

RELACION ENTRE EL PESO ESPECIFICO Y ALGUNAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL Alnus jorullensis HBK.

Por

Rodrigo González Meza

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica
Febrero, 1970

RELACION ENTRE EL PESO ESPECIFICO Y ALGUNAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL Alnus jorullensis HBK.

Tesis

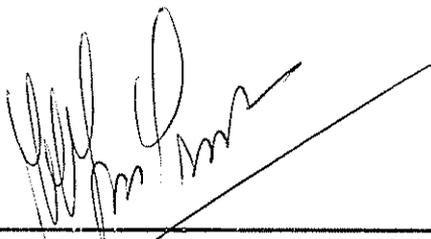
Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

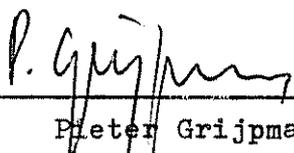
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



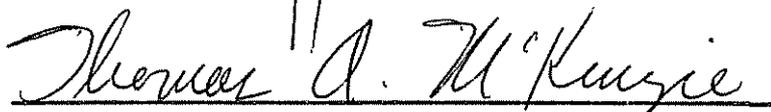
Harry J. van der Slooten, M.S.

Consejero



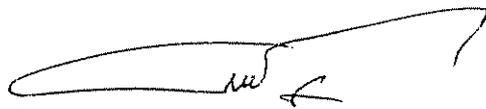
Pieter Grijpma, M.S.

Comité



Thomas A. McKenzie, M.S.

Comité



Gilberto Páez, Ph.D.

Comité

Febrero, 1970

A

Arne Haider

Kees Soels

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece:

Al consejero principal H. J. van der Slooten y señores consejeros por su dirección.

A los señores profesores y personal de la Disciplina de Ciencias Forestales del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Al personal del Laboratorio de Maderas.

A los señores propietarios de bosques que suministraron los árboles para el presente estudio.

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y al Centro de Enseñanza e Investigación que concedieron la beca para realizar sus estudios posgraduados.

A la Organización para la Agricultura y la Alimentación FAO por financiar los costos de la presente investigación.

A la Universidad de Costa Rica que colaboró a través del Instituto de Estadística, del Centro de Cálculo Electrónico, y del Departamento de Biología.

Al dibujante señor José Andrés Masís N. y a la señora Mireya de Vega, quienes colaboraron en la preparación de las figuras y de la copia final de esta tesis.

A todas las personas e instituciones que cooperaron en la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

Rodrigo González Meza nació en Alajuela, Costa Rica, el 17 de diciembre de 1937.

Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Los Angeles en San José donde obtuvo su título de Bachiller en Ciencias y Letras.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, en la que obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en 1966.

En 1965 recibió el "Curso Internacional sobre Método Científico, Métodos Estadísticos, Diseño y Análisis de Experimentos y Redacción Técnica", realizado en Panamá bajo los auspicios del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.

De 1966 a 1967 trabajó en el Proyecto de Desarrollo Forestal de Costa Rica en la sección de Inventarios Forestales.

En setiembre de 1967 ingresó al departamento de Ciencias Forestales del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Costa Rica, gracias a una beca concedida por el Centro de Enseñanza e Investigación de dicho Instituto.

Ha participado en dos viajes de estudios a los Estados Unidos, el uno orientado principalmente hacia los aspectos silviculturales, y el otro con énfasis en industrias forestales e investigaciones tecnológicas de la madera.

En febrero de 1969 participó, como delegado por Costa Rica, en el Primer Seminario sobre Utilización de Bosques en Latinoamérica, celebrado en Bogotá, Colombia.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
ABREVIATURAS	xi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Distribución geográfica del jaúl	4
2.2. Características anatómicas	4
2.3. Propiedades físicas	5
2.4. Propiedades mecánicas	5
2.5. Peso específico y propiedades mecánicas	7
3. MATERIALES Y METODOS	13
3.1. Localización del estudio	13
3.2. La población en estudio	19
3.3. El muestreo estadístico	20
3.4. Selección de las muestras en cada árbol	21
3.5. Equipo de campo y de laboratorio	24
3.6. Método estadístico para regresión y correlación.	25
3.7. Número y procedimiento de las pruebas	28
3.8. Estimación del área basal, la edad y la tasa de crecimiento	30
4. RESULTADOS	31
4.1. Características de los árboles de jaúl	31
4.2. Descripción de la madera	31
4.2.1. Características generales	31
4.2.2. Características macroscópicas	32
4.2.3. Características microscópicas	33
4.2.4. Propiedades físicas	34
4.2.5. La muestra Pressler	42
4.2.6. Variación del peso específico en el árbol	42
4.2.7. Pérdida de humedad al horno	46
4.2.8. Contenido de humedad de las vigas	46
4.2.9. Contracciones	46
4.3. Propiedades mecánicas	48

