

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE CHOPO

CLON I-214

TRABAJOS DE DIFUSIÓN DEL PROYECTO **COMPOP**

GRUPO IDIE
UNIVERSIDAD DE GRANADA



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Madera Plus Calidad Forestal S.L.
Parque Tecnológico de Gática, Edificio CII
33000 San Cárlos das Vilas, Ourense
www.maderaplus.es

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE CHOPO

DEL CLON I-214

Consejo Editorial

Grupo IDIE - Universidad de Granada

Coordinación Científica: Antolino Gallego Molina

Producción, diseño y maquetación



Imprenta Gráficas Alhambra

Protección de datos: El grupo IDIE declara cumplir lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal. Papel ecológico libre de cloro.

Esta publicación se imprime en papel no ácido.
This publication is printed in acid-free paper.
Impreso en España.

ISBN 978-84-09-21107-4

© 2020. Grupo IDIE. Proyecto COMPOP

Reservados todos los derechos. El contenido de la presente publicación no puede ser reproducido, ni transmitido por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética, ni registrado por ningún sistema de recuperación de información, en ninguna forma, ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de explotación de la misma.

El grupo IDIE-Proyecto COMPOP, a los efectos previstos en el artículo 32.1 párrafo segundo del vigente TRLPI, se opone de forma expresa al uso parcial o total de las páginas de Grupo IDIE-Proyecto COMPOP con el propósito de elaborar resúmenes de prensa con fines comerciales.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

COMPOP se enmarca dentro del proyecto “Beneficios de la Bioeconomía del Chopo” de Diálogos con la Sociedad del Consejo Social de la Universidad de Granada.

Autores:

Dr. Francisco RESCALVO
(Universidad de Granada)

Dra. María Ángeles RIPOLL
(IFAPA)

Dr. Antolino GALLEGO
(Universidad de Granada)

Dr. Chihab ABARKANE
(Universidad de Granada)

Ing. María RODRÍGUEZ
(Universidad de Granada)

Dra. Esther MERLO
(Madera +)

CONTENIDOS

- 4 Introducción
- 6 Descripción y fotos de las plantaciones
- 8 Ensayos realizados
- 10 Proceso desde árbol a madera aserrada
- 12 Resultados. Diámetros y rendimiento maderable
- 14 Resultados. Densidad y módulos de elasticidad en árbol, troza y madera aserrada
- 16 Resultados. Flexión
- 18 Resultados. Compresión
- 20 Principales conclusiones



