

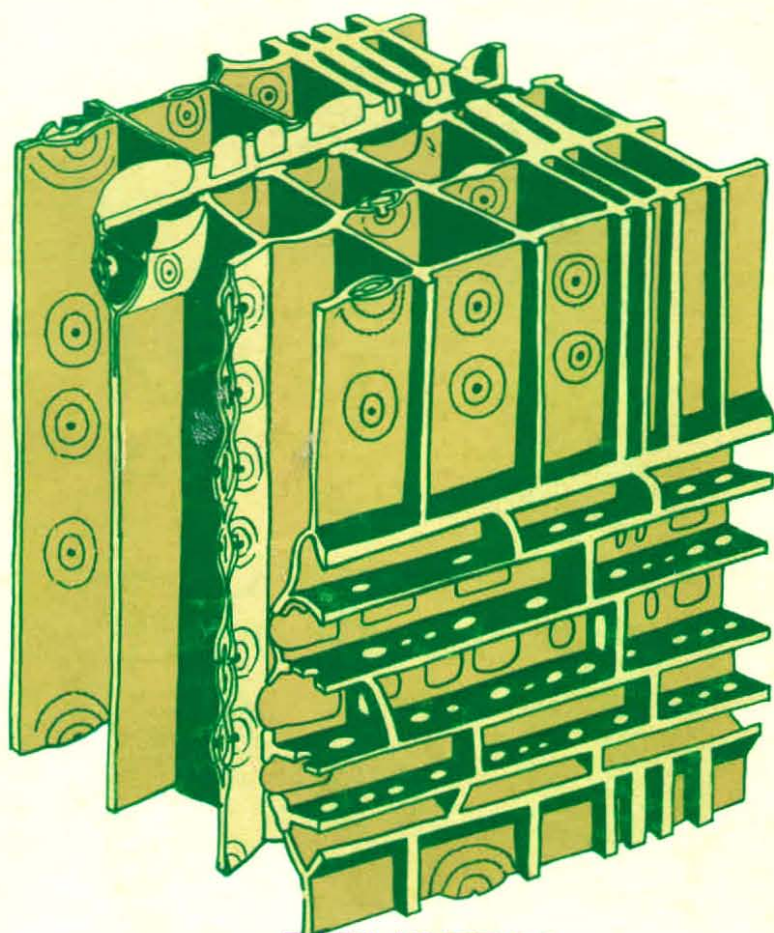


0005479

S-3438

Serie Investigación N° 9

c. 2



BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

1 5 ABR. 1975

**gravedad específica y mejoramiento genético
de la madera de pino insigne**



INSTITUTO FORESTAL

GRAVEDAD ESPECIFICA Y MEJORAMIENTO
GENETICO DE LA MADERA DE PINO INSIGNE

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

RENE ALFARO
Ingeniero Forestal
Sección Genética y Mejoramiento

HILDA MORENO
Bióloga
Sección Genética y Mejoramiento

INSTITUTO FORESTAL
División Forestal
SANTIAGO – CHILE
1974



(c) INSTITUTO FORESTAL
Nº Inscripción 43187 .

INSTITUTO FORESTAL
Valenzuela Llanos 1061.-Casilla 3085
SANTIAGO — CHILE
1974



INFOR

*Los autores agradecen la colaboración
del Ingeniero Forestal Sr. Norman Smith V.
y del Técnico Agrícola Sr. Wolfgang Orthmann.*

INDICE

	Página
RESUMEN	7
INTRODUCCION	9
MATERIAL Y METODO	11
RESULTADOS Y DISCUSION	12
RELACION GRAVEDAD ESPECIFICA – VELOCIDAD DE CRECIMIENTO	15
CORRELACION ENTRE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA MADERA JUVENIL Y ADULTA	17
MEJORAMIENTO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA EN CHILE	18
BIBLIOGRAFIA	19

R E S U M E N

Se estudia la variación de la gravedad específica en pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) dentro del árbol, entre árboles de una localidad y entre 4 localidades diferentes, poniendo énfasis en la variación dentro del tronco, de médula a corteza, en su relación con la edad y la velocidad de crecimiento. Se revisa la literatura y se hacen algunos comentarios generales sobre los enfoques que debiera darse al mejoramiento genético de la gravedad específica de la madera.

