

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente



**DETERMINACION DEL TRABAJO EN FLEXION DE SIETE
ESPECIES DE CONIFERAS EXOTICAS CRECIDAS EN CHILE**

Por

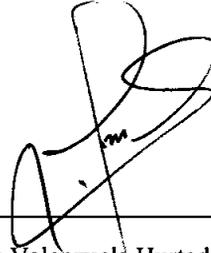
ALIRO DANTE GASCON CASTRO

MEMORIA DE TITULO PRESENTADA
A LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE
1996

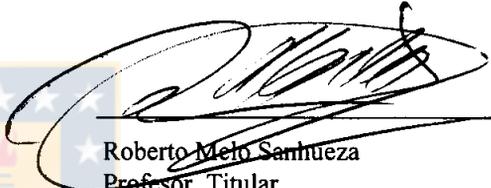
DETERMINACION DEL TRABAJO EN FLEXION DE SIETE
ESPECIES DE CONIFERAS EXOTICAS CRECIDAS EN CHILE

Profesor Asesor



Luis Valenzuela Hurtado
Profesor Asociado, Ingeniero de
Ejecución en Maderas, Master in
Wood Sc., Ph D. in Wood Sc. and
Technology.

Profesor Co-Asesor



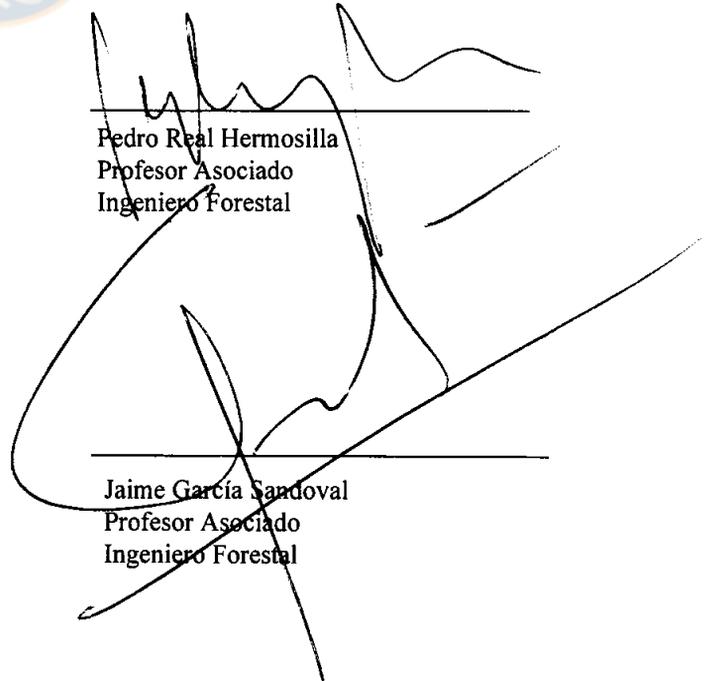
Roberto Melo Sanhueza
Profesor Titular
Ingeniero Civil Químico

Director Departamento



Pedro Real Hermosilla
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

Decano Facultad de Ciencias
Forestales



Jaime García Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

DEDICATORIA

A Aliro... mi padre, que está en mis recuerdos y a quién trato de imitar sus altos valores de honestidad, sencillez y respeto a los seres humanos.

A Otilia... mi madre, quién jamás dudo de mi y a quién debo gran parte de lo que tengo por la gran fortaleza y fe que posee.

A Berta y Adriana...mis hermanas, con las que he compartido toda una vida de hermandad y comprensión.

A Giovanna...mi compañera, quién me apoyó en los últimos días de universidad y con la que espero recorrer todos los demás.



AGRADECIMIENTOS

A Don Luis Valenzuela, quién guió los caminos de este trabajo y simplificó las dificultades que se presentaron.

A Don Roberto Melo, quién aportó su innegable experiencia y conocimiento, y además facilitó - desinteresadamente - su computador en momentos claves del desarrollo de esta memoria.

A mis amigos Luis Moraga y Alex Fajardo, quienes me prestaron su máxima colaboración y consejo, entendible sólo en los grandes amigos.

A mis amigos Nelson Alarcón y Paloma, quienes me acogieron en su casa y, por lo cual, compartimos muchos momentos placenteros.

A mis grandes compañeros y amigos que caminaron conmigo los hermosos y sufridos años de vida universitaria, tanto en Chillán como en Concepción. Para los que se han distanciado, el mejor de los recuerdos.

A mis tios Dante, Elba y Adriana, quienes creyeron en mi a pesar de mis caídas.



INDICE DE MATERIAS

<i>CAPITULOS</i>	<i>PAGINA</i>
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Madera.....	3
2.2 Propiedades Mecánicas.....	3
2.2.1 Generalidades y Definiciones.....	3
2.2.2 Propiedades obtenidas del Gráfico Carga/Deflexión.....	5
2.3 Propiedades Fisicas que afectan las Propiedades Mecánicas.....	9
2.3.1 Contenido de Humedad.....	9
2.3.2 Densidad.....	10
2.3.3 Defectos.....	12
2.4 Trabajo.....	12
2.4.1 Trabajo elástico (W_e).....	13
2.4.2 Trabajo plástico (W_p).....	14
2.4.3 Trabajo total (W_t).....	14
2.5 Parámetros Comparativos del Trabajo en Flexión.....	14
2.5.1 Coeficiente de Tetmajer (η).....	15
2.5.2 Módulo Plástico de Janka (Z).....	15
2.5.3 Trabajo Específico de Janka (α).....	16
2.6 Relaciones entre prop. en flexión, densidad y ancho de anillos.....	16
III MATERIALES Y METODOS.....	17
3.1 Materiales.....	17
3.2 Procedencia de las muestras.....	18
3.3 Descripción del ensayo en flexión estática.....	18
3.4 Metodología de trabajo.....	19

<i>CAPITULOS</i>	<i>PAGINA</i>
IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
4.1 Resumen de Resultados.....	21
4.2 Discusión de cada variable en estudio.....	23
4.2.1 Trabajo elástico (W_e).....	23
4.2.2 Trabajo plástico (W_p).....	25
4.2.3 Trabajo total (W_t).....	26
4.2.4 Coeficiente de Tetmajer (η).....	27
4.2.5 Módulo Plástico de Janka (Z).....	28
4.2.6 Trabajo Específico de Janka (α).....	29
4.3 Comparaciones porcentuales de Energía en Flexión.....	30
4.4 Relaciones.....	33
V CONCLUSIONES.....	37
VI RESUMEN Y SUMMARY.....	38
6.1 Resumen.....	38
6.2 Summary.....	39
VII BIBLIOGRAFIA.....	40
VIII APENDICES.	
A Tablas de cálculos de todos los valores obtenidos.	
B Gráfico de todas las especies en estado verde y seco	
C Grado de Significancia de las Variables independientes	
IX ANEXOS.	
A Correspondencia de cada especie a su Clase Estructural.	
B Usos de las maderas en estudio.	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Valores de densidades de <i>P. radiata</i> para estados verde y seco.....	11
2	Valores Promedios en estado seco para los trabajos en flexión, los parámetros comparativos de trabajo en flexión y otras propiedades mecánicas y físicas de las especies.....	21
3	Valores Promedios en estado verde para los trabajos en flexión, los parámetros comparativos de trabajo en flexión y otras propiedades mecánicas y físicas de las especies.....	22
4	Regresión lineal múltiple para <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> , considerando W_e , W_p y W_t en estados verde y seco.....	33
5	Regresión lineal múltiple para <i>Cupressus lusitanica</i> , considerando W_e , W_p y W_t en estados verde y seco.....	33
6	Regresión lineal múltiple para <i>Cupressus macrocarpa</i> , considerando W_e , W_p y W_t en estados verde y seco.....	34
7	Regresión lineal múltiple para <i>Picea obovata</i> , considerando W_e , W_p y W_t en estados verde y seco.....	34
8	Regresión lineal múltiple para <i>Pinus pinaster</i> , considerando W_e , W_p y W_t en estados verde y seco.....	34
9	Regresión lineal múltiple para <i>Pinus radiata</i> , considerando W_e , W_p y W_t en estados verde y seco.....	35
10	Regresión lineal múltiple para <i>Pinus strobus</i> , considerando W_e , W_p y W_t en estados verde y seco.....	35
11	Regresión lineal múltiple para todas las especies, considerando W_e , W_p y W_t en estados verde y seco.....	35

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Comportamiento gráfico general de la madera y de otros muchos materiales cuando se aplica una carga y su correspondiente deflexión.....	5
2	Diagrama Propiedades Mecánicas v/s Porcentaje en el contenido de Humedad de la madera con relación al Punto de saturación de las fibras.....	10
3	Valores medios del Trabajo elástico (W_e), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.....	23
4	Valores medios del Trabajo plástico (W_p), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.....	25
5	Valores medios del Trabajo total (W_t), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.....	26
6	Valores medios del Coeficiente de Tetmajer (η), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.....	27
7	Valores medios del Módulo plástico de Janka (Z), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.....	28
8	Valores medios del Trabajo específico de Janka (α), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.....	29
9	Valores medios de los Trabajos en Flexión, en estado seco.....	30
10	Valores medios de los Trabajos en Flexión, en estado verde.....	32

I. INTRODUCCION

En los últimos años, el tema de la diversificación arbórea ha constituido un referente especial en la política forestal del país, cualesquiera sean las razones que hayan estimulado tal conducta. La tarea de encontrar nuevas especies que potencien nuestro desarrollo, haciendo aún mejor tan variado y enorme territorio, fue ya emprendida en el pasado por visionarios planificadores forestales. Así, hoy en día, cualquier estudio que tienda al conocimiento de nuevas especies madereras, adquiere - por razones de mercado y política forestal - una importancia y potencialidad innegable en el tiempo.

Las especies en estudio, cuyas edades fluctúan entre 52 y 62 años provienen de plantaciones experimentales establecidas en el sector “Los Guindos” de la Reserva Nacional de Malleco; éstas son: *Picea obovata* Ledeb., *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parlat., *Pinus strobus* L., *Pinus pinaster* Ait., *Cupressus macrocarpa* Hartw. y *Cupressus lusitanica* Mill. Las muestras de la especie *Pinus radiata* D. Don pertenece a predios particulares de Forestal Mininco S.A.

El propósito global de este estudio - considerando que en Chile no existen antecedentes de las propiedades de energía en flexión para las especies mencionadas - es obtener información de alto valor científico y tecnológico que favorezca la preparación de programas de diversificación de especies en plantaciones futuras.

El objetivo del estudio es determinar el trabajo en flexión estática (Trabajo elástico (W_e), Trabajo plástico (W_p) y Trabajo total (W_t)) en estado verde y seco de las siete coníferas exóticas crecidas en Chile señaladas en el párrafo anterior. Además, determinar los Parámetros Comparativos del Trabajo en Flexión Estática (Coeficiente de Tetmajer (η); Módulo Plástico de Janka (Z); y Trabajo Específico de Janka (α)). Por último correlacionar variables de fácil medición, como son: Módulo de elasticidad (MOE),

Ancho de anillos de crecimiento (AAC) y Densidad básica (DB) con variables de Trabajo en flexión, cuya determinación se ve dificultada desde el punto de vista técnico y económico.



II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Madera.

La madera es un material orgánico, no homogéneo, compuesto fundamentalmente por celulosa y lignina. La celulosa constituye la estructura de las paredes celulares, mientras que la lignina es el material ligante de las células entre sí (Pérez, 1981; Pérez, 1983; Bisso, 1982; Infor, 1991).

La madera contiene de 40 a 55 % de celulosa, de 15 a 30 % de lignina, y de 2 a 15 % de otras sustancias llamadas extractivas (taninos, terpenos y polifenoles, entre otros). En tanto que la celulosa confiere flexibilidad a la pared de la célula, la lignina le importa rigidez (Foulger, 1972). La estructura de la lignina no es fibrosa, pero por formarse alrededor de las fibrilas (estructura gruesa formada por hebras que, a su vez, son agrupaciones de moléculas de celulosa) da a la pared celular una consistencia semejante al hormigón armado (Foulger, 1972).

La madera es higroscópicamente inestable. Higroscopicidad es la propiedad de absorber y exhalar agua según las circunstancias del medio ambiente.

2.2 Propiedades Mecánicas

2.2.1 Generalidades y Definiciones. La rama de la mecánica (ciencia que estudia la influencia de las fuerzas sobre los cuerpos) que investiga el desarrollo de esfuerzos o fatigas en cuerpos sometidos a la acción de cargas exteriores y la consiguiente deformación de los mismos, se denomina Resistencia de Materiales (Sloane, 1966).

Las Propiedades Mecánicas de la madera miden su capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas (Pérez, 1981; Pérez, 1983; Norambuena, 1967; Bisso, 1982; Diaz-Vaz y Cuevas, 1982; Spuler, 1973), entendiéndose por ello cualquier solicitación que, actuando exteriormente, altere su tamaño o dimensión, o la deforme de otra manera cualquiera (Pérez, 1983; Bisso, 1982; Torricelli, 1941).

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera, se obtiene a través de la experimentación, en un ensayo de laboratorio; es decir utilizando probetas. Si se han realizado correctamente son preferibles bajo cualquier concepto; ya que se emplea menos tiempo y material que en las determinaciones directas, y, en consecuencia están mejor adaptados para el gran número de ensayos que deben realizarse para estudiar las variaciones naturales de la madera (Pérez, 1981), además el que un ensayo a escala natural no pueda llevarse a cabo generalmente por razones prácticas, ha obligado a una profunda investigación encaminada a establecer los factores de correlación que permitan estimar la razón de semejanza entre el modelo y el elemento de servicio.

Los ensayos se realizan en dos estados de contenidos de humedad. El primero, con probetas que tienen una humedad superior al 30 % (estado verde) y, el segundo, con probetas cuyo contenido de humedad sea el 12 % (estado seco) (Pérez, 1981).

La madera, posee tres direcciones de simetría elástica mutuamente perpendiculares entre sí, es decir es un material ortotrópico, ya que posee planos radiales, tangenciales y longitudinales. Por lo tanto las propiedades mecánicas no son las mismas en todos los sentidos; en consecuencia para definir un esfuerzo de la madera es necesario especificar la dirección de las fuerzas aplicadas en relación a la dirección de las fibras. (Benavente, 1993).

Esfuerzo: Es la fuerza interna total o resultante que se transmite a través de una sección plana de un cuerpo libre (cuerpo aislado de sus inmediatos) (Sloane, A., 1966).

2.2.2 Propiedades obtenidas del Gráfico Carga / Deflexión. Si trazamos un diagrama en el cual se toman en la ordenada las cargas y en las abscisas las deflexiones, se revelan gráficamente (Figura N° 1) un conjunto de propiedades mecánicas. La primera parte de este diagrama corresponde a la zona elástica, y la segunda a la zona plástica.

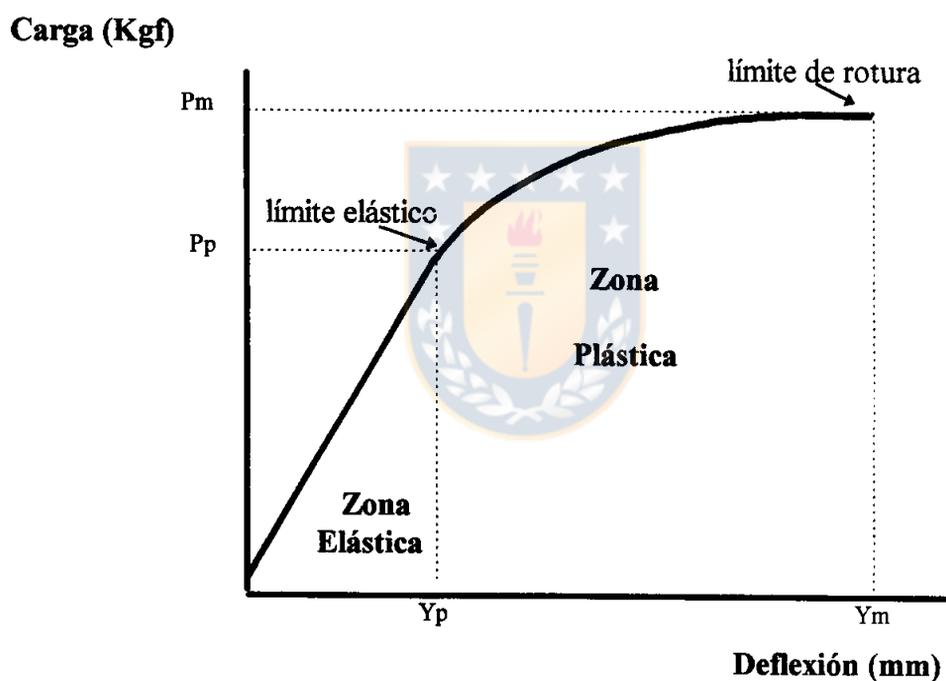


Figura N° 1. Comportamiento gráfico general de la madera en flexión y de otros muchos materiales cuando se aplica una carga y su correspondiente deflexión. Nótese, además, que la zona elástica se encuentra delimitada por un triángulo.

En la fase elástica, si se aplican cargas adicionales para luego ser retiradas, se observa que la probeta continúa su forma y dimensiones originales mientras no se alcance un valor límite de la carga. Al esfuerzo correspondiente a esta carga límite se le denomina *límite elástico* del material. Pasado este punto, varía la manera del comportamiento del material, las nuevas dimensiones son permanentes, es decir, ha quedado deformado (fase plástica).

Panshin y De Zeeuw (1980), indican que la deformación de la madera bajo carga es el resultado de dos componentes independientes actuando simultáneamente. El primero, es el comportamiento elástico de la madera, que es resultado de la presencia de las microfibrillas, que muestran una respuesta elástica a la aplicación y remoción de una carga, es decir la deformación es totalmente recuperable cuando la carga es removida. El segundo componente es la deformación plástica de la madera, que ocurre como resultado de las propiedades de flujo de la fracción de lignina de la pared celular bajo carga. La recuperación de la deformación plástica es lenta y, eventualmente, se recupera en sólo alrededor de la mitad de la deformación total.

La proporcionalidad entre la carga y la deflexión fue por primera vez registrada por Robert Hooke, que la observó en 1778. "*Ut tensio sic vis*" (como el alargamiento, es la fuerza), y es frecuentemente referida como la ley de Hooke (Hidgon, Ohlsen y Stiles, 1962).

Thomas Young, en 1807, sugirió la importancia de emplear la relación entre el esfuerzo y la deformación para medir la rigidez de un material (Hidgon, Ohlsen y Stiles, 1962; Pérez, 1981). Esta relación se llama *Módulo de Young* o *Módulo de Elasticidad*, para las propiedades de compresión y de tensión en materiales y representa la inclinación de la parte recta de un diagrama (parte elástica) esfuerzo-deformación. Este concepto se representa como sigue:

$$E = \sigma / \epsilon$$

Donde:

E = Módulo de Elasticidad.

$\sigma = P/A$ = Esfuerzo normal por unidad de superficie.

$\epsilon = \delta/L$ = Deformación por unidad de longitud.

Para probetas ensayadas en flexión, su cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$\text{MOE} = P_p l^3 / 4Y_p b h^3 \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

Donde:

P_p = Carga en el límite proporcional (Kg)

Y_p = Deflexión en el límite proporcional (cm)

l = Luz de ensayo (cm)

b = Ancho de la probeta (cm)

h = Altura de la probeta (cm)



Rigidez: es la propiedad por medio de la cual un cuerpo solicitado por fuerzas externas tiende a retener sus tamaños y formas naturales (Torricelli, 1941; Diaz-Vaz y Cuevas, 1982, Pérez, 1981).

Sloane (1966) define la *Rigidez* como la característica o propiedad mecánica que define la capacidad que tiene un material para resistir a la deformación dentro del período elástico. Si un material exige un aumento considerable de la carga para producir una deformación dada, tendrá un valor grande de MOE. Recíprocamente, si el valor de MOE es bajo, el material carecerá de rigidez, en cuyo caso un pequeño aumento de la carga dará lugar a una deformación considerable. El MOE sólo se aplica dentro de la zona elástica (Bisso, 1982; Pérez, 1983).