ENSAYO EN ÁRBOL



ENSAYO EN TROZA



ENSAYO EN MADERA ASERRADA

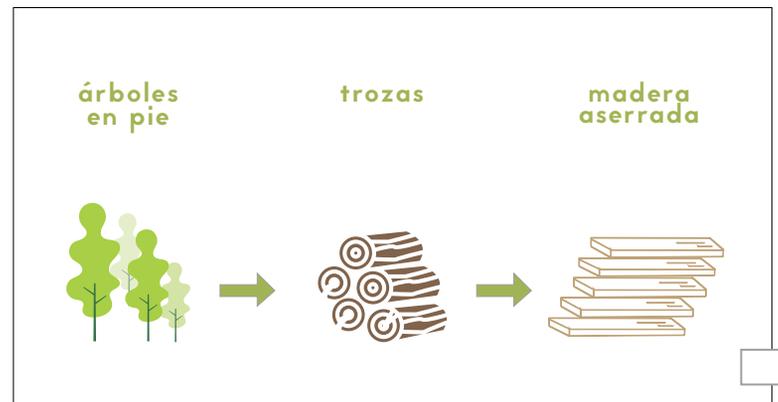


INTRODUCCIÓN

CARACTERIZACIÓN DESDE ÁRBOL A MADERA ASERRADA

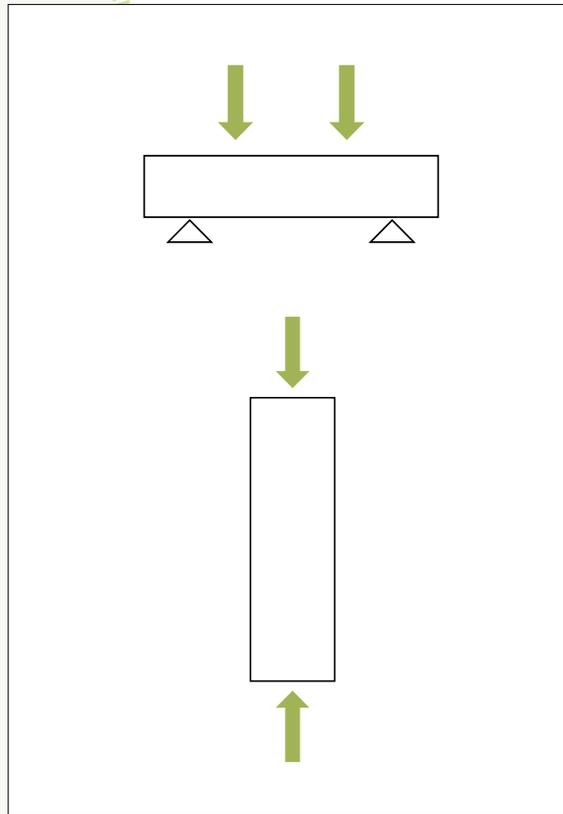
-
-
-
-

Se exponen los resultados de caracterización de la madera de chopo usada en el **proyecto COMPOP del clon I-214** ampliamente usado en Europa, España y la provincia de Granada, por su elevada tasa de crecimiento.



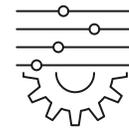
ENSAYOS **NO DESTRUCTIVOS**





ENSAYOS DESTRUCTIVOS

- El estudio evalúa la influencia
- del turno de corta y el marco de plantación, usando madera extraída de tres plantaciones diferentes. En particular **se muestran los resultados de las principales variables de productividad** de cada una de las choperas (diámetros de tronco, volumen de madera y altura maderable), así como del **módulo elástico a flexión de la madera medido en árbol en pie, troza cortada y madera aserrada** usando ensayos acústicos no destructivos (módulo elástico dinámico), comparándolo con el módulo elástico a flexión obtenido mediante ensayos destructivos en laboratorio (módulo elástico estático) según la normativa vigente.



Descripción y fotos de las plantaciones



Chopera: Guadalajara

Acrónimo: GU

Localización: Yunquera de Henares

Edad (años): 13

Marco de plantación (m): 5.5 x 5.5

Densidad de plantación (pies/ha): 330

Chopera: Granada · Alta densidad

Acrónimo: GR_A

Localización: Vega de Granada

Edad (años): 9

Marco de plantación (m): 5 x 5

Densidad de plantación (pies/ha): 400

Chopera: Granada · Baja densidad

Acrónimo: GR_B

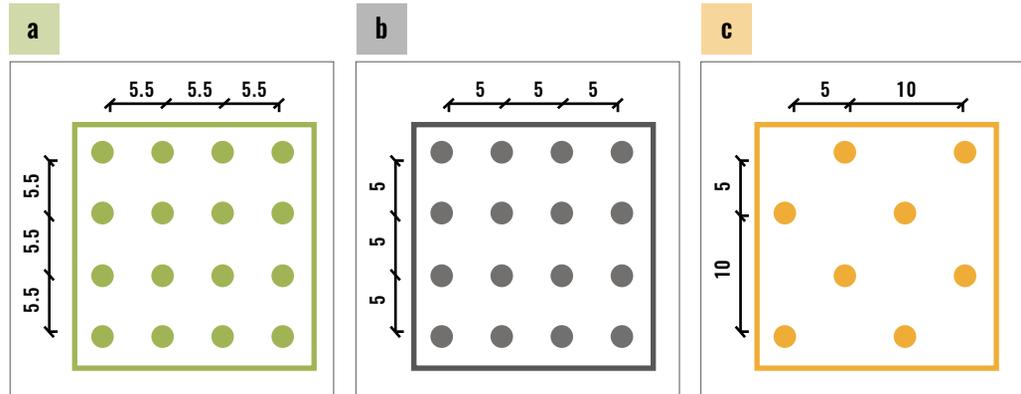
Localización: Vega de Granada

Edad (años): 9

Marco de plantación (m): 5 x 10

Densidad de plantación (pies/ha): 200

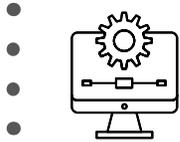




Diseño de las plantaciones. (a) GU: Guadalajara; (b) GR_A: Granada. Plantación en alta densidad; (c) GR_B: Granada. Plantación en baja densidad. Distancias entre árboles en m.