S U M M A R Y

The variation of specific gravity in Insignis pine (*Pinus radiata* D. Don) is studied, within a tree, among trees in an individual locality and between four different localities. The mayor emphasis is located on the variation inside the stem, from pith to bark and on its relationship with age and growth rate. Some literature is reviewed and some general guidelines about the breeding of wood specific gravity are given.



INTRODUCCION

La gravedad específica de la madera * es un índice de su utilidad para varios tipos de usos pues está estrechamente relacionada con la resistencia mecánica de la madera y por esto con la cantidad de sus derivados primarios como son madera aserrada y postes. La gravedad específica determina ampliamente la producción de pulpa a partir de un volumen dado de madera. Con respecto a esto, Mitchell y Wheeler, citados por Koch, (1972), afirman que un volumen dado de madera de alta densidad de los pinos del Sur de los Estados Unidos puede producir el doble en pulpa kraft que un volumen igual de madera de baja densidad.

La gravedad específica de la madera no depende de un solo factor sino que en ella influyen el largo y diámetro de las células, el grosor de las paredes celulares, la proporción de madera de verano y primavera, el porcentaje de celulosa y lignina, la cantidad y tipo de extraíbles y la cantidad de metales trazas presentes (Koch, 1972).

Sin embargo, a pesar del complejo problema que implica la generación de una gravedad específica dada en un árbol, se sostiene que ésta puede ser genéticamente manipulada (Zobel, 1969; Harris, 1965).

Para enfrentar el problema del mejoramiento de la gravedad específica en el pino insigne es necesario tomar en cuenta su variación, tanto dentro de cada árbol como entre árboles de una localidad y entre las localidades en que la especie crece en Chile. Esta variación ha sido estudiada en el extranjero y nuestro país por diferentes autores, entre otros: Harris, (1964); Dadswell, et alii (1961); Ortiz, (1965); Ulloa, (1963).

Un programa de mejoramiento genético tiende a limitar la variabilidad de uno o varios rasgos (p. ej.: gravedad específica, rectitud del tronco, velocidad de crecimiento) con el objeto de uniformar la materia prima y a elevar la frecuencia de los individuos con valores fenotípicos de interés económico en la población.

En el caso de los árboles forestales, se tarda varios años en obtener la expresión de las características que se estudian, por esto es importante acelerar la obtención de resultados para encontrar correlaciones entre caracteres adultos de la especie y sus características juveniles. Estas condiciones podrían indicar la forma de expresión de un rasgo cuando adulto a partir de un rasgo juvenil. Zobel y Rhodes (1956, 1957), tuvieron éxito al correlacionar la gravedad específica de la madera juvenil con la gravedad específica de la madera adulta, de tal modo que, la gravedad específica de la madera que formará un árbol en la madurez podría predecirse a partir de árboles de 8 años con cierta seguridad.

La relación gravedad específica-velocidad de crecimiento ha seguido suscitando controversia entre los investigadores. Una buena revisión al respecto han realizado Spurr y Hsuang, (1954). Surgió como una necesidad del Programa de mejoramiento genético del pino insigne en Chile aclarar el problema principalmente con respecto a la posibilidad de estar seleccionando en desmedro de la velocidad de crecimiento si se selecciona para alta gravedad específica.

* Se entiende por gravedad específica la razón entre la densidad de la madera y la densidad del agua pura a 4° C. En el sistema métrico la densidad del agua a esta temperatura es aproximadamente igual a la unidad y los valores numéricos de la densidad y la gravedad específica son iguales. Usualmente se calcula como la razón entre el peso seco de la madera (105° C) y el volumen de la madera verde o saturada de agua, pues bajo estas condiciones presenta la mayor constancia dimensional.

Los objetivos del trabajo que se presenta a continuación son estudiar la variación de la gravedad específica dentro del árbol, encontrar la correlación existente entre la gravedad específica de la madera juvenil con respecto a la adulta y, por otra parte, dilucidar la relación de la velocidad de crecimiento con la gravedad específica.



MATERIAL Y METODO

Las muestras se obtuvieron de cuatro rodales de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don), dos provenientes de la provincia de Valparaíso (fundos El Llano y San Juan), uno de la provincia de Bío Bío (Hacienda Canteras) y uno de la provincia de Concepción (fundo El Patagual) (Ver cuadro 1).

