



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-572

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

PROYECTO INTEGRACASTANEA: RESULTADOS DE LA COLABORACIÓN INTER EMPRESARIAL EN LA CADENA MONTE INDUSTRIA DEL CASTAÑO EN GALICIA

CUENCA VALERA B.¹, VIDAL GONZÁLEZ, N.², SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, M.C.², MERLO SÁNCHEZ, E.³, PIÑEIRO VEIRAS, G.⁴, LAPIDO ORDÓÑEZ, V.⁵, FRAGA GONTÁN, P.⁶, MÍGUEZ VILLAVERDE, M.⁷, GARCIA UZAL, M.⁷, FLORES CALVETE, G.⁸, DE VEGA MARTÍN, A.⁹

¹TRAGSA. Vivero de Maceda. bcuenca@tragsa.es;

²Dpto. Fisiología Vegetal. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. IIAG (CSIC).

³ MADERA-Plus.

⁴. CIS-Madeira.

⁵. EXFOPINO.

⁶. ALIBÓS.

⁷. BOIBEL FORESTAL .

⁸ Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo. INGACAL.

⁹. Enxeñería Química Ambiental. Universidade da Coruña

Resumen

En 2013, cuatro empresas de diferentes ámbitos de la economía del castaño, presentaron un proyecto al programa FEDER-INNTERCONECTA del CDTI. El objetivo era aunar sinergias para incrementar el conocimiento, y disponer de mejores materiales de castaño, para su utilización en diferentes ámbitos: extracción de metabolitos, producción de fruto y transformación de la madera de calidad. TRAGSA desarrolló un sistema de micropropagación basado en el cultivo fotoautotrófico para la producción a gran escala de planta con calidad y bajo costo; BOIBEL FORESTAL se centró en plantaciones de alta densidad para la extracción de taninos, y optimizó este proceso estudiando sus efectos sobre el silo y la producción de leche. ALIBÓS se centró en el cultivo, analizando la competencia con la vegetación espontánea, necesidades hídricas, abonado y poda; y EXFOPINO seleccionó fenotipos por calidad de madera y desarrolló prototipos de elementos constructivos empleando madera de castaño: una loseta maciza, una fachada tras ventilada, un muro cortina y un portal de cierre. La interacción entre empresas además ha generado: una colección de clones de alta calidad de madera; 6 genes marcadores de resistencia a tinta; conocimiento sobre clones con mayor biomasa para obtención de extractos; sobre compatibilidad variedad-portainjerto; y sobre recría de la planta biotecnológicamente producida.

Palabras clave

Calidad de madera; compostado; micropropagación; taninos

1. Introducción

El castaño (*Castanea sativa* Mill.) es una especie forestal frondosa estratégica en la vida rural de Galicia con una superficie de 12.500 ha en masas puras principalmente en las provincias de Lugo y Ourense. La especie ha atravesado un período de decaimiento determinado por el ataque de plagas como el chancro y la tinta, el abandono rural y la falta de rentabilidad del fruto. Sin embargo, las potencialidades para el cultivo del castaño en Galicia, como cultivo agroforestal, multiproducto, o altamente especializado en fruto, siguen siendo de la mayor importancia, habida cuenta de la demanda mundial de castaña, y de la excepcional calidad de la madera del castaño. Para que el castaño recupere su importante rol como recurso económico y medioambiental en el medio rural, hace falta dar una solución científica y técnica a la producción de planta de castaño resistente, a los cuidados del árbol orientados a producir madera de buena calidad y con suministro estable de madera tanto en cantidad como calidad, que permita el mantenimiento y desarrollo de las industrias de este ámbito, y la aparición de nuevas bioindustrias que potencien el cultivo. En este contexto, varias PYMES gallegas que

trabajan con el castaño, se han apoyado en el efecto tractor de TRAGSA como gran empresa, y en el efecto incentivador de las ayudas de Innterconecta, para dar un salto y abordar procesos de I+D que por su cuenta, sin estos dos factores concurrentes, sería muy difícil que pudieran afrontar desde una Región en Convergencia como es Galicia.

