

INVESTIGACION

Pinus Uncinata

del Pirineo de Lleida

Factores de contracción de la madera

FRANCISCO RODRÍGUEZ PUERTA
ANTONIO M VILLASANTE PLÁGARO
DEPART. DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
UNIVERSIDAD DE LLEIDA

Se resume el estudio realizado en el Departamento de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Lleida sobre las propiedades de hinchazón y merma de la especie *Pinus uncinata* Ram. Para ello se realizó un muestreo en el que se eligieron 23 pies, de los que se obtuvieron 149 probetas para investigar la influencia de 4 factores: azulado, madera juvenil, crecimiento y orientación dentro del árbol.

La humedad y la madera

La variación del contenido de humedad de la madera, por su carácter higroscópico, produce un cambio de sus dimensiones cuando se encuentra por debajo del punto de saturación de las fibras. Esta deformación es debida a que el agua se sitúa dentro de la pared celular entre los elementos que la componen (fibrillas elementales, microfibrillas, ...) separándolos o acercándolos, según aumenta o disminuya su cantidad. Por encima del punto de saturación de las fibras, el agua que se añade a la madera lo hace en forma de agua libre situándose en el interior de los lúmenes celulares, causa por la cual no se produce hinchazón ni merma. Dado el carácter anisótropo de la madera, el comportamiento es distinto según la dirección elegida, de manera que las variaciones dimensionales no serán las mismas en las direcciones longitudinal, radial y tangencial.

El conocimiento en profundidad de las hinchazones y mermas es de gran importancia para prever el comportamiento de productos elaborados en construcción, carpintería, mobiliario, etc...) cuando deben enfrentarse a distintos ambientes.

Interpretar correctamente las pautas que rigen el juego de la madera es un requisito imprescindible para la elaboración de los productos de calidad que demanda la sociedad actual.

En el presente trabajo se analiza la influencia de cuatro factores (madera juvenil, madera azulada, crecimiento y orientación de la probeta dentro del árbol) sobre las contracciones y coeficientes de contracción de probetas de madera de *Pinus uncinata* Ram. procedente de claras en el Pirineo leridano. Se ha elegido esta especie por su gran prestigio entre los profesionales dedicados a la industria de la madera dentro de la zona pirenaica oriental, así como por su restringida área de distribución, motivo por el que ha sido frecuentemente olvidada en estudios tecnológicos realizados hasta el momento.

Materiales y método

El material ensayado se extrajo del monte «La Pinetella», en la comarca pirenaica de La Cerdanya (Lleida), procedente de trabajos de claras selectivas mixtas en una masa natural de *Pinus uncinata* de aproximadamente 60 años de edad (el pie más joven de la muestra tenía 49 años y

el más viejo 80). En total se ensayaron 23 árboles, de los cuales se extrajo una troza basal de 60 cm de longitud en la que se marcó con pintura los cuatro puntos cardinales. Los datos de la muestras se recogen en la tabla 1.

Una vez trasladado el material al laboratorio se procedió al corte siguiendo las direcciones marcadas en las trozas de acuerdo con la figura 1, basado en la norma UNE 56-528-78. Las tablas fueron secadas de forma natural durante un periodo de 4 meses durante el cual se medían las humedades con xilohigrómetro hasta que se alcanzó la humedad de equilibrio del laboratorio.

El tamaño y forma de probeta para el ensayo de hinchazón y merma fue en cubos de sección recta 20 mm de arista, siguiendo cada una de las caras las perpendiculares a las direcciones principales de la madera (longitudinal, radial y transversal). Se midieron los pesos y dimensiones en estado de equilibrio con la humedad de laboratorio, en estado saturado por inmersión en agua y en estado anhidro por secado en estufa a 103°±2°C. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el siguiente análisis de varianza:

Tabla 1: Estudio descriptivo de los pies que componen la muestra

	Unidades	Media	Mediana	Desv. St	Máximo	Mínimo
Edad	años	59	57	6,919	80	49
D. Normal	cm	18,535	17,500	2,670	23,3	15,2
Altura árbol	m	12,295	11,780	1,692	14,78	9,76
Volumen	m ³	0,197	0,180	0,050	0,290	0,130



INVESTIGACION

contracción = media + orientación + tipo + crecimiento + error

Estos análisis de varianza, para cuya separación de medias se aplicó el método de Bonferroni con un nivel de confianza del 95%, se realizaron para las siguientes variables:

Contracción volumétrica:

$$CV\% = \frac{V_s - V_o}{V_o} * 100$$

siendo:

V_s : Volumen en estado saturado

V_o : Volumen en estado anhidro.