Cuadro 1. Características de los rodales estudiados

Localidad	Latitud Sur	Altitud. m.s.n.m.	t°C media anual	Edad	Nº de árboles Muestreados
El Llano	33° 00'	220	14,4	21	76
San Juan	33° 00'	470	14,4	24	100
Patagual	36° 50'	75	15,3	22	86
Canteras	37° 25'	300	13,0	21	109

Para el estudio de la gravedad específica y la velocidad de crecimiento se trabajó con tarugos de incremento tomados a la altura del pecho (DAP) con taladro de incremento de 5,5 mm. Los árboles muestreados fueron dominantes y codominantes y se tuvo la precaución de que las condiciones ambientales dentro del rodal fueran uniformes para limitar la influencia de estos factores. Para esto se efectuó la toma de datos en lugares de igual pendiente y exposición y se evitó la presencia de accidentes tales como rocas o esteros.

Los tarugos de incremento se dividieron en 3 ó 4 secciones, de médula a corteza, que comprendían un número entero de anillos.

La gravedad específica se obtuvo por el método estándar que relaciona peso seco y volumen verde. El volumen verde se obtuvo mediante un volumenómetro de mercurio. La velocidad de crecimiento se expresó como el número de anillos por centímetro de crecimiento radial para cada sección. En el momento de efectuar la medición, los tarugos se encontraban con todos sus extraíbles.

Se debe tener presente que para el caso del pino insigne en Chile, éste se demora tres años en alcanzar la altura del DAP, por lo tanto, el anillo 0 a dicha altura corresponde a 3 años en la edad de la planta.

RESULTADOS Y DISCUSION

VARIACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DENTRO DEL ARBOL Y ENTRE ARBOLES

Se debe aclarar que los resultados obtenidos en este estudio sólo serán aplicables directamente a las áreas comprendidas en este trabajo.

Se encontró un aumento de la gravedad específica asociada con la edad o posición de la muestra de médula a corteza (Ver cuadro 2). Este aumento es mucho más significativo a partir del 8º anillo. Entre los anillos 0 al 7º, la gravedad específica media por sección no sube de 0,382, en cambio, desde el 8º anillo, se encuentran gravedades específicas de por lo menos 0,402. Pudo encontrarse un descenso en la gravedad específica media de la sección del anillo 4º al 7º con respecto a la sección de la médula como en el caso de El Llano y Canteras. Estos datos de la variación dentro del árbol, de médula a corteza, concuerdan con los encontrados por varios investigadores (Ortiz, 1964; Paz y Melo, 1965; Romero, 1956; Ulloa, 1962) y de acuerdo a Zobel (1969) se debería a la presencia de un corazón interno de madera inmadura, de traqueidas cortas y baja gravedad específica que, en el caso del pino insigne, comprendería los primeros 10 años (7 anillos a la altura del DAP). La transición entre madera juvenil y adulta no es brusca sino gradual, por lo que sus límites no son bien definidos.

Cuadro 2. Variación de la gravedad específica de médula a corteza, por localidad.

	El Llano			San Juan				Patagual			Canteras		
Sección del Tarugo	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
Anillos Comprendidos	0º-3º	4º-7º	8º-18º	0º-3º	4º-7º	8º-11º	12º-21º	0º-7º	8º-11º	12º-19º	0º-3º	4º-7º	8º-18º
Densidad Media	0,381	0,374	0,416	0,379	0,381	0,416	0,454	0,382	0,464	0,498	0,354	0,341	0,402
Desviación Standard	0,039	0,025	0,028	0,032	0,027	0,036	0,029	0,028	0,047	0,062	0,036	0,027	0,028
Rango de Variación	0,317 0,461	0,315 0,442	0,347 0,470	0,283 0,449	0,313 0,467	0,291 0,514	0,314 0,523	0,036 0,456	0,379 0,560	0,418 0,558	0,265 0,435	0,297 0,472	0,346 0,477

La gravedad específica de la madera está directamente relacionada con su peso seco o cantidad de sustancia madera. Debido a la presencia de extraíbles en la madera, para la conversión de datos es necesario, corregir por un factor. Un aumento en la gravedad específica significa un aumento en el peso seco y por esto, de su rendimiento en pulpa. Dos volúmenes iguales de madera, de diferente edad, y por consiguiente, de diferente gravedad específica presentan diferencias de peso seco. Estas consideraciones tienen algo más que un mero significado académico y deben ser tomados en cuenta por aquellas personas que deben decidir sobre el largo de una rotación o el destino que debe darse a un bosque determinado.

