

2016

PROINNOMADERA

PRODUCTOS INNOVADORES PROCEDENTES
DE PLANTACIONES DE MADERA Y
ORIENTADOS A MEJORAR LA
COMPETITIVIDAD DEL SECTOR
VALENCIANO DE LA MADERA Y BIOMASA

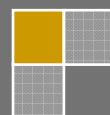
Nº Expte: IMAMCC/2016/1

Programa: LÍNEA NOMINATIVA A DISTRIBUIR S8021000. CENTROS
TECNOLÓGICOS DE LA COMUNITAT VALENCIANA

Breve descripción:

Resumen técnico de los principales resultados alcanzados en 2016

Realizado por:
AIDIMME



Índice

1. Motivación del proyecto	3
2. Objetivo general	4
3. Objetivos específicos	4
4. Principales resultados obtenidos	5

RESUMEN TÉCNICO DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS ALCANZADOS EN EL AÑO 2016

En este proyecto, AIDIMME ha investigado la viabilidad técnica, ecológica y económica de las plantaciones destinadas a madera y biomasa, en el entorno mediterráneo y especialmente en la Comunidad Valenciana. Asimismo, en el proyecto se han desarrollado productos innovadores basados en la madera y biomasa de origen local, mediante la incorporación de nuevos procesos tecnológicos.

Responsable y coordinador técnico del proyecto: Miguel Ángel Abián
Dpto. Tecnología y Biotecnología de la Madera

En diciembre de 2016 ha concluido la segunda y última anualidad del proyecto de I+D **PROINNOMADERA** (Productos innovadores procedentes de plantaciones de madera y orientados a mejorar la competitividad del sector valenciano de la madera y biomasa). Este proyecto ha sido financiado por el **IVACE** (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial). También ha sido cofinanciado al 50% por el Programa Operativo **FEDER** de la Comunitat Valenciana 2014-2020.

1. Motivación del proyecto

El proyecto partió de la intención de evitar el declive en la Comunidad Valenciana del sector agrícola, cuya falta de rentabilidad ha producido el abandono en muchas zonas de grandes extensiones óptimas para la producción de madera y biomasa (49.000 hectáreas agrícolas se han abandonado en los 3 últimos años). Estas zonas, tanto de secano como de regadío, se encuentran en territorios que atraviesan actualmente por importantes problemas estructurales y productivos, en algunos casos por falta de inversiones y en otros por falta de competitividad.

Mediante el estudio y aprovechamiento de las plantaciones de madera de calidad en la CV, se conseguirá un **aumento significativo de la producción interna de madera y de su valor añadido**, lo que disminuirá las importaciones y mejorará la competitividad de los productos actuales. Asimismo, la posibilidad de obtener madera de calidad de distintas especies facilitará la diversidad de productos requeridos por el sector. Además, la valorización de los residuos biomásicos de las plantaciones ampliará el rango de productos y subproductos obtenido de las plantaciones.

Por otra parte, la madera y biomasa de distintas especies se ha clasificado y ensayado, y basándose en la información obtenida se han propuesto y desarrollado **productos innovadores** mediante la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos productivos. Estos productos son viables, de interés para PYMES valencianas y tienen un elevado grado de innovación, para diferenciarlos de los procedentes de países competidores en productos de bajo coste como China o países del Este de Europa.

2. Objetivo general

El objetivo general del proyecto consistió en determinar y difundir el potencial de las plantaciones de madera y biomasa en la Comunidad Valenciana, así como en desarrollar productos innovadores hechos con la madera producida en las plantaciones a fin de mejorar la competitividad del sector de la madera y biomasa, basándose en los requisitos y necesidades de las PYMES del sector.

3. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del proyecto fueron los siguientes:

- a) Estudiar, evaluar y clasificar las plantaciones y masas forestales con fines madereros y biomásicos.
- b) Determinar el potencial de las distintas especies de interés en la Comunidad Valenciana mediante estudios de viabilidad económica y medioambiental para el sector agrícola. Obtener y difundir fichas para el cultivo y planificación correcta de las plantaciones.
- c) Caracterizar las propiedades de la madera y biomasa procedente de las plantaciones, actualmente poco conocidas en algunos casos.
- d) Involucrar a numerosas PYMEs valencianas de los sectores de interés a fin de conocer las necesidades de madera de calidad y los procesos tecnológicos existentes para implementar los productos innovadores.
- e) Proponer y definir productos innovadores para cada tipo de plantación, basándose en los requisitos y necesidades de las empresas, la sostenibilidad y la eficiencia energética.
- f) Desarrollar prototipos de los productos innovadores.
- g) Difundir el proyecto y sus resultados. Transferir los productos desarrollados a empresas de los sectores de interés.

4. Principales resultados técnicos obtenidos en 2016

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en la segunda anualidad del proyecto.

PAQUETE DE TRABAJO 4: ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE INNOVACIÓN Y SUMINISTRO DE MATERIAS PRIMAS DE LAS PYMES

Tarea 4.1. Definición de las necesidades del sector de la madera y biomasa.

Se realizó un estudio para determinar las necesidades de uso de madera ligera en la industria del mueble y madera, así como identificar necesidades y oportunidades de innovación en estas industrias.

La información de esta tarea se corresponde a la prospección de mercado realizada con empresas productoras y utilizadoras de madera mediante una encuesta realizada mediante cuestionario estructurado a una muestra industrial de empresas.

El diseño muestral puede verse en la siguiente tabla:

Universo	Empresas españolas con alguna actividad propia de las industrias de la madera y el mueble.
Población	Listado inicial de 44 empresas con potencial interés en el proyecto, según recoge la memoria de solicitud del mismo.
Muestra	n=33
Error muestral	±8,8%
Nivel de confianza	95% (z=1,96)
Formato de encuesta	Cuestionario estructurado auto-administrado por Internet (a través de plataforma Typeform).
Fechas de realización	Del 27/05/16 al 10/06/16. El acceso al cuestionario online permanece abierto por si empresas interesadas quieren aportar sus respuestas.

Tabla 1. Diseño muestral de la encuesta

Algunas de las preguntas realizadas en la encuesta abarcan diversos aspectos como:

- Tamaño de la empresa y ámbito de mercado
- Especies y volúmenes de madera utilizada
- Origen de la madera
- Necesidades de innovación

Las conclusiones obtenidas del análisis de la encuesta fueron las siguientes:

- Se realizó una **encuesta industrial** a directivos y responsables técnicos de 33 empresas productoras de primera y segunda transformación de la madera para detectar necesidades de innovación respecto al uso de nuevas especies forestales. En su mayoría, las empresas participantes son de la Comunidad Valenciana.
- Entre las empresas de **primera transformación**, participaron empresas fabricantes de tableros y derivados de la madera, principalmente. En cuanto a la **segunda transformación**, se han obtenido respuestas

también de empresas fabricantes de industrias utilizadoras, como es la fabricación de muebles.

- La industria de la madera destaca por el uso que da principalmente a la **madera de pino, chopo y haya** en la actualidad.
- Un segundo grupo de especies más utilizadas se corresponde con **maderas nobles**, donde destacan la madera de nogal, roble, fresno y cerezo.
- El tablón (42%) y el tablero aglomerado (39%) son los **formatos más utilizados** a nivel industrial.
- El 73% de las empresas importa **madera del extranjero** en alguna proporción. Las principales regiones mundiales de aprovisionamiento son Europa (Francia y centro y este de Europa), África y América (tanto Latinoamérica como América del Norte).
- La encuesta ha evidenciado que la investigación con especies de madera se asocia principalmente a procesos de **innovación en producción y procesos**: el 65% de las empresas reconoce necesitar innovación en procesos y el 61% en producto.
- La **innovación en mercadotecnia** interesa al 39% de las empresas, mientras que la **innovación organizativa** preocupa al 32%.
- La industria espera innovaciones en el ámbito de los **procesos productivos** (63% de las empresas), **nuevos materiales** (50%) y **materias primas** (47%), mientras que el interés en la mejora de los acabados es inferior (40%).
- Los resultados indican que, aproximadamente, una de cada tres empresas está interesada en la **investigación y uso de especies de madera ligeras**, como es el caso de la paulownia.

Las **necesidades de innovación** que demandaron las empresas en la encuesta fueron éstas:

- 1) Incorporación de nuevos procesos que mejoren la productividad.
- 2) Plantaciones de crecimiento rápido.
- 3) Se debe actualizar parte de la gama del producto.
- 4) Sería interesante incorporar nuevos materiales, especialmente ligeros.
- 5) Nuevos tipos de madera.
- 6) Desarrollar productos más innovadores y útiles: materiales más ligeros
- 7) Racionalización costes, mejora proceso productivo.
- 8) En diseño. No necesariamente se necesita otra madera de la actualmente disponible en el mercado, pero podrían ser útiles esas nuevas maderas.
- 9) Nuevos materiales y productos
- 10) Nuevos acabados con las maderas.
- 11) Investigación del comportamiento de la madera en muebles macizos.
- 12) Maderas de chopo o similar de mejor calidad y más cercanas a la industria.
- 13) Mejor servicio al cliente.
- 14) Más eficientes en comunicación.
- 15) Nuevos productos.
- 16) Materias primas.
- 17) Maquinaria.
- 18) Nuevos productos.
- 19) Nuevos procesos.
- 20) Impresión digital.
- 21) Productividad.

- 22) Ante todo, falta aumentar el mercado y sensibilizar al consumidor sobre las ventajas de la madera.
- 23) Uso de maderas de producción local o nacional.
- 24) Adquisición de nueva maquinaria.
- 25) Mejora de los aprovechamientos forestales.
- 26) Mejora en los procesos de aserrado para minimizar las pérdidas.
- 27) Innovación de nuevos mercados.
- 28) Materiales y productos con buen aislamiento térmico y acústico.
- 29) Nuevos productos.
- 30) Materias y productos ligeros para construcción.
- 31) Selección de los troncos para evitar defectos y optimizar el corte minimizando desperdicio.
- 32) Diseño de nuevos productos.
- 33) Materias y productos ligeros para construcción.
- 34) Materias primas y productos finales de calidad asegurada (mediante marcas, controles de calidad, sellos de calidad, etc.).
- 35) En departamento de marketing digital.
- 36) Uso de maderas de crecimiento rápido y de gran absorción de CO₂, como la paulownia.