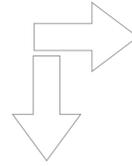


Ensayos realizados

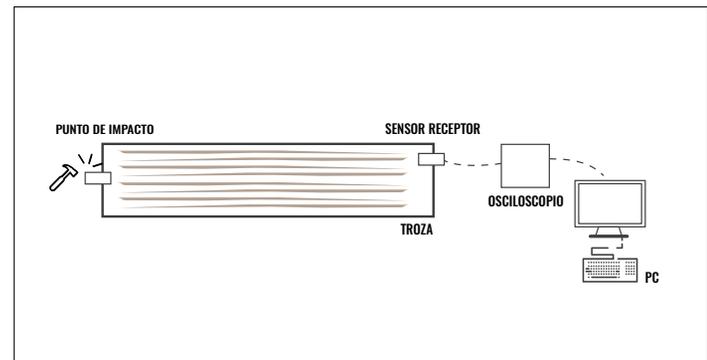
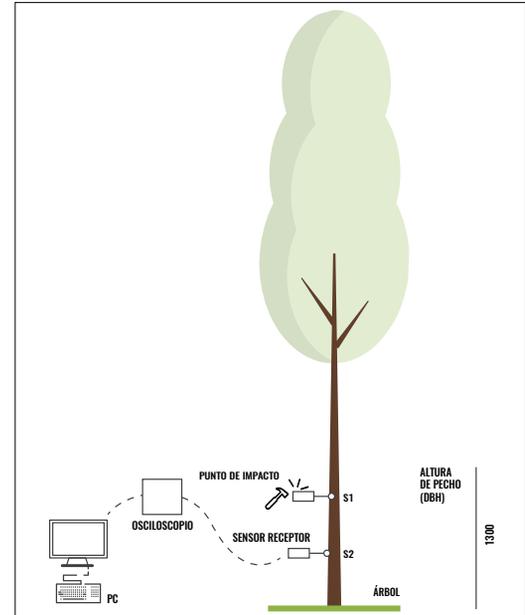


- [1] Ensayo acústico en árbol en pie para determinar el módulo de elasticidad MoE_T
- [2] Ensayo acústico en troza para determinar el módulo de elasticidad MoE_L
- [3] Ensayo acústico en madera aserrada para obtener el módulo de elasticidad dinámico MoE_{dyn}
- [4] Ensayo de flexión a 4 puntos en madera aserrada para obtener el módulo de elasticidad estático MoE_{st}
- [5] Ensayo de compresión en madera aserrada para obtener los módulos de elasticidad paralelo y perpendicular a la fibra, $E_{c,0}$ y $E_{c,90}$