	<u>Página</u>
4.3.1. Coeficientes de correlación	56
4.3.2. Coeficientes de variación	58
4.3.3. Curvas de regresión	59
4.3.4. Ecuaciones de predicción	70
4.3.5. Número de muestras y grado de precisión.	70
4.3.6. Comparación del jaúl con otras especies.	73
5. DISCUSION	77
6. CONCLUSIONES	81
7. RECOMENDACIONES	83
8a. RESUMEN	85
8b. SUMMARY	88
9. LITERATURA CITADA	92
APENDICES	100
1. Ejemplo del uso de las ecuaciones de regresión ...	101
2. Curvas de regresión del esfuerzo de las fibras al límite proporcional y el módulo de ruptura (flexión estática) en función del peso específico	103

LISTA DE CUADROS

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Ubicación y algunas características de los sitios	15
2	Análisis de los componentes de varianza del peso específico	36
3	Comparación del peso específico de los árboles de crecimiento rápido y crecimiento lento, y árboles jóvenes con árboles maduros. Jaúl	41
4	Propiedades físicas y mecánicas del jaúl de las Cordilleras Central y de Talamanca, Costa Rica	51
5	Propiedades mecánicas del <u>Alnus jorullensis</u> HBK en condición seca al aire	55
6	Coefficientes de correlación r de las propiedades mecánicas y el peso específico <u>Alnus jorullensis</u> HBK	57
7	Coefficientes de correlación de distintas variables del <u>Pinus resinosa</u> y del <u>Alnus jorullensis</u>	58
8	Coefficientes de variación de algunas especies de los Estados Unidos y el <u>Alnus jorullensis</u> de Costa Rica	59
9	Correlación y regresión de algunas propiedades físicas y mecánicas de 33 árboles de <u>Alnus jorullensis</u> HBK	71
10	Número de árboles y de muestras necesarios para hacer estimaciones con 0,05 de error. Grado de error para cada uno de los parámetros estimados <u>Alnus jorullensis</u>	72
11	Propiedades físicas y mecánicas de cuatro especies de <u>Alnus</u> . Distintas procedencias	74
12	Peso específico y propiedades mecánicas de diez especies forestales de distintas procedencias .	76

LISTA DE FIGURAS

Figura N ^o		<u>Página</u>
1	Ubicación de los sitios y área potencial del jaúl	14
2	Ubicación de las muestras en cada árbol, jaúl ...	22
3	Posición relativa de las muestras de peso específico (línea a trazos), y propiedades mecánicas (línea sólida) en el disco y la troza respectivamente	23
4	Peso específico promedio de cada disco (ABC) y del árbol (x), jaúl	37
5	Regresión del peso específico sobre la tasa de crecimiento (No. anillos/cm), jaúl	38
6	Relación entre el peso específico y la altura del fuste, jaúl	39
7	Relación entre el peso específico y la altura del árbol	39
8	Regresión del número de anillos en el disco A, sobre la edad posible de los árboles del jaúl	40
9	Comparación del peso específico de jaúl, obtenido por dos tipos de muestras	43
10	Peso específico promedio de cada árbol (x) y de las muestras Pressler (•) en función de la edad del árbol	44
11	Variación del peso específico del jaúl en el sitio A según distancias de la médula en el árbol .	45
12	Variación del peso específico del jaúl en función de la altura del fuste	45
13	Velocidad de secado al horno, muestras de jaúl en dimensiones 5x5x15 cm (curva trazada libremente).	47
14	Comparación de las contracciones radial (r) y tangencial (t) de seis árboles de jaúl (de verde a seco al horno)	49
15	Línea de regresión y banda de confianza para predecir la contracción volumétrica en función de la edad del árbol	50

Figura N ^o		<u>Página</u>
16	Esfuerzos de flexión estática y compresión paralela al grano por sitios, jaúl	53
17	Histograma de frecuencia de los pesos específicos promedio de 33 árboles de jaúl	54
18	Polígono de frecuencia según clases de peso específico, muestras para flexión estática	54
19	Diagrama de dispersión del efecto del peso específico sobre el esfuerzo de las fibras al límite proporcional (flexión estática)	60
20	Diagrama de dispersión del efecto del peso específico sobre el módulo de ruptura (flexión estática)	61
21	Esfuerzo de las fibras al límite proporcional en función del peso específico con su curva de regresión y los límites de confianza (33 árboles de jaúl)	62
22	Comparación entre el esfuerzo de las fibras al límite proporcional (flexión estática) en función de la edad (número de anillos en disco A)	64
23	Comparación del esfuerzo de las fibras al límite proporcional (flexión estática) en función de la tasa de crecimiento de los árboles de jaúl	65
24	Módulo de elasticidad (flexión estática) en función del peso específico	66
25	Comparación del módulo de ruptura (flexión estática) en función de la edad de los árboles de jaúl	67
26	Esfuerzo de las fibras al límite proporcional (compresión paralela al grano) en función del peso específico, jaúl	68
27	Máxima resistencia a la compresión paralela al grano en función del peso específico, jaúl	68
28	Comparación del módulo de elasticidad (compresión paralela al grano) en función del peso específico, jaúl	69
29	Resistencia al cizallamiento en función del peso específico	69