Dentro de cada rodal se presentó una gran variación de árbol a árbol (Ver gráfico 1). Dado que dentro de cada rodal no hubo grandes diferencias de ambiente es de suponer que las diferencias entre árboles son primordialmente genéticas. Esta gran variación en la gravedad específica se presenta normalmente en todas las especies forestales y es la base para el mejoramiento, pues permite apreciar los fenotipos con que cuenta y realizar el trabajo de selección.

Nº de árboles

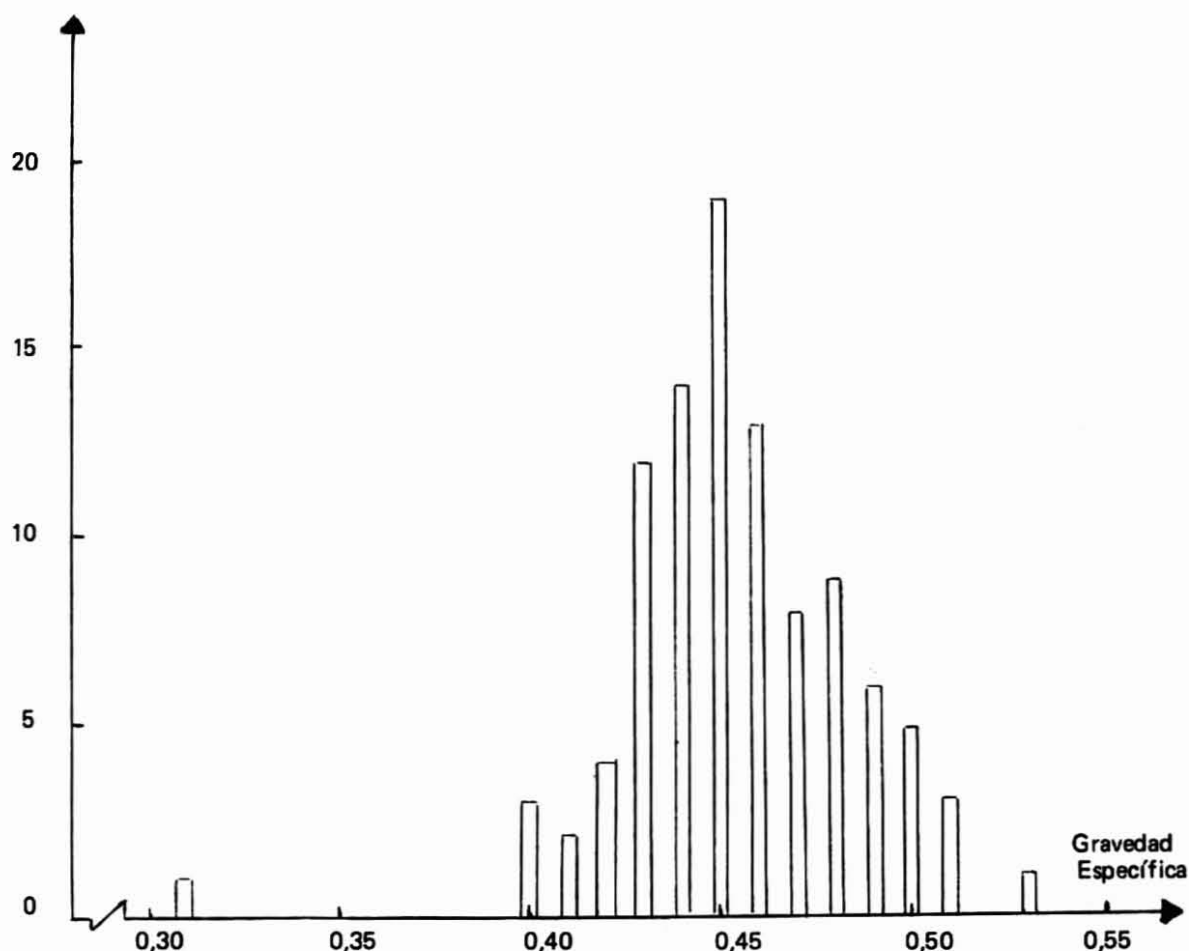


GRAFICO 1: Variación de la gravedad específica en la madera adulta de un rodal de pino insigne en la localidad de San Juan. N: 100 árboles.