2. Objetivos

El proyecto INTEGRACASTANEA (FEDER-INNTERCONECTA) pretende una aproximación global a los aprovechamientos del castaño, desde una perspectiva tecnológica en todos los ámbitos, que permita obtener el máximo rendimiento del cultivo de esta especie, aunando esfuerzos e intercambiando información entre empresas de diferentes ámbitos del castaño. Los objetivos del proyecto fueron: - desarrollar colecciones de castaño mejoradas genéticamente así como el procedimientos biotecnológicos para su producción; - el desarrollo de un aditivo para la dieta del ganado vacuno, obtenido a partir de taninos para la obtención de leche biosaludable; - la optimización de plantaciones para la producción de fruto de alta calidad, bajo parámetros de agricultura ecológica; - desarrollo de nuevos productos de madera de castaño con alto interés comercial orientados al mercado internacional.

3. Metodología

3.1. Actividad Producción.

a) *Micropropagación fotoautotrófica (PAM)*: TRAGSA estableció su colección de clones resistentes a la tinta en condiciones de inmersión temporal transitoria, y diseñó y construyó un prototipo de micropropagación fotoautotrófica en el que el IIAG-CISV evaluó el efecto de diferentes parámetros de cultivo (iluminación -diferentes niveles de PPF-, de concentración de CO₂ dentro de los biorreactores, y nutritivas -diferentes concentraciones de sales minerales y/o azúcares-), para optimizar las condiciones de cultivo PAM de estos clones.

b) *Marcadores moleculares de resistencia*: el IIAG analizó los niveles basales de expresión de varios genes candidatos a genes marcadores de resistencia a *Phytophthora cinnamomi* en la colección de clones resistentes de TRAGSA. Para ello se ha realizado un análisis de expresión génica mediante qPCR, en material de genotipos resistentes y susceptibles, antes y después de la inoculación con *Phytophthora*, para cuantificar la cinética de la respuesta de defensa después de la infección.

c) *Aclimatación y recría a gran escala*: se ha ajustado el tiempo y condiciones de aclimatación, ensayando el uso de diferentes sustratos para el enraizamiento y aclimatación (lana de roca tipo plugs, bandejas multialveolo, jiffys...), así como diferentes ambientes para aportar la humedad inicial necesaria hasta la completa adaptación (túnel de enraizamiento, cajones de enraizamiento...)

d) *Selección de nuevos materiales genéticos con calidad de madera*: se identificaron los individuos de castaño con mayor calidad de madera que llegaron al aserradero de Exfopino, y se establecieron en cultivo in vitro en el laboratorio del Vivero de TRAGSA.

3.2. Actividad Cultivo

e) *Determinación de la mejor combinación variedad/portainjerto con destino a plantaciones de fruto de alto rendimiento*: las 8 variedades prioritarias (Amarelante, Garrida, Famosa, Parede, Negral, Longal, Ventura y Xudía) se injertaron en el Vivero de TRAGSA sobre los portainjertos híbridos habituales (HS, 111-1, 2671 y 7521), sobre castaño bravo y sobre la colección de portainjertos resistentes de TRAGSA mediante injerto tipo chip budding. En total se injertaron 96 combinaciones de las que se ha intentado realizar 18 injertos de cada tipo. Alibós implantó en campo las plantas en invierno de 2014 y supervisó la supervivencia, desarrollo del injerto, y entrada en producción.

3.3 Actividad Multiproducto

f) *Evaluación de nuevos sistemas de plantación multiproducto*: se analiza el rendimiento de un sistema de cultivo en turnos de corta rotación, y con producciones multiproducto (trozas de pequeños diámetros, fruto, biomasa), mediante seguimiento de plantaciones de castaño pre-establecidas, una medida de la biomasa en ejemplares de castaño de diferentes clones y la selección de una zona piloto y diseño de una nueva plantación.

g) *Desarrollo de un aditivo para la alimentación de ganado vacuno, obtenido de taninos*: a fin de mejorar las cualidades de la leche producida: el INGACAL-CIAM investigó el efecto de la adición de taninos hidrosolubles de castaño (CTH) sobre la calidad fermentativa, proteolisis, valor nutricional y perfil de ácidos grasos de ensilados, así como el efecto de la utilización de estos ensilados en la dieta de vacas en lactación, sobre la producción, composición fisicoquímica y perfil de ácidos grasos de la leche.