Tarea 4.2. Creación de una red de colaboración entre grupos de empresas y federaciones.

Se realizaron contactos para crear una red de empresas y entidades que puedan participar en los siguientes desarrollos del proyecto. En particular, la red se crea para tener una serie de contactos en la industria con los que poder compartir y evaluar las innovaciones y potenciales resultados de investigación sobre especies de madera ligeras.

Se realizó una selección de empresas y organizaciones relacionadas con la investigación y explotación forestal y de productos con madera que resultan interesantes para el proyecto. En algunos casos, existe una relación previa con AIDIMME (por ejemplo, FEVAMA, FINSA, SONAE ARAUCO...), mientras que en otros casos se estableció contacto a raíz del proyecto (por ejemplo, BIOPLAT, CATENVA...). La mayoría de empresas son PYMES de la Comunidad Valenciana, aunque se consideró interesante tener representación también de la gran industria a nivel nacional.

Todas estas empresas pueden aportar conocimiento y campos de aplicación para la investigación con nuevas especies forestales destinadas a la explotación de la madera.

En la siguiente figura se recogen las empresas de la red.

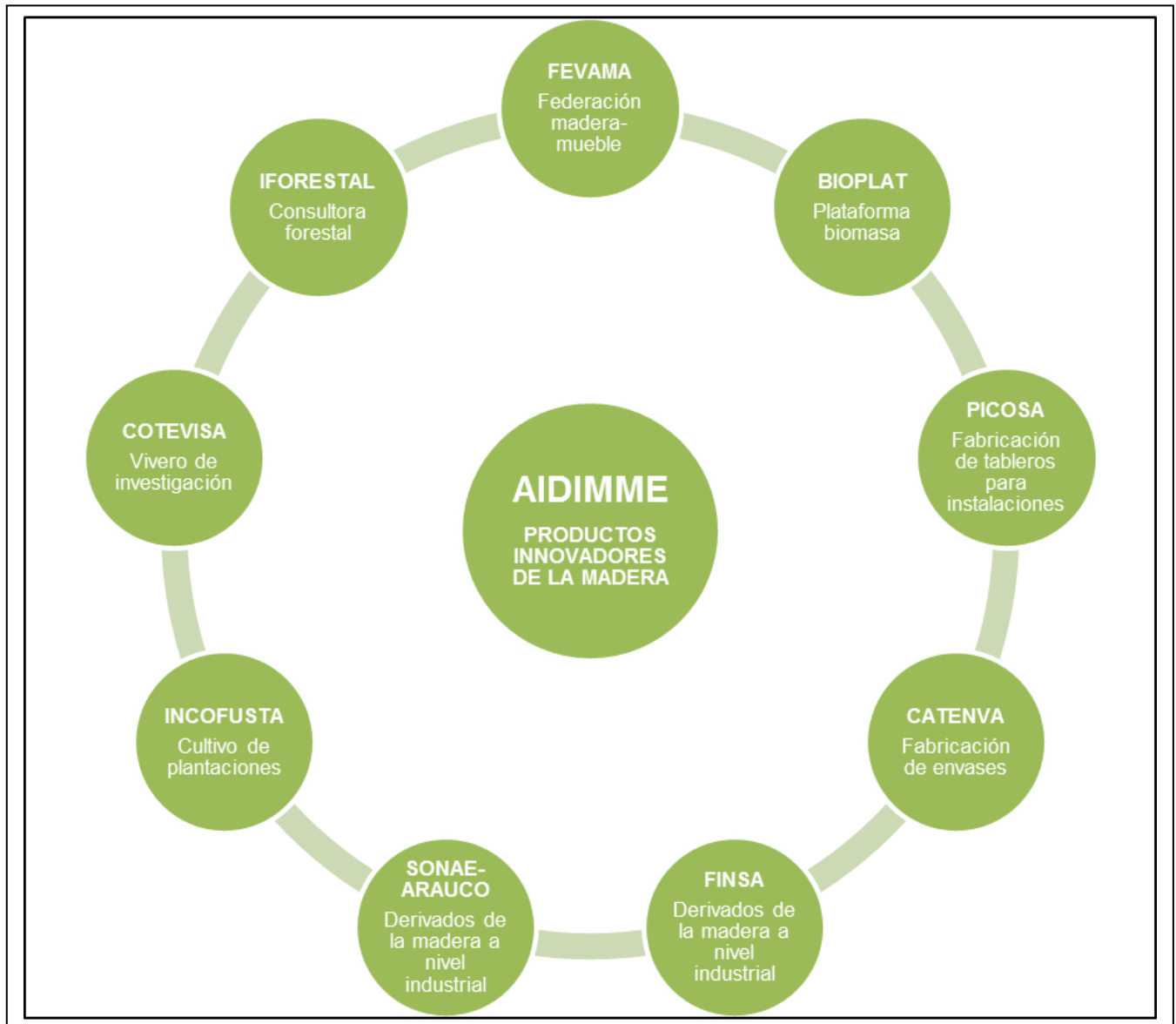


Imagen 1. Empresas de la red creada

De todas las empresas se recogió la información más relevante como:

- **DATOS DE CONTACTO**
- **ACTIVIDAD PRINCIPAL**
- **INTERÉS PARA EL PROYECTO:**
 - Actividades de I+D+i
 - Investigación con plantaciones experimentales
 - Desarrollo y prueba de prototipos
 - Soluciones sostenibles y certificación
 - Aplicaciones industriales
 - Búsqueda de empresas en la cadena de valor
 - Difusión sectorial
 - Efecto tractor sobre la industria
 - Explotación comercial a nivel industrial
 - Explotación comercial en productos a medida

Además, la prospección del mercado se completó con una serie de entrevistas personales a gerentes y directores de producción de varias empresas.

Estas entrevistas permitieron profundizar en las necesidades y **potencial explotación de las plantaciones de paulownia**.

En cuanto a su **uso masivo en la industria**, preocupa la capacidad de las plantaciones actuales de paulownia para cubrir la demanda de esta especie si se extiende su uso. Por otro lado, el uso industrial de paulownia puede requerir de un mayor consumo de material adhesivo que otras especies.

Por el momento, el uso de la especie está limitado a **productos especiales** a nivel industrial, aunque podrían darse aplicaciones concretas para construcción, donde podría competir en el mercado de los productos aligerados (tableros, ventanas, puertas, estanterías, etc.).

Otro aspecto de interés es que pueda controlarse la **cadena de custodia** de la madera de paulownia, especialmente si su destino final es el mercado anglosajón.

PAQUETE DE TRABAJO 5: DESARROLLO DE PRODUCTOS INNOVADORES DE MADERA

Tarea 5.1. Análisis de las propiedades de la madera y biomasa.

En esta tarea se analizaron las propiedades de la madera y biomasa de interés para el desarrollo de productos y se realizaron ensayos mecánicos y químicos para caracterizar las distintas especies.

1. Análisis de las propiedades de la madera

Se describen y analizan las distintas propiedades específicas de la madera maciza que servirán para obtener sus posibles usos para realizar en posteriores paquetes de trabajo los productos innovadores.

Las especies de madera ensayadas fueron las siguientes:

- Paulownia. Clon COT2 (*P. elongata* x *P. fortunei*)
- Robinia (*Robinia pseudoacacia*)
- Almez (*Celtis australis*)

Los procedimientos de ensayos utilizados se detallan a continuación:

- | | |
|---|------------------|
| ➤ Densidad o peso específico | UNE 56 531 |
| ➤ Contenido en humedad | UNE 56 529 |
| ➤ Resistencia a la flexión estática y módulo de elasticidad | UNE 56 537 |
| ➤ Determinación de la dureza | UNE 56 534 |
| ➤ Contracción lineal y volumétrica | UNE 56 533 |
| ➤ Higroscopicidad | UNE 56 532 |
| ➤ Compresión axial | UNE 56 535 |
| ➤ *Análisis de la estructura macroscópica de la madera | Métodos internos |
| ➤ *Ensayo de penetración de tinta. | Métodos internos |
| ➤ *Determinación de la de albura y duramen por bromofenol azul. | Métodos internos |

*Estos ensayos permiten conocer la estructura celular de la paulownia y sus facultades relacionadas con la facilidad para realizar tratamientos en profundidad.

PROINNOMADERA

Ficha técnica resumen de los resultados del proyecto



Imagen 2. Corte de la madera de paulownia



Imagen 3. Ensayo de flexión estática en almez



Imagen 4. Ensayo de compresión axial en robinia.

Algunos de los resultados más interesantes se dan en paulownia. Los resultados de la tabla corresponden a valores medios de 50 muestras.

CARACTERISTICA	RESULTADO MEDIO	REQUISITO/ADECUACIÓN ¹⁾
Densidad (kg/m ³)	270	MUY LIGERA
Contenido en humedad por desecación (%)	11	--
Resistencia a la flexión estática (N/mm ²)	25,3	BAJA RESISTENCIA
Módulo de Elasticidad (N/mm ²)	2870	--
Determinación de la dureza (mm ⁻¹)	0,24	MUY BLANDA
Contracción lineal y volumétrica: Contrac.volumétrica total (%) Coeficiente de contracción (%) Contracción lineal: (%) radial tangencial longitudinal	12,8 0,54 4,93 6,74 0,73	CONTRACCION PEQUEÑA POCO NERVIOSA
Higroscopicidad (g/cm ³)	0,0071	DEBIL
Compresión axial C ₁₂ (kg/cm ²) Cota estática C _e (cm)	357 5,10	BAJA RESISTENCIA

Tabla 2. Resultados de la madera de paulownia

A su vez con paulownia se realizó un análisis de la estructura celular para evaluar las particularidades de la madera como la dificultad de tratamiento.



Imagen 5. Ensayo de determinación de albura en corte transversal del tronco de paulownia.