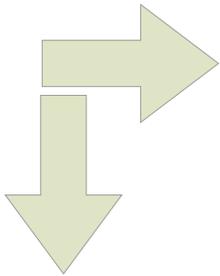
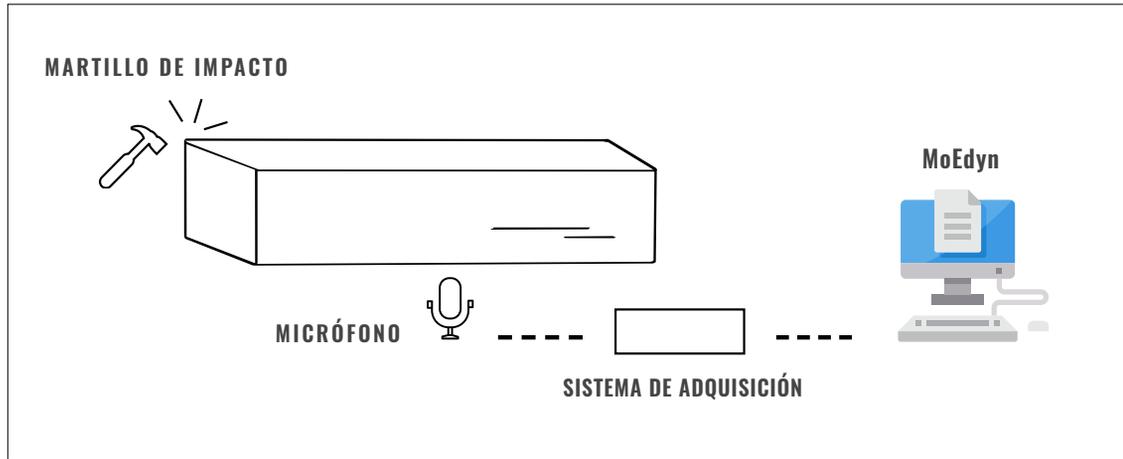
[1]



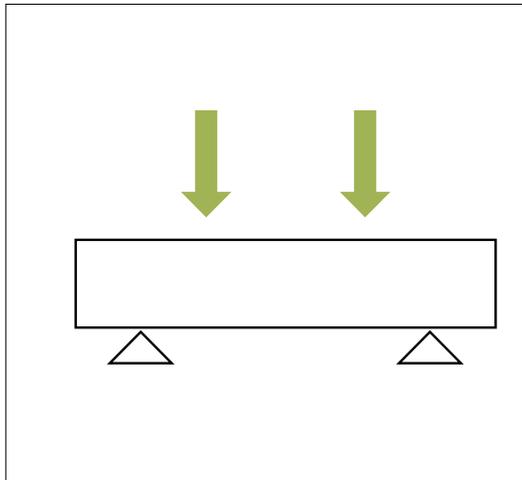
[2]



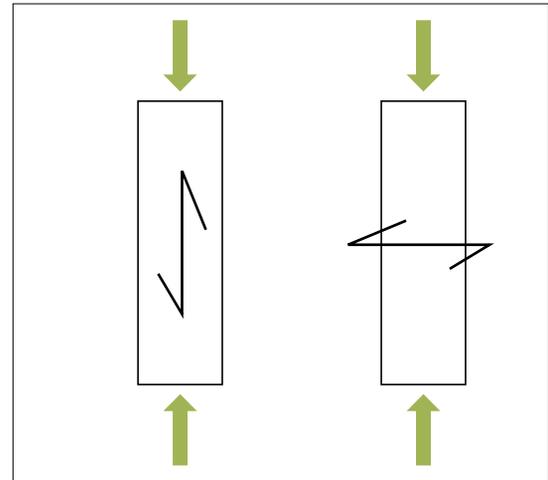
[3]



[4]



[5]