3.4. Actividad Fruto

h) *Reforzamiento de la polinización del castañar*: Alibós analizó en parcelas gestionadas por la empresa, la mejor ubicación de polinizadores en una plantación recién establecida.

i) *Optimización de la micorrización*: Alibós en colaboración con Portomuiños, optimizó la dosis de esporas a emplear en la inoculación en maceta y en árboles adultos en campo. Y se estudiaron diversos formatos de aplicación.

k) *Diseño del proceso de compostaje de residuo de pelado de castaña*: Alibós ha analizado la composición del residuo de su fábrica así como el efecto del apilado con volteo en la obtención de un compost destinado al uso como fertilizante de las propias plantaciones o como agente de micorrización.

3.5. Actividad Madera

l) *Selección de parcelas y caracterización de calidad de madera en árbol en pie y en rollo con metodología no destructiva*: Madera+ identificó madera en pie y en rollo con alta rigidez de fibra, con métodos sónicos para ser testada en la fase de procesado y clonada como selección de madera. caracterizó 12 masas de castaño de aparente buena calidad en las que evaluó los árboles en pie desde el punto de vista morfológico, dasométrico y de calidad de madera con métodos sónicos. Una vez apeados, se caracterizó la rigidez de la fibra por métodos de vibración inferida sobre la testa de la troza y se evaluó la calidad estética de las trozas según normativa y el rendimiento y calidad de la madera procesada tras el aserrado. Estos resultados se compararon con los de una muestra del suministro habitual.

m) *Caracterización y clasificación visual de la madera*: se realizó su aserrado cuantificando la madera producida por cada árbol y evaluando el rendimiento de cada tipología de madera. Se realizaron dos tipos de secado, al aire libre o en secadero artificial o cámara de secado, evaluando la calidad final.

n) *Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la madera*: Exfopino preparó las probetas para el análisis de la densidad, coeficientes de contracción, dureza, resistencia a flexión, resistencia a la hienda, humedades de equilibrio higroscópico y en el caso de la madera de menor dimensión se analizó la resistencia al ataque de hongos y termitas, mediante ensayo de laboratorio y la instalación de un campo de estacas. Las pruebas de laboratorio las realizó CIS-Madeira.

ñ) *Preparación de prototipos para nuevos usos de la madera de castaño*: Exfopino fabricó una serie de prototipos en madera de castaño (pavimento interior preformado en loseta, una fachada tras ventilada con termotratamiento de la madera, un portal de cierre con estructura metálica y revestimiento exterior en madera de castaño y un muro-cortina basado en una estructura interior de madera de castaño laminada. CIS-Madeira se ocupó del análisis de los prototipos.

o) *Validación del método de caracterización en pie*: se analizó la relación entre la calidad final de la madera aserrada, y los parámetros evaluados sobre madera en pie y madera en rollo y se propuso una metodología de caracterización a aplicar en la cadena de suministro y en el proceso de selección dentro de los programas de mejora.