2. Análisis de las propiedades de la biomasa

Las principales propiedades de interés se midieron basándose en la norma ISO 17225:

- Cenizas - UNE-EN 14775
- Poder calorífico - UNE-EN 14918
- Cloro - UNE-EN 14582
- Azufre - UNE-EN 14582
- Humedad-UNE-CEN/TS 14774

Las especies consideradas han sido:

- Paulownia (*P. elongata* x *P. fortunei*, clon COT2)
- Chopo (*Populus nigra*)
- Robinia (*Robinia pseudoacacia*)
- Sauce (*Salix* sp.)

También se realizó un proceso de peletizado, realizando el ensayo de durabilidad para obtener la facilidad de peletización.

Los ensayos han permitido clasificar la biomasa en para distintos usos, siendo la madera de paulownia la que mejores características ofrece para un uso doméstico. Las demás especies poseen unos contenidos en cenizas y en cloro y azufre superiores que no permiten su uso en calderas domésticas, por la corrosión que comportan.

Por ello se recomienda su uso en mezclas en pequeña proporción para producir pellets de calidad, o para utilizarlas en calderas industriales tanto en forma de pellets como de astilla.

Actualmente la biomasa más utilizada y de la que hay más conocimiento es la biomasa de chopo. El elevado número de plantaciones existentes y el importante uso que realiza la industria del chopo hace que el empleo de los residuos de corta y de la obtención de chapa se reutilice para producir energía.

Las demás especies aún son desconocidas en el uso biomásico dadas la pocas plantaciones existentes, pero se prevé que en un futuro cercano lleguen a utilizarse.

Los resultados se expresan en fichas como se muestra más adelante.

Tarea 5.2. Análisis de los usos de la madera y sus procesos. Potencial de uso industrial.

En esta tarea se estudiaron las propiedades obtenidas en la tarea 5.1 para evaluar los usos que las distintas especies pueden tener en la industria. A su vez, se analizaron nuevos procesos tecnológicos de producción para dar un mayor valor añadido a los productos a desarrollar, procesos que son más eficaces y con menos impacto medioambiental que los actuales.

De acuerdo con los resultados se abre un campo de trabajo y desarrollo de productos interesante sobre todo para la paulownia y en menor medida para la robinia y el almez.

De este modo, los usos de los productos derivados del género *Paulownia* pueden ser amplios y pueden enumerarse según el tipo de producto:

- La madera maciza, por su ligereza y conductividad térmica, puede utilizarse en **cerramientos de viviendas**; pasando a formar parte de la estructura en ventanas: marcos, postigos o contraventanas; y también en puertas: marcos, premarcos, dinteles y galces, incluso en el tablero principal con madera maciza.
- Las utilidades de los tableros contrachapados por su baja densidad y propiedades mecánicas, pueden ser varias: en fabricación de muebles (fondos de armario, armarios y cajoneras); revestimientos de interiores por su aspecto claro y textura homogénea, incluso ser una pieza clave en productos de carpintería y ebanistería en techos, paredes y rodapiés. Por otro lado estos tableros también **pueden utilizarse en ámbitos técnicos como el ámbito naval y aeronáutico, y sustituir de esta manera a materiales metálicos y compuestos**, o incluso para elementos constructivos en carruajes, barcas y balsas.

Además, la Comunidad Valenciana goza de una potencialidad en la distribución de fruta y alimentos, donde productos derivados de la *Paulownia* sp. podrían tener un gran papel por sus características de **ligereza y poca absorción de líquidos**.

Igualmente se podría desarrollar en la industria del juguete, ya que esta industria tiene una elevada presencia productiva en la Comunidad Valenciana, siendo la población de Ibi (Alicante) centro industrial en la comunidad.

PROINNOMADERA

Ficha técnica resumen de los resultados del proyecto

Asimismo, podría introducirse en la industria artesana elaborando herramientas varias como bidones, mangos de herramientas e instrumentos musicales.

Con los las propiedades y usos de cada madera se hicieron fichas de cada especie tanto para madera como para biomasa. A continuación, a modo de ejemplo, se muestra una de ellas.

Paulownia		
Nombre científico	Clon Cot2 <i>P. elongata</i> x <i>P. fortunei</i>	
MADERA QUE ESTÁ ENTRANDO EN EL MERCADO ACTUALMENTE TANTO DE ORIGEN LOCAL COMO DE IMPORTACIONES.		
Características físico-mecánicas		
Densidad (kg/m ³)	270	MUY LIGERA
Resistencia a la flexión estática (N/mm ²)	25,3	BAJA RESISTENCIA
Módulo de Elasticidad (N/mm ²)	2870	
Contrac.volumétrica total (%)	0,24	MUY BLANDA
Contracción lineal: (%) radial tangencial longitudinal	4,93 6,74 0,73 POCO NERVIOSA	
Higroscopicidad (g/cm3)	0,0071	DEBIL
Determinación de la dureza (mm ⁻¹)	0,24	MUY BLANDA
Compresión axial C12 (kg/cm ²) Cota estática Ce (cm)	148 6,25 BAJA RESISTENCIA	
Durabilidad		
Albura/duramen	SI	
Resistencia a xilófagos	NO	
Usos		
- INTERIOR: MOLDURAS, VENTANAS - TABLEROS: TABLEROS CONTRALAMINADOS Y CONTRACHAPADOS PARA INTERIOR Y EXTERIOR. TABLEROS ALISTONADOS, ETC. - ATAUDES		





Tabla 3. Ficha técnica de la madera de paulownia

Paulownia	
Nombre científico	Clon Cot2 <i>P. elongata</i> x <i>P. fortunei</i>
La biomasa de paulownia se puede obtener a partir de cultivos hechos a propósito con turnos cortos de 3-4 años o a partir de los restos de podas y cortas del aprovechamiento maderero de árboles con turnos de 6-10 años	
Características físico-químicas	
Origen y fuente	Árboles enteros sin raíces Fuste Restos de corta Corteza (de operaciones industriales) Bosque, plantaciones y otra madera virgen
Humedad % en masa según se recibe (b.h.)	15-30
Cenizas, A % en masa (b.s.)	0,9
Azufre, S % en masa (b.s.)	0,02
Cloro, Cl % en masa (b.s.)	0,015
Poder calorífico neto, Q MJ/kg (b.s.)	17,5
Usos	
Calidades según ISO-17225-2 (domestico)	A2, B
Posibilidad de peletización	Si
Uso como astilla	Si
Potencial de uso	
Uso actual	Fuste para madera.
Usos futuro	Restos de poda para biomasa
Existencia plantaciones	Creciente
Pellets	
Durabilidad	>97,5%
Observaciones	Obtener un tamaño de partícula adecuado y eliminar los posibles elementos finos.



Tabla 4. Ficha técnica de la biomasa de paulownia

Tarea 5.3. Desarrollo de prototipos de productos.

Con los resultados de las tareas anteriores, se proponen distintos productos realizados a partir de la paulownia. Esta especie ha demostrado ser la que potencialmente suscita mayor interés en las empresas del sector. Además, de las distintas especies estudiadas es la que mayor número de plantaciones presenta en la comunidad, por lo que puede garantizarse una producción de madera suficiente para suministrar a las empresas.

Se realizaron distintos productos innovadores de madera principalmente con paulownia, pero también con madera de pino y chopo, para realizar distintas combinaciones. Esta especie no ha sido utilizada por la industria hasta la fecha, por lo que las características de los distintos productos se desconocían hasta ahora.

Así, los resultados obtenidos de las distintas especies indican en qué casos la paulownia debe combinarse o utilizarse como madera sustitutiva de las utilizadas en la actualidad.

Los distintos productos se agrupan en 5 grupos:

- **Perfiles laminados no estructurales para ventanas**
 - Pino
 - Paulownia
 - Chopo
- **Madera tratada**
 - Tratamiento con sales de cobre
 - Tratamiento orgánico
- **Chapa de paulownia**
 - 1 mm
 - 1,5 mm
 - 3,3 mm
- **Tableros contrachapados**
 - Tableros de interior (urea-formaldehído)
 - Tablero de 3 chapas
 - Tablero de 7 chapas
 - Tablero de 9 chapas
 - Tableros de exterior (fenólico/marino)
 - Tablero de 7 chapas
- **Tableros contralaminados**
 - Tablero de 5 láminas de pino
 - Tablero de 5 láminas de paulownia
 - Tablero de 2 láminas exteriores de pino + 3 láminas interiores de paulownia
 - Tablero de 2 láminas exteriores y 1 central de pino, y 2 láminas interiores de paulownia

1. Perfiles laminados no estructurales para ventanas

Se realizaron 3 perfiles laminados de 3 especies de madera como perfiles que pueden usarse para ventanas de calidad. Los perfiles laminados mejoran sustancialmente la estabilidad dimensional de la madera y mejoran sus propiedades de aislamiento térmico y acústico.

La madera de paulownia tiene buenas propiedades en cuanto a estabilidad, y es fácil aplicarle acabados de calidad. A su vez, por su ligereza puede ser una buena madera para aislamiento.

Se realizaron tres perfiles para comparar conductividades térmicas. Las especies utilizadas son las siguientes:

- Pino (*Pinus sylvestris*). Es muy utilizada en carpintería de calidad, y presenta una densidad que oscila entre 450 y 550 kg/m³
- Chopo (*Populus nigra*). Se utiliza poco actualmente en carpintería, y presenta una densidad entre 350 y 400 kg/m³
- Paulownia (*P. fortunei* x *P. elongata*, clon COT2). No se utiliza en carpintería por su baja densidad (275-300 kg/m³), pero que podría utilizarse con acabados de calidad.

Procesado

En primer lugar se obtuvieron laminas cepilladas de 1,8 cm de espesor y 7 cm de ancho. Con 4 laminas se obtuvieron perfiles de 7x7 cm que pueden utilizarse en ventanas y otros productos similares.