El valor más alto de la resistencia, expresada como esfuerzo unitario, se llama *carga de Rotura* del material. En este punto se obtiene el *Modulo de Rotura* (MOR). Se obtiene antes de que se produzca la falla del material. Se expresa como:

$$\text{MOR} = 3P_m l / 2bh^2 \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

Donde:

P_m = Carga máxima (Kg)

l = Luz de ensayo (cm)

b = Ancho de la probeta (cm)

h = Altura de la probeta (cm)

Tensión en el límite de Proporcionalidad (σ). Corresponde a la carga unitaria máxima a que se puede someter un material sin que se produzcan deformaciones permanentes. Se expresa como:

$$\sigma = 3P_p l / 2bh^2 \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

Donde:

P_p = Carga en el límite de proporcionalidad (Kg)

l = Luz de ensayo (cm)

b = Ancho de la probeta (cm)

h = Altura de la probeta (cm)

Una propiedad importante relacionada con diseño estructural es la *Tenacidad*, que es la capacidad de absorber grandes cantidades de energía, de un material, sin que sobrevenga la rotura (Sloane, 1966). Cuantitativamente está dada por el área bajo la curva del diagrama carga/deflexión, y su relación es directa: a mayor área, mayor tenacidad.

2.3 Propiedades Físicas que afectan las Propiedades Mecánicas.

2.3.1 Contenido de Humedad. Se entiende por contenido de humedad la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada como porcentaje de la masa de la pieza anhidra (Pérez, 1981).

Esta característica afecta el uso que se puede hacer de la madera, puesto que dependiendo de la cantidad de agua presente en las cavidades celulares, su comportamiento ante alguna sollicitación será diferente y es altamente dependiente de la temperatura y humedad ambiental.

Según Kollmann y Côte (1968), las propiedades de la madera se ven afectadas cuando la humedad de ésta disminuye bajo el Punto de saturación de las fibras (PSF), y sobre éste el efecto de la humedad es mínimo.

El Punto de Saturación de las Fibras se alcanza cuando las paredes de las células están saturadas de agua y los lúmenes sin ésta, es decir, se ha eliminado toda el agua libre. Varía en cada especie, pero su valor oscila de 25 a 35 % de contenido de agua (Valenzuela, 1993). Pérez (1981), menciona que se acepta un 28 % como promedio para la madera en general.

Al disminuir la humedad bajo el PSF se aumenta la resistencia mecánica. Cada 1 % de disminución hace aumentar en un promedio general cerca de un 4 % la resistencia a la flexión (Díaz-Vaz y Cuevas, 1982).

En general se puede relacionar las Propiedades mecánicas de la madera con el contenido de humedad. Esto se visualiza en la Figura N° 2. (Valenzuela, 1993)¹.

¹ Valenzuela, L. 1996. Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción

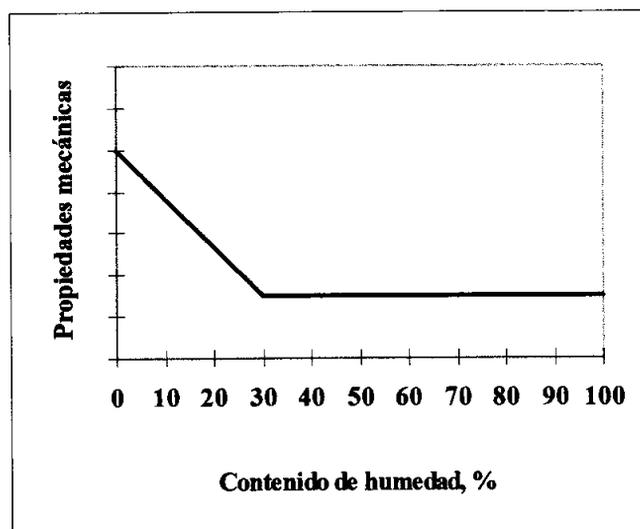


Figura N° 2. Diagrama Propiedades Mecánicas v/s Porcentaje en el contenido de Humedad de la madera con relación al Punto de saturación de las fibras.

Bajo el Punto de saturación de las fibras, comienza un proceso de contracción que, dependiendo de la disposición de los anillos y la dirección de las fibras, reducirán sus dimensiones, la deformarán y posiblemente la agrieten; pero estas fuerzas están relacionadas principalmente con sus propiedades físicas, y por lo tanto, no están comprendidas entre las que se refieren estrictamente a resistencia (Pérez, 1981)

2.3.2 Densidad. Es el cociente entre la masa y el volumen. La madera por ser higroscópica, presenta aspectos más complejos, debido a que tanto el peso como el volumen de una pieza varía con el contenido de humedad de ella. Se definen distintas tipos y formas de medir densidades en la madera (Nch 176/2).

- a.- *Densidad anhidra*: Es la que relaciona la masa y el volumen de la madera anhidra.
- b.- *Densidad aparente*: Es la que relaciona la masa y el volumen determinado a un mismo contenido de humedad.
- c.- *Densidad básica*: Es la que relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen a un contenido de humedad por sobre el PSF.
- d.- *Densidad nominal*: Es la que relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen a un contenido de humedad igual al 12 %.
- e.- *Densidad normal*: Es la que relaciona la masa y el volumen de la madera, ambos determinados a un contenido de humedad igual al 12 %.

La Tabla N° 1, muestra valores de los distintos tipos de densidades para Pino insigne en estados de humedad verde y seco.

Tabla N° 1. Valores de densidades de P. radiata para estados verde y seco

Tipo de Densidad	Estado en peso y volumen	Estado	Valores (Kg/m ³)
<i>Densidad anhidra</i>	Ps/Vs	-----	433
<i>Densidad aparente</i>	Po/Vo	<i>verde</i>	750
		<i>seco</i>	530
<i>Densidad básica</i>	Ps/Vo	<i>verde</i>	405
		<i>seco</i>	450

Fuente: Pérez, 1981.

Po = peso original de la madera (al contenido de humedad que ella se encuentra).

Vo = volumen original de la madera (al contenido de humedad que ella se encuentra).

Ps = peso anhidro.

Vs = volumen anhidro.

2.3.3 Defectos. Se define como defecto cualquier irregularidad física y/o química de la madera, que afecta su aspecto, resistencia o durabilidad; determinando, generalmente, una limitación en su uso o aplicación.

Los defectos más importantes en las propiedades mecánicas son: nudos, grietas, rajaduras, fibra inclinada, pudrición y perforación. Debido a esto, la determinación de las propiedades mecánicas se realiza en probetas libres de defectos.

2.4 Trabajo.

Trabajo (W), físicamente se define la fuerza "F" necesaria para desplazar un cuerpo una distancia "s". Si el desplazamiento es perpendicular al vector carga, entonces no se realiza trabajo. Este concepto queda expresado mediante la siguiente ecuación


$$W = F s$$

Todo trabajo implica una forma de energía, ya sea como aplicación directa o como reacción a un vector fuerza. Si se aplica una fuerza a una probeta de ensayo de madera, ya sea estructural o de laboratorio, inmediatamente se está aplicando una forma de energía hacia la probeta, a su vez, ésta reacciona frente a la carga absorbiendo dicha energía de tal forma que contrarreste la acción. Esta energía la puede absorber como deformación, como calor, como combinando de ambas, o por último, como ruptura del material. Por lo tanto, la Energía de un objeto es una medida de la capacidad para realizar Trabajo.

Para los ensayos en Flexión Estática, se considera el Trabajo en la zona elástica o Trabajo elástico (W_e), Trabajo en la zona plástica o Trabajo plástico (W_p) y Trabajo total, que es la adición del trabajo elástico y plástico.

En estructuras de madera, bajo cargas estáticas, el trabajo absorbido en la flexión no constituye una característica importante, ya que lo que interesa es la rigidez (Torricelli, 1937). Por otra parte, cuando la viga está sometida a flexiones bruscas y repentinas, de modo que la energía de la carga puede ser absorbida, la cantidad de trabajo desarrollado adquiere gran importancia para impedir serias fracturas. Si se sobrepasa el límite elástico, en una viga de madera sometida a una carga estática permanente, la viga con el tiempo fallará. Bajo una carga estática o lentamente progresiva, más allá del límite elástico, la madera flexible al astillarse progresivamente proporciona un aviso que le da mucha ventaja sobre la madera quebradiza que se rompe bruscamente. Por tal motivo, el conocimiento de las propiedades de la madera, más allá del límite elástico, es importantísimo para su correcto uso y es precisamente en esas propiedades en las que la madera flexible alcanza valores más altos (Torricelli, 1937).

2.4.1 Trabajo elástico (W_e). Es la cantidad de Energía absorbida por una material sometido a cargas hasta el límite elástico. Esta queda almacenada como energía de deformación. Puesto que no existe deformación permanente del material dentro de estos límites, la totalidad de esta energía potencial será recuperada al retirar la carga (Sloane, 1966). En flexión, el trabajo elástico se determina mediante la siguiente expresión:

$$W_e = \frac{1}{2} P_p Y_p / V \quad (\text{Kgfc}m/\text{cm}^2) \quad (\text{ver Figura N}^\circ 1)$$

Donde:

P_p = Carga en el límite proporcional

Y_p = Deflexión en el límite proporcional

V = Volumen de la probeta

2.4.2 Trabajo plástico (W_p). Es la medida de la deformación plástica de una pieza sometida a cargas en flexión sobre el límite elástico hasta la falla del material. La energía que se ha disipado en forma de calor y una pequeña parte en la recuperación de la deformación. Se representa por el área en la zona plástica del diagrama carga/deflexión. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$W_p = Q/V \quad (\text{Kgfcm/cm}^2)$$

Donde:

Q = Area de la zona plástica representado en 1 cm de gráfico

El área en la zona plástica se mide con una malla de puntos o un planímetro (mecánico o digital) sobre un gráfico carga/deflexión (ver Figura N° 1).

2.4.3 Trabajo total (W_t). El trabajo total es la combinación de resistencia y tenacidad de la madera al cargar un material hasta la rotura. Está representado por el área total bajo la curva del diagrama carga/deflexión. Una gran parte de la Energía correspondiente se ha disipado en forma de calor y en la deformación del cuerpo. Su expresión es la siguiente:

$$W_t = W_e + W_p \quad (\text{Kgfcm/cm}^2) \quad (\text{ver Figura N}^\circ 1)$$

2.5 Parámetros Comparativos del Trabajo en Flexión.

Coefficiente de Tetmajer (η); Módulo Plástico de Janka (Z); y Trabajo Específico de Janka (α), son llamados parámetros comparativos del trabajo en flexión. (Kitahara, 1981; Ono, 1973; citados por Valenzuela y Nakayama, 1991). Estos parámetros se determinan bajo las curvas carga/deflexión por medio de ecuaciones.

Los parámetros aquí mencionados son representaciones numéricas de algunas características de la madera en función de hacerlas comparables y a la vez entregarles, en algunos casos cualidades más o menos nobles.

2.5.1 Coefficiente de Tetmajer (η). También llamado "factor de calidad". Es un detector sensitivo de los defectos sobre la madera en flexión, con valores cercanos a 0.7 para madera estructural (Kollmann, F.; Cote, W. 1968), y para pequeñas muestras (Nakamura, Y.; Valenzuela, L. 1986, citados por Valenzuela y Nakayama, 1991).

Se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\eta = At / (Pm Ym) \text{ (adimensional) (ver Figura N° 1)}$$

Donde:

A_t = área total bajo la curva. ($A_e + A_p$) (Kg cm).

P_m = máxima carga (Kg).

Y_m = máxima deflexión correspondiente a la máxima carga (kg).

2.5.2 Módulo Plástico de Janka (Z). Es un indicador de la plasticidad de la madera en flexión (Valenzuela y Nakayama, 1991).

Se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$Z = (Y_m - Y_p) / (P_m - P_p) \text{ (cm/Kgf) (ver Figura N° 1)}$$

Donde:

P_p = Carga en el límite proporcional (Kg).

Y_p = deflexión en el límite proporcional (cm).

2.5.3 Trabajo Específico de Janka (α). Este parámetro representa el trabajo realizado por la carga hasta el quiebre de la viga, es un indicador de la tenacidad de la pieza (Valenzuela y Nakayama, 1991).

Se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\alpha = Ae + Ap / Ym \quad (\text{Kgf}) \quad (\text{ver Figura N}^\circ 1)$$

2.6 Relaciones entre Propiedades en Flexión, Densidades y Ancho de Anillos

Blanchon (1991), citado por Fernández-Golfin y Diez (1994), trabajando con procedencias francesas de *Pinus pinaster* (marítimo) de tamaño estructural, obtiene coeficientes de determinación (R^2) del 20 % en propiedades en flexión en función del efecto combinado del ancho del anillo de crecimiento y la densidad.

Penetra Cerveira Luozada (1991), citado por Fernández-Golfin y Diez (1994), al trabajar con *Pinus pinaster* portugués, infiere que la anchura de anillo depende de la procedencia mientras que la densidad depende de las características genéticas de cada individuo.

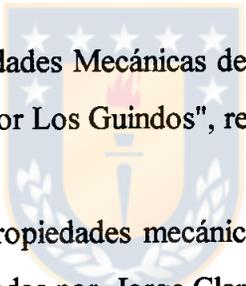
A diferencia de lo anterior, cuando se trabaja con probetas de pequeñas dimensiones y libres de defectos, Walford (1991), sobre *Pinus radiata*, obtiene coeficientes de determinación entre 26 y 39 % cuando estudia la densidad y propiedades en flexión en función de la anchura del anillo.

Fernández-Golfin y Diez (1994), concluyen que la anchura del anillo tiene una validez muy reducida en la predicción de la calidad mecánica de la madera. Prefieren el uso de la densidad como variable predictiva de dicha cualidad.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Materiales.

El presente trabajo utiliza información extraída de gráficos "Carga/Deflexión" presentadas en las memorias de título que se indican:

- a) "Determinación de las Propiedades Mecánicas de las especies *Chamaecyparis lawsoniana*, *Cupressus macrocarpa* y *Pinus strobus* crecidas en la Reserva Nacional de Malleco", realizada por Rosendo Avarias L.
- b) "Determinación de las Propiedades Mecánicas de tres especies exóticas, creciendo en la Reserva Forestal Malleco, sector Los Guindos", realizada por Gustavo Gutierrez J. y 
- c) "Determinación de algunas propiedades mecánicas de un rodal de *Pinus radiata* D. Don de 52 años de edad", realizadas por Jorge Clark G. y Carlos Vergara P.

Las mencionadas memorias citadas en la bibliografía, contienen información acabada respecto de la obtención de las probetas, monografías de las especies bajo estudio, tipo de suelo donde se desarrollan, etc.

Para medir el área bajo las curvas de los gráficos carga v/s deformación, se utilizó un planímetro mecánico perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción.

3.2 Procedencia de las muestras.

Las muestras de *Pinus radiata* proceden del predio "Pinares" de propiedad de Forestal Mininco S.A., ubicado a 8 Km al Sur de Concepción, en el camino que lleva a la localidad de "Santa Juana". El rodal fue establecido en el año 1941, y los árboles al momento de la corta para obtener las probetas tenían 52 años. Posee una superficie de 4 ha, con una densidad de 564 árboles/ha (Baldini, 1994).

Las seis especies restantes proceden de la Reserva Nacional Malleco. Ubicada en la Cordillera de los Andes a 38° de latitud Sur y 71° 50' de longitud Oeste en la provincia de Malleco, IX Región.

El relieve es montañoso, con alturas que fluctúan entre los 850 y los 1830 metros. Los suelos son derivados de material volcánico y varían de superficial a profundo. La edad promedio de las especies es de 62 años (Avarias, 1995).

3.3 Descripción del ensayo en flexión estática.

La metodología se basa en las prescripciones establecidas según la Norma Chilena N° 987.c72; que, a su vez, está basada en la norma estadounidense ASTM (Gutierrez, 1994).

Los ensayos de flexión estática fueron realizados en una máquina de tipo universal marca INSTRON, con una capacidad máxima de 5.000 Kg.

La probeta para este tipo de ensayo, mantiene la relación 1/14 entre el espesor y su largo. Estas no presentan defectos y sus dimensiones deben ser de 25*25*400 mm. La distancia

entre los cojinetes o soportes de la máquina es de 35 mm, la cual recibe el nombre de “luz”.

La carga se ejerce a una velocidad de 2,5 mm/seg, no variando más allá de un 25 % (Gutierrez, 1994).

Cada ciertos intervalos de carga se anotan las lecturas dadas por un deflectómetro, que es un instrumento de precisión que lee las variaciones producidas en la probeta por acción de la sollicitación o carga. Estas lecturas son traspasadas a un gráfico, donde es trazada una curva representativa del ensayo. Cada probeta arroja un resultado gráfico.

3.4 Metodología de trabajo.

A partir de los gráficos Carga/Deflexión, se procede a medir el área bajo la curva² con un planímetro una vez que se ha fijado el factor de corrección de éste y el factor Q, que representa el trabajo de un cm en el gráfico; ya sea en la ordenada o en la abscisa. Es decir, si un cm en el gráfico representa "x" Kg de carga e "y" cm de deflexión, entonces el factor Q se obtiene por la relación:

$$Q = x y \quad (\text{Kgf-cm por cm}^2)$$

Se mide tres veces por cada gráfico y se obtiene un promedio. El valor de lectura del planímetro se multiplica por el factor de corrección del instrumento y por el factor Q, para el caso de la zona plástica y con ello se obtiene el área en cm². Estas áreas al dividir las por el volumen de la probeta nos arroja resultados de Trabajo elástico y Trabajo

² Se mide sólo en la zona plástica.

plástico; además al adicionar ambos valores se obtiene el Trabajo total en flexión de todas las especies consideradas.

Una vez obtenidos y tabulados los datos, se registran valores de los Parámetros Comparativos del Trabajo en Flexión: Coeficiente de Tetmajer (η); Módulo Plástico de Janka (Z); y Trabajo Específico de Janka (α).

Tanto para los trabajos en flexión, como para los parámetros comparativos, se obtienen medias, desviaciones estándares y coeficientes de variación, para cada especie y cada estado de contenido de humedad (verde y seco).

Se correlacionan las variables de Trabajo en función de la densidad, ancho de anillos de crecimiento y módulo de elasticidad, con regresiones múltiples, considerando las siete especies y sus estados de contenido de humedad. Con ello se establece que es posible a partir de variables relativamente sencillas de medir poder estimar variables que no lo son, en tanto que las piezas deben someterse a ensayos costosos en tiempo y recursos. Para ello se ajustan modelos lineales mediante el programa estadístico SYSTAT recurriendo al método *stepwise* que elige las variables que entran en la regresión y determina la probabilidad de aceptarlas en dichos modelos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resumen de Resultados.

En la Tabla N° 2 se presentan los valores promedios (Med) determinados en el estudio, para estado seco de las probetas ensayadas, según especie. Se incluye, además, valores de desviación estándar (DS) y su correspondiente coeficiente de variación (CV).

TABLA N° 2. Valores Promedios en estado seco para los trabajos en flexión, los parámetros comparativos de trabajo en flexión y otras propiedades mecánicas y físicas de las especies.

