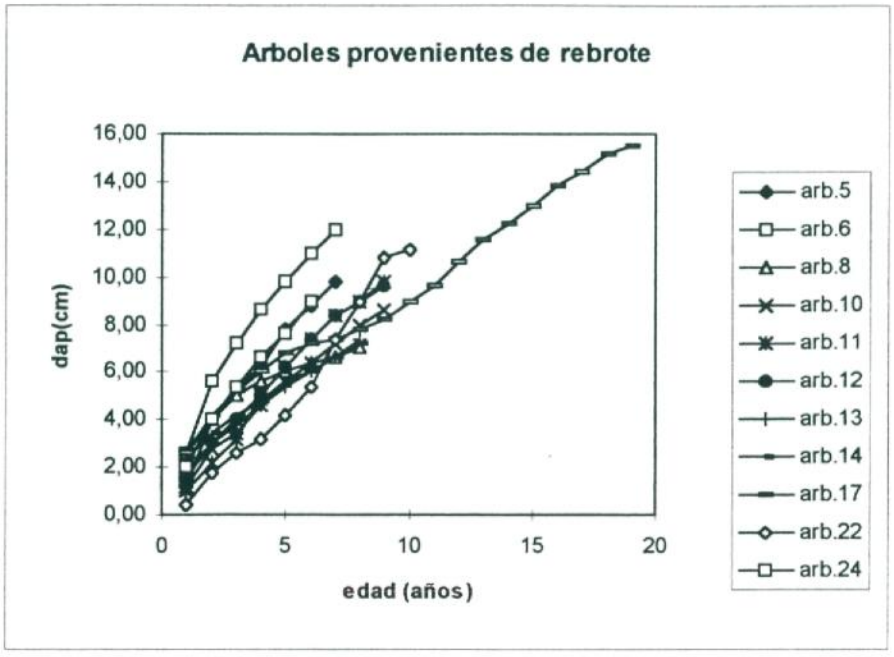


GRÁFICO N° 4. Curvas de crecimiento en Dap de los 11 árboles provenientes de rebrote.



2.- Ajuste de modelo de crecimiento.

2.1.- Ajuste de modelo crecimiento para cada bosquete en particular.

Con la información anterior se ajustó un modelo que permitiera determinar la altura de los árboles en función de la edad, para cada sector muestreado. El modelo seleccionado corresponde a la siguiente función :

$$H = a\,(1 - e^{-bt})^{c}$$

Donde:

H = Altura dominante en metros.
a,b,c = Constantes.
t = Edad en años.
e = Logaritmo neperiano

Para el caso particular de los sectores muestreados los coeficientes **a, b, c** corresponden a los siguientes:

CUADRO N° 28. Coeficientes a, b, c determinados para la función ajustada a cada sector de muestreo.

SECTOR	COEFICIENTE A	COEFICIENTE B	COEFICIENTE C	R^2
1	20.479	0.161	2.258	0.994

2	16.117	0.133	0.741	0.983
3	15.493	0.256	0.956	0.993
4	44.839	0.029	0.813	0.996
5	17.035	0.153	0.789	0.996
6	15.978	0.153	0.782	0.971
7	18.504	0.294	1.666	0.990
8	41.321	0.022	0.731	0.961
9	30.668	0.063	0.900	0.998

Posteriormente se determinó el índice de sitio para tres edades en cada sector, reemplazando los coeficientes obtenidos anteriormente en la función de **Richards** (García, 1990) , cuya fórmula general es la siguiente:

$$S = a\,(\,1-(\,1-(\,h/a\,)^{c}\,)^{e/t}\,)^{1/c}$$

Donde:

S = Indice de sitio (definida como la altura (m) que se alcanzaría a cierta edad clave).
a, c = coeficientes determinados para cada sitio.
h = altura dominante medida en terreno (m).
e = edad clave(años).
t = edad del árbol al cual se le midió la altura dominante (años).

Con el fin de poder comparar los sectores muestreados entre sí, se determinó el índice de sitio para 3 edades claves, 8, 10 y 12 años, en cada uno de los sectores. Se consideraron estas tres edades debido a que es el rango de edad en que se cortan los árboles para la obtención de polines. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 29. Indices de sitio calculado para los nueve sectores muestreados a la edad clave de 8, 10 y 12 años.

SECTOR	INDICES DE SITIO (m) PARA CADA EDAD CLAVE (años)		
	8	10	12
1	9.68	12.17	14.19
2	11.96	13.00	13.77
3	13.57	14.34	14.80

4	12.25	14.36	16.30
5	13.07	14.17	14.95
6	11.54	12.63	13.44
7	15.30	16.64	17.42
8	10.96	12.70	14.29
9	13.32	15.47	17.34

Además se presenta el siguiente cuadro resumen de las características de cada bosquete con el fin de poder analizar y comparar los 9 sectores muestreados, y determinar cual sector podría ser el o los mejores, de manera de definirlos como patrón para obtener una función general que exprese la altura (m) en función de la edad (años), para la provincia de Linares.

Cuadro N° 30. Resumen de las características dasométricas de cada sector muestreado.

Sector	Origen	Edad (años)	N° árb/ha	H Dom. (m)	AB (m^2/ha)	Vol/ha (m^3)	D.C.M. (cm)	Espac. (m)	I.M.A. HDom.	I.M.A. AB	I.M.A. Vol.	IS 12 año (m)
1	s	16	1700	16,1	15,73	84,42	10,85	2,4	1,01	0,98	5,27	14,19
2	r	9	1200	12,3	12,32	50,51	11,43	2,88	1,36	1,36	5,61	13,77
3	s	10	6570	13,9	21,81	101,05	6,5	1,2	1,39	2,18	10,10	14,8
4	r	10	3730	13,37	24,62	109,72	9,17	1,6	1,34	2,46	10,97	16,3
5	r	9	4200	13,7	19,74	90,15	7,74	1,54	1,52	2,19	10,01	14,95
6	s	22	2970	17,5	32,35	188,71	11,78	1,8	0,8	1,47	8,58	13,44
7	s	10	3900	15,73	28,15	147,6	9,59	1,6	1,57	2,82	14,76	17,42
8	r	10	2300	12,47	15,99	66,47	9,41	2,08	1,25	1,59	6,65	14,29
9	s	13	4680	15,87	27,4	144,95	8,63	1,46	1,22	2,10	11,15	17,34

Donde: s = árboles provenientes de semilla.
r = árboles provenientes de rebrote.
Hdom = altura dominante de los árboles.
AB = área basal.
Vol. = volumen.
Espac. = Espaciamiento de los árboles.
I.M.A. = Incremento medio anual.
I.S. = Indice de sitio.
D.C.M. = Diámetro cuadrático medio.

Al analizar el cuadro anterior, se puede observar que en general no existen grandes diferencias de crecimiento entre los 9 sectores muestreados, ni tampoco entre los árboles provenientes de semilla y rebrote. Al comparar la columna de Indice de Sitio con edad clave de 12 años, se puede observar que los mejores crecimientos se logran en los sectores 7 y 9. Lo mismo sucede si observamos las columnas de los I.M.A. en volumen . El I.M.A. en altura y área basal el sector 7 presenta el mayor valor. Además presentan espaciamientos parecidos y la misma edad, junto con crecer sobre suelo arenoso y cercanos a un canal de regadío. Sin embargo, el sector nueve presenta fustes torcidos y está intervenido de mala forma, con árboles caídos y otros mal cortados y dejados dentro del bosquete a medio voltear.

Los sectores 1,2,4,5,6 y 8 presentan bosquetes que han sido intervenidos en forma intensiva sin ningún esquema de manejo, presentando individuos de distintas edades y en general con mala forma, no tienen una distribución uniforme sobre el terreno. Muchas veces de un mismo tocón salen varios pies, debido a las cortas reiteradas del bosquete al estar ubicado cerca de comunidades agrícolas que tienen una alta demanda de postes y polines de acacio .

Por lo tanto al seleccionar el o los mejores bosquetes, se ha determinado que los sectores 3 y 7 son los sectores donde los árboles presentan mejor forma, y la intervención que se les ha practicado ha sido relativamente racional, esto debido a que en el caso del sector 3 el bosquete pertenece a Forestal Copihue, donde se ha practicado raleo, y el sector 7 se encuentra en un sitio cercano al río Perquilauquén, a suficiente distancia para que no sean explotados en forma irracional por terceros. Además, cabe destacar que los árboles en estos dos sectores presentan una distribución relativamente uniforme sobre el terreno, tal vez se podría considerar como condición ideal a la cual se debería llegar al cultivar ***Robinia*** en forma industrial.