A continuación se realizó el encolado con colas de poliuretano, óptimas para uso en exteriores o para madera encolada que pueda estar en contacto con el agua o con humedades elevadas. Los distintos procesos que se aplicaron a la madera fueron éstos:

- Corte de la madera
- Cepillado
- Encolado
- Cepillado y lijado



Imagen 6. Sección de los tres perfiles elaborados

2. Madera tratada

Por su densidad, la paulownia es una especie con una baja durabilidad a los agentes degradadores de la madera. Por tanto, es fácilmente atacable por hongos, termitas y carcomas. Dados estos antecedentes de durabilidad natural de la *Paulownia*, es de crucial importancia tratarla para aumentar su durabilidad y, por tanto, su ámbito de aplicación.

Con este fin se realizó por un lado un **tratamiento orgánico** insecticida, fungicida y antitermitas de Cipermetrina y Tebuconazol para llegar una clase de uso 3.2: exterior descubierto (UNE EN 335-1). El tratamiento se llevó a cabo en un autoclave sin presión, como indica la norma, ya que si se aplicara presión para penetrar en los vasos de la madera podrían explotar las bases disolventes. Por lo tanto, después de un previo vacío de aire se pulverizó el tratamiento y se realizó otro vacío para escurrirlo totalmente.

Por otra parte, también se aplicó un **tratamiento de sales de cobre**, a más profundidad para intentar alcanzar una clase de uso 4 (UNE EN 335-1). En este procedimiento sí que se aplica presión para que el tratamiento penetre a más profundidad, como la clase de servicio requiere.



Imagen 7. Preparación de las muestras a la entrada del autoclave orgánico (Cipermetrina y Tebuconazol)

3. Chapas

Para obtener chapa se procedió al desenrollo gracias a la industria adecuada para este fin. Se realizaron chapas de diferentes grosores según la inclinación de la cuchilla sobre las trozas. Se desenrolló a 10, 15 y 33 décimas de milímetro. Para ello se fueron ajustando y posicionando los parámetros del equipo (ángulo de cuchilla, velocidad de corte, distancia entre la cuchilla y la barra de presión), según procedía para cada grosor.

Procesado

El proceso realizado se compone de:

- Descortezado y corte en longitud de rollizo, para su adecuación al torno utilizado.
- Desenrollado mediante el torno en continuo, para los diferentes espesores de chapa utilizados (10, 15 y 33 décimas de mm).
- Corte mediante guillotina de las placas de chapa, a la medida final.
- Secado de las chapas al aire, bajo cubierto.



Imagen 8. Rollizos de paulownia descortezados y preparados para su desenrollo

PROINNOMADERA

Ficha técnica resumen de los resultados del proyecto



Imagen 9. Proceso de desenrollo. Detalle del dibujo y veta de la chapa

4. Tableros contrachapados

Se define como tablero contrachapado a aquel tablero que se obtiene encolando chapas de madera de forma que las fibras de las chapas consecutivas forman un ángulo determinado, generalmente recto, con objeto de equilibrar el tablero. A veces en lugar de chapas se utilizan capas de chapas. El número de chapas o capas suele ser impar con el fin de equilibrar el tablero por la simetría de la sección.

Para el desarrollo de este producto se realizaron tableros de diferentes espesores y aglutinantes con el fin de crear distintos modelos y diferentes clases de uso contempladas en la norma UNE EN 335-1:2007.

En primer lugar, se realizaron contrachapados con resina o adhesivo de urea-formaldehído, usado para aplicaciones en interior. En concreto, el adhesivo usado tiene una emisión de menos del 0,01% de formaldehído liberable, y por tanto se clasifica como E-1 (tablero con baja emisión) según la norma UNE-EN 717-2:1995.

Para uso en exteriores se empleó una resina a base de fenol-resorcinol entre las chapas del tablero. Los tableros confeccionados fueron los siguientes; se fabricó un tablero de cada clase, siendo los contrachapados obtenidos los siguientes:

- Tableros de interior y embalaje
 - o **Tablero de urea-formaldehído 127 x 127 centímetros con 3 chapas de 15 décimas de milímetro.** Se le aplicó urea-formaldehído a una presión de 50 bares a 95°C durante 4 minutos; con un gramaje de cola de 150 gr/m². Espesor final una vez encolado y prensado: 4,3 milímetros. Apto para uso interior.
 - o **Tablero de urea-formaldehído 127 x 127 centímetros con 7 chapas de 15 décimas de milímetro.** Encolado con urea-formaldehído a una presión de 50 bares a 95°C durante 10 minutos; gramaje de 150 gr/m². Espesor final una vez encolado y prensado: 10,2 milímetros. Apto para uso interior.
 - o **Tablero de urea-formaldehído 127 x 127 centímetros con 9 chapas de distinto grosor.** La distribución de las chapas fue la siguiente: las caras exteriores con chapa de 10/10 cm de grosor, el interior y alternamente chapas de 15/10 cm y 33/10 cm. Se encolaron con urea-formaldehído bajo una presión de 90 bares a 95°C durante 18 minutos; gramaje de cola de 150 gr/m². Espesor final una vez encolado y prensado: 18,3 milímetros. Apto para uso interior.
- Tableros de exterior
 - o **Tablero de 127 x 127 centímetros con 7 chapas de 15 décimas de milímetro.** Encolado con fenol-resorcinol a una presión de 80 bares a 120°C durante 10 minutos; gramaje de 150 gr/m². Espesor final una vez encolado y prensado: 10,2 milímetros. Apto para uso exterior.

Procesado

El proceso realizado se compone de:

- Lijado de las chapas.
- Encolado/impregnado de las chapas.
- Prensado de las chapas en caliente.
- Seccionado en superficie y calibrado en espesor de los tableros



Imagen 10. Proceso de encolado de tableros. Comprobación del espesor del tablero antes del calibrado

PROINNOMADERA

Ficha técnica resumen de los resultados del proyecto



Imagen 11. Tableros de interior ya seccionados y lijados/calibrados a su tamaño final

5. Tableros contralaminados

Se desarrollaron distintos tableros contralaminados con maderas de pino y paulownia, a fin de estudiar los diferentes comportamientos de los tableros de una sola especie y sus posibles combinaciones.

Las combinaciones realizadas fueron las siguientes:

- 5 láminas de paulownia (tablero 1)
- 3 láminas interiores de paulownia y 2 exteriores de pino (tablero 2)
- 3 láminas de pino en las dos interiores y la central, y 2 de paulownia intermedias (tablero 3)
- 5 láminas de pino (tablero 4)

Procesado

El proceso realizado consta de los siguientes pasos:

- Se cortan y cepillan tablas de madera de paulownia y de pino.
- Se impregnan y encolan en canto, con unión en *finger-joint* (unión dentada) entre ellas, para realizar los tableros que posteriormente formaran las láminas del contralaminado.
- Se impregnan y encolan las diferentes caras de las láminas de los tableros, para llevarlos a la prensa y encolarlos entre ellos en grosor.
- Se seccionan en longitud/anchura y se liján/calibran en grosor.

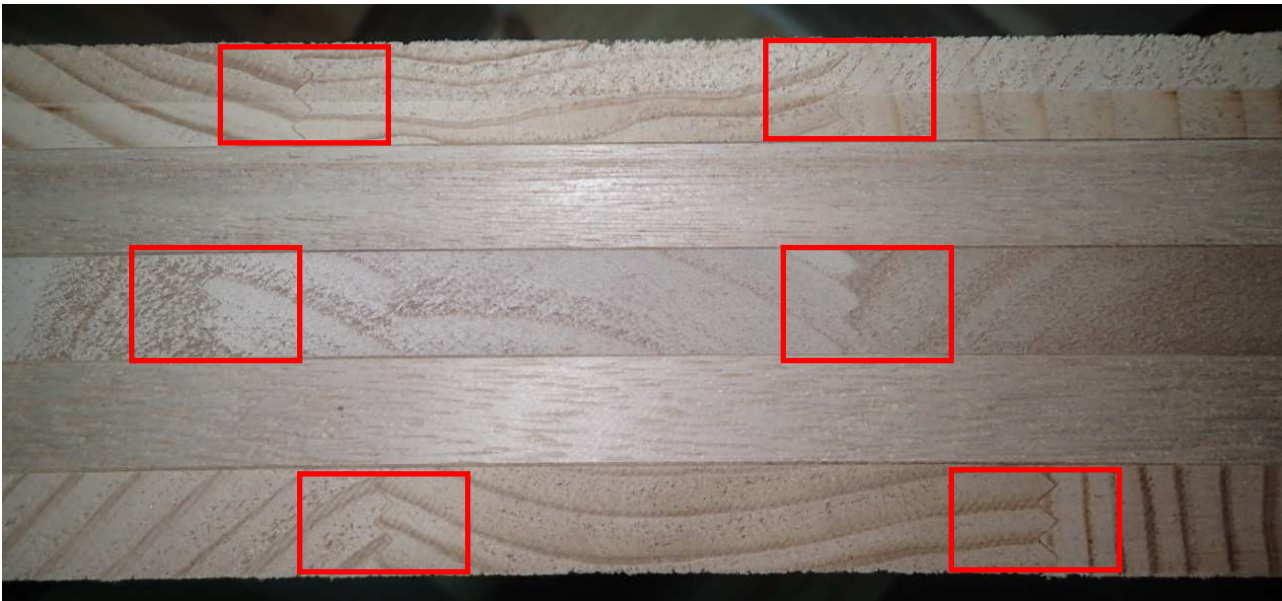


Imagen 12. Tablero contralaminado. Detalle de las uniones *finger-joint*

PROINNOMADERA

Ficha técnica resumen de los resultados del proyecto



Imagen 13. Tableros contralaminados ya terminados y embalados, preparados para llevar a los laboratorios de AIDIMME

PAQUETE DE TRABAJO 6: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA Y MEDIOAMBIENTAL DE LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS

Tarea 6.1. Caracterización de los productos.

Los prototipos obtenidos en el PT5 se caracterizaron mediante los ensayos aplicables a cada producto. Dependiendo del tipo de producto, se realizaron los ensayos según la normativa o la legislación aplicables a fin de que el producto pueda salir a mercado y por tanto ser comercializado por las empresas a corto plazo.