4

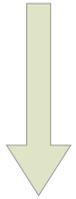
Cubicación
de la madera

5

Transporte
de trozas

6

Ensayo acústico
en troza



9

Ensayo acústico
en madera aserrada

8

Secado
de la madera

7

Aserrado
de trozas



Resultados

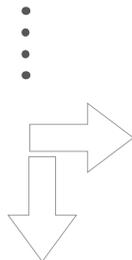
Diámetros y rendimiento maderable

-
-
-
-

DBH: Diámetro de árbol a altura de pecho

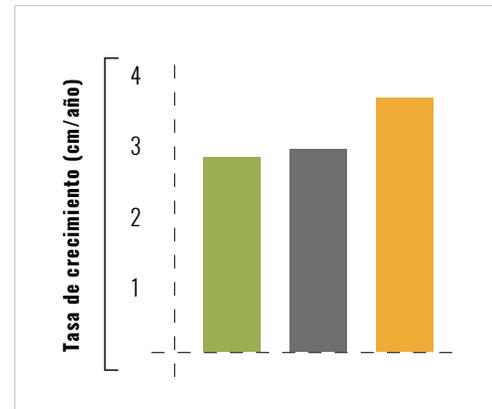
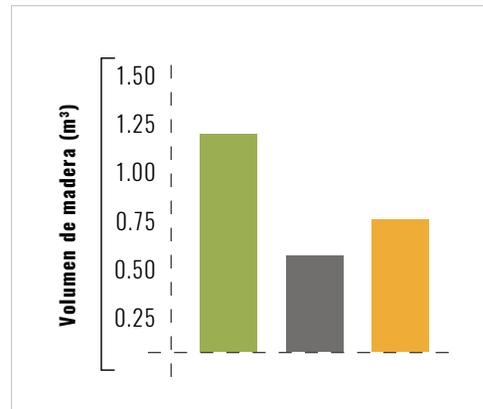
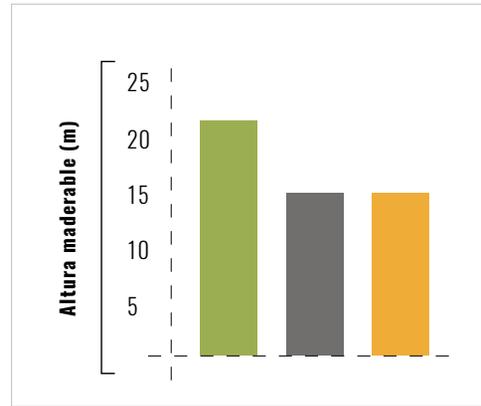
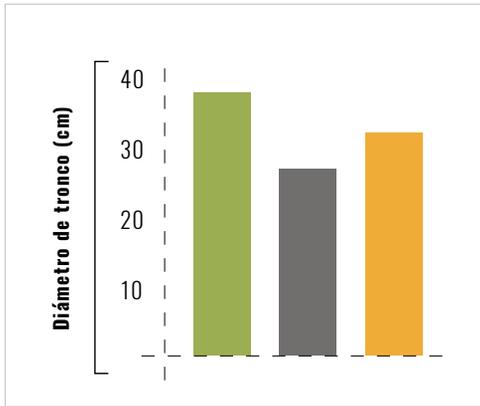
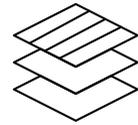
H: Altura maderable del árbol

V: Volumen de madera



	DBH [cm]	H [m]	V [m ³]	Tasa anual de crecimiento [cm/año]	
Guadalajara (13 años)	37.8±3.1	21.7±3.5	1.21±0.25	2.9±0.2	
Granada (9 años)	Alta densidad	27.5±1.8	15.4±1.7	0.55±0.11	3.0±0.2
	Baja densidad	32.9±1.9	15.4±1.3	0.74±0.09	3.7±0.2