Contracción lineal (en dirección longitudinal, radial y tangencial)

$$Cl_{lineal} \% = \frac{L_s - L_o}{L_o} * 100$$

siendo:

L_s : Longitud en la dirección correspondiente en estado saturado

L_o : Longitud en la dirección correspondiente en estado anhidro

Coefficiente de contracción volumétrica:

$$CCV \% = \frac{V_H - V_o}{V_o * H} * 100$$

siendo:

V_H : Volumen a la humedad del ensayo.

V_o : Volumen en estado anhidro.

H : Humedad de la madera en el ensayo.

Coefficiente de contracción lineal (en di-

rección longitudinal, radial y tangencial):

$$CC_{Lineal} \% = \frac{L_H - L_o}{V_o * H} * 100$$

siendo:

L_H : Longitud en la dirección correspondiente a la humedad del ensayo.

L_o : Longitud en la dirección correspondiente en estado anhidro.

H : Humedad de la madera en el ensayo.

Estas contracciones y coeficientes de contracción son los recogidos en la Norma UNE 56.533-77.

Para el ensayo de las probetas de cada tipo se realizó una caracterización de acuerdo con los siguientes factores:

Orientación: La clasificación de las probetas fue Norte, Sur, Este y Oeste, de acuerdo con la posición de las probetas con referencia a los puntos cardinales marcados en cada una de las trozas.

Tipo de madera: Atendiendo a este factor se clasificaron las probetas en 3 clases: madera normal, juvenil y azulada, siendo esta última sometida a una nueva clasificación en función de la incidencia del hongo cromógeno de acuerdo con la siguiente nomenclatura:

A1.- Azulado ligero: el 10% o menos de la superficie afectada

A2.- Azulado medio: entre el 10% y 75% de la superficie afectada

A3.- Azulado intenso: más del 75% de la superficie afectada

Crecimientos: De acuerdo con este factor la madera se clasificó en:

C1.- Menos de 3,5 anillos/cm

C2.- De 3,5 a 7 anillos/cm

C3.- De 7 a 10,5 anillos/cm

C4.- Más de 10,5 anillos/cm

Resultados y discusión

Después de la realización de los diferentes ensayos y la aplicación del proceso estadístico se elaboraron las tablas 2a y 2b, donde se refleja la incidencia de los diferentes factores recogidos en este trabajo en las contracciones (tabla 2a) y en los coeficientes de contracción (tabla 2b).

Contracciones

Resulta interesante destacar de estas tablas la escasa o nula incidencia de los factores «crecimiento» y «orientación», que parecen no influir de forma significativa en los valores de las contracciones de las probetas extraídas. Estos datos estarían en contradicción con la teoría popularmente aceptada de que maderas con anillos más apretados presen-

tan menos movimiento.

Con respecto a los valores de la contracción, sólo las direcciones longitudinal y tangencial se ven afectadas por los factores «azulado» y «madera juvenil». En el caso de la madera azulada, los datos indican que sólo en los primeros estadios del ataque de este hongo cromógeno existe influencia en la contracción longitudinal (disminución de un 34%) y tangencial (aumento de un 12%), como indica la tabla 3a. Por el contrario, respecto al factor madera juvenil, se observa una clara influencia como refleja el notable aumento que presentan los valores de la contracción longitudinal en este tipo de madera.

Coefficientes de contracción

En este caso, existe una mayor cantidad de interacciones factor/coeficiente de contracción significativos. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, ni «crecimiento» ni «orientación» parecen tener incidencia.

Con respecto a la *madera azulada*, como indica la tabla 3b, es en los primeros estadios (azulado ligero, A1) en los que existe alguna influencia que determina un aumento del coeficiente de contracción volumétrica (CCV) y coeficiente de contracción radial (CCR) respecto a los valores de la madera no atacada. Así mismo, la madera con azulado ligero presenta una disminución del coeficiente de contracción longitudinal (CCL). En los estadios más avanzados de azulado (A2 azu-

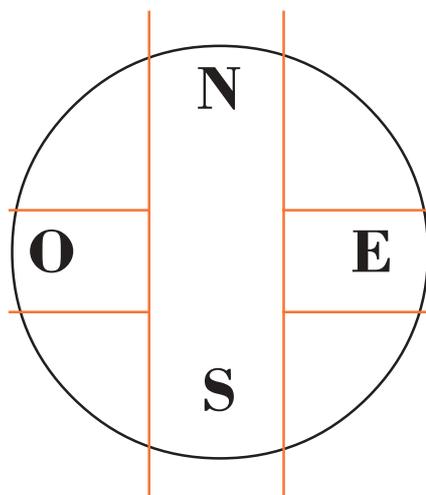
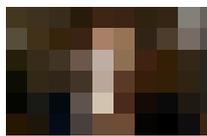