La variación de la gravedad específica entre árboles (variación que se presenta para la mayoría de los rasgos de la especie) debe ser tomada en cuenta cuando se diseñan investigaciones forestales que tiendan a evaluar el efecto de algún tratamiento sobre la calidad de la madera (por ej.: efecto de la intensidad de raleo, espaciamiento o fertilización). Debe tomarse un número suficiente de árboles como para considerar toda la variación de árbol a árbol.

Las diferencias en gravedad específica media de la madera adulta (sección exterior al 80 anillo, que usualmente se emplea para caracterizar la gravedad específica del árbol) que presentan entre sí las cuatro localidades estudiadas (Ver cuadro 2), seguramente se deben a influencia del medio ambiente y en pequeña proporción a control genético, debido a que el pino insigne es una especie de reciente introducción en nuestro país y a la mezcla de semillas de distintas localidades con que se reforesta.

Por esta razón, no es probable que exista en nuestro país una variación racial. Sin embargo, esto es materia de un nuevo estudio acerca de la variación geográfica de la gravedad específica y de estudios en plantaciones clonales que debieran comenzarse en Chile, las cuales darían más luces al respecto. Harris, (1964) examinó la variación geográfica de la gravedad específica y otras características en pino insigne, en Nueva Zelanda y encontró fuerte correlación con factores del ambiente, tales como la temperatura media anual, latitud y altitud.

RELACION GRAVEDAD ESPECIFICA – VELOCIDAD DE CRECIMIENTO

Se calculó los coeficientes de correlación entre la velocidad de crecimiento y la gravedad específica de cada una de las secciones en que fueron divididos los tarugos.

Los resultados indican una correlación muy baja y no significativa entre la velocidad de crecimiento y la gravedad específica. (Ver cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre velocidad de crecimiento y gravedad específica .

Sección del Tarugo	El Llano			San Juan				Patagual			Canteras		
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
Anillos Comprendidos	0°-3°	4°-7°	8°-18°	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-21°	0°-7°	8°-11°	12°-19°	0°-3°	4°-7°	8°-18°
Coeficientes de Correlación	0,142	0,081	-0,018	-0,288	-0,159	-0,126	-0,053	-0,066	0,009	-0,202	-0,033	0,062	-0,046

* Significativo al nivel del 1 o/o.

Esta relación ha suscitado controversia pues hay autores que encuentran una correlación negativa entre ambos factores. Como lo indican Spurr y Hsuing, (1954) y Zobel, (1969), esta correlación se debe al hecho de que muchos trabajos se realizaron sin considerar la variación de la gravedad específica de médula a corteza como consecuencia de la edad. Como ya se indicó, la gravedad específica aumenta del centro del árbol, hacia el cambium debido a un proceso de maduración en el que se producen células más largas y de paredes más gruesas. Este proceso de maduración coincide con un estrechamiento de los anillos hacia la periferia que es consecuencia de la tendencia del árbol, si el espacio de crecimiento se mantiene constante, a agregar cada año un volumen más o menos igual de madera. Para crecer dicho volumen, el árbol necesitará un espesor de anillo mayor cuando es joven y tiene poco diámetro que cuando es adulto y tiene gran diámetro. (Spurr y Hsuing, 1954).

No es extrañable encontrar fuertes correlaciones negativas cuando se deja de considerar el efecto de la edad en la gravedad específica. Esto sucede con relaciones tales como: gravedad específica total del tarugo de incremento versus tasa de crecimiento total o versus DAP. Lo correcto es estudiar esta relación dejando constante la edad, lo cual se consigue comparando secciones de igual rango de edad. Este criterio se empleó en el presente estudio.

Los bajos coeficientes de correlación encontrados en nuestro trabajo indican pequeño grado de asociación entre la velocidad de crecimiento y la gravedad específica. Esto significa que pueden encontrarse árboles con alta velocidad de crecimiento y baja o alta gravedad específica, y lo contrario.

Como deducción directa de esto, puede desecharse la duda que se tenía en el Programa de Mejoramiento Genético del Pino insigne en Chile en relación a que como consecuencia de seleccionar árboles de alta gravedad específica pudiera estarse seleccionando árboles de lento crecimiento.