Resultados

Densidad y módulos de elasticidad en árbol, troza y madera aserrada

-
-
-
-

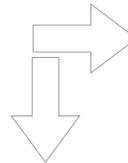
MoE_T: Módulo de elasticidad en árbol

MoE_L: Módulo de elasticidad en troza

MoE_{dyn}: Módulo de elasticidad dinámico en madera aserrada

MoE_{st}: Módulo de elasticidad estático a flexión en madera aserrada

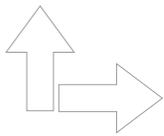
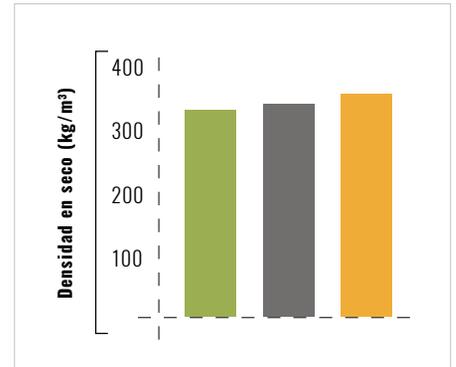
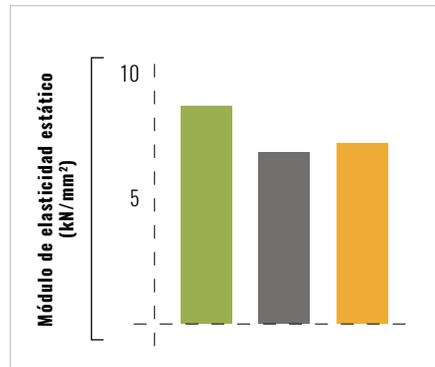
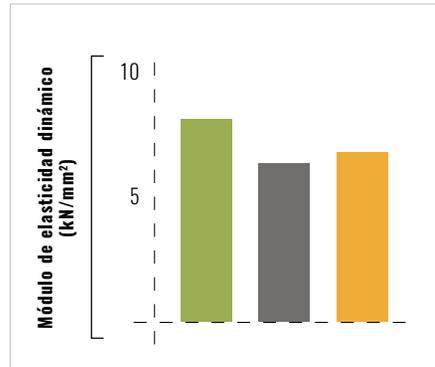
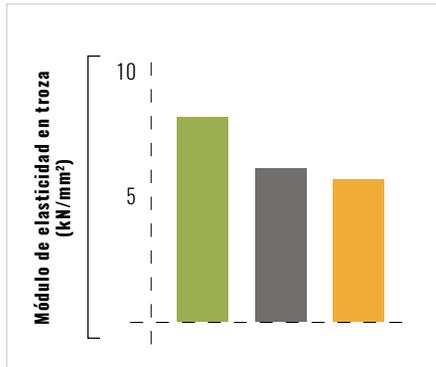
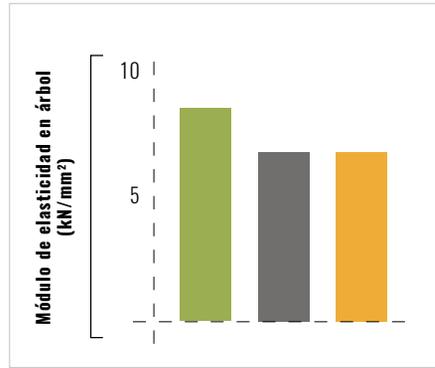
ρ₀: Densidad de la madera aserrada al 0% HR



-
-
-

		MoE _T [kN/mm ²]	MoE _L [kN/mm ²]	MoE _{dyn} [kN/mm ²]	MoE _{st} [kN/mm ²]	ρ ₀ [kg/m ³]
Guadalajara (13 años)		8.4±0.4	8.3±0.5	8.2±0.9	8.8±1.0	330±29B
Granada (9 años)	Alta densidad	6.7±0.3	6.2±0.5	6.4±0.5	7.0±0.7	343±14
	Baja densidad	6.6±0.3	5.8±0.5	6.7±0.6	7.1±0.9	353±18