Figura N ^o		Página
30	Relación entre el peso específico y la resistencia de las fibras al límite proporcional (flexión estática) de algunas maderas tropicales ..	106
31	Relación entre el peso específico y el módulo de elasticidad (flexión estática) de algunas maderas tropicales	107

ABREVIATURAS

CM	:	Cuadrados medios
CV	:	Coefficiente de variación
desv. est.:		Desviación estándar
esf. f.lim.prop., e.f.l.p.:		esfuerzo de las fibras al límite proporcional.
F de V	:	Fuente de variación
gl	:	grados de libertad
mod. elast.:		módulo de elasticidad
mod.rupt.:		módulo de ruptura
num.arb., No. arb.:		número de árboles
P.e., p.e.:		peso específico
Psh/Vh	:	peso seco al horno dividido por volumen seco al horno.
Psh/Vv	:	peso seco al horno dividido por volumen verde
r	:	coeficiente de correlación
r ²	:	coeficiente de determinación
s	:	desviación estándar
s _e	:	desviación estándar de la ecuación
tasa crec.:		tasa de crecimiento
trab.c.max.:		trabajo a la carga máxima
trab.lim.prop.:		trabajo al límite proporcional
\bar{x} , \bar{y}	:	promedios
α	:	grado de error
n	:	número de muestras

1. INTRODUCCION

La tendencia de la silvicultura moderna presionada por la creciente demanda de madera se ha orientado al cultivo y aprovechamiento de especies maderables de rápido crecimiento (31, 33, 41, 59, 81). Las maderas que antes no tenían ninguna utilidad o servían sólo como balsas para el transporte fluvial de otras maderas valiosas, hoy son materia prima para las industrias, como ha sido el caso del Virola sp. en Surinam y Ecuador. Lo mismo ocurre con las maderas que tradicionalmente se han usado como combustible (Quercus sp. en Costa Rica).

La producción y consumo mundial de madera aumenta por el crecimiento de la población y la introducción de nuevos usos y distintas modalidades de los consumidores (32, 33, 81). Las industrias del papel y de los tableros de partículas han experimentado los incrementos más significativos (81).

En Costa Rica existen muchas especies que no han sido bien utilizadas, entre otros motivos, por la falta de conocimiento de sus propiedades tecnológicas (59, 84).

Una de estas especies es el Alnus jorullensis HBK (sinónimos: A. ferruginea y A. acuminata) de la familia Betulaceae (54), natural y plantado por muchos años en las zonas altas de Costa Rica. El objeto de dichas plantaciones ha sido con doble propósito: sombra en las fincas de ganadería y obtención de madera. Cuando se cultiva el jaúl asociado con pastos constituye uno de los usos más eficientes de la tierra (16, 17, 18, 20, 40, 93).

Desde el punto de vista silvícola esta especie es bien conocida, hay experiencias por parte de los finqueros y también trabajos

técnicos (3, 17, 39).

En nuestro medio, el jaúl (Alnus jorullensis) fue estudiado en sus propiedades tecnológicas y anatómicas por van der Slooten y Acosta (1, 84), pero sólo como una guía preliminar, puesto que usaron muestras de un sólo árbol proveniente de un bosque natural puro a 2400 m s.n.m. Los resultados de ese estudio dieron una indicación que esta madera es prometedora y sugieren la conveniencia de realizar estudios más detallados sobre esta especie.

En el Valle Intermontano Central y sus alrededores existe una área potencial accesible de unos mil kilómetros cuadrados donde puede crecer el jaúl. Dicha zona tiene caminos transitables durante casi todo el año. Por la abundancia de la especie en esa región y su proximidad a los centros de consumo se puede pensar en que será una fuente de materia prima valiosa para la industria maderera y sus derivados, lo que hace sentir más la necesidad de conocer mejor sus propiedades tecnológicas.

Los objetivos del presente trabajo fueron: Determinar algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera. Estudiar el grado de variación de la especie en el ámbito geográfico muestreado. Finalmente, estimar el grado de asociación entre las propiedades estudiadas.

Los datos obtenidos servirán como una guía para ingenieros, industriales de la madera, constructores y todos los interesados en la utilización del jaúl (38).

También son útiles las informaciones obtenidas, tanto para orientar nuevas investigaciones, como para hacer recomendaciones de

carácter silvicultural (30, 35). Los datos servirán para comparar las propiedades con las de otras especies y para determinar la influencia sobre las propiedades mecánicas de ciertos factores tales como sitio, densidad, posición dentro del árbol y quizá lo más importante para sugerir nuevos usos (14).

La duración de esta investigación fue de 18 meses: seis meses en revisión de literatura, dos meses en trabajo de campo, cuatro meses en trabajo de laboratorio, y seis meses en análisis de los datos y redacción del informe.