CORRELACION ENTRE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA MADERA JUVENIL Y ADULTA

A pesar de que los coeficientes de correlación encontrados fueron todos significativos al 1 o/o, excepto uno que lo fue al 5 o/o, ellos fueron bajos (cuadro 4).

Cuadro 4. Coeficientes de correlación entre las gravedades específicas de las distintas secciones dentro del tarugo de incremento por localidad.

Sección del Tarugo	El Llano			San Juan				Patagual			Canteras		
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
Anillos Comprendidos	0°-3°	4°-7°	8°-18°	0°-3°	4°-7°	8°-11°	12°-21°	0°-7°	8°-11°	12°-19°	0°-3°	4°-7°	8°-18°
Sección 1		**	**		**	**	*		**	*		**	**
		0,386	0,380		0,397	0,256	0,214		0,568	0,274		0,497	0,314
Sección 2			**			**	**			0,216			**
			0,534			0,545	0,393						0,376
Sección 3							**						
							0,570						

Se consideró madera juvenil como los anillos 0 - 7° y adulta los restantes

* Significativo al nivel del 5 o/o.

** Significativo al nivel del 1 o/o.

Esto significa que existe poca seguridad para pensar que árboles que en la etapa juvenil presentan una alta o baja gravedad específica continuarán cuando adultos con esta tendencia. Por esto, es muy inseguro y no recomendable seleccionar árboles en razón a su gravedad específica antes de los 14 años (11 anillos a la altura del DAP).

MEJORAMIENTO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA EN CHILE

Siendo el pino insigne una especie de crecimiento rápido, que en Chile se está rotando a edades entre 15 y 25 años, la madera juvenil alcanza un porcentaje significativo del volumen total del árbol, lo cual influye en una baja en la media de su gravedad específica. Al parecer, en Chile la tendencia es mantener rotaciones cortas debido al notable aumento que está teniendo la industria de la celulosa.

Aunque es materia de una formulación de política nacional de mejoramiento genético del pino insigne, que contemplara una regionalización de los bosques según su uso, los autores piensan que con el objeto de incrementar la gravedad específica media de la madera de pino insigne, se debería tratar de mejorar la gravedad específica de la madera juvenil junto con la gravedad específica de la madera adulta, en las zonas destinadas a la producción de madera para pulpa (no olvidar la relación directa de gravedad específica con el rendimiento de la madera en pulpa).

Koch, P. (1972) indica que para los pinos del Sur de los Estados Unidos la manipulación genética de la madera juvenil es difícil, pero factible y la manipulación genética de la gravedad específica de la madera adulta es fácil. Para pino insigne aún no se tiene información concreta acerca de la heredabilidad de la gravedad específica puesto que las experiencias iniciadas al respecto, en otros países, están recién dando resultados (Harris, 1965).

Con respecto a las áreas de producción de madera aserrada, o de uso integrado aserrado-pulpa, debería ponerse énfasis sólo en segunda prioridad al mejoramiento de la gravedad específica y debería restringirse a la madera adulta. Los caracteres que deben mejorarse en primera prioridad son aquellos relacionados con la morfología (forma del tronco, ángulo de las ramas, presencia de conos en el fuste y otros) y velocidad de crecimiento, puesto que con ellos ya se logra un considerable mejoramiento en la calidad de la madera.

Los autores estiman que debieran iniciarse en Chile investigaciones tendientes a estudios de heredabilidad mediante la realización de plantaciones clonales y de plántulas en varios puntos del país. Por otra parte, dado que es necesario conocer el pool total de genes existentes en Chile para no perder ninguna posible fuente de mejoramiento, debería iniciarse un estudio de la variación geográfica de la gravedad específica.