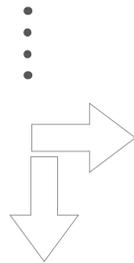




Resultados Flexión

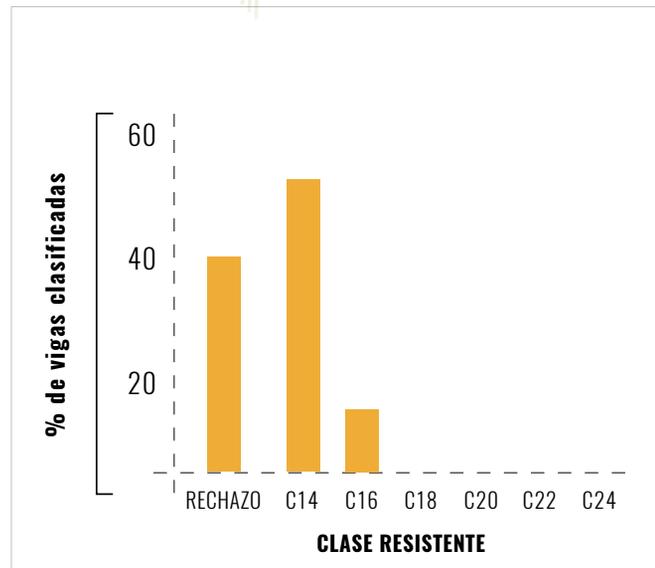
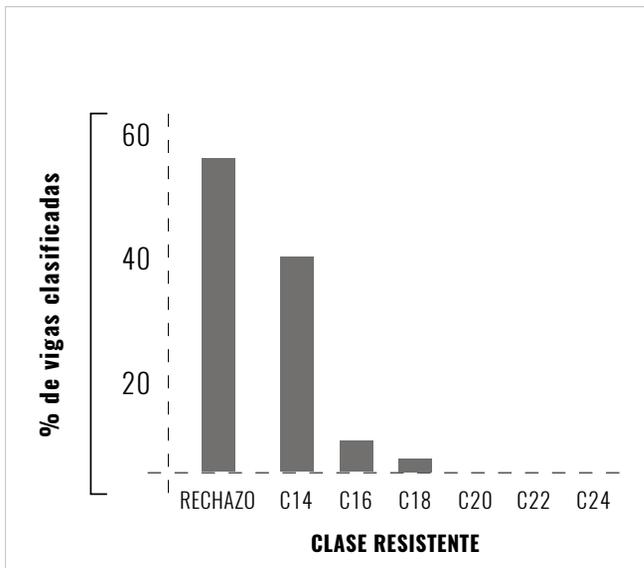
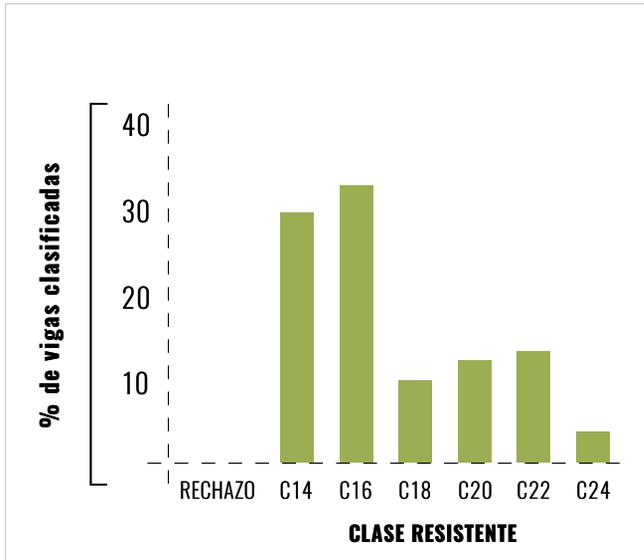
-
-
-
-

Clases resistentes estructurales según norma UNE-EN 338:2016 usando el módulo elástico a flexión obtenido mediante el ensayo destructivo (MoE_{st})



		Clase resistente						
		Rechazo	C14	C16	C18	C20	C22	C24
Guadalajara (13 años)		-	29%	32%	10%	12%	13%	4%
Granada (9 años)	Alta densidad	54%	39%	6%	1%	-	-	-
	Baja densidad	38%	51%	11%	-	-	-	-



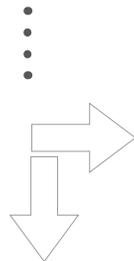


Resultados Compresión

-
-
-
-

$E_{c,0}$: Módulo de elasticidad a compresión en la dirección de la fibra

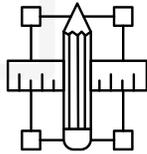
$E_{c,90}$: Módulo de elasticidad a compresión perpendicular a la fibra



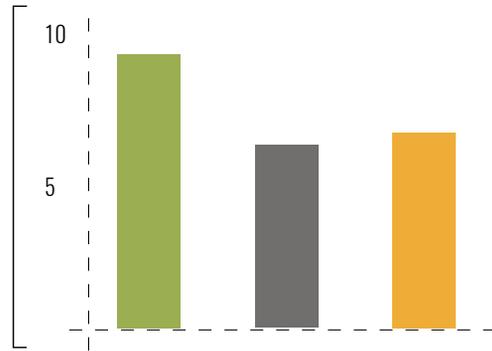
	$E_{c,0}$ [kN/mm ²]	$E_{c,90}$ [kN/mm ²]
Guadalajara (13 años)	8.8±1.4	0.30±0.04
Granada (9 años)	Alta densidad	5.9±1.2
	Baja densidad	6.3±0.9
		0.21±0.04