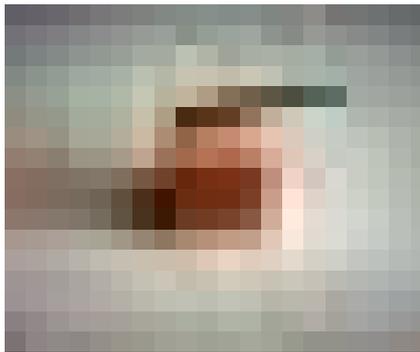
Figura 1.- Tipo de despiece para la extracción de probetas de acuerdo con la orientación de la troza



Obtención de las tablas mediante sierra gemela (Talleres CASANOISTRA, S.L., Sudanell (Lleida))



INVESTIGACION



Micrómetro para la medida de las contracciones (precisión 0,01 mm)

lado medio y A3 azulado intenso) los datos indican una disminución e incluso desaparición de las diferencias respecto a la madera no afectada por el hongo. Los valores del coeficiente de contracción tangencial (CCT) indican una ligera tendencia al aumento en el caso de madera del tipo A1, aunque esta tendencia ha sido considerada como no significativa (el p-valor resultó 0,076, ligeramente superior al límite 0,05)

En el caso de la *madera juvenil*, se observa un claro incremento del CCL acompañado de una disminución del CCR. El resto de coeficientes parecen mantenerse similares a los de la madera madura.

En la *figura 2* se representan las alteraciones relativas (respecto a madera normal) que sufren las contracciones (*figura 2a*) y los coeficientes de contracción (*figura 2b*) en el caso de madera azulada y madera juvenil.

Conclusiones

Una vez ensayado el material procedente de pies de *Pinus uncinata* de la Cerdanya y analizados los resultados, se pueden concluir los siguientes puntos de interés:

- Los factores «crecimiento» y «orientación dentro del árbol» no han alterado los valores de las contracciones ni de los coeficientes de contracción en ninguno de los casos.
- Las hinchazones y mermas de la madera azulada son diferentes a las de la madera sin azular sólo en el caso de ataques ligeros o incipientes (menos del 10% de la superficie presenta coloración). Para azulados mayores, se recuperan los valores originales.
- En el caso de madera juvenil, el coeficiente de contracción volumétrica no varía a pesar de que sí se modifican los

Tabla 2a: p-valor de las relaciones entre la contracción total y los diferentes factores de influencia

	AZULADO	JUVENIL	CRECIMIENTO	ORIENTACION
volumétrica	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
longitudinal	0.0128	0.0000	n.s.	n.s.
radial	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
tangencial	0.0389	n.s.	n.s.	n.s.

p-valor en tanto por uno.
n.s. = no significativo (p-valor de la hipótesis nula mayor del 5%)

Tabla 2b: p-valor de las relaciones entre coeficientes de contracción y los diferentes factores de influencia

	AZULADO	JUVENIL	CRECIMIENTO	ORIENTACION
volumétrica	0.0126	n.s.	n.s.	n.s.
longitudinal	0.0052	0.0000	n.s.	n.s.
radial	0.0006	0.0000	n.s.	n.s.
tangencial	n.s. (0.0763)	n.s.	n.s.	n.s.

p-valor en tanto por uno.
n.s. = no significativo (p-valor de la hipótesis nula mayor del 5%)

Tabla 3a: Valores de la contracción para los diferentes tipos de madera estudiados.

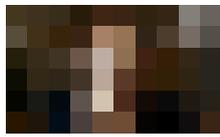
	VOLUMETRIC	LONGITUDINAL	RADIAL	TANGENCIAL
NORMAL	12,6253 + 0,4150	1,1032 + 0,0970	4,7246 + 0,2494	6,3133 + 0,2829
AZULADO A1	13,3962 + 0,7660 + 6,1%	0,7325 + 0,1744 -33,6%	5,1358 + 0,4320 + 8,7%	7,0583 + 0,4868 + 11,8%
A2	12,7654 + 0,8611 + 1,1%	1,1100 + 0,2055 + 0,6%	4,8183 + 0,5159 + 2,0%	6,1031 + 0,5947 -3,3%
A3	12,8642 + 0,9676 + 1,9%	1,0302 + 0,2376 -6,6%	4,8035 + 0,5767 + 1,7%	6,3244 + 0,6690 + 0,2%
JUVENIL	12,6026 + 0,8531 -0,2%	1,8438 + 0,1968 + 67,1%	4,4446 + 0,5033 -5,9%	5,7780 + 0,5882 -8,5%

En cada casilla se indica en la parte superior la media de los valores obtenidos con su correspondiente intervalo de confianza (95%) y en la parte inferior que porcentaje de aumento o disminución representa con respecto a la «madera normal»

Tabla 3b: Valores del coeficiente de contracción para los diferentes tipos de madera estudiados.