1. Metodología de ensayos

1.1. Madera tratada

Profundidad del tratamiento

Según el Código Técnico de la Edificación (CTE), a cada producto de madera debe exigírsele un acabado o tratamiento de la madera según el lugar donde se encuentre y la humedad que pueda adquirir. Algunos ejemplos son:

- Los perfiles de madera para ventanas pertenecen a la clase de uso 2.
- Los elementos estructurales como pérgolas cubiertas se encuentran en una clase 3.1
- Las tarimas al exterior pertenecen a la clase de uso 3.2
- Postes y elementos en contacto con el suelo se consideran como clase de uso 4

Por tanto, ha de comprobarse hasta qué profundidad puede tratarse la paulownia y en qué productos puede usarse.

Para la asignación de clase de uso se siguió la norma europea EN 351-1:2007 (Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores) y el Documento Básico SE-M del CTE, en el que se definen las siguientes clases de uso:

a) Clase de uso 1: El elemento estructural está a cubierto, protegido de la intemperie y no expuesto a la humedad. En estas condiciones la madera maciza tiene un contenido de humedad menor que el 20%. Ejemplos: vigas o pilares en el interior de edificios.

b) Clase de uso 2: El elemento estructural está a cubierto y protegido de la intemperie pero, debido a las condiciones ambientales, se puede dar ocasionalmente un contenido de humedad de la madera mayor que el 20% en parte o en la totalidad del elemento estructural. Ejemplos: estructura de una piscina cubierta en la que se mantiene una humedad ambiental elevada con condensaciones ocasionales y elementos estructurales próximos a conductos de agua.

c) Clase de uso 3: El elemento estructural se encuentra al descubierto, no en contacto con el suelo. El contenido de humedad de la madera puede superar el 20%. Se divide en dos clases:

- **Clase de uso 3.1.** El elemento estructural se encuentra al exterior, por encima del suelo y protegido, es decir sujeto a medidas de diseño y constructivas destinadas a impedir una exposición excesiva a los efectos directos de la intemperie, inclemencias atmosféricas o fuentes de humedad. En estas condiciones la humedad de la madera puede superar ocasionalmente el contenido de humedad del 20%. Ejemplos: viga que vuela al exterior pero que en su zona superior y testas están protegidas por una albardilla o piezas de sacrificio.
- **Clase de uso 3.2.** El elemento estructural se encuentra al exterior, por encima del suelo y no protegido. En estas condiciones la humedad de la madera supera frecuentemente el contenido de humedad del 20%. Ejemplos: cualquier elemento cuya cara superior o testa se encuentre sometida a la acción directa del agua de la lluvia, pilar que sin estar empotrado en el suelo guarda con éste una distancia reducida y está sometido a salpicaduras de lluvia o acumulaciones de nieve, etc.

d) Clase de uso 4: El elemento estructural está en contacto con el suelo o con agua dulce y expuesto por tanto a una humidificación en la que supera permanentemente el contenido de humedad del 20%. Ejemplos: construcciones en agua dulce y pilares en contacto directo con el suelo.

e) Clase de uso 5: Situación en la cual el elemento estructural está permanentemente en contacto con agua salada. En estas circunstancias el contenido de humedad de la madera es mayor que el 20%, permanentemente.

Tabla de clases de uso en función de la profundidad del tratamiento, según el Documento Básico SE-M del CTE:

Clase de uso		Nivel de penetración NP (UNE-EN 351-1)
1	NP1 (1)	Sin exigencias específicas. Todas las caras tratadas
2	NP1(2) (3)	Sin exigencias específicas. Todas las caras tratadas
3.1	NP2 (3)	Al menos 3 mm en la albura de todas las caras de la pieza.
3.2	NP3 (4)	Al menos 6 mm en la albura de todas las caras de la pieza. Todas las caras tratadas.
4	NP4 (5)	Al menos 25 mm en todas las caras
	NP5	Penetración total en la albura. Todas las caras tratadas
5	NP6 (4)	Penetración total en la albura y al menos en 6 mm en la madera de duramen expuesta.

(1) Se recomienda un tratamiento superficial con un producto insecticida.

(2) El elemento de madera deberá recibir un tratamiento superficial con un producto insecticida y fungicida.

(3) Los elementos situados en cubiertas ventiladas se asignarán a la clase 2. En cubiertas no ventiladas, se asignarán a la clase 3.1, salvo que se incorpore una lámina de impermeabilización, en cuyo caso se asignarán a la clase 2. Asimismo, se considerarán de clase 3.1 aquellos casos en los que en el interior de edificaciones exista riesgo de generación de puntos de condensación no evitables mediante medidas de diseño y evacuación de vapor de agua.

(4) Las maderas no durables naturalmente empleadas en estas clases de uso deberán ser maderas impregnables (clase 1 de la norma UNE-EN 350-2).

(5) Sólo para el caso de madera de sección circular (rollizo).

Ensayo tratamiento con sales de cobre

Para cada una de las muestras se realizó el ensayo especificado en la norma UNE 21152 (*Impregnación con sales a presión de los postes de madera de pino. Sistema por vacío y presión*). Este ensayo determina la profundidad de impregnación del producto protector.

Ensayo tratamiento orgánico

Para la realización de este ensayo se extrajeron probetas de una zona situada a los 3mm y partir de los 6 mm de las caras de la muestra, según se indica la norma EN 351-1:2008: *Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores*.

Ensayos de eficacia frente a xilófagos

Ensayos de eficacia frente a insectos xilófagos (termitas)

El método de ensayo se adecua a la norma UNE-EN 118:2014 [*Protectores de la madera. Determinación de la eficacia preventiva contra las especies de Reticulitermes spp. (Termitas europeas)*]. Siguiendo las especificaciones de la norma UNE-EN 350-1 (*Durabilidad de la madera y de los materiales derivados. Parte 1: Guía de los principios de ensayo y clasificación de la durabilidad natural de la madera*)

Ensayos de eficacia frente a hongos xilófagos

El método de ensayo se adapta a la norma EN113 (*Wood preservatives. Test method for determining the protective effectiveness against Wood destroying basidiomycetes. Determination of the toxic values*). Se basa en la puesta en contacto de las muestras de ensayo con diferentes especies y cepas de hongos basidiomicetos xilófagos especificados en la norma que se adjuntan a continuación. El objetivo es la comprobación de la resistencia del material frente a estos tipos de hongos, tras un proceso de incubación de 16 semanas bajo condiciones controladas de laboratorio de $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $70\% \pm 5\%$ de humedad.

1.2. Perfiles laminados para ventanas

Medida de la conductividad térmica

La medida de la conductividad térmica se realiza mediante un equipo NETZSCH HFM 463/3 que mide relación de flujos de calor sobre una pieza de 300 x 300 mm de área, por el método de la placa caliente guardada. La medida se realiza en la superficie central (100 x 100 mm) de la pieza. El equipo sigue el método de ensayo descrito en la norma UNE-EN 12667:2002.

1.3. Tableros contrachapados

Densidad UNE EN 323

Probetas de 50 mm x 50 mm se miden con precisión de 0,1mm y en espesor con precisión de 0,05 mm; a continuación se pesan en una balanza de 0,01g de precisión. Se calcula la masa por unidad de volumen.

Contenido en humedad UNE EN 322

Se halla el contenido en humedad del tablero por desecación en estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

Resistencia del encolado mediante ensayo del esfuerzo cortante clase 1. UNE EN 314

Diez probetas extraídas del tablero objeto de ensayo y de dimensiones se acondicionan durante 24 horas por inmersión en agua a $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$. Al cabo de este tiempo se determina para cada una de las líneas de cola el comportamiento del encolado por cizallamiento, de manera que la rotura se produzca a los (30 ± 10) segundos de empezar el desplazamiento.

La resistencia a la cizalla se calcula en MPa.

La resistencia a la cizalla de cada una de las líneas de encolado, viene dada por el valor medio de los resultados obtenidos para las distintas probetas, redondeándose a la cifra más cercana a 0,01 MPa.

Resistencia del encolado mediante ensayo del esfuerzo cortante clase 3. UNE EN 314

La clase 3 es específica de un tablero de uso exterior. Dicha clase establece dos preacondicionamientos independientes, uno que se corresponde con el descrito en la clase 1 (inmersión en agua a $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas), y un segundo consistente en: inmersión durante 72 horas en agua hirviendo y posterior enfriado en agua a $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora.

Tras cada preacondicionamiento, se determina la resistencia a la tracción por cizalladura para cada una de las líneas de cola, calculando la resistencia en MPa, e indicando el porcentaje de desfibre obtenidos siempre y cuando la resistencia sea inferior o igual a 1MPa.

Resistencia a la flexión UNE EN 310

El ensayo consiste en la aplicación de una carga creciente en el centro de una probeta situada entre dos puntos de apoyo separados entre sí una distancia aproximadamente igual a 20 veces el grosor del tablero. La velocidad de aplicación de la carga es de 20 mm/min. La magnitud medida es la carga máxima a la cual se produce la rotura de la probeta, a partir de la cual se calcula la resistencia a la flexión que es la fuerza por unidad de área necesaria para producir la rotura del tablero por flexión.

Módulo de elasticidad UNE EN 310

Con el mismo procedimiento que el utilizado en el ensayo precedente se calcula el módulo de elasticidad, indicativo de la fuerza necesaria para que se produzca un determinado alabeo en el tablero.

1.4. Tableros contralaminados

Los tableros a ensayar son los siguientes:

- 5 láminas de paulownia (tablero 1)
- 3 láminas interiores de paulownia y 2 exteriores de pino (tablero 2)
- 3 láminas de pino en las dos interiores y la central, y 2 de paulownia intermedias (tablero 3)
- 5 láminas de pino (tablero 4)

Determinación de la conductividad térmica.

Se realiza de la misma forma que en los perfiles laminados para ventanas.

Determinación de la densidad o peso específico UNE EN 323

Se extraen probetas, se miden sus dimensiones con una aproximación de 0,01 mm y se pesan con precisión de $\pm 0,001$ g. Así pues, el peso específico se calcula mediante la relación de la masa con el volumen que ocupa.