2.2.- Ajuste del modelo de crecimiento general para los bosquetes de *Robinia pseudoacacia* de la provincia de Linares.

Con estos sectores se procedió a ajustar nuevamente la función presentada anteriormente de tal forma de poder establecer un **modelo general**, que exprese el crecimiento en altura a distintas edades claves. Para lo cual se tomaron los datos obtenidos para los sectores 3 y 7, se juntaron y se realizó el ajuste nuevamente, obteniendo los siguientes coeficientes:

$$\mathbf{a = 16{,}616}$$
$$\mathbf{b = 0{,}289}$$
$$\mathbf{c = 1{,}312}$$
$$\mathbf{R^2 = 0{,}987}$$

Al reemplazar nuevamente estos coeficiente en la función de **Richards**, cuyo modelo general fue presentado anteriormente, se obtiene como resultado la siguiente función que expresa el crecimiento en altura a una cierta edad clave, en función de la altura dominante y la edad de un árbol:

$$S = 16{,}616 * (1 - (1 - (h / 16{,}616)^{1{,}312})^{t\,c / t})^{0{,}762}$$

Donde:

S = Indice de sitio (Definida como la altura que se alcanzaría a cierta edad clave)
h = altura dominante en metros.
t c = edad clave.
t = edad del árbol de altura dominante.

Al evaluar la función anterior con datos obtenidos de los sectores muestreados se puede obtener el siguiente cuadro:

Cuadro N° 31. Indices de Sitios determinados para edades clave de 8, 10,12 y 16 años, a partir de la valorización de la función general obtenida para *Robinia pseudoacacia* con datos de edad y altura dominante de los 9 sectores muestreados.

Sector	Indice de Sitio (m) para cada edad clave (años)			
	8	10	12	16
1	14.35	15.31	15.87	16.37
2	12.26	13.65	14.60	15.69
3	*13.88*	*14.95*	*15.61*	*16.25*
4	12.60	13.93	14.83	15.83
5	13.66	14.80	15.50	16.20
6	fuera de rango			
7	*14.88*	*15.68*	*16.12*	*16.47*
8	10.92	12.43	13.56	15.00
9	15.09	15.82	16.21	16.51

Si se compara el **Cuadro N° 31** con el **Cuadro N° 29**, se puede deducir que si los bosquetes se manejaran en forma similar a los bosquetes 3 y 7 se podrían obtener mejores resultados de crecimiento.

Posteriormente con los datos obtenidos de dap / edad se ajustó una función que expresara el dap en función de la edad y el sitio (altura dominante en metros). De igual forma que para la altura, se utilizaron los datos obtenidos del sector 3 y 7.
La función general ajustada fue la siguiente:

$$\mathbf{Dap = a\ (\ 1 - e^{-(b * E * H)})^{c}}$$

Donde:

Dap = Diámetro a la altura del pecho (cm).
a, b, c = Coeficientes determinados.
E = Edad del árbol (años).
H = Altura dominante a una edad clave (m).
e = Logaritmo neperiano.

En el caso particular de este estudio, el modelo obtenido fue el siguiente:

$$\mathbf{Dap = 134{,}51\ (\ 1 - e^{-(\ 0{,}0001345 * E * H\ )})^{0{,}5312}}$$

Con:

$R^2 = 0.972$.

A N E X O Nº 5

ESTUDIO DE MERCADO

Y

EVALUACIÓN ECONÓMICA

1.- Estudio de Mercado.

El estudio de mercado se realizó en la VII región, consultando a los agricultores que tienen bosquetes de **Robinia pseudoacacia** y venden sus productos de manera informal. Los resultados del estudio se presentan a continuación.

1.1.- Productos comercializables.

Los productos que se comercializan en la zona se presentan en el **Cuadro N°1.** Esta información se obtuvo a través de un recorrido por distintas zonas agrícolas de la VII región, consultando los usos actuales del acacio, productos obtenidos y dimensiones.

Cuadro N°1. Productos comercializados en la región.

Producto	Largo (metros)	Diámetro (pulgadas)	Usos
Cabezales	2.2	5 - 7	Ubicados al comienzo y final de las hileras de las viñas.
Centrales (polín)	2.2	3 - 5	Ubicado sobre las hileras de las viñas. También utilizado para cercar predios.
Tutores (rodrigones)	1.2	2 - 3	Utilizado para guiar las plantas los dos primeros años.
Puntales con horqueta.	> 2.5	3 - 5	Utilizado para afirmar ramas de manzanos con frutas.
Muertos o Postes	3	8 - 10	Utilizados para construir puentes, para afirmar portones y como postes para galpones.
Esquineros	5 - 6	> 10	Utilizado en las esquinas de los parronales.
Postes	6 - 8	8	Utilizados para tendidos eléctricos.
Asas de herramientas	variable	variable	Utilizados para mangos de hachas, palas, rozones, martillos, azadones entre otros.
Varas	4 - 6	5	Utilizado para construir corrales y para carros tirados por caballos.

Además, es un árbol muy cotizado por sus flores por los apicultores de la VII región, por lo tanto de fomentarse las plantaciones ellos se verían beneficiados.

1.2.- Precios de los productos.-

Los precios a los cuales actualmente se comercializan los productos obtenidos del acacio se presentan en el **Cuadro N°2.** Esta información se obtuvo a partir de encuestas realizadas a agricultores que tienen pequeños bosquetes en la zona, y ofrecen sus productos para los distintos usos antes mencionados .

Cuadro N°2. Precios de los productos de *Robinia pseudoacacia.*

Producto	**Precio** ($) (Diciembre,1997)
Cabezales	700
Centrales (polines)	500
Tutores (rodrigones)	100
Puntales con horqueta	150
Muertos o Postes	3000
Esquineros	10000
Postes de tendidos eléctricos	8000
Asas de herramientas	100 - 200
Varas	1000

Con respecto a productos obtenidos de **Pinus radiata**, se pudo observar en terreno que hay una marcada diferencia, siendo este último de un costo superior. Esto debido a que no hay nadie que pueda ofrecer productos de **Robinia** dimensionados y seleccionados de acuerdo a sus diámetros. Por lo tanto al estandarizar estos productos sin duda que se podría obtener un precio superior al encontrado actualmente.

1.3.- Oferta .-

Actualmente es difícil precisar el número de hectáreas de bosquetes en la VII región, pero de acuerdo a lo observado en terreno, juntando todos los bosquetes deben ser aproximadamente entre 50 a 80 ha, esto debido a que no hay ningún registro que lo establezca. Además, los bosquetes encontrados están en manos de agricultores que los utilizan para satisfacer su propia demanda de postes, polines entre otros. Esto dificulta el poder determinar una potencial oferta de productos para la región. También, cabe destacar que la situación actual de los bosquete es de baja productividad, debido a que prácticamente se cultivan en forma silvestre, sin ningún esquema de manejo, y muchas veces se intervienen de forma irracional cortando los árboles sin ningún criterio.

1.4.- Demanda .-

La potencial demanda estimada se determinó en base al crecimiento del sector vinífero y de uva de mesa de la VII región, debido a que es lo que actualmente se esta plantando en forma masiva en la región, ya que el precio del vino tuvo una alza considerable estos últimos 2 años, y se espera se mantenga por lo menos durante 10 años, lo que lo ha transformado en uno de los principales negocios para los agricultores de la zona.

Este sector anualmente crece a una tasa de 2000 hectáreas a nivel nacional, de las cuales el 50% se concentra en la VII región, es decir 1000 hectáreas (información obtenida de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Talca).

Actualmente el número de hectáreas en producción y formación en la VII región de viñas, parronales y uva de mesa en la VII región se presenta en el **Cuadro N°3** (información obtenida del VI Censo Nacional Agropecuario, realizado por el Instituto Nacional de Estadística en 1997).

Cuadro N°3. Número de hectáreas en producción y formación de uva de mesa y viñas y parronales en la VII región.