Propie- dad	Estadis- tico	Unidad	Especies						
			Ch l	Pi s	Cu m	Pi r	Pi p	Pi o	Cu l
n			21	21	21	30	48	43	40
AAC	Med	mm	3,54	4,95	3,73	4,30	2,74	3,30	1,83
DB	Med	g/cm ³	0,34	0,30	0,34	0,54	0,47	0,42	0,40
MOE	Med	Kg/cm ²	84.980,6	62.301,9	78.068,7	119.555,7	92.633,7	89.589,7	77.914,2
σ	Med	Kg/cm ²	368,6	386,4	380,2	669,3	560,0	534,3	429,1
MOR	Med	Kg/cm ²	742,0	696,8	767,8	1.014,3	838,2	695,5	685,4
θ	Med	grados	2,64	3,40	2,64	2,80	(*)	(*)	(*)
W e	Med	Kgf -cm/cm ³	0,090	0,141	0,106	0,229	0,190	0,182	0,136
	DS	Kgf -cm/cm ³	0,016	0,046	0,030	0,133	0,026	0,046	0,037
	CV	%	18,2	32,8	28,0	58,0	13,7	25,4	27,4
W p	Med	Kgf -cm/cm ³	0,718	0,539	0,700	0,871	0,597	0,266	0,384
	DS	Kgf -cm/cm ³	0,163	0,164	0,146	0,286	0,237	0,075	0,206
	CV	%	21,2	30,4	20,9	32,9	39,7	28,0	53,5
W t	Med	Kgf -cm/cm ³	0,808	0,680	0,806	1,100	0,786	0,448	0,520
	DS	Kgf -cm/cm ³	0,161	0,166	0,153	0,309	0,237	0,104	0,198
	CV	%	18,7	24,4	19,0	28,1	30,2	23,3	38,1
Z	Med	cm/Kgf	0,007	0,008	0,007	0,009	0,007	0,007	0,006
	DS	cm/Kgf	0,001	0,001	0,001	0,005	0,002	0,002	0,002
	CV	%	18,2	14,0	12,0	56,1	21,4	28,0	34,7
α	Med	Kgf	164,759	117,655	143,743	188,511	154,834	127,489	123,957
	DS	Kgf	23,518	18,861	19,680	33,258	19,226	38,114	19,522
	CV	%	14,3	16,0	13,7	17,6	12,4	29,9	15,7
η	Med	adimension	0,741	0,561	0,615	0,664	0,626	0,629	0,578
	DS	adimension	0,115	0,042	0,068	0,044	0,045	0,282	0,044
	CV	%	15,5	7,4	11,0	6,6	7,1	44,8	7,6

(*) No existe información

En la Tabla N° 3 se presentan los valores promedios (Med) determinados en el estudio, para estado verde de las probetas ensayadas, según especie. Se incluye, además, valores de desviación estándar (DS) y su correspondiente coeficiente de variación (CV).

TABLA N° 3. Valores Promedios en estado verde para los trabajos en flexión, los parámetros comparativos de trabajo en flexión y otras propiedades mecánicas y físicas de las especies.

Propiedad	Estadístico	Unidad	Especies						
			Ch l	Pi s	Cu m	Pi r	Pi p	Pi o	Cu l
n			21	21	21	30	44	53	42
AAC	Med	mm	3,34	4,49	3,67	5,12	2,06	3,19	2,00
DB	Med	g/cm ³	0,36	0,28	0,35	0,48	0,46	0,36	0,46
MOE	Med	Kg/cm ²	80.218,8	50.438,9	64.516,9	100.461,7	82.948,9	82.496,8	72.746,6
σ	Med	Kg/cm ²	284,6	204,5	326,7	395,2	281,1	266,4	279,7
MOR	Med	Kg/cm ²	479,7	324,2	507,5	504,3	513,8	448,1	548,4
θ	Med	grados	0,93	1,23	2,26	2,58	(*)	(*)	(*)
W e	Med	Kgf -cm/cm ³	0,058	0,047	0,093	0,088	0,054	0,054	0,060
	DS	Kgf -cm/cm ³	0,015	0,009	0,017	0,018	0,010	0,018	0,023
	CV	%	26,4	18,4	17,9	20,7	18,2	32,6	38,7
W p	Med	Kgf -cm/cm ³	0,547	0,348	0,405	0,753	0,601	0,333	0,539
	DS	Kgf -cm/cm ³	0,190	0,067	0,119	0,264	0,170	0,190	0,134
	CV	%	34,7	19,4	29,3	35,1	28,2	56,9	24,9
W t	Med	Kgf -cm/cm ³	0,604	0,395	0,498	0,840	0,656	0,387	0,599
	DS	Kgf -cm/cm ³	0,190	0,070	0,122	0,264	0,169	0,204	0,145
	CV	%	31,4	17,8	24,5	31,4	25,7	52,6	24,2
Z	Med	cm/Kgf	0,016	0,024	0,012	0,041	0,019	0,014	0,010
	DS	cm/Kgf	0,005	0,007	0,003	0,032	0,005	0,005	0,003
	CV	%	30,5	28,7	23,9	77,1	26,7	37,1	34,4
α	Med	Kgf	109,950	74,511	104,325	133,726	90,245	86,138	117,395
	DS	Kgf	25,272	6,803	16,340	17,075	7,220	27,350	12,871
	CV	%	23,0	9,1	15,7	12,8	8,0	31,8	11,0
η	Med	adimension	0,737	0,746	0,669	0,827	0,600	0,607	0,687
	DS	adimension	0,133	0,050	0,076	0,052	0,048	0,129	0,039
	CV	%	18,1	6,7	11,4	6,3	8,0	21,3	5,7

(*) No existe información

Abreviaturas para Tablas 2 y 3:

- Ch l = *Chamaecyparis lawsoniana*
 Pi s = *Pinus strobus*
 Cu m = *Cupressus macrocarpa*
 Pi r = *Pinus radiata*
 Pi p = *Pinus pinaster*

Pi o	=	<i>Picea obovata</i>
Cu l	=	<i>Cupressus lusitanica</i>
Med	=	Media Aritmética
DV	=	Desviación Estandar
CV	=	Coefficiente de Variación
θ	=	Grano en Espiral
MOR	=	Módulo de Rotura
σ	=	Esfuerzo en el Límite Proporcional
n	=	Tamaño de la Muestra

4.2 Discusión de cada variable en estudio.

4.2.1 Trabajo elástico (We).

En la Figura N° 3 se representan los valores de Trabajo elástico para las siete especies en estudio en los estados seco y verde.

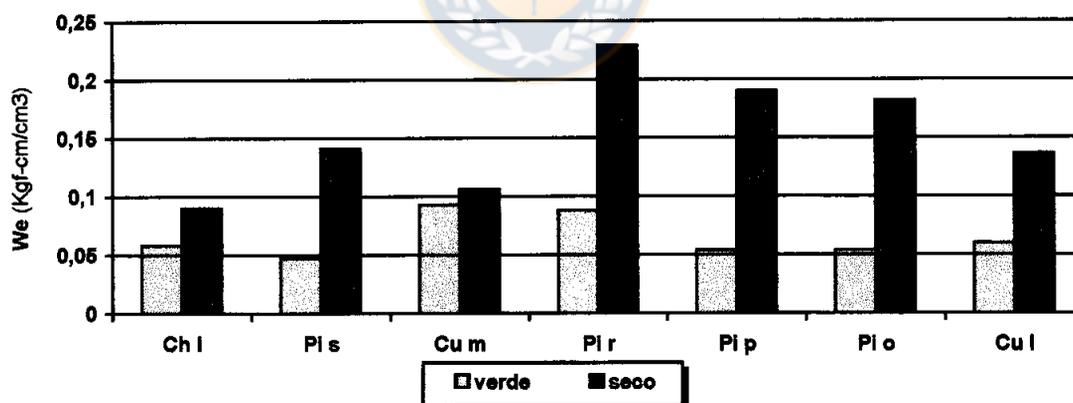


Figura 3. Valores medios del Trabajo elástico (We), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.

Cabe hacer notar las importantes diferencias que se observan entre los dos estados en estudio; como por ejemplo variaciones porcentuales³ por sobre el 200 % en tres especies y sobre el 100 % en dos de ellas. (*Pinus pinaster*: 249 %; *Picea obovata*: 236 %; *Pinus strobus*: 200 %; *Pinus radiata*: 161 % y *Cupressus lusitanica*: 125 %). Por el contrario, la especie *Cupressus macrocarpa*, presenta sólo un 14 % de diferencias en sus estados.

Con los valores porcentuales presentados en el párrafo anterior, se aprecia claramente la importancia del secado de la madera desde el punto de vista estructural, ya que las piezas no deben someterse a esfuerzos mayores al límite elástico, pues se deforman.

Para todas las especies, la energía absorbida hasta el límite proporcional mayor en estado seco que en verde.

En la Tabla N° 2, se puede apreciar las tres especies que presentan los máximos valores del Trabajo elástico (We) en forma decreciente: éstas son *Pinus radiata*, *Pinus pinaster* y *Picea obovata*. Los valores del Módulo de Elasticidad (MOE) se presentan en el mismo orden. Esto se explica por que el MOE es un indicador de la Rigidez de la madera, que mide la capacidad de resistir la deformación dentro de la zona elástica.

En estado verde (Tabla N° 3) esta tendencia no es clara, debido a los efectos que presenta la madera en las propiedades mecánicas por los altos contenidos de humedad.

³ Se utiliza como base el valor menor

4.2.2 Trabajo plástico (Wp).

En la Figura N° 4 se representan los valores de Trabajo plástico para las siete especies en estudio en los estados seco y verde.

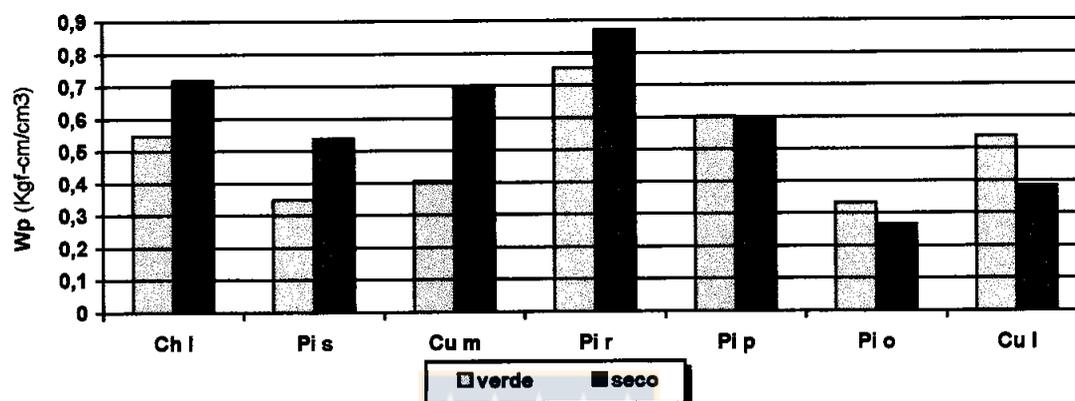


Figura 4. Valores medios del Trabajo plástico (Wp), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.

Al observar la diferencias de los estados verde y seco, se puede apreciar que no presentan las mismas magnitudes que el caso anterior (Trabajo elástico). La mayor variación porcentual la presenta la especie *Cupressus macrocarpa*, con un 73 %, seguido de *Pinus strobus* y *Cupressus lusitanica* con 55 % y 40 % respectivamente. A su vez, la especie *Pinus pinaster*, presenta sólo un 0.6 % de diferencias en sus estados de contenido de humedad.

Es interesante destacar además, que en las especies *Cupressus lusitanica* y *Picea obovata*, los valores de la madera verde son mayores a los de la seca; esto quiere decir que la energía absorbida y disipada, en la zona plástica, por éstas probetas en verde es, aparentemente, mayor que en seco. Según Valenzuela⁴, *Cupressus lusitanica* habría sido

⁴ Valenzuela, L. 1996. Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción

utilizada para embarcaciones, respondiendo, de esta forma, al mayor trabajo plástico en estado verde. Es por lo tanto, sugerente pensar que *Picea obovata* también se puede ocupar con estos fines. A su vez, en la Tabla N° 3, *Cupressus lusitanica*, ofrece el mayor valor de Módulo de Ruptura (MOR)

4.2.3 Trabajo total (Wt).

En la Figura N° 5 se representan los valores del Trabajo total de las siete especies en estudio en los estados seco y verde.

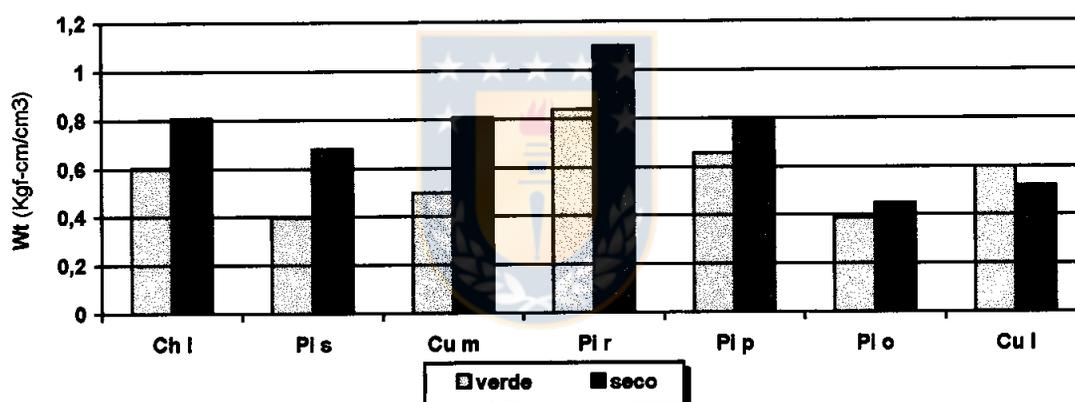


Figura 5. Valores medios del Trabajo total (Wt), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.

La cantidad de energía absorbida por éstos materiales hasta el punto de rotura con respecto a sus estados de humedad, presenta sus mayores diferencias porcentuales en las especies: *Pinus strobus* y *Cupressus macrocarpa*, con 72 % y 62 % respectivamente, todos mayores en los estados secos, excepto en *Cupressus lusitanica* que es mayor en el estado verde por un 15 %, que es el valor más bajo junto a *Picea obovata* con un 16 %.

4.2.4 Coefficiente de Tetmajer (η).

En la Figura N° 6 se representan los valores del Coeficiente de Tetmajer para las siete especies en estudio en los estados seco y verde.

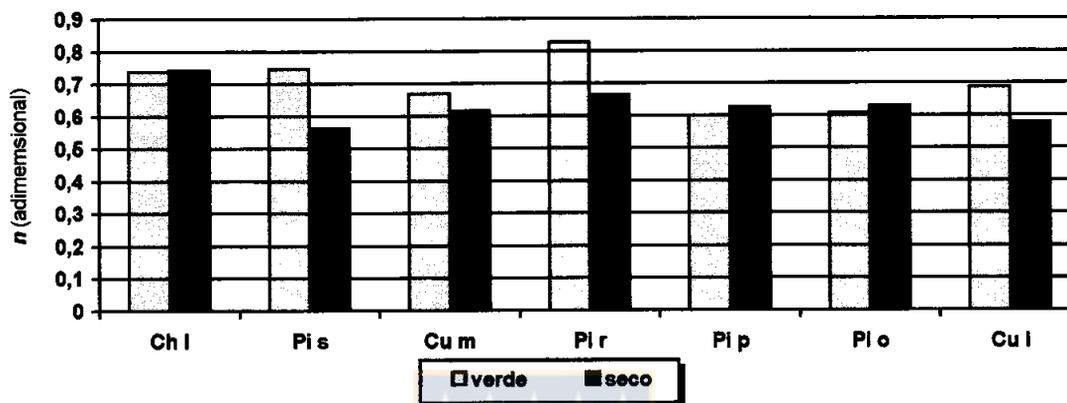


Figura 6. Valores medios del Coeficiente de Tetmajer (η), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.

Las diferencias porcentuales mayores las poseen las especies: *Pinus strobus*, *Pinus radiata* y *Cupressus lusitanica*, con 33 %, 25 % y 19 % respectivamente, todos mayores en los estados verdes. Las otras especies no superan diferencias del 10 %; incluso, *Chamaecyparis lawsoniana* presenta sólo un 0.5 % de variación.

El mayor valor lo presenta *Pinus radiata* en estado verde (0.827), seguido de *Pinus strobus*, también verde (0.746). A su vez, los menores se asocian con *Pinus strobus* (0.561) y *Cupressus lusitanica* (0.578). Los demás se encuentran muy cercanos a 0.7.

El valor de *Pinus strobus* se debe, probablemente, al valor de grano en espiral (3.4°), en estado seco (Tabla N° 2). En estado verde, no existe relación con el grano en espiral,

debido a que en este estado, el coeficiente de Tetmajer está influenciado por el contenido de humedad.

4.2.5 Módulo Plástico de Janka (Z).

En la Figura N° 7 se representan los valores del Módulo plástico de Janka para las siete especies en estudio en los estados seco y verde

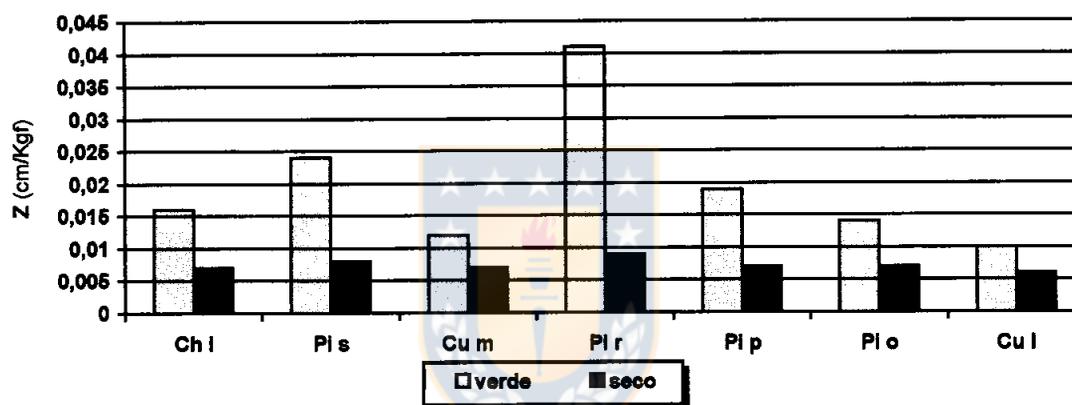


Figura 7. Valores medios del Módulo plástico de Janka (Z), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.

Pinus radiata presenta el valor más alto de la plasticidad (0.041 cm/Kgf) representado por el Módulo Z, a su vez, registra la mayor diferencia porcentual de la madera verde con respecto a la seca con un 355 %. Por su parte *Pinus stobus* tiene diferencias de 200 % y secunda a *Pinus radiata* en el valor de éste indicador de plasticidad (0.024 cm/Kgf). Los valores y porcentajes más bajos en forma creciente, los presentan *Cupressus lusitanica* y *Cupressus macrocarpa*.

4.2.6 Trabajo Específico de Janka (α).

En la Figura N° 8 se representan los valores del Trabajo específico de Janka para las siete especies en estudio en los estados seco y verde

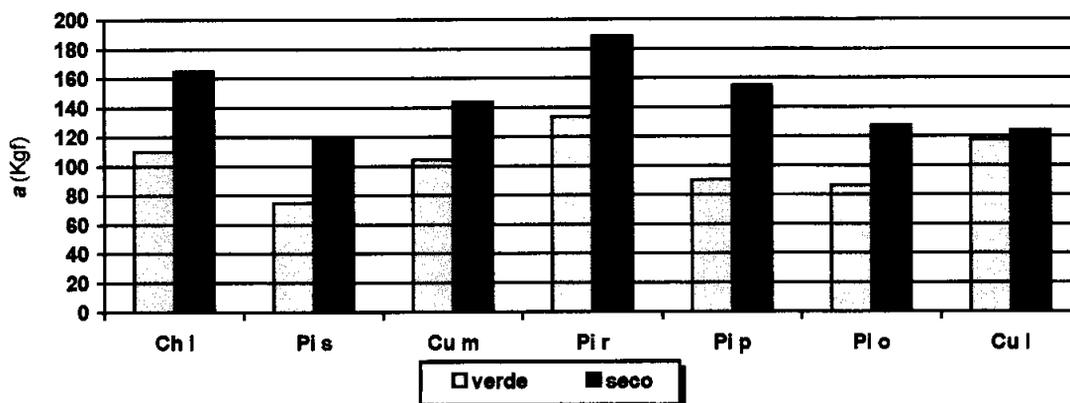


Figura 8. Valores medios del Trabajo específico de Janka (α), en estados seco y verde, para todas las especies en estudio.

Para todas las especies, el estado seco es mayor al verde. Las diferencias mayores se pueden apreciar en *Pinus pinaster* y *Pinus strobus* (72 y 58 %, respectivamente) y la menor en *Cupressus lusitanica* (6 %).

Por el hecho que “a mayor tenacidad, mayor resistencia a la rotura”, *Pinus radiata* presenta la mayor tenacidad; tanto en seco (188,5 Kg) como en verde (133,7 Kg); lo secundan *Chamaecyparis lawsoniana* y *Pinus pinaster*, ambos en seco (164,8 y 154,8 Kg, respectivamente). *Pinus strobus* muestra el valor más bajo (117,6 Kg).

En la Tabla N° 2 se puede observar la relación existente entre éste indicador y su correspondiente Trabajo total (Tt), para las especies *Pinus radiata*, *Chamaecyparis*

lawsoniana, *Pinus pinaster* y *Cupressus macrocarpa* para el estado seco. En estado verde no ocurre tal relación (sólo para *Pinus radiata*).

4.3 Comparaciones porcentuales de Energía en Flexión.

En estado Seco.

En la Figura N° 9 se representan los valores del Trabajo elástico, plástico y total para las siete especies en estudio en seco. En ésta, se aprecia que los mayores valores, los alcanzan las especies: *Pinus radiata*, *Pinus pinaster*, *Cupressus macrocarpa* y *Chamaecyparis lawsoniana*. El más bajo lo presenta *Picea obovata*, para trabajo hasta la máxima carga y plástico.

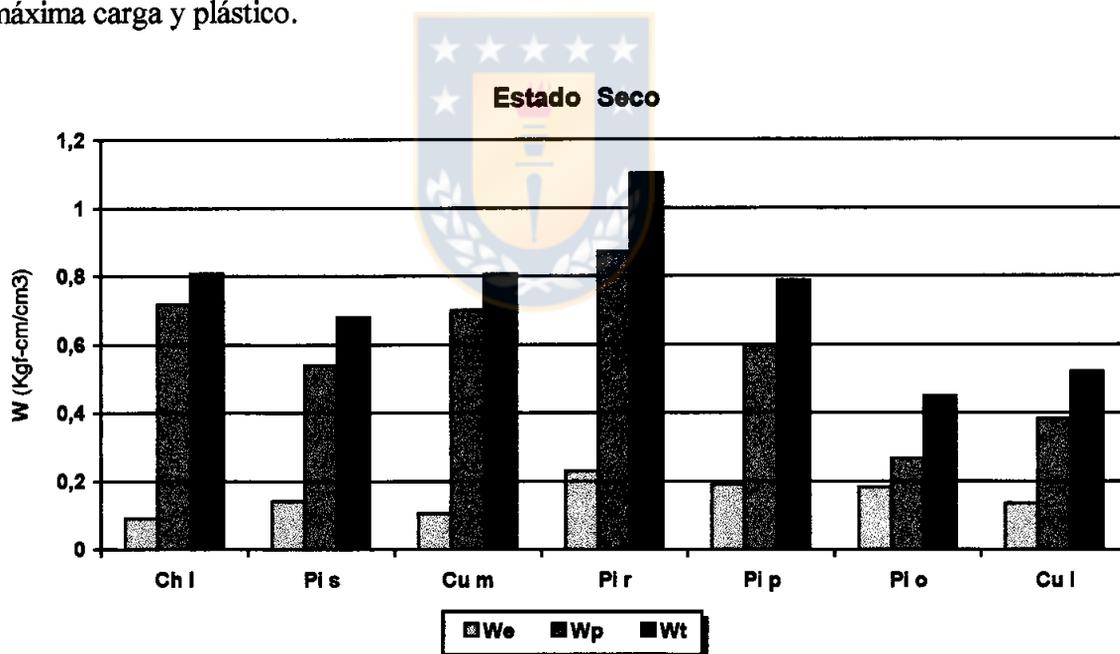


Figura N° 9. Valores medios de los Trabajos en Flexión, en estado seco.

Para el Trabajo total, *Pinus radiata* supera a *Chamaecyparis lawsoniana* y *Cupressus macrocarpa* en un 37 %; a *Pinus pinaster* en un 41 % y a *Picea obovata* en un 145 %.

Para el Trabajo plástico, *Pinus radiata* supera a *Chamaecyparis lawsoniana* y *Cupressus macrocarpa* en un 22 % y a *Picea obovata* en un 227 %.

Para el Trabajo elástico, *Pinus radiata* supera a *Pinus pinaster* en un 20 % y a *Picea obovata* en un 26 % y a *Chamaecyparis lawsoniana* en un 111 %.

En la figura se observa que, la energía ocupada por el material en la fase plástica es considerablemente mayor a la fase elástica en casi todas las especies (excepto en *Picea obovata*), esto quiere decir que al aplicar cargas a un material de madera, gran parte de la energía absorbida se pierde a la forma de calor, es decir entre un 15 y un 40 % de la energía se ocupa en deformación (excepto en *Picea obovata* que ocupa un 75 %).

En estado Verde.

En la Figura N° 10 se representan los valores del Trabajo elástico, plástico y total para las siete especies en estudio en verde. En ésta, visualmente se aprecia que los mayores valores, los alcanzan las especies: *Pinus radiata*, *Pinus pinaster*, *Cupressus lusitánica* y *Chamaecyparis lawsoniana*. El más bajo lo presenta *Picea obovata*, para trabajo hasta la máxima carga y plástico.

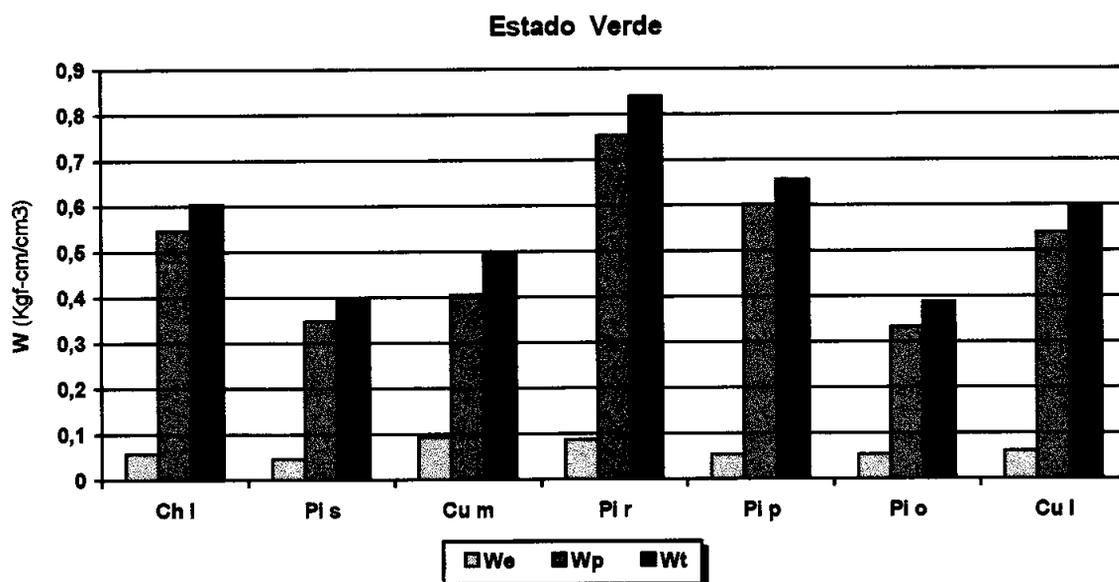


Figura N° 10. Valores medios de los Trabajos en Flexión, en estado verde.

En este estado, *Pinus radiata* supera a *Pinus pinaster* en un 28 % y a *Chamaecyparis lawsoniana* y *Cupressus lusitanica* en un 40 %. El menor valor lo presentan *Picea obovata* y *Pinus strobus*, los que son superados por un 215 %. Esto ocurre tanto para Trabajo total, como para Trabajo plástico.

Para el Trabajo elástico, *Cupressus macrocarpa* supera a *Pinus radiata* en un 6 % y *Pinus strobus* en un 97 %.

En la figura se observa que, la energía ocupada por el material en la fase plástica es considerablemente mayor a la fase elástica en todas las especies. Esto dice relación con la poca capacidad que tiene la madera verde para soportar cargas sin deformarse permanentemente.

4.4 Relaciones.

Los resultados de todas las regresiones efectuadas para los tres tipos de trabajo como variable dependiente, con sus respectivos coeficientes de determinación (R^2) y test de Fisher (F), se muestran en las tablas 4 a la 11. Los espacios en blanco indican que el método *stepwise* no detectó variables válidas que expliquen los modelo, además de encontrar grados de significancia distintas de cero que indica el riesgo o la probabilidad de cometer un error al rechazar una variable cuando en realidad es válida. Cada tabla representa a una especie, excepto la Tabla N° 11, que representa la combinación de todas ellas.

TABLA N° 4. Regresión lineal múltiple para *Chamaecyparis lawsoniana*, considerando We, Wp y Wt en estados verde y seco

Estado	Regresión	n	r²	Fc	Fm
Verde Seco	--- We = 0,109 + 0,006 DB	-- 21	-- 0,197	-- 4,38	-- 4,651
Verde Seco	--- Wp = 0,523 + 2,937 DB	-- 21	-- 0,161	-- 4,38	-- 3,634
Verde Seco	--- Wt = 0,521 + 3,089 DB	-- 21	-- 0,178	-- 4,38	-- 4,110

TABLA N° 5. Regresión lineal múltiple para *Cupressus lusitanica*, considerando We, Wp y Wt en estados verde y seco

Estado	Regresión	n	r²	Fc	Fm
Verde Seco	--- We = 0.130 + 7.8 exp-8 MOE + 0.200 AAC	-- 40	-- 0,191	-- 3,25	-- 4,599
Verde Seco	--- Wp = 0.147 - 3.4 exp-6 MOE - 0.016 AAC - 2.515 DB	-- 40	-- 0,458	-- 3,86	-- 6,355
Verde Seco	--- Wt = 0.0001 - 8.1 exp-7 MOE + 2.462 DB	-- 40	-- 0,576	-- 3,25	-- 7,923

TABLA N° 6. Regresión lineal múltiple para *Cupressus macrocarpa*, considerando We, Wp y Wt en estados verde y seco

Estado	Regresión	n	r²	Fc	Fm
Verde	---	--	--	--	--
Seco	We = 0.203 - 5.8 exp-7 MOE + 0.014 AAC	21	0,338	3,55	4,585
Verde	---	--	--	--	--
Seco	Wp = 0.241 + 4.4 exp-7 MOE + 0.081 AAC	21	0,274	3,55	3,392
Verde	---	--	--	--	--
Seco	Wt = 0.472 + 0.089 AAC	21	0,169	4,38	3,851

TABLA N° 7. Regresión lineal múltiple para *Picea obovata*, considerando We, Wp y Wt en estados verde y seco

Estado	Regresión	n	r²	Fc	Fm
Verde	We = 0.138 + 9.5 exp-7 MOE - 0.008 AAC - 0.244 DB	53	0,191	2,56	3,863
Seco	We = 0.255 - 5.5 exp-8 MOE	43	0,108	4,07	4,941
Verde	Wp = 0.804 + 6.1 exp-6 MOE + 0.063 AAC - 2.717 DB	53	0,548	2,56	19,805
Seco	Wp = 0.611 - 3.7 exp-6 MOE - 0.022 AAC	43	0,232	3,23	6,037
Verde	Wt = 0.942 + 6.7 exp-6 MOE + 0.071 AAC - 2.961 DB	53	0,544	2,56	19,452
Seco	Wt = 0.088 - 3.1 exp-7 MOE - 0.025 AAC	43	0,289	3,23	8,138

TABLA N° 8. Regresión lineal múltiple para *Pinus pinaster*, considerando We, Wp y Wt en estados verde y seco

Estado	Regresión	n	r²	Fc	Fm
Verde	We = 0.093 + 7.2 exp-6 MOE	44	0,451	4,07	3,444
Seco	---	--	--	--	--
Verde	Wp = 0.007 + 3.5 exp-5 MOE + 1.803 DB	44	0,243	3,22	6,662
Seco	Wp = 0.523 + 2.937 DB	48	0,161	4,05	3,634
Verde	Wt = 0.078 - 8.3 exp-5 MOE + 1.822 DB	44	0,267	3,22	7,461
Seco	Wt = 0.521 + 3.089 DB	48	0,178	4,05	4,110

TABLA N° 9. Regresión lineal múltiple para *Pinus radiata*, considerando We, Wp y Wt en estados verde y seco

Estado	Regresión	n	r²	Fc	Fm
Verde	---	--	--	--	--
Seco	---	--	--	--	--
Verde	---	--	--	--	--
Seco	$Wp = 0.976 - 4.9 \exp^{-6} MOE + 2.612 DB$	30	0,373	3,35	8,033
Verde	---	--	--	--	--
Seco	$Wt = 0.606 + 3.114 DB$	30	0,319	3,35	13,137

TABLA N° 10. Regresión lineal múltiple para *Pinus strobus*, considerando We, Wp y Wt en estados verde y seco

Estado	Regresión	n	r²	Fc	Fm
Verde	$We = 0.044 + 0.327 AAC$	21	0,177	4,38	4,097
Seco	---	--	--	--	--
Verde	---	--	--	--	--
Seco	$Wp = 0.492 + 5.6 \exp^{-4} MOE - 0.060 AAC$	21	0,426	3,55	6,678
Verde	---	--	--	--	--
Seco	$Wt = 0.681 - 8.1 \exp^{-5} MOE + 0.060 AAC$	21	0,335	3,55	4,537

TABLA N° 11. Regresión lineal múltiple para todas las especies, considerando We, Wp y Wt en estados verde y seco

Estado	Regresión	n	r²	Fc	Fm
Verde	$We = 0.044 + 0.327 AAC$	232	0,128	3,03	16,739
Seco	$We = 0.032 - 8.3 \exp^{-6} MOE + 0.006 AAC + 0.362 DB$	224	0,160	2,65	13,961
Verde	$Wp = -0.326 + 5.8 \exp^{-6} MOE + 0.033 AAC + 1.335 DB$	232	0,340	2,65	39,069
Seco	$Wp = -0.148 + 6.6 \exp^{-5} MOE + 0.040 AAC + 0.649 DB$	224	0,209	2,65	19,402
Verde	$Wt = -0.317 + 7.2 \exp^{-5} MOE + 0.036 AAC + 1.442 DB$	232	0,269	2,65	42,258
Seco	$Wt = -0.115 + 9.5 \exp^{-6} MOE + 0.046 AAC + 1.011 DB$	224	0,266	2,65	26,606

Al realizar un recuento de la participación de las variables independientes en los modelos de regresión, se tiene por resultado que MOE participa en 17 regresiones y AAC y DB en 14 cada una. Esto no representa marcada preferencia en variables predictivas de energía

en flexión. Tampoco se aprecia una marcada diferencia en los estados. En algunas especies, sin embargo, es notoria la preferencia por una o dos variables, que se repiten en los tres trabajos considerados.

Cabe hacer mención, que los bajos valores de los coeficientes de determinación (el más alto alcanzó a 0.57) se deben al tamaño muestral, ya sea en número de probetas, número de árboles y otras consideraciones en el tipo de muestreo. La cantidad de árboles elegidos para los ensayos fluctuó entre 3 a 8 dependiendo de la especie. Las razones de esto se debe, fundamentalmente, a cuestiones de costos, cantidad de árboles totales y situación espacial de ellos.



V. CONCLUSIONES

1. Se observa que *Pinus radiata* posee los más altos valores, para el estado seco con respecto a las seis especies restantes referido a trabajo elástico, trabajo plástico y trabajo total. La misma situación se observa en estado verde, salvo en Trabajo elástico, donde es superada, levemente, por *Cupressus macrocarpa*.
2. Las especies presentan mejores valores en trabajo en flexión en estado seco, a excepción de *Cupressus lusitánica*.
3. Con respecto a plasticidad y tenacidad, *Pinus radiata*, presenta los más altos valores, en sus dos estados de contenido de humedad. *Chamaecyparis lawsoniana* y *Pinus pinaster* también presentan altos valores de tenacidad en estado seco; *Pinus strobus* el más bajo.
4. *Pinus radiata* en su estado seco y verde presenta los mejores valores de clase estructural, lo siguen *Pinus pinaster* y *Picea obovata*, ambos en estado seco. Por lo tanto es recomendable incluir estas especies en posteriores estudios de resistencias mecánicas estáticas. Por el contrario, *Pinus strobus* junto a las Cupressaceas presentan los valores más bajos en sus dos estados de humedad, lo que las hace poco atractivas desde el punto de vista estructural.
5. Las relaciones no entregan ajustes satisfactorios, ya que, si bien es cierto, el valor de F es significativo, los de R^2 , en contados casos superan el 50 %.
6. No se observa preferencia en cuanto a la elección de una variable más predictiva, sin embargo, algunas especie prefieren una o dos variables bien establecidas.

VI. RESUMEN Y SUMMARY

6.1 Resumen

Se determinó el Trabajo en Flexión Estática (Trabajo elástico (W_e), Trabajo plástico (W_p) y Trabajo total (W_t)) en estado verde (30%) y seco (12%) de las especies *Picea obovata* Ledeb., *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parlat., *Pinus strobus* L., *Pinus pinaster* Ait., *Cupressus macrocarpa* Hartw., *Cupressus lusitanica* Mill. y *Pinus radiata* D. Don. Todas coníferas exóticas crecidas en Chile, con edades entre 52 y 62 años. Se determinó, también, los Parámetros Comparativos del Trabajo en Flexión Estática (Coeficiente de Tetmajer (η); Módulo Plástico de Janka (Z) y Trabajo Específico de Janka (α)).

Además, se correlacionó el Módulo de Elasticidad (MOE), Ancho de Anillos de Crecimiento (ACC) y Densidad Básica (DB), como predictivas de las variables de Trabajo en Flexión. Las relaciones no entregaron ajustes satisfactorios, ya que, si bien es cierto, el valor de F es significativo, los de R^2 , en contados casos superan el 50 %.

Se observa que *Pinus radiata* posee los más altos valores, para el estado seco con respecto a las seis especies restantes, referido a Trabajo elástico, plástico y total. La misma situación se observa en estado verde, salvo en Trabajo elástico, donde es superada, levemente, por *Cupressus macrocarpa*.

Con respecto a plasticidad y tenacidad, *Pinus radiata*, presenta los más altos valores, en sus dos estados de contenido de humedad. *Chamaecyparis lawsoniana* y *Pinus pinaster* también presentan altos valores de tenacidad en estado seco; *Pinus strobus* el más bajo.

6.2 Summary

It was determined that the Statical Bending Work (elastic work (W_e), plastic work (W_p) and work to maximum load (W_t)) in a dry (12%) and green (30%) stage of *Picea obovata* Ledeb., *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parlat., *Pinus strobus* L., *Pinus pinaster* Ait., *Cupressus macrocarpa* Hartw., *Cupressus lusitanica* Mill. y *Pinus radiata* D. Don. The Comparative parameters of work in bending (Tetmajer's coefficients (η); Janka plastic modulus (Z) and Janka specific work (α)) were determined for all of Chile's exotic introduced conifers grown in Chile between the age of 52 - 62 years.

Furthermore, was correlated to Moduli of Elasticity (MOE), Annual Ring Width (AAC) and Basic Density (DB) as predictors of bending work variables. The relationships had no correlation since the F-value of the R^2 (coefficient of determination) was greater than 50 %.

According to the elastic work, plastic work and work to maximum load, it was observed that *Pinus radiata* had the highest value for the dry stage in comparison to the other species. The same situation was observed during the green stage, except in elastic work, where it was highest for *Cupressus macrocarpa*.

Pinus radiata indicates the highest plasticity and values in its moisture content stage. *Chamaecyparis lawsoniana* and *Pinus pinaster* indicates the highest values of toughness in a dry stage, whereas *Pinus strobus* had the lowest.

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- AVARIAS, R., 1995. Determinación de las Propiedades Mecánicas de las especies Chamaecyparis lawsoniana (A. Murr.) Parl.; Cupressus macrocarpa Hartw. y Pinus strobus l. crecidas en la Reserva Nacional de Malleco. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente. Concepción, Chile.
- 2.- BALDINI, J., 1994. Análisis del Crecimiento de un rodal adulto de Pinus radiata D. Don. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento Silvicultura. Concepción, Chile.
- 3.- BISSO, G., 1982. Propiedades Mecánicas y Físicas asociadas de 8 especies del género Eucaliptus. Tesis de grado, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Santiago . Chile.
- 4.- BROWN, H., A. PANSHIN and C. FORSAITH, 1952, Texbook of WoodTechnology. M^CGraw - Hill Book Company, INC. Volume II. USA.
- 5.- CLARK, J. y C. VERGARA, 1994. Determinación de algunas Propiedades Mecánicas de un rodal de Pinus radiata de 52 años de edad. Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería en maderas. Concepción, Chile.

- 6.- DIAZ-VAZ, J. y H. CUEVAS, 1982. Ensayos Mecánicos de la madera. Publicación Docente N° 8. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia, Chile.
- 7.- DIAZ-VAZ, J. y H. CUEVAS, 1986. Mecánica de la madera. Publicación Docente N° 23. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia, Chile.
- 8.- FERNANDEZ-GOLFIN, J. y M. DIEZ, 1994. Influencia de la Anchura del Anillo de crecimiento en la Densidad y otras Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera Estructural de Diversas Especies. Centro de Investigación Forestal (CIFOR - INIA). Vol 3 (2). pp 211-219, Madrid, España.
- 9.- FOULGER, A., 1952. Clases Prácticas sobre las Propiedades de la Madera. Departamento de Agricultura de EE.UU. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional. México/B. Aires.
- 10.- GUTIERREZ, G., 1994. Determinación de las Propiedades Mecánicas de tres especies exóticas, creciendo en la Reserva Forestal Malleco, Sector Los Guindos. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente. Concepción, Chile.
- 11.- HIDGON, A., E. OHLSEN and S. WILLIAM, 1962. Mecánica Aplicada a la Resistencia de los Materiales. Compañía Editorial Continental S.A. México.
- 12.- INFOR, 1991. Manual de Construcción en Madera N° 10. Vol. 1. Segunda Edición. Santiago. Chile.

- 13.- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION, 1986. Nch 1990 of 86. Madera. Tensiones admisibles para madera estructural, Santiago, Chile.
- 14.- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION, 1988. Nch 176/2. Madera. Determinación de la Densidad, Santiago, Chile.
- 15.- KOLLMAN, F. y A. COTE, 1968. Principles of Wood Science and Technology. Vol. 1, N° 1, Solid Wood. Springer - Verlag, Berlín, Alemania.
- 16.- NORAMBUENA, A., 1967. Determinación de algunas Propiedades Mecánicas de *Laurelia philippiana* y *Nothofagus dombeyii* en base a tres métodos normalizados. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal, Instituto de Tecnología de la Madera. Valdivia. Chile.
- 17.- PANSHIN, A. and C. ZEEUW, 1980. Structure, Identification, Propieties, and Uses of the commercial woods of the United State and Canada. Textbook of Wood Technology. Fourth Edition. M^C Graw-Hill. New York. USA.
- 18.- PEREZ, V., 1981. Manual de Construciones en Madera. Departamento Contruccionen en Madera, Instituto Forestal. Santiago, Chile.
- 19.- PEREZ, V., 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Chilenas. Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de trabajo N° 47, Conaf. Santiago, Chile.
- 20.- SLOANE, A., 1966. Resistencia de Materiales. Unión Tipográfica Editorial Hispano América. México.

- 21.- SPULER, H., 1973. Algunas Propiedades Físicas y Mecánicas de olivillo (*Aextoxicon punctatum* ret pav). Tesis de grado. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal, Instituto de Tecnología e Industria de la Madera. Valdivia. Chile.
- 22.- TORRICELLI, E., 1937. Estudio anatómico de las maderas Chilenas. Ministerio de Tierras y Colonización, Santiago, Chile.
- 23.- TORRICELLI, E., 1941. Propiedades físicas y mecánicas de las maderas Chilenas. Ministerio de Tierras y Colonización, Santiago, Chile.
- 24.- VALENZUELA, L. and Y. NAKAYAMA, 1991. The Bending Work of Radiata Pine Grown in Chile. *Mokusai Gakkaishi*. Vol. 37, N° 5. Japan.
- 25.- WALDFOR, G., 1991. Mechanical proprieties. In Kininmonth L. 1991. *Propierties and uses of New Zealand Radiata Pine*, Vol. 1, Cap. 6: Wood Propierties. FRI. New Zealand.

VIII. APENDICES



A. Tablas de cálculos de todos los valores obtenidos

A continuación se entregan 14 tablas con los valores de los cálculos realizados para obtener los resultados finales. Estas tablas están separadas por especie y estado de contenido de humedad de las probetas ensayadas.



Espece: Cupressus lusitánica Seco

Nº	Problema	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9	A.10	A.11	A.12	A.13	A.14	A.15	A.16	A.17	A.18	A.19	A.20	A.21	A.22	A.23	A.24	A.25	A.26	A.27	A.28	A.29	A.30	A.31	A.32	A.33	A.34	A.35	A.36	A.37	A.38	A.39	A.40	A.41	A.42	A.43	A.44	A.45	A.46	A.47	A.48	A.49	A.50	A.51	A.52	A.53	A.54	A.55	A.56	A.57	A.58	A.59	A.60	A.61	A.62	A.63	A.64	A.65	A.66	A.67	A.68	A.69	A.70	A.71	A.72	A.73	A.74	A.75	A.76	A.77	A.78	A.79	A.80	A.81	A.82	A.83	A.84	A.85	A.86	A.87	A.88	A.89	A.90	A.91	A.92	A.93	A.94	A.95	A.96	A.97	A.98	A.99	A.100
1	C1 C2 I	30.004	0.904	66.233	116.237	0.74	0.30	253	189	0.437	55	0.0090	157.200	0.82710	1	40.97	18.13	2.50	2.54	35	222.250	0.1350	0.3680	0.5230	171.788.24	1.90	0.636	646.12	823.97	MOR																																																																							
2	C1 C2 II	26.005	1.421	135.591	163.596	1.19	0.44	220	127	0.744	93	0.0090	136.000	0.82710	1	40.33	16.00	2.52	2.52	35	222.250	0.1350	0.3680	0.5230	171.788.24	1.90	0.636	646.12	823.97	MOR																																																																							
3	C1 C2 III	20.782	0.832	86.900	118.862	0.93	0.44	217	135	0.488	82	0.0090	127.700	0.8680	1	36.89	15.88	2.54	2.50	35	222.250	0.1340	0.4000	0.5840	82.882.81	1.50	0.420	447.41	717.00	MOR																																																																							
4	C1 C3 I	33.872	0.861	82.128	116.001	1.06	0.36	178	116	0.482	86	0.0090	106.800	0.8160	1	44.42	16.77	2.62	2.53	35	232.001	0.1460	0.3540	0.5000	51.598.07	2.20	0.324	368.21	696.98	MOR																																																																							
5	C1 C3 II	30.190	0.855	81.136	121.288	1.04	0.53	200	114	0.462	86	0.0090	116.500	0.8620	1	42.13	16.87	2.51	2.60	35	228.410	0.1320	0.3680	0.5310	52.786.79	2.10	0.344	354.16	619.36	MOR																																																																							
6	C1 C3 III	31.973	0.857	86.007	121.288	0.90	0.53	181	120	0.368	41	0.0090	97.800	0.8070	1	40.01	15.98	2.50	2.52	35	220.500	0.1450	0.2540	0.3600	60.598.16	1.90	0.310	397.86	632.81	MOR																																																																							
7	C1 C4 I	25.385	0.451	43.064	66.449	0.69	0.33	208	156	0.262	52	0.0050	116.500	0.9000	1	40.80	16.25	2.58	2.51	35	228.863	0.1120	0.1800	0.3020	125.487.64	3.00	0.431	602.89	671.84	MOR																																																																							
8	C1 C4 II	54.023	0.261	24.917	76.038	0.81	0.81	188	134	0.108	54	0.0020	86.300	0.4590	1	40.01	15.88	2.50	2.52	35	220.500	0.2480	0.1150	0.3680	44.465.23	3.00	0.253	442.87	621.75	MOR																																																																							
9	C1 C4 III	56.527	0.886	66.468	120.985	0.90	0.61	242	183	0.386	59	0.0050	134.000	0.9540	1	43.28	16.70	2.48	2.59	35	225.716	0.2480	0.2900	0.5390	74.565.63	2.50	0.398	574.57	760.25	MOR																																																																							
10	C2 C4 I	31.623	0.634	60.515	92.138	0.71	0.39	225	162	0.316	63	0.0050	130.400	0.9800	1	43.94	16.90	2.50	2.60	35	227.500	0.1360	0.2660	0.4890	100.882.01	2.10	0.412	502.40	668.43	MOR																																																																							
11	C2 C4 II	32.294	0.947	80.369	128.867	0.88	0.42	224	131	0.484	93	0.0050	133.600	0.9870	1	42.28	16.85	2.66	2.54	35	229.362	0.1180	0.3940	0.5130	79.880.16	1.50	0.404	413.15	705.84	MOR																																																																							
12	C2 C4 III	32.041	2.071	187.628	229.867	1.34	0.44	242	177	0.899	128	0.0070	171.800	0.6250	1	44.48	17.24	2.99	2.58	35	233.877	0.1370	0.8480	0.8620	80.836.12	1.90	0.585	448.48	637.56	MOR																																																																							
13	C2 C3 I	28.001	0.463	44.203	73.204	0.72	0.46	180	127	0.264	53	0.0050	101.700	0.9850	1	44.48	17.24	2.99	2.58	35	233.877	0.1370	0.8480	0.8620	80.836.12	1.90	0.585	448.48	637.56	MOR																																																																							
14	C2 C3 II	25.564	1.019	87.241	120.634	0.87	0.35	227	134	0.818	104	0.0050	138.700	0.9400	1	40.01	16.88	2.50	2.52	35	230.500	0.1070	0.1680	0.3400	101.238.88	2.00	0.403	547.38	758.53	MOR																																																																							
15	C2 C3 III	36.018	0.903	48.026	84.043	0.70	0.45	220	188	0.248	61	0.0040	120.000	0.8400	1	37.87	15.19	2.47	2.48	35	214.388	0.1070	0.1680	0.3400	101.238.88	2.00	0.403	547.38	758.53	MOR																																																																							
16	C2 C3 II	30.020	1.014	86.780	126.800	0.97	0.43	215	138	0.636	77	0.0070	130.800	0.6080	1	41.30	16.28	2.52	2.54	35	224.028	0.1340	0.4320	0.6800	82.888.01	1.50	0.433	447.40	684.70	MOR																																																																							
17	C8 D1 I	31.878	0.810	77.280	104.138	0.90	0.44	186	145	0.464	41	0.0110	121.800	0.6960	1	39.53	15.81	2.53	2.50	35	221.376	0.1440	0.3480	0.4850	88.841.86	1.50	0.418	478.87	616.86	MOR																																																																							
18	C8 D1 II	32.300	1.092	104.177	136.477	1.02	0.47	248	136	0.544	109	0.0050	134.000	0.9470	1	40.28	16.18	2.61	2.49	35	227.482	0.1420	0.4590	0.8000	78.348.41	1.50	0.430	441.75	784.04	MOR																																																																							
19	C7 C1 I	28.126	0.724	66.116	96.242	0.93	0.52	195	113	0.410	82	0.0050	106.100	0.5440	1	44.30	17.11	2.55	2.56	35	231.198	0.1200	0.2960	0.4250	53.008.13	1.30	0.302	346.73	596.80	MOR																																																																							
20	C7 C1 II	37.623	0.768	75.889	113.582	0.98	0.61	216	123	0.373	93	0.0040	116.200	0.5340	1	44.30	17.11	2.55	2.56	35	231.198	0.1200	0.2960	0.4250	53.008.13	1.30	0.302	346.73	596.80	MOR																																																																							
21	C1 C2 I	21.138	2.162	208.134	230.272	1.46	0.37	253	116	1.068	137	0.0080	157.200	0.6210	1	40.16	16.09	2.57	2.50	35	224.876	0.0640	0.8000	1.0240	84.530.81	0.90	0.622	378.19	627.38	MOR																																																																							
22	C1 C2 II	32.610	0.890	84.456	127.068	1.00	0.49	217	133	0.504	84	0.0080	127.700	0.9900	1	42.11	16.45	2.51	2.56	35	224.888	0.1450	0.4200	0.6650	66.841.85	2.10	0.397	423.88	661.96	MOR																																																																							
23	C1 C2 III	31.485	0.257	24.552	56.018	0.65	0.32	188	122	0.132	89	0.0020	106.800	0.8160	1	41.82	16.39	2.54	2.54	35	225.808	0.1030	0.3640	0.4870	97.410.11	0.90	0.355	353.52	570.02	MOR																																																																							
24	C1 C1 I	23.258	0.881	82.163	105.451	0.96	0.42	178	110	0.541	86	0.0080	106.800	0.8160	1	39.53	15.75	2.59	2.55	35	226.808	0.1090	0.3880	0.4850	74.616.70	0.90	0.384	377.32	485.23	MOR																																																																							
25	C1 C1 II	23.260	0.885	85.434	108.714	0.93	0.41	200	113	0.522	87	0.0080	116.800	0.8620	1	39.53	15.75	2.59	2.55	35	226.808	0.1090	0.3880	0.4850	74.616.70	0.90	0.384	377.32	485.23	MOR																																																																							
26	C1 C1 III	27.875	0.834	80.532	98.507	0.90	0.49	161	115	0.417	46	0.0080	97.800	0.6070	1	48.02	16.19	2.61	2.64	35	241.164	0.1180	0.2510	0.3670	52.524.09	1.10	0.278	331.17	465.23	MOR																																																																							
27	C1 C2 I	44.807	0.428	40.998	85.573	0.73	0.53	208	188	0.202	40	0.0050	116.500	0.9600	1	42.28	16.58	2.95	2.55	35	227.598	0.1860	0.1900	0.3780	79.811.71	1.40	0.340	530.64	698.68	MOR																																																																							
28	C1 C2 II	31.485	0.257	24.552	56.018	0.65	0.32	188	122	0.132	89	0.0020	106.800	0.4590	1	44.98	17.50	2.96	2.57	35	238.368	0.1320	0.1020	0.2350	56.175.62	3.80	0.231	365.34	565.96	MOR																																																																							
29	C1 C2 III	57.581	0.663	63.228	120.800	0.90	0.62	242	186	0.281	58	0.0050	134.000	0.5540	1	41.82	16.39	2.54	2.54	35	225.808	0.2550	0.2880	0.5350	77.082.51	3.60	0.404	564.74	774.81	MOR																																																																							
30	C2 C2 I	31.425	0.881	83.078	94.503	0.72	0.40	225	159	0.329	86	0.0050	130.400	0.9600	1	42.95	16.78	2.56	2.56	35	228.378	0.1370	0.2750	0.4120	100.308.98	1.50	0.415	487.42	703.54	MOR																																																																							
31	C2 C2 II	28.645	0.835	88.183	115.828	0.87	0.41	224	131	0.462	92	0.0050	133.600	0.9970	1	41.82	16.39	2.54	2.54	35	228.808	0.1180	0.3950	0.5190	83.603.48	2.00	0.412	421.14	716.95	MOR																																																																							
32	C2 C2 III	32.156	1.980	187.013	219.188	1.28	0.42	275	153	0.855	122	0.0070	171.900	0.8250	1	39.08	15.63	2.50	2.50	35	218.750	0.1470	0.8550	1.0020	96.616.25	1.70	0.650	513.92	924.13	MOR																																																																							
33	C2 C2 I	31.378	0.810	80.313	93.891	0.63	0.39	180	130	0.251	50	0.0050	101.700	0.5650	1	40.17	15.84	2.51	2.50	35	219.625	0.1110	0.1790	0.2900	84.509.08	1.70	0.350	434.54	602.39	MOR																																																																							
34	C2 C2 II	17.046	1.046	98.843	116.880	0.84	0.28	227	124	0.567	113	0.0050	138.700	0.5																																																																																							

Especie: *Chamaecyparis lawsoniana*

Verde

Próbada	A1	A2*	A2	A. Total	V ₀	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂	V ₁₃	V ₁₄	V ₁₅	V ₁₆	V ₁₇	V ₁₈	V ₁₉	V ₂₀	V ₂₁	V ₂₂	V ₂₃	V ₂₄	V ₂₅	V ₂₆	V ₂₇	V ₂₈	V ₂₉	V ₃₀	V ₃₁	V ₃₂	V ₃₃	V ₃₄	V ₃₅	V ₃₆	V ₃₇	V ₃₈	V ₃₉	V ₄₀	V ₄₁	V ₄₂	V ₄₃	V ₄₄	V ₄₅	V ₄₆	V ₄₇	V ₄₈	V ₄₉	V ₅₀	V ₅₁	V ₅₂	V ₅₃	V ₅₄	V ₅₅	V ₅₆	V ₅₇	V ₅₈	V ₅₉	V ₆₀	V ₆₁	V ₆₂	V ₆₃	V ₆₄	V ₆₅	V ₆₆	V ₆₇	V ₆₈	V ₆₉	V ₇₀	V ₇₁	V ₇₂	V ₇₃	V ₇₄	V ₇₅	V ₇₆	V ₇₇	V ₇₈	V ₇₉	V ₈₀	V ₈₁	V ₈₂	V ₈₃	V ₈₄	V ₈₅	V ₈₆	V ₈₇	V ₈₈	V ₈₉	V ₉₀	V ₉₁	V ₉₂	V ₉₃	V ₉₄	V ₉₅	V ₉₆	V ₉₇	V ₉₈	V ₉₉	V ₁₀₀	V ₁₀₁	V ₁₀₂	V ₁₀₃	V ₁₀₄	V ₁₀₅	V ₁₀₆	V ₁₀₇	V ₁₀₈	V ₁₀₉	V ₁₁₀	V ₁₁₁	V ₁₁₂	V ₁₁₃	V ₁₁₄	V ₁₁₅	V ₁₁₆	V ₁₁₇	V ₁₁₈	V ₁₁₉	V ₁₂₀	V ₁₂₁	V ₁₂₂	V ₁₂₃	V ₁₂₄	V ₁₂₅	V ₁₂₆	V ₁₂₇	V ₁₂₈	V ₁₂₉	V ₁₃₀	V ₁₃₁	V ₁₃₂	V ₁₃₃	V ₁₃₄	V ₁₃₅	V ₁₃₆	V ₁₃₇	V ₁₃₈	V ₁₃₉	V ₁₄₀	V ₁₄₁	V ₁₄₂	V ₁₄₃	V ₁₄₄	V ₁₄₅	V ₁₄₆	V ₁₄₇	V ₁₄₈	V ₁₄₉	V ₁₅₀	V ₁₅₁	V ₁₅₂	V ₁₅₃	V ₁₅₄	V ₁₅₅	V ₁₅₆	V ₁₅₇	V ₁₅₈	V ₁₅₉	V ₁₆₀	V ₁₆₁	V ₁₆₂	V ₁₆₃	V ₁₆₄	V ₁₆₅	V ₁₆₆	V ₁₆₇	V ₁₆₈	V ₁₆₉	V ₁₇₀	V ₁₇₁	V ₁₇₂	V ₁₇₃	V ₁₇₄	V ₁₇₅	V ₁₇₆	V ₁₇₇	V ₁₇₈	V ₁₇₉	V ₁₈₀	V ₁₈₁	V ₁₈₂	V ₁₈₃	V ₁₈₄	V ₁₈₅	V ₁₈₆	V ₁₈₇	V ₁₈₈	V ₁₈₉	V ₁₉₀	V ₁₉₁	V ₁₉₂	V ₁₉₃	V ₁₉₄	V ₁₉₅	V ₁₉₆	V ₁₉₇	V ₁₉₈	V ₁₉₉	V ₂₀₀	V ₂₀₁	V ₂₀₂	V ₂₀₃	V ₂₀₄	V ₂₀₅	V ₂₀₆	V ₂₀₇	V ₂₀₈	V ₂₀₉	V ₂₁₀	V ₂₁₁	V ₂₁₂	V ₂₁₃	V ₂₁₄	V ₂₁₅	V ₂₁₆	V ₂₁₇	V ₂₁₈	V ₂₁₉	V ₂₂₀	V ₂₂₁	V ₂₂₂	V ₂₂₃	V ₂₂₄	V ₂₂₅	V ₂₂₆	V ₂₂₇	V ₂₂₈	V ₂₂₉	V ₂₃₀	V ₂₃₁	V ₂₃₂	V ₂₃₃	V ₂₃₄	V ₂₃₅	V ₂₃₆	V ₂₃₇	V ₂₃₈	V ₂₃₉	V ₂₄₀	V ₂₄₁	V ₂₄₂	V ₂₄₃	V ₂₄₄	V ₂₄₅	V ₂₄₆	V ₂₄₇	V ₂₄₈	V ₂₄₉	V ₂₅₀	V ₂₅₁	V ₂₅₂	V ₂₅₃	V ₂₅₄	V ₂₅₅	V ₂₅₆	V ₂₅₇	V ₂₅₈	V ₂₅₉	V ₂₆₀	V ₂₆₁	V ₂₆₂	V ₂₆₃	V ₂₆₄	V ₂₆₅	V ₂₆₆	V ₂₆₇	V ₂₆₈	V ₂₆₉	V ₂₇₀	V ₂₇₁	V ₂₇₂	V ₂₇₃	V ₂₇₄	V ₂₇₅	V ₂₇₆	V ₂₇₇	V ₂₇₈	V ₂₇₉	V ₂₈₀	V ₂₈₁	V ₂₈₂	V ₂₈₃	V ₂₈₄	V ₂₈₅	V ₂₈₆	V ₂₈₇	V ₂₈₈	V ₂₈₉	V ₂₉₀	V ₂₉₁	V ₂₉₂	V ₂₉₃	V ₂₉₄	V ₂₉₅	V ₂₉₆	V ₂₉₇	V ₂₉₈	V ₂₉₉	V ₃₀₀	V ₃₀₁	V ₃₀₂	V ₃₀₃	V ₃₀₄	V ₃₀₅	V ₃₀₆	V ₃₀₇	V ₃₀₈	V ₃₀₉	V ₃₁₀	V ₃₁₁	V ₃₁₂	V ₃₁₃	V ₃₁₄	V ₃₁₅	V ₃₁₆	V ₃₁₇	V ₃₁₈	V ₃₁₉	V ₃₂₀	V ₃₂₁	V ₃₂₂	V ₃₂₃	V ₃₂₄	V ₃₂₅	V ₃₂₆	V ₃₂₇	V ₃₂₈	V ₃₂₉	V ₃₃₀	V ₃₃₁	V ₃₃₂	V ₃₃₃	V ₃₃₄	V ₃₃₅	V ₃₃₆	V ₃₃₇	V ₃₃₈	V ₃₃₉	V ₃₄₀	V ₃₄₁	V ₃₄₂	V ₃₄₃	V ₃₄₄	V ₃₄₅	V ₃₄₆	V ₃₄₇	V ₃₄₈	V ₃₄₉	V ₃₅₀	V ₃₅₁	V ₃₅₂	V ₃₅₃	V ₃₅₄	V ₃₅₅	V ₃₅₆	V ₃₅₇	V ₃₅₈	V ₃₅₉	V ₃₆₀	V ₃₆₁	V ₃₆₂	V ₃₆₃	V ₃₆₄	V ₃₆₅	V ₃₆₆	V ₃₆₇	V ₃₆₈	V ₃₆₉	V ₃₇₀	V ₃₇₁	V ₃₇₂	V ₃₇₃	V ₃₇₄	V ₃₇₅	V ₃₇₆	V ₃₇₇	V ₃₇₈	V ₃₇₉	V ₃₈₀	V ₃₈₁	V ₃₈₂	V ₃₈₃	V ₃₈₄	V ₃₈₅	V ₃₈₆	V ₃₈₇	V ₃₈₈	V ₃₈₉	V ₃₉₀	V ₃₉₁	V ₃₉₂	V ₃₉₃	V ₃₉₄	V ₃₉₅	V ₃₉₆	V ₃₉₇	V ₃₉₈	V ₃₉₉	V ₄₀₀	V ₄₀₁	V ₄₀₂	V ₄₀₃	V ₄₀₄	V ₄₀₅	V ₄₀₆	V ₄₀₇	V ₄₀₈	V ₄₀₉	V ₄₁₀	V ₄₁₁	V ₄₁₂	V ₄₁₃	V ₄₁₄	V ₄₁₅	V ₄₁₆	V ₄₁₇	V ₄₁₈	V ₄₁₉	V ₄₂₀	V ₄₂₁	V ₄₂₂	V ₄₂₃	V ₄₂₄	V ₄₂₅	V ₄₂₆	V ₄₂₇	V ₄₂₈	V ₄₂₉	V ₄₃₀	V ₄₃₁	V ₄₃₂	V ₄₃₃	V ₄₃₄	V ₄₃₅	V ₄₃₆	V ₄₃₇	V ₄₃₈	V ₄₃₉	V ₄₄₀	V ₄₄₁	V ₄₄₂	V ₄₄₃	V ₄₄₄	V ₄₄₅	V ₄₄₆	V ₄₄₇	V ₄₄₈	V ₄₄₉	V ₄₅₀	V ₄₅₁	V ₄₅₂	V ₄₅₃	V ₄₅₄	V ₄₅₅	V ₄₅₆	V ₄₅₇	V ₄₅₈	V ₄₅₉	V ₄₆₀	V ₄₆₁	V ₄₆₂	V ₄₆₃	V ₄₆₄	V ₄₆₅	V ₄₆₆	V ₄₆₇	V ₄₆₈	V ₄₆₉	V ₄₇₀	V ₄₇₁	V ₄₇₂	V ₄₇₃	V ₄₇₄	V ₄₇₅	V ₄₇₆	V ₄₇₇	V ₄₇₈	V ₄₇₉	V ₄₈₀	V ₄₈₁	V ₄₈₂	V ₄₈₃	V ₄₈₄	V ₄₈₅	V ₄₈₆	V ₄₈₇	V ₄₈₈	V ₄₈₉	V ₄₉₀	V ₄₉₁	V ₄₉₂	V ₄₉₃	V ₄₉₄	V ₄₉₅	V ₄₉₆	V ₄₉₇	V ₄₉₈	V ₄₉₉	V ₅₀₀	V ₅₀₁	V ₅₀₂	V ₅₀₃	V ₅₀₄	V ₅₀₅	V ₅₀₆	V ₅₀₇	V ₅₀₈	V ₅₀₉	V ₅₁₀	V ₅₁₁	V ₅₁₂	V ₅₁₃	V ₅₁₄	V ₅₁₅	V ₅₁₆	V ₅₁₇	V ₅₁₈	V ₅₁₉	V ₅₂₀	V ₅₂₁	V ₅₂₂	V ₅₂₃	V ₅₂₄	V ₅₂₅	V ₅₂₆	V ₅₂₇	V ₅₂₈	V ₅₂₉	V ₅₃₀	V ₅₃₁	V ₅₃₂	V ₅₃₃	V ₅₃₄	V ₅₃₅	V ₅₃₆	V ₅₃₇	V ₅₃₈	V ₅₃₉	V ₅₄₀	V ₅₄₁	V ₅₄₂	V ₅₄₃	V ₅₄₄	V ₅₄₅	V ₅₄₆	V ₅₄₇	V ₅₄₈	V ₅₄₉	V ₅₅₀	V ₅₅₁	V ₅₅₂	V ₅₅₃	V ₅₅₄	V ₅₅₅	V ₅₅₆	V ₅₅₇	V ₅₅₈	V ₅₅₉	V ₅₆₀	V ₅₆₁	V ₅₆₂	V ₅₆₃	V ₅₆₄	V ₅₆₅	V ₅₆₆	V ₅₆₇	V ₅₆₈	V ₅₆₉	V ₅₇₀	V ₅₇₁	V ₅₇₂	V ₅₇₃	V ₅₇₄	V ₅₇₅	V ₅₇₆	V ₅₇₇	V ₅₇₈	V ₅₇₉	V ₅₈₀	V ₅₈₁	V ₅₈₂	V ₅₈₃	V ₅₈₄	V ₅₈₅	V ₅₈₆	V ₅₈₇	V ₅₈₈	V ₅₈₉	V ₅₉₀	V ₅₉₁	V ₅₉₂	V ₅₉₃	V ₅₉₄	V ₅₉₅	V ₅₉₆	V ₅₉₇	V ₅₉₈	V ₅₉₉	V ₆₀₀	V ₆₀₁	V ₆₀₂	V ₆₀₃	V ₆₀₄	V ₆₀₅	V ₆₀₆	V ₆₀₇	V ₆₀₈	V ₆₀₉	V ₆₁₀	V ₆₁₁	V ₆₁₂	V ₆₁₃	V ₆₁₄	V ₆₁₅	V ₆₁₆	V ₆₁₇	V ₆₁₈	V ₆₁₉	V ₆₂₀	V ₆₂₁	V ₆₂₂	V ₆₂₃	V ₆₂₄	V ₆₂₅	V ₆₂₆	V ₆₂₇	V ₆₂₈	V ₆₂₉	V ₆₃₀	V ₆₃₁	V ₆₃₂	V ₆₃₃	V ₆₃₄	V ₆₃₅	V ₆₃₆	V ₆₃₇	V ₆₃₈	V ₆₃₉	V ₆₄₀	V ₆₄₁	V ₆₄₂	V ₆₄₃	V ₆₄₄	V ₆₄₅	V ₆₄₆	V ₆₄₇	V ₆₄₈	V ₆₄₉	V ₆₅₀	V ₆₅₁	V ₆₅₂	V ₆₅₃	V ₆₅₄	V ₆₅₅	V ₆₅₆	V ₆₅₇	V ₆₅₈	V ₆₅₉	V ₆₆₀	V ₆₆₁	V ₆₆₂	V ₆₆₃	V ₆₆₄	V ₆₆₅	V ₆₆₆	V ₆₆₇	V ₆₆₈	V ₆₆₉	V ₆₇₀	V ₆₇₁	V ₆₇₂	V ₆₇₃	V ₆₇₄	V ₆₇₅	V ₆₇₆	V ₆₇₇	V ₆₇₈	V ₆₇₉	V ₆₈₀	V ₆₈₁	V ₆₈₂	V ₆₈₃	V ₆₈₄	V ₆₈₅	V ₆₈₆	V ₆₈₇	V ₆₈₈	V ₆₈₉	V ₆₉₀	V ₆₉₁	V ₆₉₂	V ₆₉₃	V ₆₉₄	V ₆₉₅	V ₆₉₆	V ₆₉₇	V ₆₉₈	V ₆₉₉	V ₇₀₀	V ₇₀₁	V ₇₀₂	V ₇₀₃	V ₇₀₄	V ₇₀₅	V ₇₀₆	V ₇₀₇	V ₇₀₈	V ₇₀₉	V ₇₁₀	V ₇₁₁	V ₇₁₂	V ₇₁₃	V ₇₁₄	V ₇₁₅	V ₇₁₆	V ₇₁₇	V ₇₁₈	V ₇₁₉	V ₇₂₀	V ₇₂₁	V ₇₂₂	V ₇₂₃	V ₇₂₄	V ₇₂₅	V ₇₂₆	V ₇₂₇	V ₇₂₈	V ₇₂₉	V ₇₃₀	V ₇₃₁	V ₇₃₂	V ₇₃₃	V ₇₃₄	V ₇₃₅	V ₇₃₆	V ₇₃₇	V ₇₃₈	V ₇₃₉	V ₇₄₀	V ₇₄₁	V ₇₄₂	V ₇₄₃	V ₇₄₄	V ₇₄₅	V ₇₄₆	V ₇₄₇	V ₇₄₈	V ₇₄₉	V ₇₅₀	V ₇₅₁	V ₇₅₂	V ₇₅₃	V ₇₅₄	V ₇₅₅	V ₇₅₆	V ₇₅₇	V ₇₅₈	V ₇₅₉	V ₇₆₀	V ₇₆₁	V ₇₆₂	V ₇₆₃	V ₇₆₄	V ₇₆₅	V ₇₆₆	V ₇₆₇	V ₇₆₈	V ₇₆₉	V ₇₇₀	V ₇₇₁	V ₇₇₂	V ₇₇₃	V ₇₇₄	V ₇₇₅	V ₇₇₆	V ₇₇₇	V ₇₇₈	V ₇₇₉	V ₇₈₀	V ₇₈₁	V ₇₈₂	V ₇₈₃	V ₇₈₄	V ₇₈₅	V ₇₈₆	V ₇₈₇	V ₇₈₈	V ₇₈₉	V ₇₉₀	V ₇₉₁	V ₇₉₂	V ₇₉₃	V ₇₉₄	V ₇₉₅	V ₇₉₆	V ₇₉₇	V ₇₉₈	V ₇₉₉	V ₈₀₀	V ₈₀₁	V ₈₀₂	V ₈₀₃	V ₈₀₄	V ₈₀₅	V ₈₀₆	V ₈₀₇	V ₈₀₈	V ₈₀₉	V ₈₁₀	V ₈₁₁	V ₈₁₂	V ₈₁₃	V ₈₁₄	V ₈₁₅	V ₈₁₆	V ₈₁₇	V ₈₁₈	V ₈₁₉	V ₈₂₀	V ₈₂₁	V ₈₂₂	V ₈₂₃	V ₈₂₄	V ₈₂₅	V ₈₂₆	V ₈₂₇	V ₈₂₈	V ₈₂₉	V ₈₃₀	V ₈₃₁	V ₈₃₂	V ₈₃₃	V ₈₃₄	V ₈₃₅	V ₈₃₆	V ₈₃₇	V ₈₃₈	V ₈₃₉	V ₈₄₀	V ₈₄₁	V ₈₄₂	V ₈₄₃	V ₈₄₄	V ₈₄₅	V ₈₄₆	V ₈₄₇	V ₈₄₈	V ₈₄₉	V ₈₅₀	V ₈₅₁	V ₈₅₂	V ₈₅₃	V ₈₅₄	V ₈₅₅	V ₈₅₆	V ₈₅₇	V ₈₅₈	V ₈₅₉	V ₈₆₀	V ₈₆₁	V ₈₆₂	V ₈₆₃	V ₈₆₄	V ₈₆₅	V ₈₆₆	V ₈₆₇	V ₈₆₈	V ₈₆₉	V ₈₇₀	V ₈₇₁	V ₈₇₂	V ₈₇₃	V ₈₇₄	V ₈₇₅	V ₈₇₆	V ₈₇₇	V ₈₇₈	V ₈₇₉
---------	----	-----	----	----------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Especie: Cupressus macrocarpa Verde

#	Problema	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	A.9	A.10	A.11	A.12	A.13	A.14	A.15	A.16	A.17	A.18	A.19	A.20	A.21	A.22	A.23	A.24	A.25	A.26	A.27	A.28	A.29	A.30	A.31	A.32	A.33	A.34	A.35	A.36	A.37	A.38	A.39	A.40	A.41	A.42	A.43	A.44	A.45	A.46	A.47	A.48	A.49	A.50	A.51	A.52	A.53	A.54	A.55	A.56	A.57	A.58	A.59	A.60	A.61	A.62	A.63	A.64	A.65	A.66	A.67	A.68	A.69	A.70	A.71	A.72	A.73	A.74	A.75	A.76	A.77	A.78	A.79	A.80	A.81	A.82	A.83	A.84	A.85	A.86	A.87	A.88	A.89	A.90	A.91	A.92	A.93	A.94	A.95	A.96	A.97	A.98	A.99	A.100
1	Cm 11 X1	18.670	1.323	128.241	148.111	1.20	0.41	180	108	0.785	58	0.0137	128.428	0.7436	1	41.46	18.32	2.53	2.54	35	224.931	0.0872	0.5612	0.6586	66.843.61	3.63	0.398	347.36	533.81																																																																								
2	Cm 11 X11	18.540	0.810	98.208	78.746	1.10	0.38	170	103	0.740	67	0.0110	98.786	0.4104	1	40.46	16.07	2.53	2.52	35	223.150	0.0631	0.2609	0.3440	75.744.75	3.14	0.378	338.58	585.82																																																																								
3	Cm 11 X12	20.126	0.825	78.722	96.848	1.02	0.42	148	87	0.603	49	0.0123	97.101	0.6851	1	38.06	15.83	2.50	2.50	35	218.747	0.0620	0.3669	0.4518	84.136.05	4.53	0.345	325.82	480.50																																																																								
4	Cm 9 W2	19.300	0.840	89.895	104.895	1.13	0.40	140	76	0.734	64	0.0115	82.500	0.8807	1	41.87	16.42	2.53	2.55	35	225.361	0.0874	0.3680	0.4655	48.842.48	3.45	0.341	243.01	447.85																																																																								
5	Cm 9 W21	25.360	1.363	130.057	195.437	1.14	0.47	176	108	0.673	66	0.0099	135.981	0.7727	1	40.97	16.13	2.50	2.54	35	222.248	0.1142	0.5952	0.6894	60.120.87	3.19	0.384	351.54	672.88																																																																								
6	Cm 9 W22	22.850	0.788	78.145	98.095	0.94	0.43	164	108	0.513	56	0.0082	108.845	0.6442	1	42.03	16.52	2.55	2.55	35	227.131	0.1010	0.3382	0.4363	64.800.48	3.22	0.380	343.30	521.31																																																																								
7	Cm 9 W24	20.880	1.287	123.780	144.840	1.43	0.48	136	87	0.848	51	0.0185	101.430	0.7350	1	42.12	16.52	2.54	2.55	35	228.864	0.0821	0.5400	0.6381	48.128.01	3.64	0.340	278.35	438.87																																																																								
8	Cm 4 Y2	20.475	0.914	98.698	78.063	0.82	0.39	154	105	0.427	49	0.0087	96.772	0.6284	1	43.46	16.91	2.56	2.57	35	230.284	0.0889	0.2544	0.3433	66.409.33	3.70	0.351	328.01	478.15																																																																								
9	Cm 4 X2	19.345	1.107	105.630	124.875	1.03	0.37	172	108	0.688	66	0.0101	120.863	0.7034	1	38.75	15.53	2.49	2.50	35	217.863	0.0609	0.3088	0.3987	54.091.79	3.82	0.359	297.47	483.53																																																																								
10	Cm 4 X21	21.730	0.770	73.473	95.203	0.94	0.41	166	108	0.525	50	0.0105	101.822	0.6827	1	41.82	16.32	2.51	2.55	35	224.011	0.0884	0.4715	0.5879	74.783.78	4.00	0.364	348.87	653.27																																																																								
11	Cm 4 X23	20.520	0.865	91.128	111.646	0.96	0.38	172	108	0.583	64	0.0081	115.806	0.6740	1	40.65	16.13	2.54	2.52	35	224.028	0.0870	0.4250	0.4250	68.175.29	4.00	0.360	345.01	507.75																																																																								
12	Cm 3 W11	26.740	1.377	131.363	157.133	1.29	0.44	166	117	0.863	51	0.0187	121.526	0.7234	1	41.85	16.45	2.53	2.55	35	225.793	0.0809	0.4098	0.4945	72.817.82	4.20	0.352	344.86	548.80																																																																								
13	Cm 3 W12	23.575	1.248	119.180	142.795	1.13	0.41	174	115	0.723	59	0.0123	125.987	0.7341	1	40.49	16.07	2.53	2.52	35	223.130	0.1057	0.5341	0.6388	67.841.48	3.72	0.354	373.38	536.14																																																																								
14	Cm 3 W13	24.650	0.945	90.172	114.822	1.00	0.43	164	118	0.578	48	0.0120	114.478	0.6880	1	40.97	16.13	2.50	2.54	35	222.248	0.1109	0.4057	0.5186	74.256.04	3.60	0.360	375.79	588.59																																																																								
15	Cm 3 W14	23.975	0.883	86.172	98.747	0.85	0.41	172	115	0.443	87	0.0078	104.041	0.6046	1	40.81	16.13	2.52	2.53	35	223.136	0.1057	0.2821	0.3977	73.670.15	4.20	0.366	374.30	588.83																																																																								
16	Cm 2 X2	12.730	0.820	78.244	90.874	1.02	0.34	136	76	0.662	60	0.0114	89.454	0.6877	1	40.97	16.13	2.50	2.54	35	222.248	0.0673	0.3521	0.4983	56.356.48	4.12	0.339	247.38	442.88																																																																								
17	Cm 1 Y2	24.645	0.880	82.061	106.706	1.06	0.47	144	106	0.568	38	0.0157	100.382	0.6971	1	40.49	16.07	2.53	2.52	35	223.130	0.1105	0.3878	0.4782	66.349.09	3.08	0.323	346.38	470.59																																																																								
18	Cm 1 X31	12.480	1.364	130.153	142.633	1.30	0.32	146	78	0.863	68	0.0145	109.485	0.7488	1	38.69	15.81	2.51	2.51	35	220.488	0.0856	0.4803	0.6488	65.825.86	3.40	0.343	288.98	484.73																																																																								
19	Cm 1 X32	22.540	0.763	72.885	95.345	1.00	0.46	140	98	0.543	42	0.0128	95.080	0.6780	1	38.51	15.47	2.50	2.48	35	217.480	0.1056	0.3348	0.4384	56.287.84	3.33	0.351	332.60	475.14																																																																								
20	Cm 1 X34	19.270	0.524	50.000	68.270	0.88	0.42	130	87	0.481	43	0.0128	77.482	0.6881	1	38.18	15.41	2.51	2.48	35	217.585	0.0840	0.2288	0.3138	58.143.15	3.33	0.341	289.48	442.88																																																																								
21	Cm 1 X35	19.270	0.524	50.000	68.270	0.88	0.42	130	87	0.481	43	0.0128	77.482	0.6881	1	38.18	15.41	2.51	2.48	35	217.585	0.0840	0.2288	0.3138	58.143.15	3.33	0.341	289.48	442.88																																																																								

Promedio

Desv. est.

Coef. var. (0.1)

Verde

Especie: Pinus pinaster

Nº	Provincia	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48	A49	A50	A51	A52	A53	A54	A55	A56	A57	A58	A59	A60	A61	A62	A63	A64	A65	A66	A67	A68	A69	A70	A71	A72	A73	A74	A75	A76	A77	A78	A79	A80	A81	A82	A83	A84	A85	A86	A87	A88	A89	A90	A91	A92	A93	A94	A95	A96	A97	A98	A99	A100
1	PA A2 I	11.460	1.486	142.800	154.360	1.48	0.28	125	82	1.200	43	0.0278	104.311	0.6345	1	40.41	16.00	2.51	2.53	35	221.821	0.0518	0.0442	0.8600	0.0596	0.0518	0.0600	77.065.96	1.73	0.420	269.02	410.06																																																																					
2	PA A2 II	12.760	1.434	148.800	169.560	1.28	0.28	156	86	1.870	68	0.0143	118.898	0.7600	1	38.21	15.38	2.49	2.48	35	221.821	0.0596	0.0518	0.8600	0.0596	0.0518	0.0600	85.123.66	1.73	0.420	300.48	532.64																																																																					
3	PA B1 I	11.560	1.660	162.000	173.560	1.92	0.34	113	86	1.960	45	0.0351	90.346	0.8000	1	38.83	15.56	2.50	2.50	35	218.313	0.0530	0.0421	0.7850	0.0530	0.0530	0.0600	95.210.80	5.50	0.438	228.40	381.20																																																																					
4	PA B1 II	13.620	1.622	154.000	168.720	1.60	0.32	137	87	1.280	50	0.0256	105.450	0.7697	1	40.49	16.07	2.53	2.52	35	223.146	0.0637	0.0637	0.7691	0.0637	0.0637	0.0600	71.878.59	3.75	0.478	284.28	447.87																																																																					
5	PA B1 III	13.860	1.835	175.100	188.790	1.82	0.37	123	74	1.850	49	0.0316	88.328	0.7864	1	38.06	15.35	2.50	2.48	35	218.566	0.0632	0.0632	0.8065	0.0632	0.0632	0.0600	66.331.14	8.55	0.461	253.17	420.81																																																																					
6	PA A2 I	14.760	1.647	157.200	171.960	1.38	0.34	170	67	1.040	83	0.0125	124.630	0.7351	1	38.62	16.47	2.50	2.49	35	217.439	0.0680	0.0720	0.7910	0.0680	0.0720	0.0600	71.205.88	2.14	0.461	285.28	578.95																																																																					
7	PA A2 II	17.360	0.823	78.500	95.860	1.08	0.37	115	84	1.710	21	0.0338	86.787	0.7721	1	38.28	15.41	2.50	2.48	35	217.003	0.0601	0.0617	0.8419	0.0601	0.0617	0.0600	71.124.72	2.11	0.398	320.31	381.86																																																																					
8	PA A2 III	14.528	1.867	187.700	202.228	1.82	0.35	125	83	1.970	42	0.0374	105.328	0.8428	1	40.48	16.07	2.53	2.52	35	223.146	0.0651	0.0642	0.8062	0.0651	0.0642	0.0600	82.781.55	1.87	0.398	244.71	408.48																																																																					
9	PA A2 IV	12.564	1.854	180.600	193.180	1.34	0.34	111	74	1.000	37	0.0270	84.445	0.7688	1	38.85	15.88	2.52	2.51	35	221.382	0.0688	0.0702	0.8454	0.0688	0.0702	0.0600	58.543.04	2.02	0.388	244.71	387.08																																																																					
10	PA A2 V	14.875	1.681	160.400	173.278	1.47	0.35	158	85	1.120	74	0.0161	119.235	0.7488	1	40.41	16.03	2.53	2.52	35	222.705	0.0688	0.0702	0.8454	0.0688	0.0702	0.0600	70.842.68	2.02	0.401	278.30	520.59																																																																					
11	PA A1 I	14.350	1.541	147.000	161.350	1.60	0.35	125	82	1.250	43	0.0281	100.844	0.8068	1	41.13	16.28	2.54	2.53	35	224.917	0.0638	0.0638	0.8068	0.0638	0.0638	0.0600	81.051.27	4.10	0.415	284.78	403.84																																																																					
12	PA A1 II	15.120	1.398	133.200	148.320	1.47	0.36	126	84	1.110	42	0.0264	100.898	0.8008	1	40.09	15.97	2.54	2.51	35	222.705	0.0679	0.0681	0.8008	0.0679	0.0681	0.0600	82.300.86	3.08	0.398	276.13	414.94																																																																					
13	PA A1 III	12.895	1.388	132.400	145.285	1.44	0.31	125	83	1.130	42	0.0269	100.878	0.8070	1	38.81	15.84	2.54	2.50	35	221.813	0.0680	0.0680	0.8068	0.0680	0.0680	0.0600	72.454.03	2.56	0.378	275.03	414.20																																																																					
14	PA D	12.865	1.488	140.100	152.865	1.30	0.31	161	83	1.860	78	0.0127	117.065	0.7308	1	38.28	15.38	2.48	2.48	35	216.132	0.0685	0.0682	0.7077	0.0685	0.0682	0.0600	74.958.78	2.22	0.465	283.38	548.71																																																																					
15	PA C	13.900	1.088	104.800	118.200	1.17	0.32	138	85	0.960	53	0.0160	101.028	0.7321	1	40.33	15.97	2.51	2.53	35	221.378	0.0614	0.0614	0.8475	0.0614	0.0614	0.0600	70.802.88	2.17	0.431	278.41	453.84																																																																					
16	PA B	15.575	0.956	91.200	106.775	1.10	0.35	132	89	0.750	43	0.0174	97.065	0.7364	1	39.14	15.88	2.51	2.50	35	218.188	0.0641	0.0641	0.8471	0.0641	0.0641	0.0600	86.836.73	2.83	0.427	288.44	442.83																																																																					
17	PA B1	10.530	0.823	78.500	95.860	1.08	0.37	115	84	1.840	55	0.0118	98.822	0.7274	1	38.05	15.88	2.53	2.49	35	220.480	0.0718	0.0718	0.8408	0.0718	0.0718	0.0600	85.494.32	2.01	0.398	271.10	455.18																																																																					
18	PA B2 I	11.310	1.740	168.000	177.310	1.47	0.28	145	87	1.210	58	0.0208	120.818	0.8318	1	42.03	16.52	2.55	2.55	35	227.141	0.0488	0.0488	0.7808	0.0488	0.0488	0.0600	86.327.01	1.84	0.398	278.54	480.81																																																																					
19	PA B2 II	14.355	0.968	82.800	97.255	1.01	0.33	145	87	0.980	58	0.0117	98.282	0.8041	1	41.78	16.45	2.55	2.54	35	226.865	0.0633	0.0637	0.8290	0.0633	0.0637	0.0600	70.825.13	2.86	0.421	277.83	482.72																																																																					
20	PA B2 III	12.180	1.084	104.400	118.580	1.10	0.28	137	84	0.810	53	0.0163	105.882	0.7736	1	38.30	15.41	2.48	2.49	35	216.588	0.0642	0.0642	0.8021	0.0642	0.0642	0.0600	80.878.41	1.80	0.451	288.23	488.83																																																																					
21	PA A1 I	14.175	1.043	98.500	113.875	1.15	0.35	140	81	0.800	59	0.0136	98.848	0.7691	1	38.21	15.38	2.48	2.49	35	216.588	0.0654	0.0654	0.8408	0.0654	0.0654	0.0600	84.920.81	7.05	0.348	278.58	478.01																																																																					
22	PA D2 I	8.085	0.758	72.100	81.185	0.88	0.22	138	79	0.750	80	0.0125	82.842	0.8680	1	38.81	15.58	2.49	2.50	35	217.875	0.0417	0.0417	0.8408	0.0417	0.0417	0.0600	84.920.81	2.10	0.444	288.51	488.82																																																																					
23	PA D2 II	8.080	0.861	83.900	102.290	1.18	0.22	138	79	0.980	87	0.0168	88.886	0.8374	1	38.21	15.38	2.49	2.49	35	216.588	0.0401	0.0401	0.8408	0.0401	0.0401	0.0600	100.732.80	1.61	0.408	288.73	484.35																																																																					
24	PA D2 III	18.840	1.283	122.400	138.340	1.82	0.44	123	77	1.480	46	0.0322	72.873	0.5900	1	35.84	14.74	2.48	2.44	35	211.818	0.0600	0.0600	0.8408	0.0600	0.0600	0.0600	82.186.08	1.71	0.474	274.24	438.07																																																																					
25	PA D2 IV	10.400	1.328	126.500	136.900	1.88	0.28	145	80	1.420	65	0.0218	81.488	0.5820	1	36.69	15.00	2.51	2.45	35	214.783	0.0484	0.0484	0.8408	0.0484	0.0484	0.0600	80.888.09	1.85	0.484	278.81	507.34																																																																					
26	PA D2 V	12.800	1.000	95.400	108.200	1.24	0.32	117	80	0.820	37	0.0248	87.258	0.7458	1	38.21	15.41	2.51	2.48	35	217.434	0.0589	0.0589	0.8408	0.0589	0.0589	0.0600	70.132.83	3.15	0.423	272.81	398.89																																																																					
27	PA C I	16.400	2.022	182.800	208.300	2.02	0.41	165	80	1.910	85	0.0225	90.216	0.8488	1	41.13	16.19	2.51	2.54	35	223.139	0.0735	0.0685	0.8680	0.0735	0.0685	0.0600	50.848.18	2.88	0.529	288.38	534.84																																																																					
28	PA C II	12.800	1.763	168.200	181.000	2.03	0.32	182	80	1.710	82	0.0208	88.163	0.8084	1	41.03	16.35	2.50	2.48	35	216.588	0.0581	0.0581	0.8408	0.0581	0.0581	0.0600	70.413.93	1.88	0.432	273.70	554.24																																																																					
29	PA C III	10.635	1.760	167.800	178.835	1.84	0.27	165	81	1.670	84	0.0189	92.183	0.8587	1	36.32	14.83	2.47	2.45	35	211.803	0.0516	0.0516	0.8408	0.0516	0.0516	0.0600	86.528.87	2.72	0.481	286.82	584.27																																																																					
30	PA C IV	10.635	1.733	165.400	176.335	1.84	0.27	156	81	1.670	75	0.0223	90.884	0.8627	1	38.29	15.41	2.50	2.49	35	217.003	0.0504	0.0504	0.8408	0.0504	0.0504	0.0600	83.987.70	2.07	0.524	278.01	531.57																																																																					
31	PA C V	11.200	2.072	187.700	208.800	2.27	0.28	170	80	1.980	80	0.0221	92.028	0.8413	1	38.08	15.35	2.50	2.48	35	216.588	0.0517	0.0517	0.8408	0.0517	0.0517	0.0600	80.473.08	1.33	0.482	273.70	581.61																																																																					
32	PA C VI	9.085	1.538	148.80																																																																																																	

Especie: Cupressus lusitánica Verde

Nº	Problema	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48	A49	A50	A51	A52	A53	A54	A55	A56	A57	A58	A59	A60	A61	A62	A63	A64	A65	A66	A67	A68	A69	A70	A71	A72	A73	A74	A75	A76	A77	A78	A79	A80	A81	A82	A83	A84	A85	A86	A87	A88	A89	A90	A91	A92	A93	A94	A95	A96	A97	A98	A99	A100
1	C1 A3 II	18.500	1.984	63.900	102.430	1.04	0.37	180	80	0.670	70	0.0098	108.154	0.8635	1	40.87	16.13	2.50	2.52	3.5	222.264	0.0068	0.7422	0.4226	0.4987	63.941.90	1.88	0.526	282.88	520.80																																																																							
2	C1 A3 III	13.530	1.456	38.900	112.430	1.28	0.33	180	80	0.660	87	0.0108	119.086	0.7047	1	40.33	16.00	2.52	2.54	3.5	222.264	0.0068	0.7422	0.4226	0.4987	66.045.30	2.33	0.472	289.01	564.43																																																																							
3	C1 A3 IV	12.245	1.269	32.100	133.245	1.10	0.31	180	70	0.780	111	0.0071	120.314	0.6932	1	39.88	15.88	2.54	2.50	3.5	223.200	0.0051	0.6504	0.3958	66.628.52	2.03	0.484	281.28	628.35																																																																								
4	C1 B3 II	12.015	1.062	103.200	115.215	0.87	0.27	175	80	0.700	86	0.0081	118.778	0.8787	1	42.43	18.77	2.82	2.53	3.5	223.001	0.0518	0.4448	0.4986	83.273.64	1.43	0.412	278.62	617.84																																																																								
5	C1 B3 III	12.000	0.336	32.100	44.100	0.58	0.30	138	80	0.290	58	0.0050	74.745	0.5416	1	44.12	18.67	2.51	2.80	3.5	228.410	0.0525	0.4025	0.1831	64.791.86	0.89	0.423	247.53	428.98																																																																								
6	C2 A3	23.985	0.525	50.100	73.885	0.72	0.39	175	121	0.330	54	0.0081	102.354	0.5648	1	40.01	15.86	2.50	2.52	3.5	228.500	0.1070	0.2272	0.3242	63.123.40	1.89	0.394	400.13	578.70																																																																								
7	C3 B1	23.100	0.787	73.200	98.300	0.92	0.42	162	110	0.500	52	0.0086	104.874	0.8461	1	40.80	16.25	2.58	2.51	3.5	228.653	0.1019	0.3290	0.4249	66.908.22	1.39	0.426	385.28	523.25																																																																								
8	C4 A2	28.080	0.408	38.900	66.980	0.83	0.52	137	108	0.310	28	0.0107	80.980	0.5890	1	40.01	15.88	2.50	2.52	3.5	229.500	0.1273	0.1764	0.3038	95.644.56	1.15	0.428	387.14	483.04																																																																								
9	C4 A3 I	23.400	1.502	143.300	180.700	1.10	0.38	215	130	0.740	85	0.0097	151.545	0.7049	1	43.28	18.70	2.48	2.58	3.5	229.719	0.1037	0.6349	0.7395	86.471.84	2.22	0.442	408.61	675.77																																																																								
10	C4 A3 II	24.150	1.214	115.800	138.850	0.98	0.38	204	138	0.810	86	0.0092	145.781	0.7148	1	43.84	18.90	2.50	2.80	3.5	227.500	0.1082	0.5980	0.6152	86.182.29	1.88	0.428	428.70	633.73																																																																								
11	C4 A3 III	19.635	1.917	173.400	183.035	1.34	0.33	182	118	1.010	63	0.0180	144.058	0.7915	1	42.28	18.65	2.58	2.54	3.5	228.382	0.0858	0.7960	0.8416	91.423.18	2.48	0.428	375.34	574.04																																																																								
12	C4 A3 IV	9.085	0.653	62.300	71.385	0.71	0.23	156	78	0.480	77	0.0082	100.542	0.8445	1	44.48	17.24	2.58	2.58	3.5	233.877	0.0368	0.3961	0.3052	82.772.20	0.88	0.481	340.57	478.06																																																																								
13	C5 A2	25.200	1.314	125.400	180.900	1.03	0.38	204	140	0.870	64	0.0105	148.214	0.7187	1	44.48	17.24	2.58	2.58	3.5	233.877	0.1077	0.5392	0.8439	83.715.36	1.83	0.488	428.33	621.23																																																																								
14	C5 A3 I	30.375	1.598	149.400	170.775	1.35	0.45	171	135	0.900	36	0.0250	133.187	0.7788	1	40.01	15.88	2.50	2.52	3.5	230.500	0.1378	0.6778	0.8153	80.378.81	2.81	0.487	448.43	595.48																																																																								
15	C5 A3 II	8.360	2.012	182.000	201.360	1.57	0.24	156	78	1.330	77	0.0173	128.255	0.8275	1	37.87	15.19	2.47	2.48	3.5	214.388	0.0437	0.8865	0.9382	82.484.90	2.84	0.488	288.56	535.86																																																																								
16	C7 B2	22.755	0.858	81.700	104.455	0.82	0.41	180	111	0.510	86	0.0074	113.538	0.8908	1	41.30	18.28	2.52	2.54	3.5	224.028	0.1018	0.3947	0.4083	70.271.88	1.83	0.485	388.44	581.25																																																																								
17	C8 B2	18.395	2.332	222.000	241.805	1.50	0.33	202	117	1.170	86	0.0138	161.203	0.7890	1	39.53	15.81	2.53	2.50	3.5	221.375	0.0872	1.0051	1.0823	86.133.67	3.37	0.514	388.48	670.87																																																																								
18	C8 C2	20.080	1.715	163.800	183.880	1.25	0.34	184	118	0.910	78	0.0138	148.628	0.7974	1	40.28	16.18	2.61	2.49	3.5	237.482	0.0882	0.7182	0.8874	82.322.74	2.55	0.538	382.83	629.38																																																																								
19	C8 A1 I	13.880	1.438	137.000	158.880	1.31	0.33	156	84	0.880	72	0.0138	115.160	0.7382	1	44.30	17.11	2.55	2.58	3.5	231.158	0.0880	0.5927	0.6828	81.884.30	2.35	0.513	257.81	478.79																																																																								
20	C8 A1 II	14.900	1.063	101.000	118.200	1.15	0.37	152	80	0.780	72	0.0108	101.043	0.6948	1	47.30	18.05	2.83	2.82	3.5	241.171	0.0614	0.4294	0.4818	48.987.37	2.00	0.542	232.84	442.02																																																																								
21	C8 B3	15.035	1.492	142.400	157.435	1.17	0.31	184	97	0.980	88	0.0098	134.580	0.6988	1	40.86	16.08	2.64	2.86	3.5	245.784	0.0612	0.5784	0.8405	87.500.24	2.17	0.472	272.62	517.14																																																																								
22	C10 A1	10.140	1.016	98.900	107.040	0.84	0.28	168	78	0.880	88	0.0077	113.872	0.6880	1	42.11	16.45	2.51	2.56	3.5	224.888	0.0451	0.4398	0.4780	78.361.03	1.58	0.485	248.84	484.80																																																																								
23	C10 B3	22.500	1.372	130.800	153.400	1.49	0.50	145	90	0.880	55	0.0180	102.953	0.7100	1	41.82	16.39	2.54	2.54	3.5	225.808	0.0888	0.5787	0.6783	46.383.42	2.38	0.400	288.34	484.54																																																																								
24	C11 A1	9.180	0.942	89.800	98.080	1.00	0.27	143	68	0.730	75	0.0087	99.080	0.8828	1	39.53	15.75	2.50	2.51	3.5	219.625	0.0418	0.4083	0.4511	88.285.44	1.45	0.410	228.88	478.88																																																																								
25	C11 C1 I	7.035	1.222	116.800	123.635	1.00	0.21	185	67	0.700	118	0.0087	123.635	0.8863	1	48.02	18.18	2.81	2.84	3.5	241.164	0.0282	0.4835	0.5127	71.211.05	1.58	0.385	183.37	437.83																																																																								
26	C11 C1 II	6.480	1.141	108.800	115.960	1.02	0.19	157	68	0.830	89	0.0083	113.088	0.7204	1	42.28	16.58	2.55	2.55	3.5	227.588	0.0284	0.4785	0.5088	80.727.46	1.43	0.438	215.30	487.08																																																																								
27	C3 Dc1 I	8.100	0.857	81.300	100.400	0.83	0.28	170	70	0.870	100	0.0087	107.857	0.6380	1	44.88	17.50	2.85	2.57	3.5	238.388	0.0382	0.3830	0.4212	84.153.88	1.44	0.433	288.88	508.81																																																																								
28	C3 Dc1 II	11.455	0.935	88.200	100.855	0.83	0.28	170	78	0.840	91	0.0070	108.231	0.8387	1	41.82	16.39	2.54	2.54	3.5	225.808	0.0907	0.3980	0.4458	70.151.73	1.51	0.462	253.10	544.64																																																																								
29	C3 Dc1 III	11.550	2.013	192.100	203.650	1.77	0.33	150	70	1.440	80	0.0180	115.058	0.7670	1	42.85	16.78	2.58	2.56	3.5	229.378	0.0584	0.8375	0.8878	52.838.10	3.05	0.438	218.05	488.38																																																																								
30	C3 Dc1 IV	11.455	1.388	103.600	115.055	1.00	0.28	175	70	0.710	86	0.0074	115.055	0.8575	1	41.82	16.39	2.54	2.54	3.5	225.808	0.0507	0.4588	0.5085	70.151.73	1.88	0.438	253.10	580.88																																																																								
31	C3 Dc1 V	8.980	1.070	112.700	135.140	1.15	0.28	165	78	0.810	117	0.0088	133.380	0.8641	1	39.88	15.83	2.50	2.50	3.5	218.750	0.0428	0.5875	0.6403	88.180.00	1.83	0.471	282.88	665.20																																																																								
32	C1 Cc3 I	10.400	1.889	158.300	188.700	1.31	0.28	187	80	1.050	107	0.0088	128.542	0.8827	1	39.22	15.89	2.51	2.50	3.5	219.625	0.0474	0.7253	0.7727	84.084.38	2.42	0.478	287.73	625.82																																																																								
33	C1 Cc3 II	23.285	1.820	173.700	188.905	1.40	0.38	185	119	1.010	66	0.0153	140.645	0.7683	1	40.17	15.84	2.51	2.52	3.5	221.382	0.1048	0.7848	0.8884	81.423.78	2.80	0.487	381.85	608.54																																																																								
34	C5 Cc1 I	13.685	1.029	98.200	111.885	0.86	0.31	186	87	0.850	79	0.0082	118.339	0.7088	1	39.22	15.89	2.51	2.50	3.5	221.382	0.0814	0.4471	0.5085	78.702.22	1.63	0.458	281.16	595.54																																																																								
35	C5 Cc1 II	12.880	0.841	88.800	102.780	1.08	0.36	147	72	0.730																																																																																											

B. Gráficos de todas las especies en estado verde y seco

Se muestra la gráfica promedio de cada especie en sus dos estados de contenido de humedad, con el propósito de observar la tendencia de cada una y realizar comparaciones visuales de sus comportamientos mecánicos.

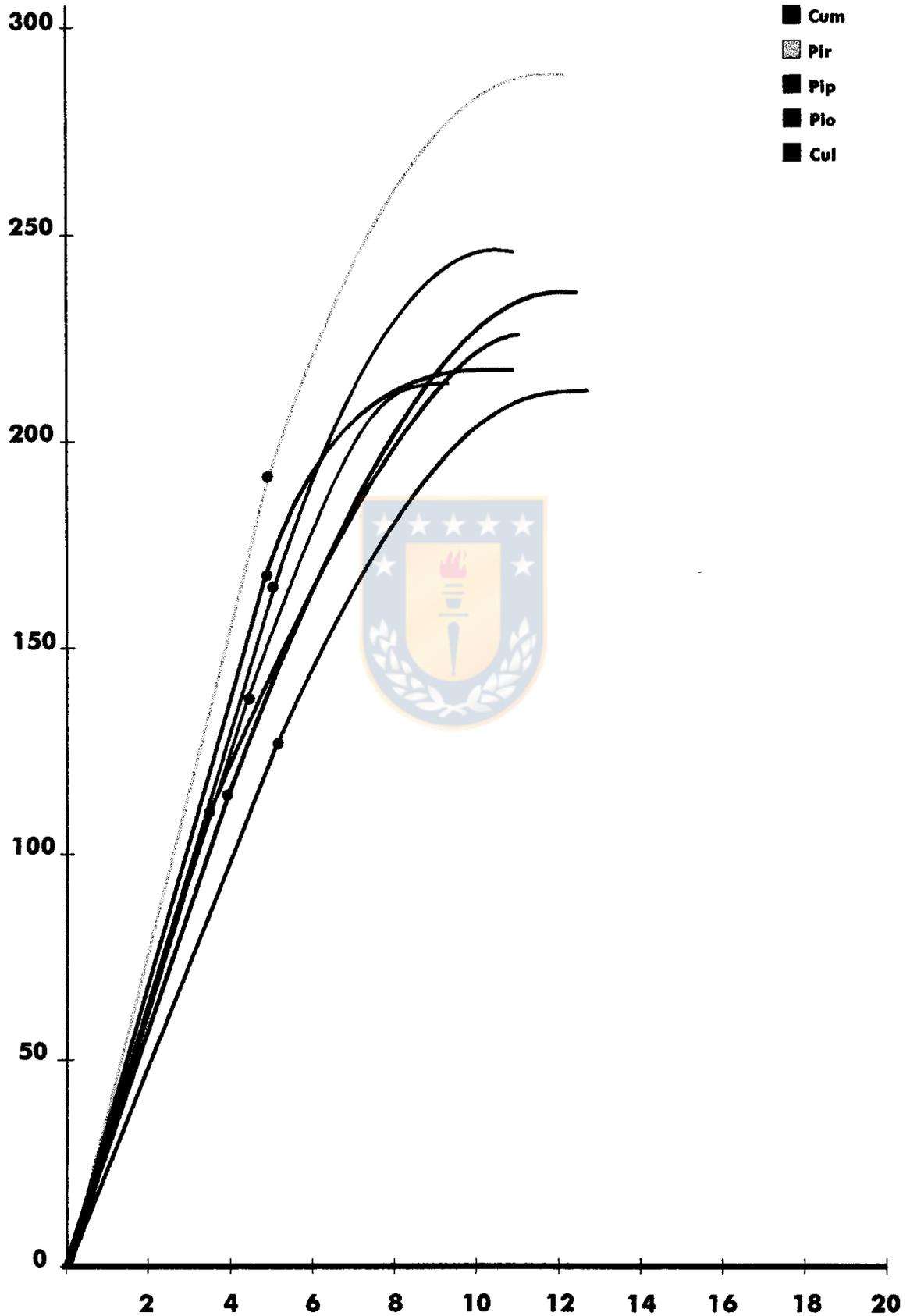
El punto negro de cada gráfica, indica el límite de proporcionalidad. El trazo termina en su límite de rotura.



GRAFICOS CARGA-DEFLEXION PARA TODAS LAS ESPECIES

Estado Seco

Carga (P)
Kgf



Deflexión (Y) mm.

GRAFICOS CARGA-DEFLEXION PARA TODAS LAS ESPECIES

Estado Verde

Carga (P)
Kgf

300

250

200

150

100

50

0

2

4

6

8

10

12

14

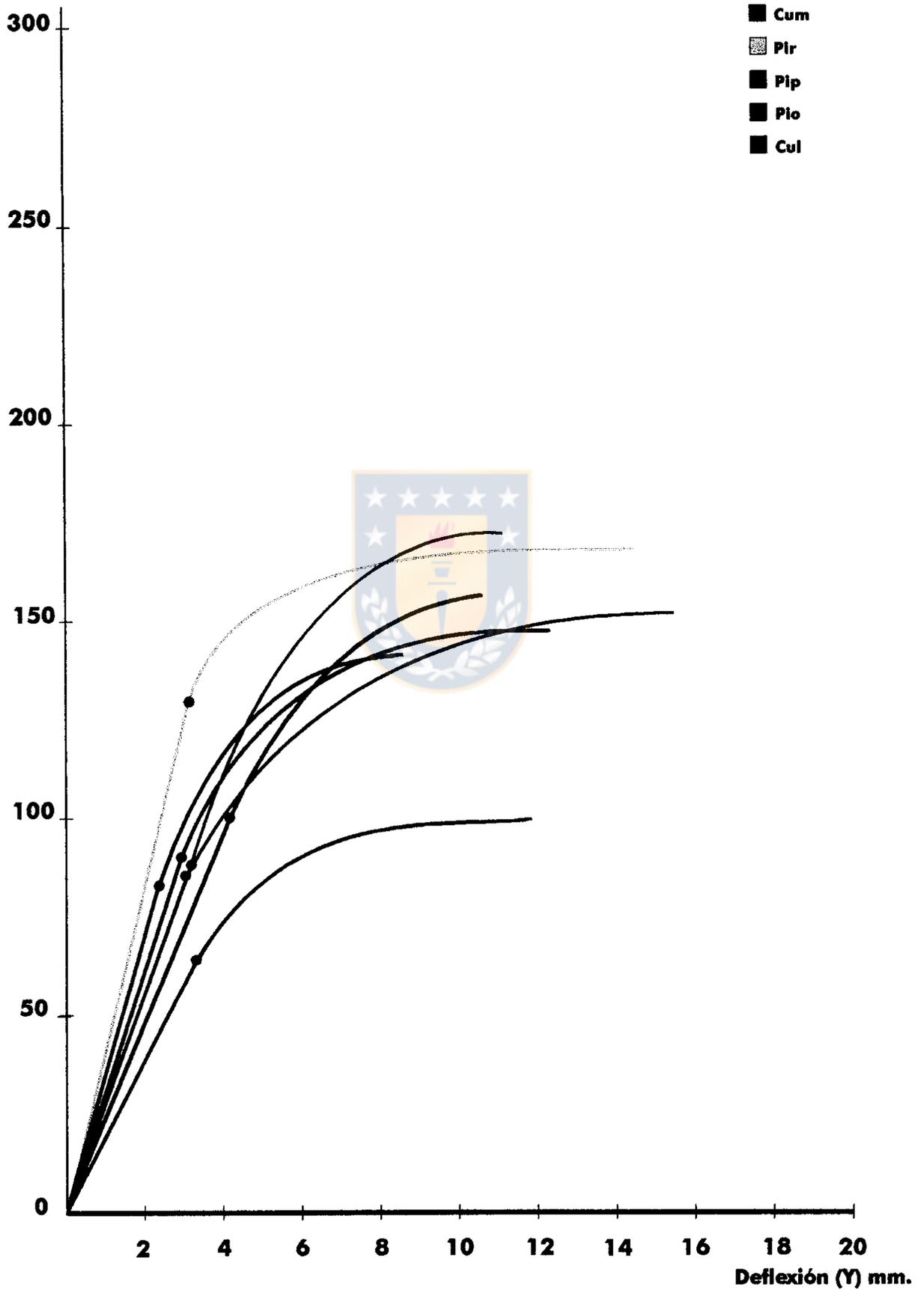
16

18

20

Deflexión (Y) mm.

- Chl
- Pis
- Cum
- ▨ Pir
- Pip
- Pio
- Cul



C. Grado de Significancia de las Variables independientes

En las Tablas 1 a la 8, se muestra el grado de significancia de cada variable independiente. Esto indica el riesgo de cometer un error al rechazar una variable cuando es cierta. En general, se puede apreciar que si el grado de significancia es menor a 0.05, entonces se acepta la variable, pues se le considera incidente.

TABLA N° 1B. Grados de significancia de las variables independientes MOE, AAC y DB; correspondientes a las variables dependientes We, Wp y Wt, para la especie *Chamaecyparis lawsoniana*.

Variable dependiente	Variable independiente	Estado de humedad	
		seco	verde
We	MOE	0.984	0.291
	AAC	0.863	0.906
	DB	0.044	0.255
Wp	MOE	0.472	0.985
	AAC	0.504	0.501
	DB	0.502	0.072
Wt	MOE	0.449	0.889
	AAC	0.642	0.502
	DB	0.535	0.057

TABLA N° 2B. Grados de significancia de las variables independientes MOE, AAC y DB; correspondientes a las variables dependientes We, Wp y Wt, para la especie *Cupressus lusitanica*.

Variable dependiente	Variable independiente	Estado de humedad	
		seco	verde
We	MOE	0.112	0.551
	AAC	0.014	0.231
	DB	0.531	0.669
Wp	MOE	0.000	0.000
	AAC	0.126	0.000
	DB	0.000	0.000
Wt	MOE	0.000	0.000
	AAC	0.000	0.000
	DB	0.590	0.000

TABLA N° 3B. Grados de significancia de las variables independientes MOE, AAC y DB; correspondientes a las variables dependientes We, Wp y Wt, para la especie *Cupressus macrocarpa*.

Variable dependiente	Variable independiente	Estado de humedad	
		seco	verde
We	MOE	0.033	0.285
	AAC	0.098	0.559
	DB	0.842	0.198
Wp	MOE	0.072	0.982
	AAC	0.070	0.691
	DB	0.419	0.904
Wt	MOE	0.187	0.903
	AAC	0.065	0.640
	DB	0.242	0.770

TABLA N° 4B. Grados de significancia de las variables independientes MOE, AAC y DB; correspondientes a las variables dependientes We, Wp y Wt, para la especie *Picea obovata*.

Variable dependiente	Variable independiente	Estado de humedad	
		seco	verde
We	MOE	0.032	0.111
	AAC	0.646	0.082
	DB	0.646	0.010
Wp	MOE	0.003	0.000
	AAC	0.031	0.037
	DB	0.927	0.000
Wt	MOE	0.000	0.000
	AAC	0.035	0.028
	DB	0.813	0.000

TABLA N° 5B. Grados de significancia de las variables independientes MOE, AAC y DB; correspondientes a las variables dependientes We, Wp y Wt, para la especie *Pinus pinaster*.

Variable dependiente	Variable independiente	Estado de humedad	
		seco	verde
We	MOE	0.291	0.000
	AAC	0.906	0.938
	DB	0.255	0.499
Wp	MOE	0.985	0.111
	AAC	0.501	0.771
	DB	0.072	0.002
Wt	MOE	0.889	0.057
	AAC	0.502	0.764
	DB	0.057	0.001

TABLA N° 6B. Grados de significancia de las variables independientes MOE, AAC y DB; correspondientes a las variables dependientes We, Wp y Wt, para la especie *Pinus radiata*.

Variable dependiente	Variable independiente	Estado de humedad	
		seco	verde
We	MOE	0.454	0.385
	AAC	0.339	0.164
	DB	0.865	0.219
Wp	MOE	0.125	0.289
	AAC	0.757	0.967
	DB	0.005	0.205
Wt	MOE	0.246	0.262
	AAC	0.001	0.880
	DB	0.464	0.175

TABLA N° 7B. Grados de significancia de las variables independientes MOE, AAC y DB; correspondientes a las variables dependientes We, Wp y Wt, para la especie *Pinus strobus*.

Variable dependiente	Variable independiente	Estado de humedad	
		seco	verde
We	MOE	0.246	0.217
	AAC	0.843	0.755
	DB	0.482	0.057
Wp	MOE	0.009	0.273
	AAC	0.111	0.598
	DB	0.910	0.791
Wt	MOE	0.034	0.360
	AAC	0.142	0.572
	DB	0.943	0.974

TABLA N° 8B. Grados de significancia de las variables independientes MOE, AAC y DB; correspondientes a las variables dependientes We, Wp y Wt, para todas las especies.

Variable dependiente	Variable independiente	Estado de humedad	
		seco	verde
We	MOE	0.844	0.957
	AAC	0.183	0.055
	DB	0.873	0.777
Wp	MOE	0.009	0.273
	AAC	0.111	0.398
	DB	0.010	0.191
Wt	MOE	0.034	0.260
	AAC	0.142	0.072
	DB	0.153	0.174

IX. ANEXOS



A. Correspondencia de cada especie a su Clase Estructural

En la Tabla siguiente, se pretende establecer correspondencias a la clase estructural a la que pertenecen las especies en estudio. Esto basado en las tensiones admisibles y al módulo de elasticidad (MOE).

Se entiende por tensión admisible la carga por unidad de superficie que puede soportar elásticamente un elemento de madera (INN, 1986).

Tensiones admisibles y MOE con la asignación de cada especie a su correspondiente clase estructural.

Clase Estructural	Tensión admisible en flexión (MPa)	MOE en flexión (Mpa)	Especie / estado	
			seco	verde
f 34	34.5	18150		
f 27	27.5	15000		
f 22	22.0	12600	P. radiata	
f 17	17.0	10000		P. radiata
f 14	14.0	9100	P. obovata P. pinaster	
f 11	11.0	7900	C. lusitanica C. macrocarpa Ch. lawsoniana	P. pinaster P. obovata Ch. lawsoniana
f 8	8.6	6900		C. lusitanica
f 7	6.9	6100	P. strobus	C. macrocarpa
f 5	5.5	5500		
f 4	4.3	5000	P. strobus	
f 3	3.4	4600		
f 2	2.8	4350		

En esta tabla se visualiza que las maderas con mayor clase estructural son *Pinus radiata*, *Pinus pinaster* y *Picea obovata*, y la de más baja clase es *Pinus strobus*. Cabe mencionar que los estados secos superan de una a dos clases estructurales, salvo *Chamaecyparis lawsoniana* que se iguala en sus estados de contenido de humedad.

B. Usos de las maderas en estudio

Cupressus macrocarpa: Esta madera es medianamente densa, de grano fino, aromática y muy durable. Es muy nudosa, pero cuando no presenta nudos puede ser utilizada en embarcaciones, muebles, ebanistería y revestimientos exteriores.

Chamaecyparis lawsoniana: Tiene el duramen de color café amarillento, de fina textura, generalmente de fibra recta y agradable fragancia, es moderadamente liviana, dura, moderadamente firme y fuerte, y medianamente resistente al golpe y a la pudrición. Se la emplea en construcciones, casas, embarcaciones, postes, puertas, asientos de estadios, revestimientos interiores.

Pinus strobus: La madera es de color blanco amarillento, liviana, moderadamente suave, de baja resistencia mecánica y al impacto. La madera nudosa se utiliza en contenedores y embalajes, mientras que la de calidad en molduras. Otros usos son: bastidores, puertas, muebles, ataúdes y paneles.

Pinus pinaster: Es un importante productos de resinas y la mayor cantidad de la madera es obtenida a partir de árboles que has sido resinados. Se la usa en construcción y cajonería. También en la producción de pulpa Kraft.

Picea obovata: La madera tiene colores que van desde el blanco al café amarillento y con brillo natural. Es fácil de trabajar a mano y en carpintería. Se la utiliza para interiores de puertas y y terminaciones de casas, en muebles y cajonería. Es considerada óptima para instrumentos musicales como pianos y violines. También se la utiliza en producción de pulpa y papel, y en la extracción de taninos.

Cupressus lisitanica: Posee una calidad variable, pero generalmente fuerte y duradera, por lo que se la utiliza - con buenos resultados - en construcción, ya que es durable y especialmente buena cuando está en contacto con el suelo. Su uso general es externo. Es fácil de trabajar con herramientas manuales y máquinas. Se seca rápidamente. El duramen es difícil de tratar, presenta respuestas irregulares a la impregnación. También se utiliza para tejas, con una vida útil de 15 años sin tratar y con pocas fallas.

Pinus radiata: Es utilizada en múltiples funciones, desde producción de pulpa mecánica y química, hasta vigas en construcciones, pasando por cajonería, pellets, embalajes, puertas, ventanas, molduras, cerchas, mueblería, forros, paneles, polines, entre otros.