Determinación de la resistencia a la compresión paralela UNE EN 789

Se someten las probetas a compresión mediante un dispositivo de carga (INSTRON) para determinar la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad y rigidez en la carga máxima.

Determinación de la calidad de encolado UNE EN 13354

Se someten las probetas a un pretratamiento acorde con la clase de servicio especificada, para posteriormente someterlas a un esfuerzo de cortante en compresión hasta rotura. Con este ensayo se calcula el esfuerzo de cortante y el porcentaje de rotura de la fibra de la madera.

2. Resultados de los ensayos

2.1. Madera tratada

Profundidad del tratamiento con sales de cobre

Para la realización del ensayo se utilizaron, a modo de control, perfiles de pino con el fin de conocer la profundidad total y eliminar incertidumbres.

Como puede verse en la imagen 43, las zonas oscuras son aquellas tratadas. Los 3 perfiles de la parte superior son de paulownia mientras que los dos inferiores de pino (uno de ellos con duramen, es decir, no tratable).

Como puede verse la paulownia prácticamente no ha podido ser tratada, llegando únicamente a 3 mm. Por ello se ha clasificado como clase de uso 3.1.

Profundidad del tratamiento con productos orgánicos

Los resultados del tratamiento con productos orgánicos han resultado muy similares al tratamiento con sales de cobre.

El producto ha sido localizado únicamente en los 3 mm primeros, no llegando a los 6 mm de profundidad.

Por ello, se clasifica como clase de uso 3.1, al igual que con el tratamiento de sales de cobre. Así, puede afirmarse que la paulownia únicamente llega a esta clasificación, siendo una especie de difícil tratamiento.

Resultados ensayos de eficacia frente a insectos xilófagos (termitas)

Los resultados tras 8 semanas de incubación muestran que las probetas de madera de paulownia tratadas con productos inorgánicos (sales de cobre) no quedan protegidas frente al ataque de termitas subterráneas mientras que sí quedan protegidas las tratadas con productos orgánicos, según la norma UNE-EN 599-1.

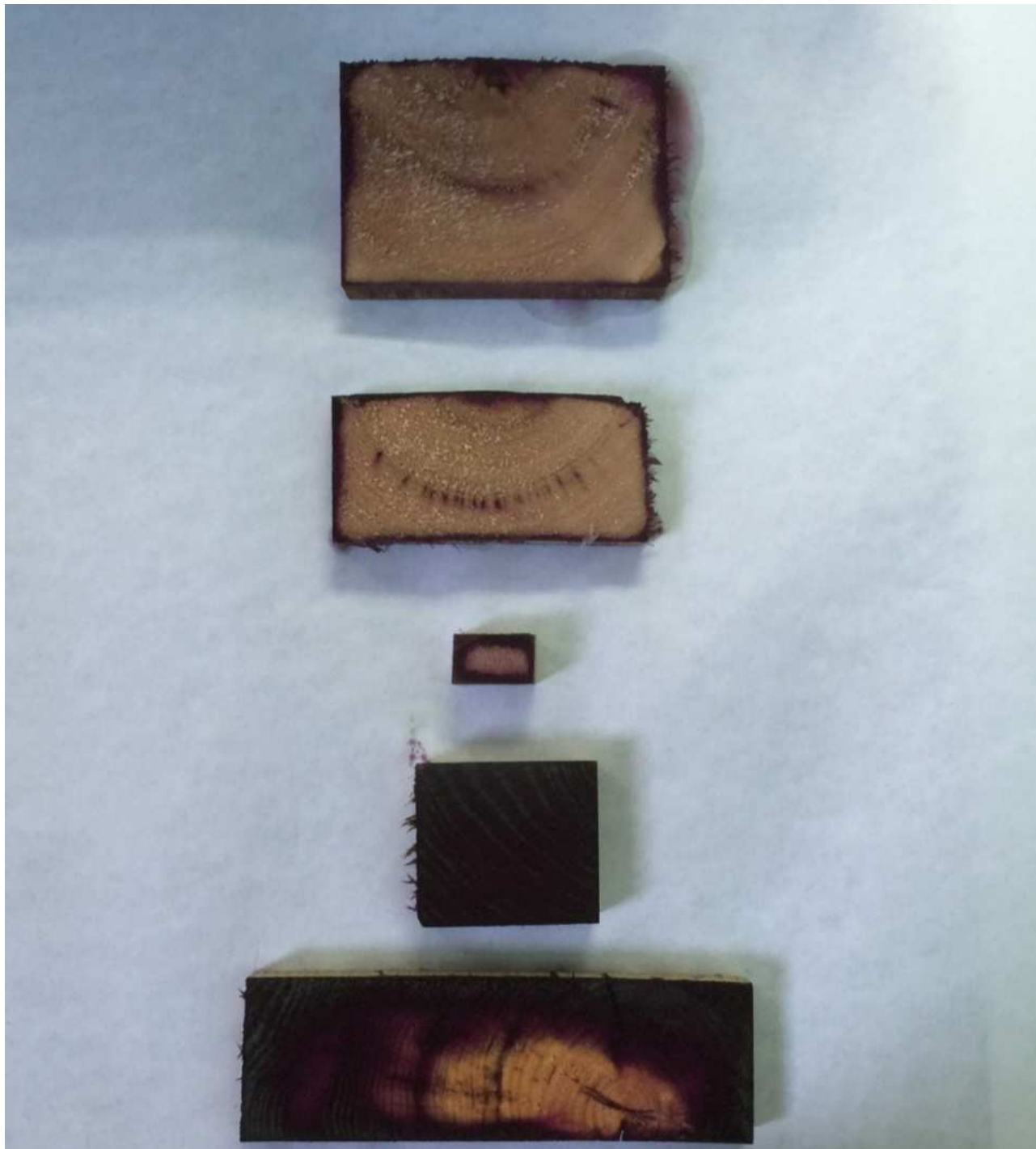


Imagen 14. Resultados del ensayo por colorimetría de profundidad de sales de cobre en paulownia (3 superiores) y pino (dos inferiores)

Probeta		Envejecimiento	% Supervivencia		Grado de ataque
			Obreras	Soldados (S) Ninfas (N)	
I1		No	0	0	2
I2		No	0	0	2
I3		No	0	0	2

Imagen 15. Resultados obtenidos tras el examen de las probetas tratadas con sales de cobre. No se llevó a cabo ningún proceso de envejecimiento

Ensayos de eficacia frente a hongos xilófagos

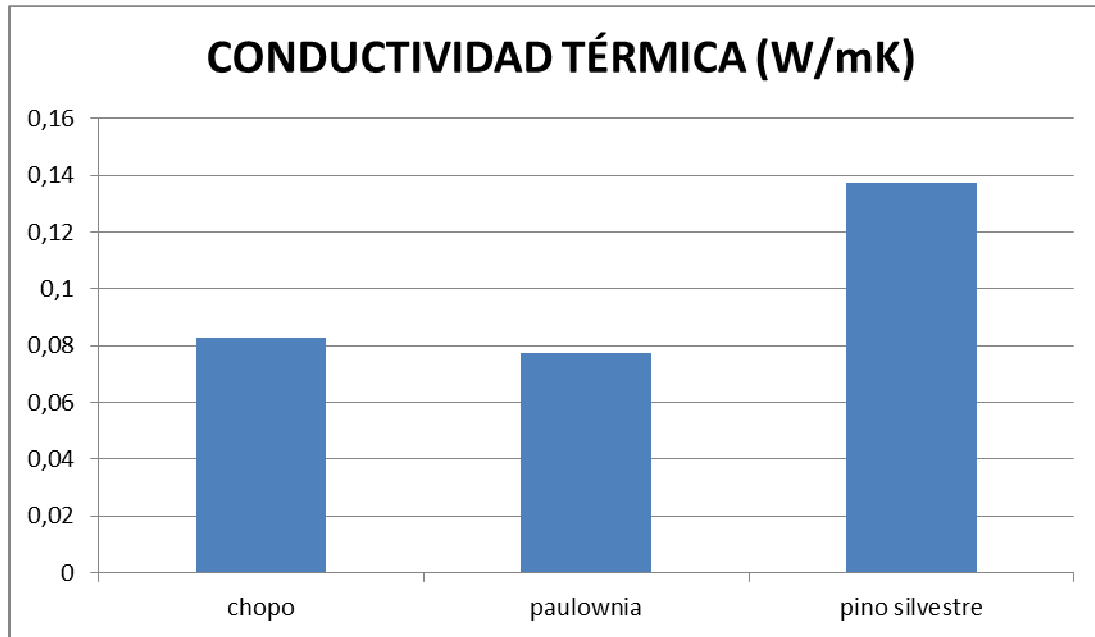
Tras los resultados obtenidos se observa que el producto protector orgánico protege la madera de paulownia frente a los hongos de pudrición cúbica *C. puteana* y *G. trabeum*.

En general, ambos tipos de productos protectores de la madera no protegen la madera de paulownia frente a la degradación por el conjunto de hongos de pudrición de la madera, únicamente frente a determinadas especies.

2.2. Perfiles laminados para ventanas

Resultados de conductividad térmica para su uso en ventanas

Los resultados se expresan gráficamente en las siguientes figuras. Claramente, la conductividad térmica de los perfiles laminados de paulownia es significativamente menor que la de los perfiles de pino silvestre, y ligeramente menor que la de los perfiles de chopo. Por tanto, la solución más aislante corresponde a los perfiles de paulownia.



Gráfica 1. Conductividad térmica a 20°C de los distintos perfiles realizados

2.3. Tableros contrachapados

Los ensayos realizados fueron satisfactorios para los 4 tableros realizados. Tanto los diseñados con adhesivos para interior como los de adhesivos para exterior cumplen con la normativa respecto a las características mecánicas de la madera y de la cola.

Los distintos tableros evaluados abren una amplia gama de uso de la capa de paulownia tanto para usos de interior (construcción, mobiliario, etc.) como de exterior (transporte, embalaje, embarcaciones, etc.)