Provincia	Uva de mesa (ha)	Viñas y Parronales (ha)	Total (ha)
Curico	253,5	10.388,6	10.642,1
Talca	80,8	6.024,1	6.104,9
Linares	76,4	8.482,7	8.559,1
Cauquenes	9,4	4.658,5	4.667,9
Total Región	**420,1**	**29.553,9**	**29.974**

Además, se determinó el número de plantas de vides que se utilizan para establecer una hectárea de viña en espaldera, y por ende la cantidad de productos de madera utilizados.

Se plantan entre 4000 y 5000 plantas de vides por hectárea. En este caso se considerará con 4000 plantas por há. En cada planta de vid se instala un tutor al momento de realizar la plantación, por lo tanto se requieren 4000 tutores o rodrigones por hectárea.

Las plantación se ordena en hileras separadas a 2.5 metros una de otra, es decir se hacen 40 hileras en una hectárea (100 m / 2.5 m). Al comienzo y término de cada hilera se instala un cabezal, por lo tanto se utilizan 80 cabezales por hectárea.

Sobre la hilera, se instalan los centrales separados a 5 metros de distancia, por lo tanto se utilizan 20 centrales por hilera que multiplicadas por 40 hileras da un total de 800 centrales por hectárea.

Por último se utilizan polines para cercar las plantaciones, los cuales se instalan entre 2 a 2.5 m de distancia, y el número utilizado va de acuerdo a la cantidad de hectáreas a cercar.

En resumen para establecer una hectárea de viña se requieren:

Rodrigones : 4000.
Cabezales : 80.
Centrales : 800.
Polines : Variable.

Si consideramos que en la séptima región se plantan 1000 ha de vides anualmente, la potencial demanda de los productos anteriormente mencionados sería de:

Rodrigones : 4.000.000
Cabezales : 80.000
Centrales : 800.000
Polines : Variable.

Además es importante destacar, que la demanda debería subir en la medida que se mantenga el precio del vino, creciendo la tasa anual de plantación por lo menos durante diez años.

Cabe destacar, que en plantaciones de frutales como manzanos, cerezos, frambuesas, kiwis entre otros también se utilizan productos de madera para establecerlas. Productos que perfectamente se podrían fabricar de **Robinia pseudoacacia**, aumentando así la demanda de cabezales, centrales, polines y tutores.

2.- EVALUACIÓN ECONÓMICA.-

Se debe tener en cuenta que el cultivo del acacio esta destinado para suelos de textura liviana, como suelos arenosos y algo pedregosos, que los podemos encontrar en la riberas de ríos y esteros de la región. La idea es poder incorporar estos suelos de baja fertilidad al sector productivo.

La evaluación económica se realizó considerando un esquema de manejo utilizado en Hungría, extraído de la literatura, y considerando los crecimientos determinados en bosquetes de Acacio de la Provincia de Linares, VII región.

El esquema de manejo propuesto es una densidad de plantación de 4000 árboles por hectárea, con una rotación de 10 años. Realizar un primer raleo a los 5 años, un segundo raleo que puede ser a los 7 u 8 años y una corta final a los 10 años. Se recomienda fertilizar con Fósforo, debido a que es una leguminosa y necesita de este elemento para fijar el nitrógeno del aire al suelo a través de lo nódulos que posee en las raíces, que pertenecen al género **Rhizobium**. Además, se recomienda controlar las malezas en los primeros años de establecida la plantación.

Los productos a obtener en cada una de las intervenciones se presentan a continuación:

- En el primer raleo (5 años) : 4000 tutores de 2 a 3 pulgadas y 1.2 m de largo.
- En el segundo raleo (7 años) : 5000 tutores de 2 a 3 pulgadas y 1.2 m de largo.
  1000 centrales de 3 a 4 pulgadas y 2.2 m de largo.
- En el segundo raleo (8 años) : 3000 tutores de 2 a 3 pulgadas y 1.2 m de largo.
  2000 centrales de 3 a 4 pulgadas y 2.2 m de largo.
- En la cosecha (10 años) : 10000 tutores de 2 a 3 pulgadas y 1.2 m de largo.
  2000 centrales de 3 a 4 pulgadas y 2.2 m de largo.
  2000 cabezales de 4 a 5 pulgadas y 2.2 m de largo.

2.1.- Costos de las intervenciones.-

Se estimaron las intervenciones para una hectárea de cultivo.

Plantación. Se estimó un costo de $300.000.-
Primer y Segundo raleo. Se estimó un costo de $176.000 c/u.-
Cosecha. Se estimó un costo de $352.000.-
Fertilización. Se estimó un costo de $40.000, incluye aplicación más producto.

2.2.- Rentabilidad de plantar con escenario actual.-

Se realizó el calculo considerando los precios actuales de mercado, es decir:

Tutores : $100.
Centrales : $500.
Cabezales : $700.

Cuadro N°4. Productos, ingresos y costos de cada intervención en plantación con escenario actual.

Año	Actividad	Productos			Ingreso Interven. (miles $)	Costo Interven. (miles $)	Flujo Neto (miles $)
		Tutor	Central	Cabezal			
0	Plantación	---	---	---	---	300	- 300
1	Fertilizar	---	---	---	---	40	- 40
5	Raleo 1	4000	---	---	400	176	224
7	Raleo 2	5000	1000	---	1000	176	824
8	Raleo 2	3000	2000	---	1300	176	1124
10	Cosecha	10000	2000	2000	3400	352	3048

En el **Cuadro N°5** se presenta la rentabilidad de una hectárea de plantación de acacio en las condiciones que se encuentran actualmente lo bosquetes, a través de los indicadores económicos Valor Actual Neto (VAN), Anualidad y Tasa Interna de Retorno (TIR), para distintas tasas de interés, y el segundo raleo practicado a los 7 y 8 años.

Cuadro N°5. Rentabilidad de una hectárea de *Robinia pseudoacacia*, evaluado a 10 años. Comparación de rentabilidad de ralear a 7 u 8 años.

	Segundo raleo a los 7 años			Segundo raleo a los 8 años		
Interés (%)	VAN ($)	Anualidad ($)	TIR (%)	VAN ($)	Anualidad ($)	TIR (%)
7	1.884.920	268.370	34	2.025.953	288.450	34
8	1.708.023	254.546	34	1.834.490	273.393	34
9	1.547.152	241.077	34	1.660.493	258.738	34
10	1.400.701	227.958	34	1.502.213	244.478	34
12	1.145.500	202.736	34	1.226.729	217.112	34

2.3.- Rentabilidad de plantar con escenario futuro.

Se espera que con el manejo que se le practicaría a las plantaciones, se logren obtener árboles con mejor forma de troncos y mejores crecimientos. De tal forma de poder competir con los productos impregnados obtenidos de pino insigne, entregando productos de igual calidad pero más baratos al mercado.

Los precios que se estiman que podrían costar, con manejo, estos productos son:

Tutores : $200.
Centrales : $ 800.
Cabezales : $ 1000.

Cuadro N°6. Productos, ingresos y costos de cada intervención en plantación con escenario futuro.

Año	Actividad	Productos			Ingreso Interven. (miles $)	Costo Interven. (miles $)	Flujo Neto (miles $)
		Tutor	Central	Cabezal			
0	Plantación	---	---	---	---	300	- 300
1	Fertilizar	---	---	---	---	40	- 40
5	Raleo 1	4000	---	---	800	176	624
7	Raleo 2	5000	1000	---	1800	176	1624
8	Raleo 2	3000	2000	---	2200	176	2024
10	Cosecha	10000	2000	2000	5600	352	5248

En el **Cuadro N°7** se presenta la nueva rentabilidad que alcanzaría este cultivo, con los nuevos precios.

Cuadro N°7. Rentabilidad de una hectárea de acacio, con manejo.

	Segundo raleo a los 7 años			Segundo raleo a los 8 años		
Interés (%)	VAN ($)	Anualidad ($)	TIR (%)	VAN ($)	Anualidad ($)	TIR (%)
7	3.786.683	539.138	46	3.953.323	562.864	45
8	3.466.075	516.547	46	3.611.991	538.293	45
9	3.174.055	494.582	46	3.301.449	514.432	45
10	2.907.791	473.230	46	3.018.633	491.269	45
12	2.442.691	432.318	46	2.525.535	446.980	45

Es importante destacar, que la rentabilidad por hectárea aún puede ser mayor, debido que al ralear el bosquete 2 veces durante los 10 años de rotación, los árboles deberían responder

creciendo más en diámetro, y así obtener productos de mayor tamaño y por ende de mayor precio. Esto último es materia de un nuevo proyecto, lo cual sería interesante probar.

2.4.- Rentabilidad del Manejo de los Bosquetes Actuales.

La situación actual de los bosquetes en general es de mala calidad silvícola, debido a que no tienen ningún tipo de manejo. Por lo tanto, plantearemos un ordenamiento del bosquete junto con su evaluación de rentabilidad.

En promedio los bosquetes visitados tienen 8 años de edad, con una densidad promedio de 3.500 árb/ha. Se propone ordenarlos mediante un raleo, sacando 1000 plantas/ha, luego volver a intervenir el bosquete a los 13 años, sacando nuevamente 1000 plantas/ha, y una corta final de los 1500 árboles residuales.

Es importante, considerar los siguiente supuestos:

- Se asumió que los bosquetes mantienen igual tasa de crecimiento durante los 10 años.
- Se consideraron los crecimientos de los bosquetes 3 y 7.
- Se asume que no hay un crecimiento mayor en diámetro una vez practicado los raleos.

Los productos a obtener en cada una de las intervenciones se presentan a continuación:

- En el primer raleo de ordenamiento (8 años) : 3000 tutores de 2 a 3 pulgadas y 1.2 m de largo.
  2000 centrales de 3 a 4 pulgadas y 2.2 m de largo.

- En el segundo raleo (13 años) : 2000 tutores de 2 a 3 pulgadas y 1.2 m de largo.
  3000 centrales de 3 a 5 pulgadas y 2.2 m de largo.
  1000 cabezales de 5 a 7 pulgadas y 2.2 m de largo.

- En la cosecha (18 años) : 3000 tutores de 2 a 3 pulgadas y 1.2 m de largo.
  1500 centrales de 3 a 5 pulgadas y 2.2 m de largo.
  3000 cabezales de 5 a 7 pulgadas y 2.2 m de largo.
  1500 postes o muertos de 8 a 10 pulgadas y 4.4 m de largo.

Se asumieron los mismos costos de intervenciones presentados en el punto **2.1**, además los precios de los productos son los ocupados en el punto **2.2,** y para los postes el determinado en el estudio de precio, es decir, $3.000/poste.

Cuadro N°8. Productos, ingresos y costos de cada intervención para manejar plantaciones actuales.

Año	Actividad	Productos				Ingreso Interven. (miles $)	Costo Interven. (miles $)	Flujo Neto (miles $)
		Tutor	Central	Cabezal	Postes			
8	Raleo para ordenar	3000	2000	---	---	1300	176	1124
13	Raleo 2	2000	3000	1000	---	2400	176	2224
18	Cosecha	3000	1500	3000	1500	7650	352	7298

En el **Cuadro N° 9**, se presenta la rentabilidad que tendría potencialmente una hectárea de bosquete de acacio al ordenarlo ,manejarlo y cortarlo al cabo de 10 años.

Cuadro N° 9. Rentabilidad de un bosquete de acacio de 8 años de edad , ordenado, manejado y cosechado a los 18 años .

Interés (%)	VAN ($)	Anualidad ($)	TIR (%)
7	6.334.568	901.890	639
8	5.921.707	882.509	639
9	5.544.568	863.955	639
10	5.200.442	846.348	639
12	4.596.432	813.496	639

Si se observa el cuadro anterior se puede ver que la rentabilidad de manejar un bosquete de acacio es bastante alta, esto se explica porque tanto en los 2 raleos como en la cosecha final, se obtienen mayor cantidad de productos con dimensiones más grandes, y por ende con mayor precio. Por lo tanto potencialmente a esta rentabilidad podrían llegar los propietarios que tengan bosquetes de acacio si los ordenan y manejan.

Siendo un poco más conservadores, y asumiendo una pérdida de productos de un 25% debido al mal estado de los bosquetes actuales, la obtención de productos en cada intervención se muestra en el **Cuadro N° 10** , y su rentabilidad se observa en el **Cuadro N° 11.** .

Cuadro N°10. Productos, ingresos y costos de cada intervención para manejar plantaciones actuales, y asumiendo un 25% de pérdida de producto.

Año	Actividad	Productos				Ingreso Interven. (miles $)	Costo Interven. (miles $)	Flujo Neto (miles $)
		Tutor	Central	Cabezal	Postes			
8	Raleo para ordenar	2250	1500	---	---	975	176	799
13	Raleo 2	1500	2250	750	---	1800	176	1624
18	Cosecha	2250	1125	2250	1125	5737,5	352	5385,5

Cuadro N° 11. Rentabilidad de un bosquete de acacio de 8 años de edad , ordenado, manejado y cosechado a los 18 años, asumiendo un 25% de pérdida de productos .

Interés (%)	VAN ($)	Anualidad ($)	TIR (%)
7	4.630.820	659.325	455
8	4.326.573	644.787	455
9	4.048.877	630.896	455
10	3.795.083	617.632	455
12	3.350.024	592.901	455

ANEXO Nº 6

REVISION BIBLIOGRAFICA

1.- Revisión Bibliográfica.-

1.1.- Generalidades:

Robinia pseudoacacia L. es un árbol de 13 a 35 metros de altura, es originario de Estados Unidos y se distribuye entre los 35° y 43° de Latitud Norte, dividida en dos partes. La parte Este se extiende desde el centro de Pennsylvania hasta el norte de Alabama y Georgia a lo largo de 1000 Km, en los Montes Apalaches, incluyendo West Virginia, Virginia, Maryland, Kentucky, Tennessee y Carolina del Norte y Sur. También se encuentra en el sur de Ohio y noreste de Indiana. La parte Oeste se distribuye en las montañas Ozark al sur de Missouri, en el norte y este de Arkansas y este de Oklahoma (Keresztesi, 1983).

En forma natural crece en regiones de clima húmedo, donde las precipitaciones anuales varían entre 1000 y 1500 mm, de las cuales, en la estación de crecimiento caen entre 500 a 700 mm en promedio. Las temperaturas en Julio (mes más cálido) varían entre 20 a 27°C, con máxima de 30 a 38°C y las temperaturas en Enero (mes más frío) varían entre 2 a 8°C, con mínimas de -10 a -25°C. El número promedio de días libre de heladas por año varía entre 140 a 220. Esta especie crece en varios suelos, evitando los muy secos y pesados. Su mejor crecimiento esta determinado por la aireación y drenaje del suelo. En suelos mal drenados y poco profundos (menos de 35 cm), el crecimiento es bajo. Los suelos de texturas livianas por ejemplo arenosos son en general más favorables (Keresztesi, 1983).

En las últimas décadas, en Europa, ha aumentado considerablemente el interés por cultivarla, siendo introducida en países como: Corea del Sur, Hungría, Rumania, Unión Soviética, Francia, Bulgaria, ex Yugoslavia, ex Checoslovaquia, Alemania entre otros, además dentro de América del sur como lo es Argentina, donde se han montado algunos ensayos a partir de los años 60. La superficie estimada a nivel mundial en el año 1958 era de 337.000 ha en cambio en el año 1978 se estimaba en 1.890.000 ha (Keresztesi, 1983) .

En la literatura se mencionan diferentes usos de esta especie, dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Fabricación de tableros de fibra de alta calidad.
- Postes paras minas, viñedos y huertos.
- Polines para cercados de predios agrícolas, ganaderos y forestales.
- Parquet y recuadros de pared, debido a su resistencia a la abrasión y a su buen color.
- Muebles de jardín, camping y deportes al aire libre.
- Leña, debido a su elevado poder calorífico y además a que arde aún cuando está húmeda.
- Fabricación de tableros.
- Utilización como especie melífera.
- Control de erosión y repoblación de cárcavas o zonas de explotación minera a cielo abierto, debido a que su raíz principal no profundiza desarrollando fuertes raíces laterales.