4. Resultados y discusión

a) *Micropropagación PAM*: las mejores condiciones de cultivo en el prototipo PAM consistieron en: alto nivel de luz (PPF 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), sacarosa 1% y aporte de CO₂ entre 1200 y 1500 ppm que se consigue aplicando 3 pulsos de CO₂, uno cada 10 s. Al cultivar sin sacarosa, los resultados mejoran a medida que los explantos pasan más tiempo en el medio 0%, lo que sugiere una adaptación metabólica del mixotrofismo al autotrofismo (KOZAY & KUBOTA, 2001). El cultivo en inmersión continua (CIS) presenta más problemas que la inmersión transitoria (TIS) en cuanto a hiperhidricidad y escaso crecimiento. En multiplicación se opta por un sistema TIS con sac1% cubos de lana de roca de 1 cm de lado, y en enraizamiento por un sistema CIS con sac0% en cubos de lana de roca de tipo Block AO de Grodan®.

b) *Marcadores moleculares de resistencia*: los genes **CsGH3.1**, **CsGH3.2**, **CsJAR1**, **CsTCTP** presentan una activación temprana (24 h) después de la infección con *Phytophthora cinnamomi* en los clones resistentes. Miembros de la familia GH3 y genes implicados en la señalización hormonas han sido involucrados en respuesta a estreses bióticos y mecanismos de defensa (BARAKAT et al., 2012; YUANG et al., 2013). El gen **CsADF** se inhibe en el clon más susceptible (Cs12) durante la infección y se activa en los clones resistentes. Por tanto, estos clones pueden emplearse como marcadores de resistencia en las nuevas selecciones.

c) *Aclimatación y recría a gran escala*: se propagó y cultivó planta de castaño clonal procedente de los 4 tipos de formatos de multiplicación (inmersión temporal, cultivo semisólido, macroestaquilla y miniestaquilla) y se pudo observar al final de la recría, que el tamaño de la raíz de cultivo TIS trasplantada en otoño alcanzó los mismos desarrollos que la raíz de la planta de cultivo SS cuando partía de un tamaño de raíz mucho menor, con una concentración de Nitrógeno total al final de la recría más bajas. Esto apunta a la mayor capacidad exploratoria del sistema radical de la planta procedente de cultivo TIS trasplantada en otoño.

d) *Selección de nuevos materiales genéticos por calidad de madera*: las cepas de los árboles apeados en las parcelas de calidad de madera se muestrearon en enero de 2015, recogiendo los rebrotes de cepa que se desinfectaron y se almacenaron en frío. Los establecimientos se realizaron entre Febrero y Marzo. En mayo de 2015 se disponía de cultivos estables de 11 clones todos ellos de Fonsagrada y Lousame (Xestoso), y se han producido alrededor de 500 plantas para establecer una parcela de germoplasma.



Figura 1. a. Cultivos fotoautotróficos de castaño en inmersión continua. b. Vitroplantas enraizadas sobre distintos formatos de lana de roca

e) *Determinación de la mejor combinación variedad/portainjerto con destino a plantaciones de fruto de alto rendimiento*: los mejores prendimientos se han obtenido sobre la planta híbrida producida mediante cultivo *in vitro*, seguida de la planta híbrida obtenida mediante estaquillado, ocupando el último lugar en porcentaje de prendimiento, los injertos realizados sobre *C. sativa*. Destacan los clones C004, P043 y 111-1, con porcentajes de prendimiento superiores al 70%.

f) *Evaluación de nuevos sistemas de plantación multiproducto*: Boibel Forestal se ocupó de la localización de clones para la obtención de extractos, realizó su apeo, clasificación y transporte a sus instalaciones, y el fraccionamiento de las muestras, limpieza, y preparación

física de las mismas. El análisis del rendimiento de 272 árboles de 29 clones diferentes en plantaciones habituales a 5 x 5 m², y en turno de 5 años por parte de la USC, y la extrapolación de los resultados a dos posible diseños, uno con 3333 pies/ha, y otro con 5527 pies/ha, muestra que los mayores rendimientos en biomasa se obtendrían con los clones 374, 7810 y 3. Además con las medidas realizadas y otras previas, se ha diseñado un modelo para la estimación de la biomasa en plantaciones jóvenes de castaño:

$$W_{tot} = 0,0204 \cdot D_b^{2,3285} \cdot h_t^{0,5087}$$

g) *Desarrollo de un aditivo para la alimentación de ganado vacuno, obtenido de taninos*: al igual que en la tarea anterior, Boibel se ocupó del apeo, fraccionamiento, limpieza y preparación de muestras.