BIBLIOGRAFIA

- DADSWELL, H. E. et al. **Tree to tree variations and the gross heritability of wood characteristics of *Pinus radiata***. TAPPI, Canada 44 (3): 174-179, 1961
- HARRIS, MADDERN **The heritability of wood density**. New Zealand, Forest Service (Reprint Nº 333) 1965
- _____. **The influence of environment of the wood density of radiata pine grown in New Zealand, 1965**. In: *World consultation on forest genetics and tree improvement* Stockholm 23 to 30 August, 1963
- KOCH, Peter **Utilization of the Southern pines**. Washington, Department of Agriculture forest service, 1972 Vol. I (*Agriculture Handbook Nº 420*).
- ORTIZ, C. M. **Variaciones del largo de traqueidas y peso específico en pino insigné (*Pinus radiata* D. Don)**. En Instituto Forestal ed. *Actas de la reunión sobre productos forestales*, Concepción, Octubre, 1964. Santiago, Chile, 1965; p: 35-39 (Informe Técnico Nº 21)
- PAZ, P. J. y MELO, S. R. **Contribución al análisis de las variaciones del largo de fibras y pesos específicos en pino insigné (*Pinus radiata* D. Don)**. En: Instituto Forestal ed. *Actas de la reunión sobre investigaciones en productos forestales*. Concepción, Octubre, 1964. Santiago, Chile. P: 45-49 (Informe Técnico Nº 21)
- ROMERO, A. R. **Estudio de la variación en el peso específico de la madera de pino insigné en varias edades y distancias desde la médula del árbol**. Santiago. Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal, 1956 (Tesis)
- SPURR, S. H. y HSUING, W. Y. **Growth rate and specific gravity in conifers**. Journal of Forestry, USA 52: 191-200, 1954
- STONECYPHER, R. W. and ZOBEL, B. J. **Inheritance of specific gravity in five years old seedling of Loblolly Pine**. TAPPI, Canada 49 (7): 303-305, 1966
- ULLOA, A. Ivan **Variación del largo de traqueidas en relación al peso específico en pino insigné (*Pinus radiata* D. Don)**. Santiago. Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal, 1962, (Tesis).
- ZOBEL, B. J. **Wood Properties**. In: *Forest tree improvement training centre* June 30- July 25, 1969. Lecture Notes Part II, School of forest resources North Carolina State University at Raleigh, 1969.
- ZOBEL, B. J. and RHODES, R. R. **Specific gravity estimations of Mature Loblolly Pine from juvenile Wood Seedlings Limb Sections**, Forest Science, USA, 2 (2): 107-112, 1956
- _____. **Specific gravity indice for use in breeding Loblolly Pine** Forest Science, USA, 3 (3): 281-285, 1957.

Cubierta: Sección Cartografía y Dibujo
Impreso en los Talleres del
Instituto Forestal
Valenzuela Llanos 1061
Casilla 3085
Octubre 1974
Tiraje: 500

Alfaro C., René et al.

Gravedad específica y mejoramiento genético de la madera de pino insigne, por , e Hilda Moreno. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1974. 12 p. (Serie de Investigaciones N° 9).

Se estudia la variación de la gravedad específica en pino insigne dentro del árbol, entre árboles de una localidad y entre diferentes localidades. Se pone énfasis en la variación dentro del tronco de médula a corteza, en relación con su edad y velocidad de crecimiento. Se hacen comentarios generales sobre el mejoramiento genético de la gravedad específica de la madera.

Alfaro C., René et al.

Specific gravity and genetic improvement of wood from pine radiata, by , and Hilda Moreno. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1974. 12 p. (Research Series N° 9).

The variation of specific gravity in Insignis Pine is studied within a tree, among trees in an individual locality and four different localities. Emphasis is located on the variation inside the stem from pith to bark and on its relationship with age and growth rate. Some general guidelines about the breeding of wood specific gravity are given.

Alfaro C., René et al.

Gravedad específica y mejoramiento genético de la madera de pino insigne, por , e Hilda Moreno. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1974. 12 p. (Serie de Investigaciones N° 9).

Se estudia la variación de la gravedad específica en pino insigne dentro del árbol, entre árboles de una localidad y entre diferentes localidades. Se pone énfasis en la variación dentro del tronco de médula a corteza, en relación con su edad y velocidad de crecimiento. Se hacen comentarios generales sobre el mejoramiento genético de la gravedad específica de la madera.

Alfaro C., René et al.

Specific gravity and genetic improvement of wood from pine radiata, by , and Hilda Moreno. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1974. 12 p. (Research Series N° 9).

The variation of specific gravity in Insignis Pine is studied within a tree, among trees in an individual locality and four different localities. Emphasis is located on the variation inside the stem from pith to bark and on its relationship with age and growth rate. Some general guidelines about the breeding of wood specific gravity are given.