- Recuperación de suelos empobrecidos al fijar nitrógeno del aire al suelo a través de sus nódulos radiculares que contienen las bacterias del género **Rhizobium**, propio de las leguminosas.
- Fabricación de harina para engorda de cerdos, a través de la pulverización de las hojas. Además se emplea como alimento para ganado y aves.
- Construcción de barricas para el transporte del vino.
- Fabricación de mangos para herramientas.
- Carpintería (marcos, puertas, ventanas y pisos).
- Se emplea como planta ornamental en parques, plazas y calles (Keresztesi, 1980, 1983)

1.2.- Descripción de la especie:

Pertenece a la familia de las Papilionáceas (Fabáceas). El nombre genérico **Robinia** fue dado en honor de Jean Robin (1550-1629), herbolario de Enrique IV y de Luis XIII de Francia, y de su hijo, Vespasian Robin, quien cultivó este árbol por primera vez. El específico significa "falsa acacia" (Hoffman), nombre vulgar que recibe debido a que tiene espinas pequeñas, siempre en pares, en la base de cada hoja, similar a alguna **Acacia** (F.C.B.,1985), también se le llama acacio.

Es un árbol de follaje caduco, de copa abierta con pocas ramas espinosas, tronco recto recubierto de corteza gruesa y fisurada. Sistema radicular formado por una raíz principal que no profundiza mayormente y desarrolla en cambio fuertes raíces laterales: esto la hace excelente para estabilizar suelos pero muy susceptible a la competencia de malezas, incendios y pisoteo del suelo, en edades tempranas (Marmol, 1971).

Presenta hojas caducas, compuestas de 7 a 19 foliolos opuestos, ovalados, cada uno con una pequeña espina y pubescentes cuando jóvenes. Pecioladas y con un par de espinas fuertes en la base.
Las flores son en racimos axilares colgantes de 10 a 20 cm de largo, muy perfumadas. Cáliz verdoso acampanado y corola papilionada. Floración: octubre a noviembre.
El fruto es una vaina colgante lanceolada-oblonga, de 5 a 10 cm de longitud, de color café castaño. Las semillas, en número de 4 a 10, son reniformes y negras.

El acacio se propaga mediante semillas o por renuevos provenientes de la raíz. Es de crecimiento muy rápido, pudiendo hacerse invasor si las condiciones son apropiadas para ello. Especie extremadamente rústica, con pocos requerimientos especiales en cuanto al terreno donde se planta. Es de hábito heliófilo, de allí que las altas densidades de plantación provocan una alta competencia entre individuos. Soporta bien temperaturas extremas y resiste podas drásticas (Hoffman).

En un kilo de semillas de acacio hay aproximadamente 53.000 semillas con un 70% de germinación. Para la producción de plantas la semilla debe ser colectadas desde los árboles. Como muchas leguminosas, la semilla tiene una testa impenetrable para el agua, que puede retrasar la germinación. por lo tanto es necesario pretratar la semilla, como por ejemplo

poner la semilla seca en un contenedor con agua caliente y dejar que se enfríe. La semilla puede colectarse a fines de Marzo o comienzos de Abril (Savill).

La madera es de buena calidad; de color castaño verdoso, brillo suave y veteado hermoso y muy resistente a la humedad (Hoffman). La densidad de la madera determinada en laboratorio en U.S.A. en estado verde es de 929 Kg/m^3 y en estado seco de 769 Kg/m^3. El peso específico en estado verde es de 0.66 y en estado seco es de 0.69 (Shukla, 1986).

El árbol es una leguminosa y en sus raíces tiene nódulos radiculares con bacterias del genero **Rhizobium** que aumentan el contenido de nitrógeno del suelo. Según algunos autores la cantidad de nitrógeno puesta en circulación es estimada en 50 Kg/ha, especialmente en plantaciones de edades superiores a 10 años (Keresztesi, 1983). Además, provoca un enriquecimiento directo del suelo debido a la rápida descomposición de la hojarasca y ramillas, lo que significa incorporación de nitrógeno de rápida diponibilidad. En esta forma se liberan también otros nutrientes (Ca, K, Mg, etc) e incrementa el pH (Marmol, 1971).

Dentro del género **Robinia** la especie **R. pseudoacacia** L. , acacia blanca o común, presenta algunas variedades como:

- var. **rectissima** Raber (acacio tipo mástil de barco).
- var. **unifolia** Talou (acacio de una sola hoja).
- var. **pyramidalis** Pépin (acacio de forma piramidal).
- var. **inermis** D.C. (acacio sin espinas).

Además existen algunas variedades de importancia para la producción de miel, como:

- var. **praecox** (de floración temprana).
- var. **galiana** (de floración tardía).
- var. **semperflorens** (de floración continua).

(Keresztesi, 1983)

Najera y Lopez (1969), mencionan los nombres vulgares que recibe **R. pseudoacacia** en España:

- Acacia blanca.
- Acacia de flor.
- Acacia falsa.
- Robinia.

Además, mencionan los nombres vulgares que recibe en países de Europa:

- Black locust US. (Inglaterra).
- Common robinia US. (Inglaterra).
- Falsa acacia (Italia).
- False acacia (Inglaterra).
- Falsche Akazie (Alemania).
- Faux-acacia (Francia).
- Gemeine Robinie (Alemania).
- Robinia (Inglaterra e Italia).

- Robinier (Francia).

1.3.- Crecimiento:

Robinia pseudoacacia es una especie que logra crecer y adaptarse en una amplia gama de suelos, prefiriendo los suelos de textura franca, fértiles, profundos, bien drenados. Alcanza 20 a 35 m de altura y 0.3 a 1m de diámetro. En rodales densos el tronco no presenta ramas y es recto, en cambio en rodales abiertos el tronco crece torcido, bifurcado y lleno de ramas, aunque algunas de estas características pueden ser heredadas.
Su rotación es corta, 20 a 30 años o 40 años en los mejores sitios. En general alcanza tamaño de postes a los 15 a 20 años, pero solo en los mejores sitios puede alcanzar 60 cm de diámetro a la altura del pecho a los 50 años de edad (Keresztesi, 1983).

En los Estados Unidos país de origen donde es objeto de intenso cultivo, en la región de los estados centrales (Missouri, Iowa, Ilinois, Indiana, Kentucky y Ohio) en 22 plantaciones el volumen promedio fue 127 m3/ha a los 27 años de edad, equivalente a 2700 postes, que significa un crecimiento promedio de 4.6 m3/Ha/año. En este país se reconocen 3 índices de sitios, cuando los ejemplares dominantes alcancen 9, 18 o 27 metros de altura a los 50 años de edad, con los siguientes desarrollos, según edad (Marmol,1971):

Tabla N°1. Indices de sitios reconocidos en Estados Unidos, a los 9, 18 y 27 metros de altura a los 50 años de edad.

Edad	Diámetro promedio (cm)			Altura promedio (m)		
I.S.	9m	18m	27m	9m	18m	27m
10	4	7	11	3.5	8.0	12.5
25	11	15	21	7.5	14.0	20.5
40	-	-	27	9.0	17.5	25.5

En Europa algunos investigadores sostienen que los crecimientos aumentan hasta culminar a los 20 años, manteniéndose cercano a esta cifra hasta los 40 años, para luego declinar. Otros investigadores proponen 2 tipos de rotaciones, **Tabla N°2** (Hempkel y Wilhelm, citados por Marmol, 1971):

Tabla N°2. Tipos de rotaciones propuestas en Europa.

Rotación	Edad (años)	Producto a obtener	Vida útil (años)	N°/ha
Corta	12-15	Polines para cercos.	20	2000-3000 unidades.
Larga	25-40	Postes para líneas eléctricas y telefónicas y rollizos para aserrío.	20	100-250 m^3 de rollizos.

Keresztesi (1978), sostiene que **Robinia pseudoacacia**, fue la primera especie arbórea que se trajo de América del Norte a Europa en 1601. Desde entonces, se ha difundido no sólo en Europa, sino en las regiones templadas y mediterráneas.

En Hungría, esta especie fue introducida entre 1710 y 1720, comenzando la forestación masiva entre 1865 y 1895 alcanzando una superficie al año 1978 de 276.000 hectáreas y un grado de industrialización avanzado. En algunas investigaciones realizadas por el Instituto Forestal de Hungría se a determinado el incremento volumétrico y el incremento de biomasa por año de algunos bosquetes (Keresztesi, 1980), ver **Tabla N° 3**:

Tabla N° 3. Incrementos anuales en volumen y biomasa, en Hungría.

Tipo de monte	Incrementos Anuales	
	Volumen (m^3/ha)	**Biomasa** (t/ha)
Bajo	8.76	6.39
Alto	6.80	4.96

En 1975, se cortaron en Hungría 1.386.300 m3 de madera de acacio. Volumen que fue utilizado de la siguiente forma (Keresztesi, 1980), ver **Tabla N°4**.

Tabla N°4. Utilización de los bosquetes de acacio en Hungría, según producto.

Productos	Miles de m3	Porcentaje
Trozos para aserrio y chapas	**146. 3**	**10. 5**
Madera aserrada	**169. 6**	**12. 2**
Postes y polines	**73. 7**	**5. 3**
Madera para pulpa	**69. 4**	**5. 0**
Tablero de fibra y partículas	**32. 6**	**2. 4**
Otros usos industriales	**164. 7**	**11. 9**
Subtotal	**656. 3**	**47. 3**
Leña gruesa	**604. 1**	**43. 6**
Leña fina	**125. 9**	**9. 1**
Volumen Total, s/corteza	**1386. 3**	**100. 0**

Corea del Sur, es considerado un país importante en el cultivo de **Robinia** debido a que al año 1978 tenía 1.017.000 Ha de plantación, siendo según antecedentes de literatura revisada los primeros a nivel mundial (Keresztesi, 1983). Investigadores de este país han determinado los crecimientos de algunos bosquetes, como se muestra a continuación (Keresztesi, 1980), ver **Tabla N° 5**:

Tabla N° 5. Crecimientos de bosquetes de acacio en Corea del Sur.

Edad	Dap(cm)	H promedio (m)	Vol/arb.(m^3)	Arb/Ha	Vol/Ha(m^3)	I.M.A.(m^3)
12	15	16.4	0.15	1143	165.89	13.82
36	30	25.8	0.91	508	463.30	12.87
44	40	26.8	1.68	508	855.66	19.45

A nivel sudamericano, Argentina es el país que figura dentro de la literatura como el más importante, con 3000 Ha de plantación (1978). Las primeras plantaciones datan del año 1913 junto con algunos ensayos realizados en el año 1920,1958,1965 entre otros. Algunos investigadores efectuaron mediciones en bosquetes de la Provincia de Buenos Aires, determinando crecimientos promedios entre 4,41 y 7,69 m3/Ha/año, variables según la calidad del sitio. Además, a partir de mediciones realizadas de un muestreo de una determinada superficie, se calcularon los datos representativos por Ha , en dos sitios distintos (Marmol, 1971), ver **Tabla N° 6** :

Tabla N° 6. Crecimientos de bosquetes de acacio, en dos sitios distintos de Argentina.

	Sitio 1	Sitio 2
- Edad (años)	10	10
- N° árb./Ha	1806	1534
- Diámetro promedio(cm)	10.5	11.0
- Altura total (m)	11.5	12.0
- Area basal (m2/Ha)	15.145	15.261
- Volumen total c/c (m3/Ha)	86.77	82.83
- Volumen total s/c (m3/Ha)	70.33	67.49
- IMA diámetro (cm)	1.05	1.1
- IMA altura (m)	1.15	1.2
- IMA volumen c/c (m3/Ha-año)	8.7	8.2
- IMA volumen s/c (m3/Ha-año)	7.0	6.7

1.4.- Requerimientos:

Robinia pseudoacacia es una especie que se adapta a una gran variedad de suelos, llegando a ser una especie extremadamente rústica. Logra desarrollarse bien en texturas margas arenosas o limosas de estructura suelta. Tolera bien las variaciones del pH entre 4.6 y 8.2, aunque valores próximos a 7 le son más favorables: los suelos calcáreos le son propicios. Resiste bien el frío y la sequía, necesita un periodo estival prolongado para poder lignificar bien sus ramillas anuales y resistir los efectos de fuertes heladas. Además, requiere de un clima templado húmedo (Hoffman; Marmol, 1971).

1.5.- Enfermedades:

En la literatura revisada se mencionan pocas enfermedades o agentes que causen algún tipo de daño a los acacios, dentro estos se encuentran:

- **Oiketicus kirbyi** o bicho del sesto, es una lepidoptera que en algunos ensayos realizados en Argentina, se ha presentado en forma intermitente pero con carácter devastador, retrasando el desarrollo de los árboles, no es difícil controlarlo (Marmol, 1971).

- El virus que causa el mosaico del acacio, fue observado en Hungría, por el Profesor Milinko (1972), dentro de un ensayo de clones, y para controlarla se removieron los árboles atacados (Keresztesi,1983).

- **Vasates robiniae** Nal., es un nemátodo que fue observado en cutting verdes de acacio en el Arboretum de Gödölló en Hungría, para controlarlo se recomienda desinfectar el suelo con Cidial 50L al 0.1 - 0.2 % (Keresztesi, 1983).

Además, en Hungría se ha observado dentro de los ensayos de clones, algún daño por helada, determinándose variedades que son más resistentes y otras más propensas a las heladas, en los cultivares que ellos han logrado establecer (Keresztesi,1983).

1.6.- Características y propiedades físicas y mecánicas de la madera:

El duramen de esta especie es de color amarillo oscuro a café rojizo, brillante al observarla en un sección longitudinal, pero puede alterarse con tratamientos al vapor con o sin presión. Los tonos conseguidos son amarillo dorado, pardo amarillento, pardo claro (color roble) y pardo oscuro. El tratamiento térmico mejora la facilidad de labra, la higroscopicidad y la contracción, pero reduce la resistencia (Kerestesi, 1978). Los poros son de tamaño moderado a grande y a menudo subdivididos, más grande en la madera de primavera y más continuos. Los radios medulares son finos, cortos, no profundos, torcidos donde tocan a los poros, muestran una buena textura plateada (Singh et al, 1990).

Najera y López (1969), en España, describieron las características macro y microscópicas de la madera de acacio:

Características macroscópicas:

La albura es de color amarillo pálido, M. 518 y duramen amarillo grisáceo, M. 527 (Según normas UNE 48.103) con vetas longitudinales de amarillo más intenso. Oscurece al envejecer. Grandes vasos de primavera, que aparecen en la sección transversal formando bandas concéntricas de color blanquecino. Fibras muy apretadas lo que hace que esta madera tenga una excepcional dureza. Forman la masa fundamental y su color es más oscuro que el resto de los tejidos que forman su estructura. Manchas pequeñísimas de parénquima de color blanquecino difusamente repartidos entre la masa de fibras. Textura heterogénea con irisaciones brillantes en los despiezos longitudinales. Anillos anuales bien marcados por dos zonas; la más clara, corresponde a la de primavera y la más oscura a la de otoño.

Vasos: Unos, grandes, agrupados en bandas concéntricas por toda la zona de primavera y, otros, aislados, repartidos irregularmente por toda la zona de verano. En el interior de ambos aparecen tyllos que es un tejido criboso con irisaciones brillantes.

Radios leñosos: Se presentan en finas líneas con distancias de separación casi uniformes y su color es más claro que la masa fundamental.

Fibras: La masa fundamental de esta madera está formada por la unión compacta de fibras. Su color es marrón.

Parénquima: Aparece generalmente en los vasos de la zona de verano. Se distingue por su color blanquecino.

Anillos anuales: Bien diferenciadas sus dos zonas. La de primavera con vasos de mayor diámetro que la de verano.

Características microscópicas:

Vasos: Dispuestos en anillos porosos.
Los vasos de primavera se inician formando bandas concéntricas de dos a tres unidades que van disminuyendo de tamaño a medida que avanzan hacia la zona de otoño. Su distribución es muy irregular por el resto del anillo, presentándose aisladamente y en grupos caprichosos como consecuencia de la orientación de sus tabiques. Engrosamientos helecoidales.

Esta especie se caracteriza por su abundancia de tyllos.

Número máximo por mm^2 de 25 a 30.
Diámetro máximo de 250 a 280 μ.
Grosor medio de las paredes de 4 a 5 μ.
Punteaduras sencillas, de forma elíptica y areola poligonal.
Perforaciones simples con paredes gruesas.

Radios leñosos: Homogéneos, de una a cuatro células de espesor y trayectoria ligeramente ondulada bordeando los grandes vasos, a veces, hasta alcanzar un semicírculo.

Número por mm de 6 a 7.
Altura máxima de 1300 a 150μ .
Grosor Máximo de 60 a 70μ .

Fibras: Poligonales de escasa luz. Las que forman el límite terminal del anillo son rectangulares en sentido tangencial. Su trayectoria es ondulada y se presentan entrelazadas.

Diámetro máximo de 15 a 20 μ.

Grosor medio de las paredes de 6 a 8 μ .
Traqueidas y fibrotraqueidas ausentes.

Parénquima: Paratraqueal, paratraqueal confluente y terminal.

Contenido celular: Abundancia de Tyllos en todo el sistema vascular y fragmentos de protoplasma solidificado de color pardo oscuro en un pequeño número de células de radios leñosos.

En La India está considerada dentro de sus estándares de clasificación de madera como una especie de madera pesada, moderadamente fuerte y muy dura. Dentro de los usos que se le dan están: construcción, piso de casas, mangos de herramientas, postes y varas. En este país han determinado algunas características de la madera como el peso específico el cual es 0.637, valor parecido al de la teca. Además, determinaron la contracción tangencial, radial y volumétrica de la madera que corresponden a 7.7%, 5.1% y 10% respectivamente. Su retención de forma y tamaño relativa, tomando como base a la madera de teca con valor 100% es 73%, de aquí que la consideran como una madera moderadamente estable en tamaño y forma. Los valores de contracción de la madera desde el estado verde a seco al aire (12% contenido de humedad) son estimados como: tangencial -3.9 y radial -2.3. Por lo tanto desde este punto de vista la especie puede ser utilizada en mueblería y ebanistería (Singh et al, 1990).

A continuación se presenta la **Tabla N° 7**, con valores de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, en el cual se compara madera (verde y seca) proveniente de La India y U.S.A. (Shukla et al,1986).

Tabla N°7. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de acacio, determinadas en U.S.A. e India.

	India		U.S.A.	
	verde	seco	verde	seco
- Peso específico	0.629	0.702	0.66	0.69
- Contenido humedad (%)	53.1	12.0	40	12
- Densidad (Kg/m^3)	963	726	929	769
Torcido estático:				
- Límite elástico hasta stres de la fibra (kg/cm^2)	314	681	619	900
- Módulo de ruptura (kg/cm^2)	652	1174	956	1364
- Módulo de elasticidad(1000 Kg/cm^2)	85.1	138.5	130.1	144.1
- Límite elástico al trabajo(Kg cm/cm^2)	0.061	0.192	0.166	0.325
- Carga máxima de trabajo(Kg cm/cm^3)	0.651	0.986	1.083	1.294
- Trabajo Total (Kg cm/cm^3)	1.078	----	2.805	3.473
Torcido por impacto:				

- Límite elástico hasta stres de la fibra(Kg/cm^3)	880	1239	1287	1483
- Módulo de elasticidad (1000 Kg/cm^2)	101.9	169.8	----	----
- Altura máxima if drop (cm)	71	86	112	145
- Límite elástico de trabajo (Kg cm/cm^3)	0.427	0.501	0.555	0.689
- Trabajo absorvido (brittleness) (Kg cm)	118	86	----	----
Compresión paralela a la fibra:				
- Límite elást. hasta stres de compresión (Kg/cm^2)	249	359	430	478
- Stres máximo de aplastamiento (Kg/cm^2)	375	584	478	716
- Módulo de elasticidad (1000Kg/cm^2)	98.2	106.4	----	----
Compresión perpendicular a la fibra:				
- Límite elást. hasta stres de compresión(Kg/cm^2)	90	142	101	159
Dureza superficial (load to embed 1.128 cm dia,				
steel ball to half dia):				
- Radial (Kg)	611	774	712	771
- Tangencial (Kg)	622	919	712	771
- Extremo (Kg)	662	948	744	717
Cizalle:				
- Radial (Kg/cm^2)	121	177.6	123.7	174.3
- Tangencial (Kg/cm^2)	111.7	191.4	123.7	174.3
Tensión perpendicular a la fibra:				
- Radial (Kg/cm^2)	79.2	79.0	54.1	45.0
- Tangencial (Kg/cm^2)	66.1	47.3	54.1	45.0
Tensión paralela a la fibra:				
- Stress de tensión hasta límite elástico (Kg/cm^2)	524	858	----	----
- Máximo stres de tensión (Kg/cm^2)	924	1238	----	----
- Módulo de elasticidad (1000 Kg/cm^2)	99.8	123.0	----	----
Torsión:				
- Stres de cizalle hasta límite elástico (Kg/cm	42.9	82.3	----	----
- Máximo stres de cizalle (Kg/cm^2)	111.5	181.2	----	----
- Módulo de rigidez (100 Kg/cm^2)	62.3	83.7	----	----

En España, Najera y López (1969), determinaron las propiedades físicas y mecánicas de la madera de **Robinia pseudoacacia** cultivada en ese país, las cuales se presentan en la **Tabla N° 8**:

Tabla N° 8. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de acacio determinadas en España.

Propiedades	Valores	Clasificación
Densidad - humedad		
Humedad del ensayo: H%	**10.1**	**Muy seca**
Densidad normal al 12% H	**0.769**	**Semipesada**
Higroscopicidad	**0.0039**	**Fuerte**
Contracción lineal		
Contracción tangencial total	**7.19**	**Mediana**
Coef. de contracción tangencial	**0.32**	**---**
Contracción radial total	**4.35**	**Mediana**
Coef. de Contr. radial	**0.22**	**---**
Contracción volumétrica		
Contracción volum. total: B	**10.0**	**Pequeña a mediana**
Coef. de contracción volum.: v	**0.46**	**Med. nerviosa**
Punto de saturación: s	**22**	**Bajo**
Dureza N		
Dureza radial: N	**13.03**	**---**
Cota de dureza radial: N/D2	**23.28**	**---**
Dureza tangencial: N'	**8.15**	**Dura**
Cota de dureza tang.: N'/D2	**14.59**	**---**
Compresión axial		
Carga unitaria rup.: C kg/cm^2	**611**	**Mediana**
Cota de calidad: C/100D	**8.0**	**Superior**
Compresión radial		
Carga unitaria rup.: Cr Kg/cm^2	**159**	**---**
Cota de calidad: Cr/100D	**2.1**	**---**
Compresión tangencial		
Carga unitaria rup.: Ctg. Kg/cm^2	**171**	**---**
Cota de calidad: Ctg/100D	**2.2**	**---**
Flexión dinámica		
Trabajo unitario: K kg/cm^2	**0.89**	**Resistencia mediana**
Cota dinámica: K/D^2	**1.46**	**Resiliente**
Flexión estática		
Carga unitaria rup.: F kg/cm^2	**1768**	**Mediana**

Cota de rigidez: L/f	**21.1**	**Elástica**
Cota de flexión: F/100 D	**22.7**	**Fuerte**
Cota de tenacidad: F/C	**2.9**	**---**
Módulo de elasticidad:E	**131000**	**---**
Tracción perpendicular Fibras		
Tracción radial: kg/cm^2	**33**	**Mediana**
Tracción tangencial:kg/cm^2	**31**	**---**

1.7.- Antecedentes de manejos propuestos en la literatura para cultivar *Robinia pseudoacacia L.* :

El acacio se propaga mediante semillas o renuevos provenientes de la raíz (Keresztesi, 1983). En Hungría, debido a la baja producción de semilla es que utilizan la propagación vegetativa a través de cutting. Los cutting son tomados de los renuevos y de las raíces de los árboles plus y luego son plantados en viveros (vivero "A"). Desde los cutting radiculares producidos en estos viveros se producen las plantas que sirven como material inicial de propagación. Éstas son establecidas en gran escala en viveros, a modo de plantación (vivero "B"), a un espaciamiento de 80 x 40 cm, con el objetivo de crear una masa productora de cutting radiculares. Las plantas del vivero "B" con sistema radicular largo, son extraídas la primavera siguiente a la plantación y las raíces que sirven para cutting son cortadas de 8 a 12 cm de largo y recolectadas. Luego, estos cutting son plantados en línea a un espaciamiento de 80 x 10 cm para la producción de plantas. A este espaciamiento 87.000 cutting de raíces largas pueden obtenerse por hectárea, con una sobrevivencia de un 70% (Keresztesi, 1983).

Una vez obtenidas las plantas de **Robinia pseudoacacia** L., la siguiente etapa es la forestación o reforestación, la cual puede realizarse a diferentes densidades. En un comienzo en Hungría, se plantaban 10.000 plantas por hectárea con un espaciamiento de 1 x 1m. Más tarde se disminuyó a 4000 plantas por hectárea al emplear plantas provenientes de cultivares mejorados. Además, se han probado otras densidades como 2.5 x 2m para los mejores sitios, y 2.5 x 1 m para sitios de menor calidad(Keresztesi, 1983).

Los investigadores L. Halupa y R. Kiss (Hungría), proponen un esquema de manejo para cultivar acacios, el cual consiste en establecer una plantación con una densidad de 4000 plantas por hectárea con un espaciamiento de 2.5 x 1 m. A la edad de 5 años remover la mitad de los árboles para aumentar el espacio de crecimiento. Practicar dos raleos entre los 8 y 12 años, y entre los 15 y 19 años, reduciendo el número de árboles al 50% en cada ocasión. De tal forma que a la rotación final, entre los 30 y 40 años, lleguen entre 500 a 1000 árboles por hectárea. La primera poda puede ser hecha cuando los árboles tengan 3 a 4 m de altura, la segunda a los 5 a 6 m de altura, la tercera después del primer raleo y la cuarta después del segundo raleo. Los árboles pueden podarse hasta una altura de 6 a 8 m , con la que llegan a la edad de rotación (Keresztesi, 1983).

En Argentina, se ha observado que para plantaciones con rotaciones cortas 12-15 años, resultan convenientes densidades finales de 1600 a 2000 árboles por hectárea, mientras que para rotaciones largas, para obtener trozos aserrables, convienen densidades de 1000 a 1600 árboles por hectárea. En terrenos de menor calidad deberían disminuirse estas cifras y alargarse la rotación. Además, se proponen raleos para la obtención de postes y polines. También han observado, que las altas densidades influyen en un estancamiento anticipado del incremento, pero luego este se mantiene a niveles constantes; en cambio son desfavorables si se buscan piezas de dimensiones superiores, ya que los volúmenes finales pueden ser iguales, pero repartidos en un mayor número de árboles y más delgados.

Sugieren como muy importante la remoción de ramas y tratamientos sanitarios para control del "bicho del cesto". Además, sugieren no distanciar las plantas al momento de establecerlas para evitar su ramificación y pérdida de terreno, pero no estrecharlas excesivamente para evitar su estancamiento. En los análisis de tallo, este hecho es evidente por una brusca disminución del grosor de los anillos de crecimiento encontrado en algunos ensayos y un crecimiento sostenido en otros. Lo anterior señala que la especie requiere oportunos raleos en una masa de espaciamientos reducidos (Marmol, 1971).

En La India, investigadores de algunas universidades, han montado ensayos con el fin de observar la respuesta de las plantas de acacio frente a la aplicación de fertilizantes. Es así, como probaron varias dosis de P_2O_5 y Mo, obteniendo como resultado que al aplicar 30 kg de P_2O_5/ha y 40g de Mo/ha al mismo tiempo muestran un aumento significativo en el aumento del crecimiento y producción de biomasa, siendo la mejor combinación como resultado de este ensayo (Verma et al, 1990).
En otro ensayo, probaron distintas dosis y combinaciones de N, P y K, aplicadas en forma localizada a cada planta, observando que al aplicar 375 mg de N y 250 mg de P por planta se logró el mayor crecimiento, en cambio al aplicar 375 mg de N, 250 mg de P y 250 mg de K por planta se logró el mayor incremento en biomasa total (Bhardwaj, 1991).

1.8.- Antecedentes del mercado de postes y polines de *Robinia pseudoacacacia*, en la Provincia de Linares:

La información del mercado de postes y polines, está basada en un pequeño sondeo hecho, mediante entrevistas a pequeños y medianos propietario de la Provincia de Linares. No es posible estimar la producción, debido a que es un mercado totalmente informal, y la oferta que existe esta dada por la cantidad de árboles que se pueden cortar dentro de los pequeños bosquetes que poseen los propietarios agrícolas. La calidad de los productos obtenidos es baja, debido a que no hay una selección de los árboles, solo se cortan los que crecen en forma natural, obteniéndose postes y polines de distintos largos y diámetros. El precio de un poste varía entre $8.000 y $15.000, y un polín entre $500 y $700 (Diciembre de 1997). Precios que en ningún caso son comparables a los postes y polines de Pino insigne, los cuales por el costo de impregnación son más caros.

1.9.- Antecedentes de experiencias nacionales:

Según Giron y López (1994), sostienen que desde un punto de vista productivo, la situación actual de **Robinia pseudoacacia** en Chile es muy precaria. Los productores forestales aún no la consideran como una especie potencialmente rentable, pese al interés que tiene en otros países como Hungría, Francia y Estados Unidos, donde es destinada a múltiples usos. A pesar, de lo anterior, piensan que existe una preocupación naciente por integrarla al proceso productivo nacional, sobre todo para ser utilizada en los sectores ecológicamente limitados para las especies que actualmente son la base del progreso forestal chileno.

Actualmente, los investigadores mencionados están desarrollando un programa de mejoramiento genético para **Robinia pseudoacacia**, en el Departamento de Silvicultura de la Universidad de Chile, cuyo objetivo es generar árboles resistentes a las heladas, incrementar el volumen, y aumentar en forma significativa el pool genético de la especie, de manera de poder contar con una buena población base para futuros planes de mejoramiento de otros caracteres, que pueden llegar a ser de interés en el momento de su integración al proceso productivo.

1.10.- Bibliografía:

1.- Aronson, J. , Ovalle, C. and Avendaño, J. , 1992. Early growth rate and nitrogen fixation potential in forty-four legume species grown in an acid and a neutral soil from central Chile. For. Ecol. Manage, 47: 225-244.

2.- Bhardwaj, S.D., Singh, B.S. and Gupta, M.P. , 1991. Effect of different levels of N,P,K on the growth of Robinia pseudoacacia Linn. Seedlings. Indian Forester, Vol. 117: 7, 568-572.

3.- Foresty Commission Booklet N° 20, 1985. Broadleaves.

4.- Giron, G. y Lopez, J., 1994. Objetivos de un programa de mejoramiento genético para la Robinia pseudoacacia. Notas CESAF-CHILE N°4, Universidad de Chile, Dpto. de Silvicultura.

5.- Hall, N. et al.. The Use of Trees and Shrubs in the Dry Country of Australia. Department of National Development Forestry and Timber Bureau. Camberra.

6.- Hoffman, A.. El árbol urbano.

7.- Keresztesi, B., 1980. La acacia falsa. Unasylva, 32: 127, 23-33.

8.- Keresztesi, B., 1983. Breeding and cultivation of black locust, Robinia pseudoacacia, in Hungary. For.Ecol.Manage., 6:217-244.

9.- Marmol, L., 1971. Cultivo y rendimiento de la "Acacia blanca" (**Robinia pseudoacacia**) en el ámbito de 25 de Mayo y partidos vecinos de la provincia de Buenos Aires. Revista Forestal Argentina, Año XV N°1.

10.- Ministerio de Agricultura. Cartilla de divulgación N°3. Monografía de algunas especies forestales adaptadas a Chile. Chillán , Chile.

11.- Najera, F. y Lopez, V., 1969. Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares. Ministerio de Agricultura. Madrid, España.

12.- Sagwal, S.S., 1989. Standardizing the nursery technology of Robinia pseudoacacia. Indian Forester, Vol. 115: 11, 811-815.

13.- Savill, P.S. The Silviculture of Trees used in British Forestry.

14.- Shukla, N.K., Singh, K.R. and Singh R.S., 1986. A note on the physical and mechanical properties of Robinia pseudoacacia, Fraxinus spp. and Ailanthus spp. from Srinagar (J&K). Indian Forester, Vol. 112: 2, 139-151.

15.- Singh, H.P. , Pandey, C.N. and Sharma, S.N., 1990. Studies on shrinkage behaviour of Robinia pseudoacacia timber. Indian Forester, Vol. 116: 10, 832-836.

16.- Singh, D.P. , Hooda, M.S. , and Bonner, F.T., 1991. An evaluation of scarification methods for seeds of two leguminous trees. New Forests 5: 139-145.

17.- Verma, K.S. , Sharma K., and Joshi, N.K., 1990. Response of black locust (Robinia pseudoacacia Linn) to phosphorus.