Imagen 16. Ensayo de resistencia a flexión del tablero fenólico



Imagen 17. Evaluación de la línea de encolado

2.4. Tableros contralaminados

La numeración de los tableros es la siguiente:

- Tablero 1: 5 láminas de paulownia
- Tablero 2: 3 láminas interiores de paulownia y 2 exteriores de pino
- Tablero 3: 3 láminas de pino en las dos interiores y la central, y 2 de paulownia intermedias
- Tablero 4: 5 láminas de pino

Resultados de conductividad térmica

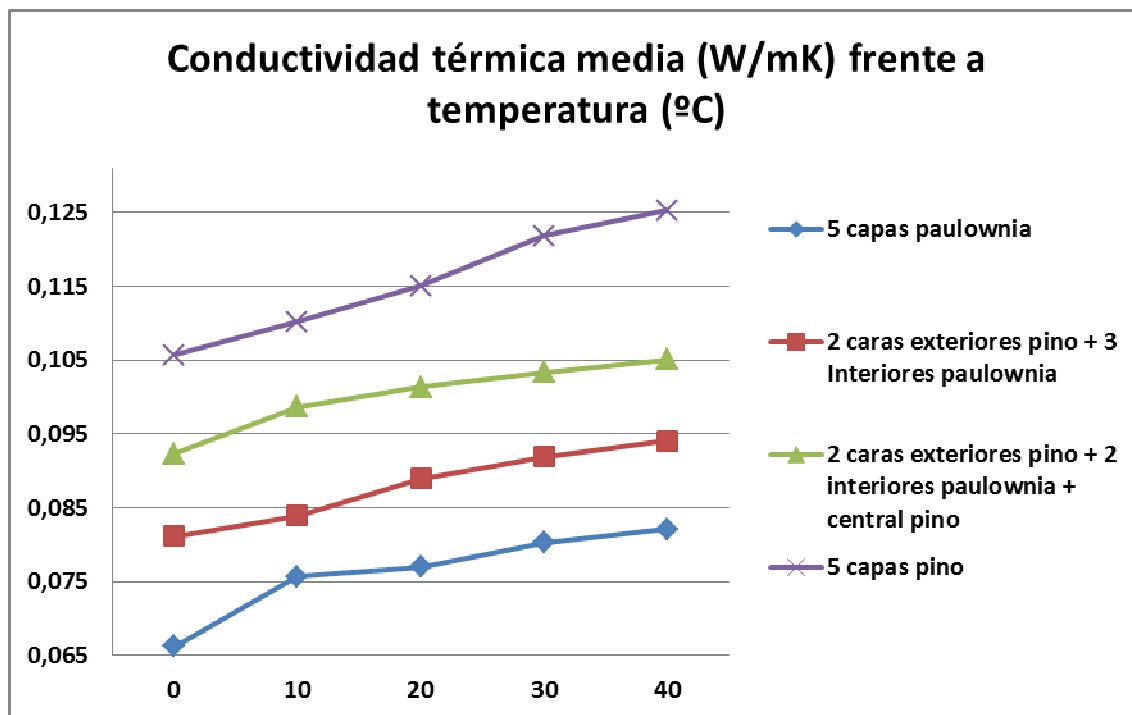
Los resultados de los ensayos de conductividad térmica de tableros contralaminados combinando distintas capas de madera de paulownia y pino fueron bastante satisfactorios. La conductividad va muy relacionada con la densidad: a mayor densidad mayor conductividad, por lo que los tableros con mayor cantidad de paulownia son menos conductores que los que contienen pino.

De este modo, los resultados muestran que el uso de paulownia puede reducir la conductividad de tablero de pino en un 20-30%, dependiendo de las capas añadidas, llegando a valores de conductividad cercanos a los materiales aislantes.

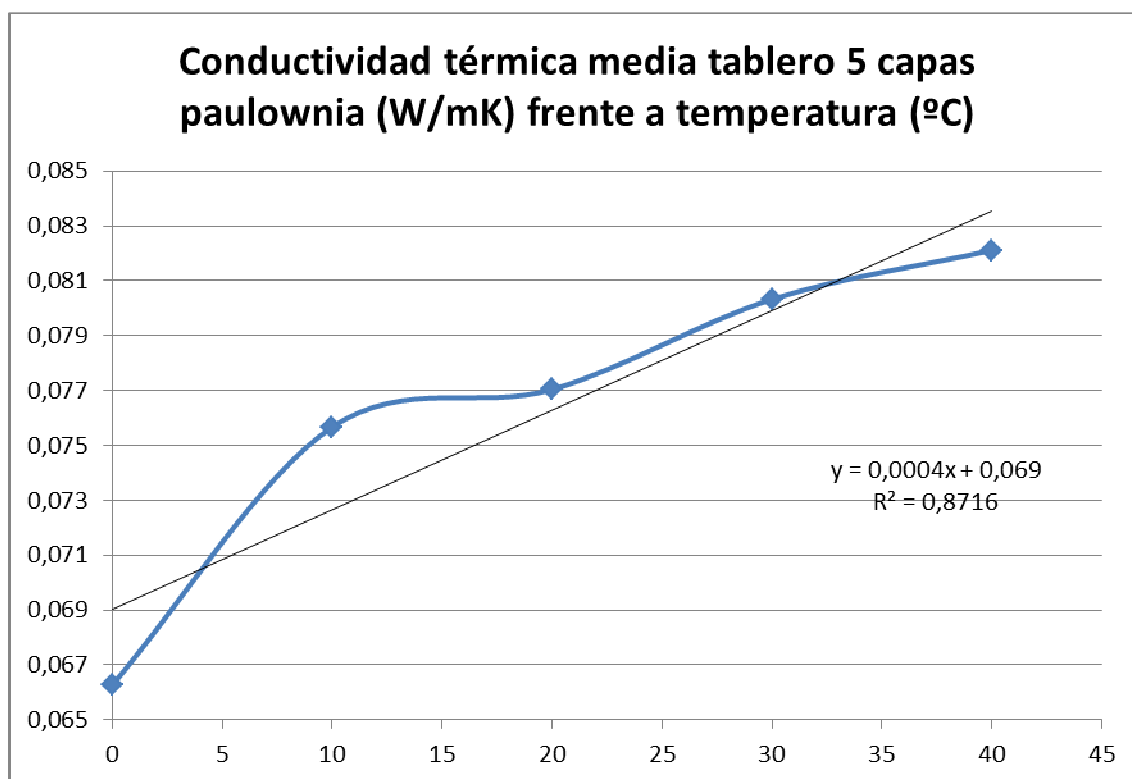


Imagen 18. Ensayo de conductividad térmica de tableros contralaminados

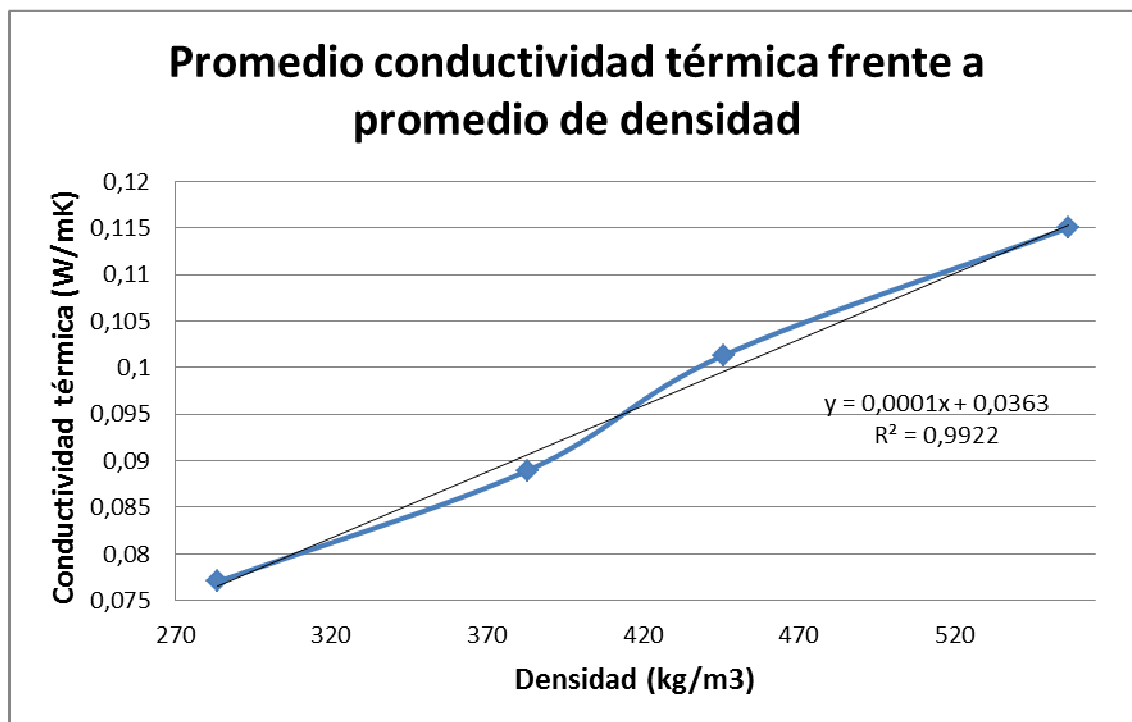
Los resultados se expresan gráficamente en las siguientes gráficas. La gráfica siguiente muestra que el tablero de 5 capas de paulownia es el que tiene menor conductividad (y por tanto mayor aislamiento térmico) para todas las temperaturas ensayadas.



Gráfica 2. Conductividad térmica media frente a temperatura para los 4 tipos de tableros contralaminados



Gráfica 3. Conductividad térmica media frente a temperatura para el tablero de 5 capas de paulownia



Gráfica 4. Conductividad térmica frente a temperatura para el tablero de 5 capas de paulownia

La anterior gráfica muestra la dependencia fuertemente lineal ($R^2 = 0,9922$) entre la conductividad térmica promedio para las 5 temperaturas medidas y la densidad media, para los 5 tipos de tableros.

Ensayos físico-mecánicos

Los resultados de los ensayos realizados fueron satisfactorios para todos los tableros, tanto en lo referente a las propiedades mecánicas como al encolado.