Respecto a los ensayos de extracción, el equipo de EnQa de la UDC obtuvo los mejores resultados para la extracción al emplear como eluyente una mezcla de etanol y agua al 50% durante 10 min, tiempo suficiente para conseguir la máxima extracción. El rendimiento de la extracción y el contenido en polifenoles es mayor en erizos y corteza de árboles maduros que en cortezas de árboles jóvenes y hojas. Existe una alta correlación entre el contenido en polifenoles y la actividad antirradical (antioxidante) medida como ED50 (dosis efectiva que produce una reducción del 50% de la actividad antirradical).

Respecto a los ensayos de ensilados, el INGACAL-CIAM Comprobó que la adición de taninos desde el 1% MS al 8% MS de ensilado presecado 24 h de alfalfa, raigrás y trébol violeta mejoró el valor nitrogenado de los ensilados, aumentando la proporción de proteína verdadera, reduciendo el nitrógeno no proteico y aumentando la fracción proteica de lenta degradación en el rumen. También mejoró la calidad fermentativa de los ensilados. La fracción de N inmediatamente degradable *in situ* disminuyó tanto en los ensilados de alfalfa como en los de raigrás. Los ensilados de raigrás mostraron una concentración superior de ácidos grasos totales y, particularmente, de ácido alfa-linolénico, comparados con los de alfalfa, pero no se apreciaron efectos sobre la composición de AG de los ensilados. Parece por tanto, que sería posible aplicar en la práctica una dosis de entre el 1.5 y el 2.5% de la MS del forraje durante el ensilado y obtener un efecto positivo sobre la calidad. La digestibilidad *in vivo* de ensilados de alfalfa y de raigrás con alto contenido en proteína, no se vio modificada por la adición de taninos al forraje. La ingestión voluntaria de las vacas de dieta con taninos fue superior a la observada para la dieta sin taninos de la misma especie. El nivel de urea en leche de la dieta de ensilado de alfalfa sin taninos fue superior al de la dieta con alfalfa tratada con taninos, evidenciando un efecto positivo del uso de taninos sobre la utilización del N por los animales en lactación en las condiciones de ensayo. Este efecto no fue observado para el ensilado de raigrás. También hay un efecto positivo de la adición de taninos sobre el perfil graso de la leche, que se manifestó por un incremento significativo aunque cuantitativamente poco importante, de la proporción de AG poliinsaturados, trans-vaccénico y CLA.

h) *Reforzamiento de la polinización del castaño*: con la colaboración del CIF Lourizán, se comprobó que los mejores polinizadores para Longal (variedad prioritaria de las parcelas de estudio) son las variedades Negral y Vermella, aunque la eficiencia de la polinización de esta variedad es inferior a la de otras. Esta eficiencia mejoró cuando se colocaron los polinizadores en líneas separadas entre 30 y 40 m, perpendiculares a los vientos dominantes de la parcela en el periodo de polinización, y cuando se emplearon entre un 20% -30% de las plantas totales, de dos variedades diferentes intercaladas en la misma línea.

i) *Optimización de la micorrización*: con el apoyo de la empresa Portomuiños, se inocularon con *Pisolithus tinctorius* y *Boletus grupo edulis*, 250 macetas de plantas de castaño, empleando esporas de *Pisolithus* en dos concentraciones diferentes (3g/l y 0,5g/l, y esporas (4g/l) y micelio de *Boletus* (2g/l). En todos los casos se utilizó perlita como material portador de las estructuras reproductoras que se mezcló con sustrato comercial esterilizado. Las plantas recibieron riegos diarios y escardas manuales. La inoculación produjo en todos los casos un incremento del desarrollo del sistema radicular sin diferencias significativas entre tratamientos, si bien ninguno de los tratamientos produjo la aparición de setas.



j) *Diseño del proceso de compostaje de residuo de pelado de castaña*: el residuo de partida de la fábrica de Alibós está formado por ceniza de piel de castaña (35%), piel de castaña (50%) y trozos de castaña (15%). Se empleó un método abierto de pila con volteo de modo que la mezcla de materiales se realiza en el remolque del tractor y posteriormente se bascula formando una pila en el suelo que se voltea con la pala. Aireaciones regulares con la pala y el mantenimiento de pilas de unos 2,5 m con un 50-60% de humedad en la pila permitieron disponer en un período de 5 m de un compost maduro que se ha empleado para fertilizar las fincas gestionadas por Alibós.

k) *Selección de parcelas y caracterización de calidad de madera en árbol en pie y en rollo con metodología no destructiva*: Madera+ realizó una selección final de 3 parcelas para realizar el estudio (2 de *C. sativa* y 1 de híbrido). En las variables evaluadas con sónicos en pie, se observan que Xestoso es la parcela donde se obtiene la menor velocidad transversal, y Noia es la parcela donde se obtiene la menor velocidad longitudinal, significativamente más baja que las dos parcelas de sativa. Se seleccionaron 10 árboles de buen crecimiento y forma y abarcando toda la variabilidad en velocidad sónica, que se han apeado, y obtenido 103 trozas para analizar su rendimiento en madera y compararlas con un lote testigo de 10 trozas de calidad media del parque de madera de Exfopino. Se han caracterizado en el aserradero según la norma (UNE EN 1316-1:2012. "Madera en rollo de frondosas. Clasificación de calidades. Parte 1: Roble y haya"), encontrándose diferencias significativas entre parcelas. Se observa una superioridad del material seleccionado frente al utilizado normalmente en el aserradero, tanto en rendimiento en volumen de tabla como en calidad estructural de la misma, aunque la selección no tuvo influencia en la calidad estética de la tabla. El equipo de resonancia asignó mejores estimaciones de rigidez de fibra a las trozas de la parcela de interior que a las cercanas a la costa, coincidiendo con valores menores de contracción de la madera de acuerdo con lo obtenido en otros estudios (DUNDAR et al, 2013 y 2016; IVKOVIC, 2009)

l) *Caracterización y clasificación visual de la madera*: la madera secada al exterior ha presentado unas altas diferencias entre piezas, con valores entre el 18-30%, debido a la sensibilidad de las piezas a las condiciones ambientales mientras que en la madera seca en secadero, se ha conseguido una mayor homogeneización del contenido de humedad entre las piezas, con un valor medio del 11% y variaciones entre el 10-12%. La madera de las tres parcelas ha presentado una menor cantidad de defectos asociados a deformaciones en zonas cercanas a nudos, y por tanto un secado más homogéneo que la madera sin seleccionar..

m) *Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la madera*: el CIS-Madeira se ocupó del análisis de las probetas obtenidas de las parcelas. Las diferentes parcelas presentaron resultados muy similares, encontrándose dentro del rango de valores recogido en la bibliografía existente. Las parcelas más cercanas a la costa (Xestoso y Noia) presentan valores de contracción ligeramente superiores a la parcela del interior (Fonsagrada) y de mayor altitud, donde se obtuvo mayor velocidad de desplazamiento del sonido. De la misma forma el valor de higroscopicidad de estas parcelas, también es ligeramente superior. En cambio, en la resistencia a la hienda, las parcelas más cercanas a la costa, presentan valores ligeramente inferiores a la parcela de interior. Los valores de flexión estática y dureza, presentan valores muy próximos entre las tres parcelas, y el resultado de dureza es más bajo que el recogido en los otros estudios bibliográficos. La clasificación de la madera de castaño contra hongos basidiomicetes según la nueva especificación técnica **CEN/TS 15083-1 (2005)**, es **clase 1 – muy durable** y una clase de durabilidad S, o no durable frente a termitas (de acuerdo a la norma EN350:2014). No se aprecia un comportamiento diferente de la madera según el tipo de parcela de origen.

n) *Preparación de prototipos para nuevos usos de la madera de castaño*: Exfopino preparó los prototipos y CIS-Madeira comprobó el cumplimiento de la norma correspondiente en cada caso.

Loseta maciza: La dureza Brinell, tanto con cómo sin acabado, son muy superiores a la medida de referencia, con valores característicos entre 36,5 y 38,1 N/mm². En el caso de la resistencia al deslizamiento, el pavimento sin acabado cumple tanto para su aplicación en superficies con pendiente <6% como para superficies de >6% y escaleras. Sin embargo, el pavimento con aceite



y poliuretano solo cumple con pendientes $<6\%$. El barniz al agua no cumple ninguna de las especificaciones. Los ensayos climáticos realizados entre ambientes $20^{\circ}\text{C}/30\%\text{HR}$ y $20^{\circ}\text{C}/85\%\text{HR}$, indican que las muestras de pavimento tienen un comportamiento muy similar en las contracciones de anchura y longitud, con un coeficiente de variación de entre 1,5 y 1,9%, y por tanto, la máxima flecha en sentido diagonal en el producto no superó los 0,7 mm. En el espesor, y debido a su configuración, el producto tiene unas variaciones dimensionales muy bajas con un incremento dimensional medio de 0,1% y con una variación máxima de 0,1 mm



Figura 2. Prototipos construidos por Exfopino a. Loseta maciza. b. Muro cortina. c. Fachada trasventilada. d Campo de estacas

Fachada trasventilada: se realizaron dos prototipos de expositor de fachada tras ventilada con madera natural y termotratada y con 4 diferentes acabados que se instaló en CIS-Madeira y en las instalaciones de Exfopino. Además se realizó la caracterización en laboratorio de la madera termotratada, que presentó unos menores valores de contracción, principalmente en la dirección más desfavorable en la madera, que es el sentido tangencial, y una humedad de equilibrio inferior a la madera natural. Como contrapartida la madera termotratada presentó unas menores prestaciones mecánicas, sobre todo en la resistencia a la hienda y arranque de tornillos.

Portal de cierre: se realizó el diseño con la colaboración de un arquitecto, de una estructura de acero y madera de castaño para cierre de finca, formado por perfiles de madera de castaño encoladas con cola de poliuretano mono-componente (PUR). Para la selección del acabado se contó con la opinión de expertos en la materia, seleccionando un impregnante al agua con partículas metálicas.

Muro cortina: previo a su fabricación, se realizó la selección del adhesivo más adecuado. Para ello se realizaron ensayos de delaminación y cortante, así como la determinación de la resistencia a flexión de la unión dentada, para tres tipos de adhesivo estructural. Aunque ninguno de los adhesivos cumplió las especificaciones del ensayo para una clase de servicio 3, debido a que las instalaciones de muro cortina son bajo cubierta, la madera está sometida a una clase de servicio 1 o como mucho 2, es suficiente cumplir las especificaciones de esfuerzo cortante, y en este ensayo si cumplen los adhesivos seleccionados, especialmente el Purbond HBS 309. Las pruebas realizadas de unión dentada con ese mismo adhesivo, indican que sería posible fabricar con una clase resistente de finger T24, lo que equivaldría a una clase resistente de madera laminada homogénea (para coníferas) GI 32h. Para la fabricación del muro cortina se partió de madera clasificada estructuralmente como MEF, con una clase resistente D27. En base a estos datos resistentes, se realizó el dimensionado del muro cortina para la realización de los ensayos de banco (3x3 metros) y también acústicos (1x1m). El muro cortina realizado con madera de castaño cumplió las especificaciones de la Clase AE para el ensayo de permeabilidad al aire, Clase E1500 para la estanqueidad al agua, y siendo apto para carga de viento. Además mejoró los resultados del ensayo acústico frente a un sistema con aluminio.

Campo de estacas: se montaron dos campos de estacas, con dos tipos de probetas: i. Probetas de madera en tronco de pequeña dimensión de longitud de 500 mm fueron enterrados hasta aproximadamente su mitad. ii. Piquetas de madera de dimensiones 500x50x25 mm. y como testigo se instalaron 10 piquetas de haya. Estos campos de estacas permitirán realizar un

seguimiento de la durabilidad natural de la madera de castaño, tanto para su uso en rollizos para la producción de estacas como para analizar su durabilidad natural al exterior, con el fin de complementar los ensayos de laboratorio. Las estacas siguen la trazabilidad hasta nivel de árbol. Aún no ha transcurrido tiempo suficiente para sacar conclusiones de durabilidad del campo de estacas.

ñ) *Validación del método de caracterización en pie y valoración técnica y económica:* se ha comprobado la efectividad de un método de caracterización en pie y en rollo de la calidad de la madera y su repercusión en cuanto a rendimiento y calidad final del producto en la empresa. Su empleo aumenta el rendimiento en volumen de tabla y consigue una calidad mecánica de la madera superior a la existente mediante selección y detecta una menor calidad mecánica de la madera en las primeras trozas del árbol que en las siguientes. La altura del árbol y la velocidad de desplazamiento del sonido evaluada longitudinalmente en el fuste está significativamente relacionada con el módulo de elasticidad, el módulo de rotura y la densidad estimada en la madera de dicho árbol. Se han desarrollado diferentes modelos de caracterización que abarcan toda la fase de suministro y la cadena de procesado dentro de la empresa (selección de árboles en pie, para la selección de trozas, para la caracterización mecánica de tabla aserrada verde y para la caracterización mecánica de tabla aserrada seca). Económicamente se demuestra que el uso de un material seleccionado representa un importante beneficio económico para la empresa y técnicamente le ofrece la posibilidad de diferenciarse en el mercado por disponer de una metodología interna que garantiza la calidad tecnológica de la madera y de sus productos.

5. Conclusiones

El efecto dinamizador del programa Innterconecta ha permitido a varias empresas del sector del castaño, avanzar en desarrollos que ampliar las posibilidades de negocio y contribuyen a dinamizar la castañicultura y su industria relacionada.

6. Agradecimientos

Este trabajo fue financiado parcialmente a través del programa FEDER INNTERCONECTA 2013/2014 (proyecto INTEGRACASTANEA EXP00064828/ITC-20133040) apoyado por el CDTI y cofinanciado con fondos FEDER.

7. Bibliografía

BARAKAT, A.; STATON, M.; CHENH, C-H.; PARK, J.; YASSIN, NBM.; FICKLIN, S.; YEH, C-C.; HEBARD, F.; BAIER, K.; POWELL, W.; SCHUSTER, SC.; WHEELER, N.; ABBOTT, A.; CARSLSON, JE.; SEDEROFF, R.; 2012. Chestnut resistance to the blight disease: insights from transcriptome analysis. BMC Plant Biol. 12: 38

DÜNDAR, T.; WANG, X.; ROSS, J.R.; 2013. Prediction of transverse shrinkages of young growth Sitka spruce (*Picea sitchensis*) and western hemlock (*Tsuga heterophylla*) with ultrasonic measurements. Wood Mat. Sci. Eng. 8 (4): 234–241.

DÜNDAR, T.; WANG, X.; AS, N.; AVCI, E.; 2016. Potential of ultrasonic pulse velocity for valuating the dimensional stability of oak and chestnut wood. -Ultrasonics, 66: 86-90.

IVKOVIC, M.; GAPARE, W.J.; ABARQUEZ, A.; ILIC, J.; POWELL, M.B.; WU, H.; 2009. Prediction of wood stiffness, strength, and shrinkage in juvenile wood of radiate pine. Wood Science and Technology, 43: 237-257.

KOZAI, T.; KUBOTA, C.; 2001. Development a photoautotrophic micropropagation system for woody plants. J Plant Res 114:525-537.

YUAN, H.; ZHAO, K.; LEI, H.; SHEN, X.; LIU, Y.; LIAO, X.; LI, T.; 2013. Genome-wide analysis of the GH3 family in apple. BMC Genomics 14: 297