	VOLUMETRIC	LONGITUDINAL	RADIAL	TANGENCIAL
NORMAL	0,3540 + 0,0140	0,0415 + 0,0047	0,1388 + 0,0097	0,1678 + 0,0138
AZULADO A1	0,4223 + 0,0241 + 19,3%	0,0256 + 0,0077 -38,3%	0,1799 + 0,0170 + 29,6%	0,2095 + 0,0237 + 24,9%
A2	0,3752 + 0,0298 + 6,0%	0,0408 + 0,0097 -1,7%	0,1429 + 0,0201 + 3,0%	0,1657 + 0,0289 -1,3%
A3	0,3645 + 0,0326 + 3,0%	0,0411 + 0,0110 -1,0%	0,1514 + 0,0225 + 9,1%	0,1643 + 0,0318 -2,1%
JUVENIL	0,3343 + 0,0297 -5,6%	0,0765 + 0,0089 + 84,3%	0,0697 + 0,198 -49,8%	0,1605 + 0,0283 -4,4%

En cada casilla se indica en la parte superior la media de los valores obtenidos con su correspondiente intervalo de confianza (95%) y en la parte inferior que porcentaje de aumento o disminución representa con respecto a la «madera normal»



INVESTIGACION

coeficientes de contracción longitudinal (aumentando) y radial (disminuyendo). Este comportamiento podría explicarse por los mayores ángulos existentes en las capas que componen la pared celular con respecto a la dirección axial, como indican diversos autores, de esta forma los incrementos en una dirección se compensarían con los de la otra.

- Los coeficientes de contracción se ven alterados por los factores «azulado» y «madera juvenil» en más ocasiones que las contracciones. En los casos en los que sólo varían los coeficientes de contracción, se produciría una modificación de las curvas «humedad de la madera» - «% movimiento» para ajustar la nueva pendiente (expresada por el coeficiente de contracción) a la asíntota horizontal (máxima hinchazón de la madera).

Bibliografía:

- Fernández-Golfín, J.I., Díez, M.R. (1994). Influencia del anillo de crecimiento en la densidad y otras propiedades físico-mecánicas de la madera estructural de diversas especies. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. 3(2):211-219.
- Fernández-Golfín, J.I., Díez, M.R. (1997). Influencia de las claras en la calidad de la madera estructural de *Pinus sylvestris* L. en una masa artificial. Montes Madrid.(48): 54-57.
- Gutierrez, A., Plaza, F., (1967). Características físico-mecánicas de las maderas españolas. I.F.I.E. 103 pp.
- Kollmann, F., (1959). Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Volumen I. I.F.I.E. Madrid. 675 pp.
- Torres, J., (1964). El azulado de la madera y su tratamiento. A.I.T.I.M. Serie C. Madrid 63 pp.
- UNE. (1977-1978). Características físico-mecánicas de la madera. Normas UNE 56-528 a UNE 56-540.
- Vignote, S. y Jiménez, F.J. (1996). Tecnología de la madera. M.A.P.A. Mundi-prensa y . Madrid. 602 pp.

MÁS INFORMACIÓN: ANTONIO VILLASANTE.
INGENIERÍA AGROFORESTAL. 25198 LLEIDA
TFNO:(973) 70 25 00 EXT 5078
E-MAIL: AVILLASANTE@EAGROF.UDL.ES

Secado de las tablas, con las correspondientes indicaciones de la orientación

VARIACIÓN RELATIVA DE LOS COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN LINEALES DE LA MADERA DE *Pinus Uncinata* EN FUNCIÓN DEL TIPO DE MADERA



Figura 2a

Nota.- El aumento o disminución de los grosores de las flechas indican la variación de la magnitud de contracción en la dirección considerada (madera normal = referencia)

VARIACIÓN RELATIVA DE LOS COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN LINEALES DE LA MADERA DE *Pinus Uncinata* EN FUNCIÓN DEL TIPO DE MADERA

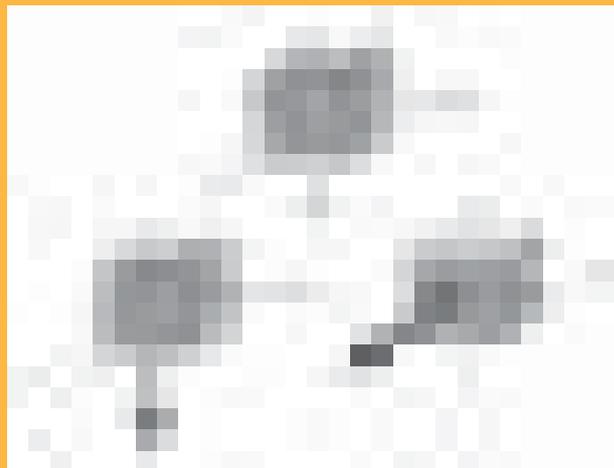


Figura 2b

Nota.- El aumento o disminución de los grosores de las flechas indican la variación de la magnitud de contracción en la dirección considerada (madera normal = referencia)