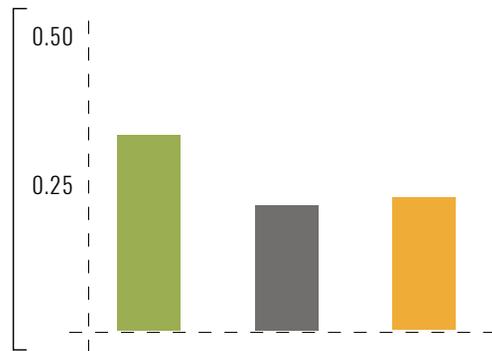
- GU (13 AÑOS)
- GR_A (9 AÑOS)
- GR_B (9 AÑOS)



Módulo de elasticidad
a compresión en la dirección
de la fibra (kN/mm²)



Módulo de elasticidad
a compresión en la dirección
de la fibra (kN/mm²)



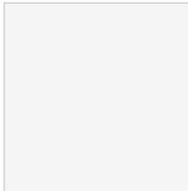
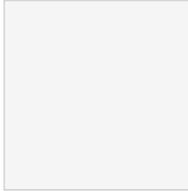


PRINCIPALES CONCLUSIONES

-
-
-
-



- Bajo podas adecuadas que eviten la existencia importante de nudos, **la edad de la plantación es un factor muy determinante en la productividad de la madera y sus propiedades mecánicas.** Sin embargo, el marco de plantación tiene muy baja influencia en las propiedades mecánicas.
- El diámetro medio a altura de pecho de la plantación de Guadalajara (13 años) fue de 38 cm aproximadamente, mientras que para las plantaciones de Granada (9 años) fue de 33 cm para la plantación de baja densidad (5 x 10 m) y 28 cm para la plantación de alta densidad (5 x 5 m).
- El volumen de madera de la plantación de 13 años de Guadalajara fue de 1.21 m³, mientras que para las plantaciones de 9 años de Granada fue de 0.74 m³ para baja densidad de plantación (5 x 10 m) y 0.54 m³ para alta densidad de plantación (5 x 5 m).
- La tasa de crecimiento del diámetro fue mayor para las plantaciones de Granada, 3.7 y 3.0 cm/año para las plantaciones de baja y alta densidad, respectivamente, mientras que para la plantación de Guadalajara dicha tasa fue de 2.9 cm/año
- El módulo de elasticidad estático a flexión medio de la plantación de Guadalajara fue 8.8 kN/mm², mucho mayor que para las plantaciones de Granada (7.1 y 7.0 kN/mm² para baja y alta densidad de plantación, respectivamente), demostrando que **el marco no influye en esta propiedad mecánica.**



- La madera de 13 años de Guadalajara se clasificó estructuralmente como C14 y C16, sin rechazos. Sin embargo, la madera de 9 años de Granada tuvo una tasa de rechazo estructural del 38% y del 54% para las plantaciones de baja y alta densidad, clasificándose el resto principalmente como C14. De esto se concluye **la importancia de la edad de plantación (madera adulta o juvenil) como parámetro clave para el posible uso estructural de la madera de chopo del clon I-214**. También se debe tener en cuenta que la plantación de Granada con baja densidad de plantación proporcionó un 20% menos de madera de rechazo en comparación con la plantación de Granada en alta densidad de plantación.
- Existe una muy alta coincidencia entre el módulo de elasticidad estático medido con ensayo destructivo en

madera aserrada, y los módulos de elasticidad medidos con ensayos acústicos no destructivos en árbol en pie, troza y madera aserrada. Esto demuestra **la viabilidad de esta metodología para la clasificación no destructiva de la madera** a lo largo de toda la cadena de valor, y la optimización de su uso en productos tecnológicos de diversas prestaciones.



COMPOP ESTÁ FINANCIADO POR EL MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN A TRAVÉS DEL PROGRAMA ESTATAL DE I+D+I ORIENTADA A LOS RETOS DE LA SOCIEDAD (CÓDIGO BIA2017-82650-R) CON FONDOS DE LA UNIÓN EUROPEA A TRAVÉS DEL FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL (FEDER).



CON LA COLABORACIÓN DE