Ha quedado demostrado que la disminución de densidad afecta a la resistencia a la compresión del tablero. Es decir, al usar más cantidad de paulownia la resistencia disminuye, pero siempre con valores dentro de la normativa.

En la tabla siguiente se muestra una comparativa de los resultados.

Características físico-mecánicas				
Nº tablero	1	2	3	4
Densidad (kg/m³)	275	368	430	556
Resistencia compresión (N/mm²)	11,4	13,1	11,9	21,4

Tabla 5. Conductividad térmica media frente a temperatura para los 4 tipos de tableros contralaminados

Tarea 6.2. Viabilidad técnica y ambiental de los productos.

La viabilidad técnica y ambiental de los distintos productos innovadores se valoró a partir de distintos aspectos relacionados con la posibilidad real de incorporación en la producción de las empresas y con los efectos ambientales del uso de la madera.

La viabilidad técnica incorpora los siguientes términos:

- Posibilidad de incorporación a las infraestructuras productivas actuales
- Necesidad de realización de inversiones por parte de las empresas
- Presencia de empresas en la Comunitat Valenciana que puedan realizar los productos.
- Costes respecto al uso de otras especies.

Y la viabilidad ambiental se evalúa según los siguientes aspectos:

- Especies utilizadas
- Procedencia de la madera
- Sustitución de especies tropicales
- Importaciones del exterior que suponen una elevada emisión de CO₂
- Contenido en formaldehído

La mayoría de los productos realizados con paulownia tienen diversos aspectos que facilitan tanto la viabilidad técnica como ambiental. La existencia de empresas interesadas en la Comunitat Valenciana y el nivel tecnológico de estas puede facilitar la incorporación de esta madera en la cadena productiva.

A su vez esta madera procedente de plantaciones y de origen local tiene un impacto ambiental muy positivo, tanto por sus bajas emisiones en transporte como por la sustitución de otros productos importados, que en algunos casos suponen un grave problema ambiental.

Los resultados detallados de la evaluación de estos aspectos se exponen en las fichas de cada producto. En ellas se recopilan todos los datos que se han obtenido durante la caracterización y evaluación, tanto de los aspectos técnicos como ambientales.

Las fichas son las siguientes:

- **Perfiles laminados para ventanas.** Se han realizado los perfiles laminados encolados con paulownia, pino, y chopo para comparar las características en cuanto a conductividad térmica se refiere dado que la conductividad es la característica diferencial para perfiles destinados a ventanas.
- **Madera tratada con productos orgánicos y con sales de cobre.** Se exponen los resultados de los distintos perfiles evaluados. Los resultados se refieren a la profundidad alcanzada con el tratamiento (clase de uso), como a la eficacia contra insectos y hongos xilófagos.
- **Chapa de madera.** Como producto principal para la elaboración de derivados de madera. Este material desarrollado sirve como base para el desarrollo de otros productos como tableros rechapados y principalmente para tableros contrachapados.
- **Tableros contrachapados.** Se exponen los resultados tanto para su uso en **interior** como en **exterior** dado que las exigencias por normativa son distintas en cada caso.

PROINNOMADERA

Ficha técnica resumen de los resultados del proyecto

- **Tableros contralaminado.** Se realizan distintas combinaciones para comparar los resultados del uso de distintas especies usadas en plantaciones.

A continuación se muestran algunas de las fichas.

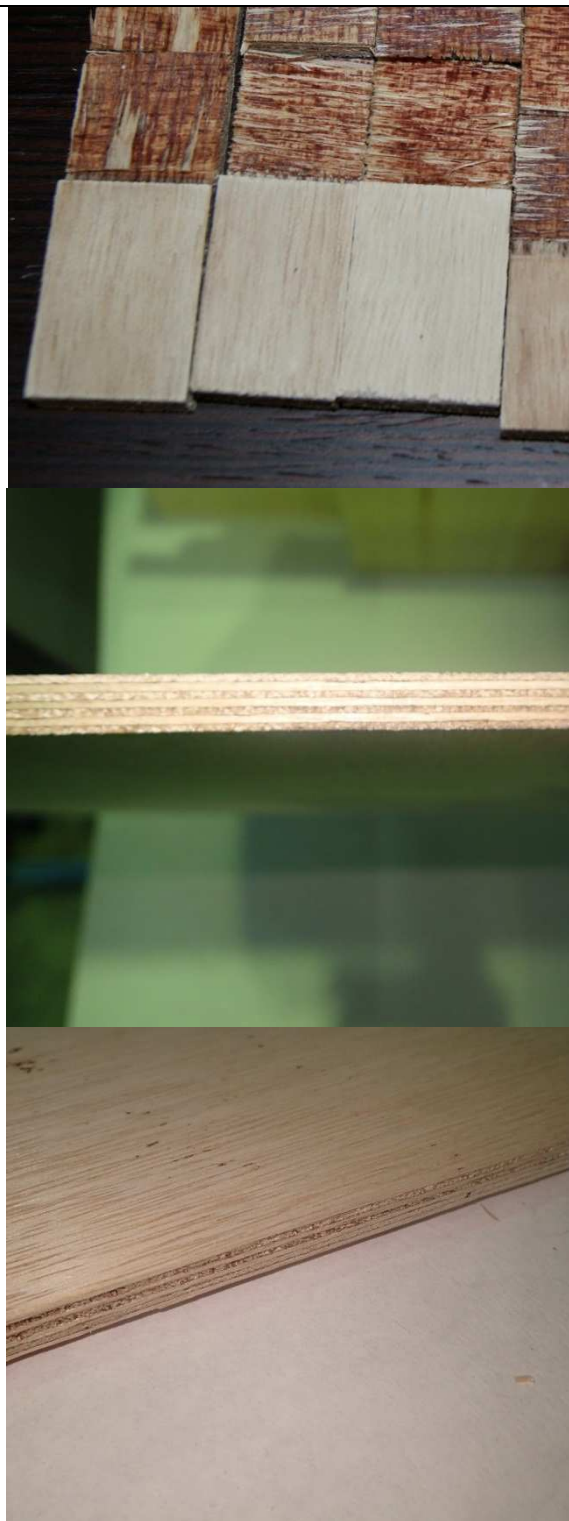
Perfiles laminados para ventanas	
Especies	Clon COT2 <i>P. elongata</i> x <i>P. fortunei</i> / <i>Pinus sylvestris</i> / <i>populus nigra</i>
Características físico-mecánicas	
Encolado	Con cola de poliuretano en frío
Conductividad paulownia a 20 °C (W/mK)	0,077
Conductividad chopo a 20 °C (W/mK)	0,082
Conductividad Pino a 20 °C (W/mK)	0,137
Procesos / viabilidad técnica	
Incorporación a la infraestructura empresarial actual	SI
Necesidad de inversiones	NO
Presencia de empresas En la C.V.	SI
Viabilidad ambiental	
Procedencia madera	Local
Requiere de importaciones	NO
Sustitución especies tropicales	NO
Contenido en formaldehído	NO
Usos	
Ventanas	Perfiles no estructurales



Tableros contrachapados de interior				
Especie	Clon Cot2 <i>P. elongata</i> x <i>P. fortunei</i>			
Características físico-mecánicas				
Espesor tablero (mm)	4	10	18	
Densidad (kg/m3)	291	309	304	
Resistencia flexión (N/mm2)	44,7	27,5	27,1	
Resistencia al encolado	Cumplen requisitos			
Cola empleada	Urea-formaldehido			
Durabilidad	INTERIOR			
Procesos / viabilidad técnica				
Incorporación a la infraestructura empresarial actual	SI			
Necesidad de inversiones	NO			
Presencia de empresas En la C.V.	SI			
Viabilidad ambiental				
Procedencia madera	Local			
Requiere de importaciones	NO			
Sustitución especies tropicales	SI			
Contenido en formaldehido	SI, bajo emisivo E1			
Usos				
Construcción y mobiliario en interior y en embalajes				



Tableros contrachapados exterior	
Especie	Clon Cot2 <i>P. elongata</i> x <i>P. fortunei</i>
Características físico-mecánicas	
Espesor tablero (mm)	9
Densidad (kg/m3)	381
Resistencia flexión (N/mm2)	39,1
Resistencia al encolado	Cumple requisitos
Cola empleada	fenol-resorcinol
Durabilidad	EXTERIOR
Procesos / viabilidad técnica	
Incorporación a la infraestructura empresarial actual	SI
Necesidad de inversiones	NO
Presencia de empresas En la C.V.	SI
Viabilidad ambiental	
Procedencia madera	Local
Requiere de importaciones	NO
Sustitución especies tropicales	SI
Contenido en formaldehído	SI
Usos	
Construcción, transporte, embarcaciones de exterior. Mobiliario cocina, etc.	



Tableros contralaminados				
Especie	Clon Cot2 <i>P. elongata</i> x <i>P. fortunei</i> ; <i>Pinus radiata</i>			
Características físico-mecánicas				
Nº tablero	1	2	3	4
Densidad (kg/m3)	275	368	430	556
Resistencia compresión (N/mm2)	11,4	13,1	11,9	21,4
Conductividad térmica	0,077	0,088	0,101	0,115
Resistencia al encolado	Cumple requisitos			
Cola empleada	Poliuretano			
Durabilidad	EXTERIOR			
Procesos / viabilidad técnica				
Incorporación a la infraestructura empresarial actual	SI			
Necesidad de inversiones	SI			
Presencia de empresas En la C.V.	SI			
Viabilidad ambiental				
Procedencia madera	Plantaciones			
Requiere de importaciones	NO			
Sustitución especies tropicales	NO			
Contenido en formaldehido	NO			
Usos				
Construcción, revestimientos, etc.				





PROINNOMADERA

Ficha técnica resumen de los resultados del proyecto

Para conocer más información sobre el proyecto o contactar con nuestros investigadores contacte con [AIDIMME](#).



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa

Organismos financiadores:

Fondos Estructurales, a través del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020

Generalitat Valenciana. IVACE. Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial