





Estudio de las maderas utilizadas en edificios históricos y tradicionales del barrio del Albaicín de Granada. Transversalidad de la educación de las ciencias experimentales con las artes, la arquitectura y la historia

Salvador Aljazairi - Universidad de Granada
 Gloria Aljazairi López- Universidad de Granada
 Vanesa Martos Núñez - Universidad de Granada
 Esperanza López Garrido - Universidad de Granada

 0000-0002-1564-9860
 0000-0001-7379-3951
 0000-0001-6442-7968
 0000-0002-5807-2782

Recepción: 20.04.2022 | Aceptado: 25.05.2022

Correspondencia a través de **ORCID**: Salvador Aljazairi - 0000-0002-1564-9860

Citar: Aljazairi, S, Aljazairi, G, Martos, V y López, E (2022). Estudio de las maderas utilizadas en edificios históricos y tradicionales del barrio del Albaicín de Granada. Transversalidad de la educación de las ciencias experimentales con las artes, la arquitectura y la historia. *REIDOCREA*, 11(25), 282-302.

Estudio de investigación de Biología Vegetal

Resumen: La restauración de piezas de madera en obras de arte y en edificios se ha hecho en múltiples ocasiones sin tener clara la procedencia o el tipo de especie de la madera al que pertenece. Muchas maderas permiten su identificación fácilmente mediante caracteres macroscópicos mientras que otras con proximidad taxonómica, presentan una dificultad de diferenciación mayor. Este estudio, que abarca diversas disciplinas, pretende conocer las características y la tipología de especies de maderas utilizadas en edificios históricos de Granada mediante un análisis histológico al microscopio. El análisis e identificación de las maderas mediante técnicas histológicas de caracteres diferenciadores como engrosamientos helicoidales, idioblastos o punteaduras, ha permitido identificar las muestras analizadas que han sido *Cupressus sempervirens*, *Pinus sylvestris*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinea*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Castanea sativa*, *Taxus baccata*, *Populus alba*, *Quercus faginea* y *Morus alba*. Predominan coníferas frente a frondosas. Las maderas son de la zona y su uso ha dependido de la función, del coste y de la importancia de cada pieza, siendo utilizadas las maderas más duras en piezas estructurales y de mayor tamaño, y las maderas más blandas en piezas más pequeñas, decorativas y de menor importancia estructural.

Palabra clave: Educación de las Ciencias Experimentales - madera

Study of the woods used in historical and traditional buildings in the Albaicín district of Granada. Transversality in the experimental sciences of education with arts, architecture, and history

Abstract: The restoration of pieces of wood in works of art and in buildings has been done on many cases without being clear about the origin or the species of the wood to which it belonged. Many woods allow easy identification by macroscopic characters. Others with taxonomic proximity present a greater differentiation difficulty. This study covers multiple and diverse disciplines, and his main aim is discovering the characteristics and types of wood used in some historic buildings in Granada through a histological analysis under a microscope. The analysis and identification of the woods through histological techniques of differentiating characters such as helical thickenings, idioblasts or vessel pitting, has made it possible to identify the analyzed samples that have been *Cupressus sempervirens*, *Pinus sylvestris*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinea*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Castanea sativa*, *Taxus bacata*, *Populus alba*, *Quercus faginea* and *Morus alba*. Conifers predominate over hardwoods. The woods are from the area and their use has depended on the function, cost and importance of each piece, the hardest woods being used in structural and larger pieces, and the softer woods in smaller, decorative and less structure important pieces.

Keyword: Experimental Science of Education - Wood

Introducción

En educación es raro encontrar formación que abarque múltiples y diversas disciplinas. La necesidad de que las Universidades formen profesionales que tengan una adecuada cualificación para nuestra sociedad, hace que cada vez se le dé más importancia a la transversalidad entre diferentes áreas de conocimiento, pero también exige una formación específica y transversal (Mora Alonso-Muñoyerro, 2009). En este contexto, presentamos un trabajo transversal que sigue una línea de investigación del departamento de Biología Celular que une varias disciplinas (como las ciencias

biológicas, biología celular e histología vegetal, botánica, historia, arquitectura, arte o restauración) en la que han colaborado estudiantes e investigadores de distintas ramas de la Biología, Ciencias de la Edificación, o Bellas Artes. La restauración de piezas de madera en obras de arte y en edificios se ha realizado en ocasiones sin tener clara la procedencia o el tipo de especie de la madera al que pertenecía. En este estudio se pretende conocer las características, y la tipología de maderas utilizadas en diversos edificios históricos del Albaicín de Granada mediante un análisis histológico al microscopio. Muchos tipos de madera permiten su identificación fácilmente debido a caracteres organolépticos (olor, color, textura, brillo o vetado entre otros) (Vázquez Correa y Ramírez Arango, 2011), o macroscópicos como puede ser la corteza, el duramen, los anillos de crecimiento, la albura su coloración y densidad de la madera (Giménez y col., 2005). En otros tipos de madera de especies con proximidad taxonómica, existe una dificultad de diferenciación a simple vista, como por ejemplo, *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* la cual queda reflejada en estudios que han propuesto nuevos caracteres diagnósticos (Palacios, 1997), como por ejemplo, la dendrodatación de estructuras lígneas (Génova Fuster y col., 2015; Rodríguez Trobajo, 2008), la composición de las cenizas (López Pertíñez, 2006) y la proporción albura-duramen que varía en las diferentes especies (Gutiérrez Oliva y col., 1997). Sin embargo, no se ha logrado una diferenciación segura entre ambas maderas. Así, los estudios histológicos se proponen como una herramienta fundamental para diferenciar especies próximas taxonómicas, ya que, a través del microscopio, se pueden observar caracteres diagnósticos como las punteaduras o los engrosamientos helicoidales, que diferencian unas especies de otras similares (Aljazairi y col., 2015).

La madera es un material orgánico natural. Constituye la parte más sólida y fibrosa que se encuentra debajo de la corteza de los árboles, es decir, es el conjunto de tejidos que forman el tronco, las raíces y las ramas de los vegetales, y se compone por fibras de celulosa y lignina. No es un material homogéneo, formado por diversos tipos de células especializadas que forman tejidos, que sirven para realizar las funciones fundamentales del árbol, así como formar la estructura portante del árbol (Salvador Cárdenas, 2008). Por lo tanto, la madera es una de las materias primas de origen vegetal más explotadas por el hombre debido a su gran resistencia y durabilidad. Es uno de los materiales más utilizados en las construcciones históricas (Giménez y col., 2005), en la fabricación de utensilios, herramientas de caza y construcción de edificios y en sus cubiertas. Los elementos de madera eran los únicos capaces de soportar la flexión estructural para viviendas, palacios y templos, hasta que se empezaron a descubrir nuevos materiales para la construcción y disminuyó su uso pasando a un segundo plano (Jiménez, 2013). Sin embargo, aunque la madera es un material duro, resistente y de fácil acceso, puede deteriorarse con el tiempo (Fernández Ibañez, 2001) debido a agentes abióticos como por ejemplo los agente atmosféricos, agentes mecánicos, químicos (Nuere, 2007) o a agentes bióticos, predominando los insectos xilófagos y los hongos (Nuere, 2007; Valentín Rodrigo, 2003). Cuando una pieza de madera deteriorada necesita ser restituida o injertada por una pieza nueva, deben de ser realizada bajo los principios adoptados por el ICOMOS, principios universalmente aplicables para la protección y conservación de las estructuras históricas en madera, donde reconocen la diversidad de especies y de calidades de maderas utilizadas para construirlas; así como la importancia en la restitución de piezas perdidas con madera de las mismas características al original (ICOMOS, 1999). Aunque en la práctica, no siempre se ha respetado este principio y las restituciones en edificios históricos se han sustituido por estructuras de acero, o incluso de maderas foráneas con características físico-químicas diferentes a las originales. Esto ha sido por lo general un error, que ha producido más daños en el edificio, como por ejemplo el aporte de exceso de peso en la estructura.

Objetivos

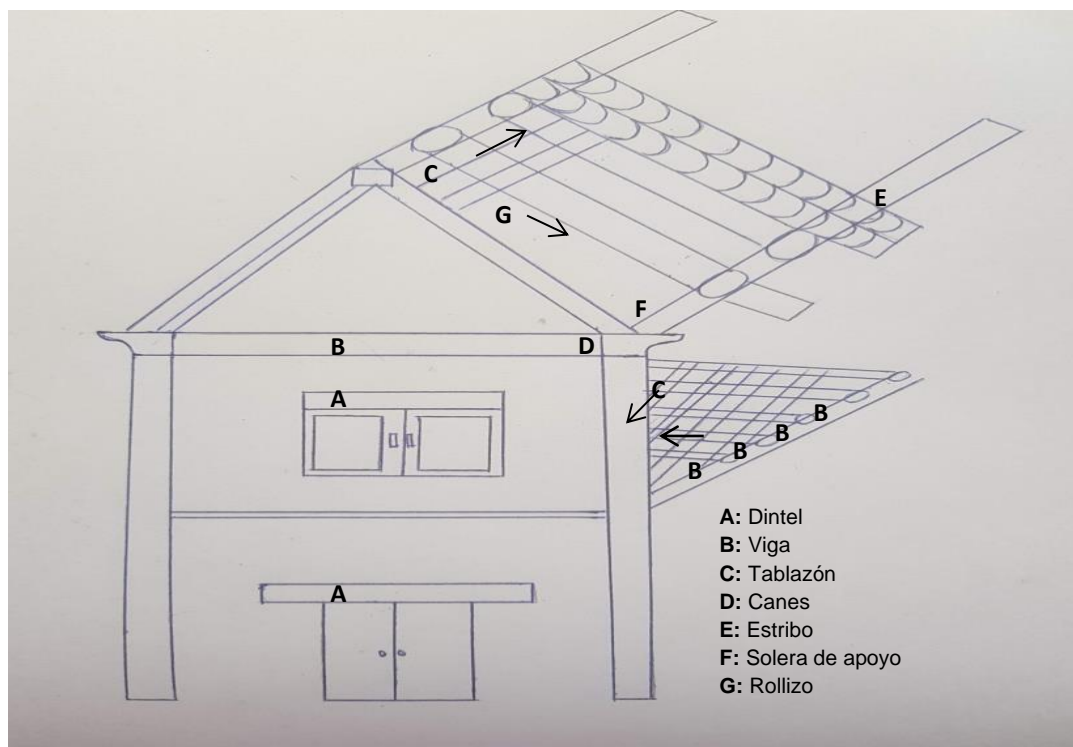
El objetivo general del trabajo ha consistido en el analizar las maderas utilizadas en edificios históricos del barrio del Albaicín (Granada) para su posterior identificación de la especie de madera utilizada y el posible origen geográfico de ésta.

Los objetivos específicos han sido los siguientes:

- Adaptar el protocolo de las muestras dependiendo de sus características.
- Observar la influencia de la especie de madera en los procesos de biodeterioro.
- Determinar si la elección de las especies de maderas utilizadas se ha hecho según criterios funcionales o decorativos.
- Establecer si la elección de las especies de maderas utilizadas se ha hecho según su origen geográfico o si son maderas foráneas.
- Ampliar el banco de datos del material lúneo procedentes de edificios históricos de Granada.
- Facilitar una herramienta de caracterización de especies de madera al servicio de la conservación y restauración de nuestro patrimonio.

Método

Se estudian maderas observando características y funciones en la construcción, así como el análisis histológico y celular de muestras pertenecientes a diversos edificios históricos del barrio del Albaicín de Granada, para determinar sus tipologías y así poder dar respuesta a los objetivos del estudio. Las muestras tomadas, pertenecen a la Casa de las Bolas-finales S.XVI (Calle Cuesta de Marañas 10), la Casa del Pilar-S.XIV al XVII (también denominada Palacio del Marqués de Zenete u Hospital de la Tiña en la Calle Tiña 26), a una Casa Nazarí del siglo S.XIV (Calle Oidores 10), a la Casa de los Tintes S. XVI-XIX (Calle Gumiel de San José) y a una casa de la plaza Nevot s. XVIII. Todas ellas están ubicadas en Granada, en el barrio del Albaicín. En primer lugar, se estudiaron las funciones de cada pieza de madera a la que se le extrajo la muestra, siendo las siguientes.



- DINTEL: soporta la carga superior de huecos como puertas y ventanas para transmitirla a las partes macizas laterales. También tienen función decorativa (Alario Catalá, 2012).

- **VIGA:** está diseñado para sostener cargas lineales en una sola dirección, dando resistencia a la flexión al soportar carga (Wolfgang Nutsch, 2000).
- **TABLAZÓN:** sirve de cubierta, cubre las zonas entre vigas por la zona superior, su función es sostener las tejas o placas de cubierta. Cubre las zonas entre vigas por la zona superior (López Pertíñez, 2006).
- **CANES:** tienen la función de sostener una viga que corre paralela a la pared (solera) sobre la que se apoyarán las vigas que sostienen el techo. El can ofrece la solución de sostener íntegramente el techo completamente separado de la pared, con lo que se asegura un mejor control del estado de la vigería (Nuere, 1989).
- **ESTRIBO:** encargado de repartir el peso y el empuje horizontal a los muros (Bollini, 2009)
- **SOLERA DE APOYO:** función de soporte estructural, también denominado “durmiente”. Se coloca horizontalmente y es donde se apoyará la estructura que conforma la techumbre.
- **ROLLIZO:** tiene forma redonda, es robusto y grueso, está presente en los tejados normalmente y tiene resistencia a la flexión al soportar la carga, como las vigas. Generalmente presente en los tejados. (Peraza y A Chico, 2000).
- **CANECILLO:** saliente por el exterior de una viga del techo que sostiene la cornisa por la parte inferior, puede sostener íntegramente todo el techo separado de la pared, asegurando así un mejor estado de vigería, también tiene función decorativa (Nuere, 1989).

Se han estudiado un total de veintiséis muestras de madera, de las cuales, ocho de ellas son de la Casa de las Bolas, otras tres de la Casa del Pilar, cinco proceden de la Casa Oidores, ocho muestras son de la Casa Nevot y ocho muestras son de la Casa del Tinte.

Cada muestra se identificó y enumeró según su procedencia:

a) Casa de las Bolas:

Casa de las Bolas



Figura 4. Viga



Figura 5. Rollizo (1)



Figura 6. Tablazón



Figura 7. Solera de apoyo



Figura 8. Rollizo (2)



Figuras 9 y 10. Canes(1) y (2)



Figura 11. Dintel

b) Casa del Pilar:

Casa del Pilar



Figura 13. Estribo



Figura 12. Viga



Figura 14. Tablazón

c) Casa Oidores

Casa Oidores



Figura 15. Dintel puerta (1)



Figura 16. Dintel puerta (2)



Figura 17. Dintel ventana restitución (1)



Figura 18. Dintel ventana restitución (2) casa Nazarí



Figura 19. Canes Casa Nazarí

d) Casa del Tinte:

Casa del Tinte



Figura 20: Viga 1

Figura 21: Rollizos



Figura 22: Viga 2

Figura 23: Tablazón 1



Figura 24: Tablazón 2

e) Casa Nevot:

Casa Nevot



Figura 25: Tablazón 1

Figura 26: Tablazón 2



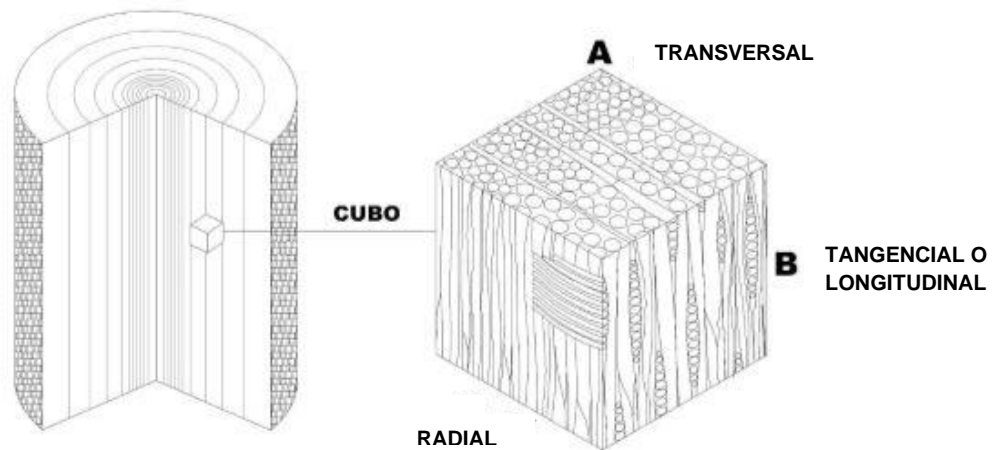
Figura 27: Canes

Figura 28: Viga 1



Figura 29: Viga

Una vez identificadas y numeradas las muestras, se procedió a cortar una submuestra de cada pieza de 1 cm^3 y posteriormente limadas con una lija de grano fino. Las muestras se estudiaron en cada uno de los tres planos de corte fundamentales: corte transversal (se observan los anillos de crecimiento, es perpendicular al eje del árbol), radial (paralelo a los radios leñosos) y longitudinal o tangencial (paralelo a los anillos de crecimiento) (Fig.25, Aljazairi López, 2015).



Se prepararon las submuestras en el laboratorio para ser cortados los distintos planos de corte y ser observadas al microscopio óptico, que consta de cinco etapas: Ablandamiento, Fijación, Corte, Tinción y Montaje Eukit. Este protocolo fue adaptado a las características de cada madera.

- 1) **Ablandamiento.** Las muestras fueron introducidas en tubitos y sumergidas en agua 24 horas (Fig. 26). Posteriormente, fueron hervidas durante 3 horas en agua (Fig. 27). Finalmente, se retiró el agua y se sumergieron en una mezcla a partes iguales de Glicerina y Alcohol durante un período de 3 días.

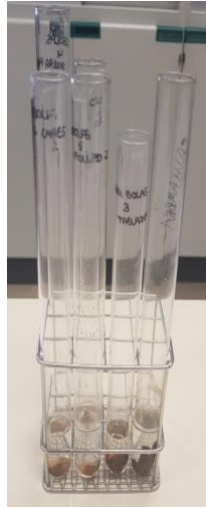


Figura 26.
Ablandamiento
muestras sumergidas
en agua



Figura 27. Hirviendo
muestras

- 2) **Fijación.** Se sumergieron las muestras en un fijador denominado FAA (Formaldehído, Alcohol y Ácido acético) durante 24 horas y se lavaron con agua otras 24 horas.
- 3) **Corte.** Se cortaron láminas de 25 μm de cada uno de los planos de corte de las muestras en un microtomo de rotación (Ernst LeitzWetzlar GMBH 1512 made in Germany), con el fin de observar sus características al microscopio. Durante el corte se han mantenido las muestras húmedas con agua caliente mojándolas con un pincel. Cada corte realizado ha sido trasladado con el pincel a un portaobjetos en el que previamente se extendió Albúmina (mezcla de clara de huevo filtrada y Glicerina bidestilada a partes iguales con ThymolKristal para fijar los cortes al portaobjetos). Las muestras se secaron en la estufa a 55-60°C durante 24 horas.
- 4) **Tinción.** Sobre las muestras ya fijadas en los portaobjetos se puso Safranina durante 30 minutos (Fig. 28). Y se lavó con agua. Posteriormente se deshidrataron con una mezcla creciente de alcohol a 30%, 50%, 70%, 90% y Xilol.



Figura 28. Tinción con Safranina

- 5) **Montaje Eukit.** Los cortes histológicos se montaron definitivamente con Eukit.

A continuación, se observaron los cortes en el microscopio con un programa de ordenador (Motisimages plus 3.0), a diferentes aumentos 2.5x, 10x, 16x y 25x, en los tres planos de corte: longitudinal, transversal y radial.

Finalmente, los tres planos de corte de cada muestra se estudiaron y se compararon con una base de datos propia con muestras de diversas especies arbóreas y arbustivas utilizando claves de identificación de la madera como la de García Esteban y col. (2003); o Palacios (1997).

Resultados

En este estudio se han analizado 26 muestras de cinco casas diferentes mediante técnicas histológicas y se han comparado las características de las maderas vistas al microscopio, pudiendo identificar las especies utilizadas en las diferentes estructuras arquitectónicas.

Para la “Casa de las Bolas” (tabla 1) se han identificado 4 muestras de *Pinus sylvestris* que corresponden a las muestras canes 1 y 2, tablazón y dintel; una muestra de *Pinus pinea* en la solera de apoyo, la viga es de *Pinus halepensis*, y los dos rollizos son de *Populus alba*.

Para la “Casa del Pilar” (tabla 2) se han identificado una muestra de *Pinus sylvestris* en el estribo, una de *Pinus nigra* en la viga y una de *Populus alba* en la tablazón.

Para la “Casa de Oidores” (tabla 3) se ha encontrado una muestra de *Pinus sylvestris* que pertenece al dintel de una puerta, mientras que el dintel de la otra puerta y de una ventana es *Castanea sativa*. El otro dintel de ventana es de *Morus nigra* y finalmente se ha encontrado un can de *Taxus baccata*.

Para la “Casa de los Tintes” (tabla 4) se han encontrado tres muestras de *Pinus pinea* que se corresponden con una viga, un rollizo y tablazón, mientras que la otra muestra de tablazón es de *Pinus sylvestris* y la otra viga es de *Quercus faginea*.

Para la “Casa Nevot” (tabla 5) se han encontrado tres muestras de *Pinus pinea* que corresponden a dos vigas y un can, mientras que las dos muestras de tablazón corresponden a *Pinus pinaster* y a *Cupressus sempervirens*.

De las veintiséis muestras estudiadas, diecinueve muestras son coníferas y solamente siete son frondosas. Entre las coníferas encontramos ocho muestras que son de *Pinus pinea*, siete muestras son de *Pinus sylvestris*, una de *Pinus pinaster*, una de *Pinus halepensis*, una de *Taxus baccata* y una de *Cupressus sempervirens*. Mientras que de las siete muestras de frondosas, tres muestras son de *Populus alba*, dos muestras de *Castanea sativa*, una muestra de *Morus nigra* y una muestra de *Quercus faginea*.

Tabla 1: cortes de los planos transversal, longitudinal y radial respectivamente de “La Casa de las Bolas”.

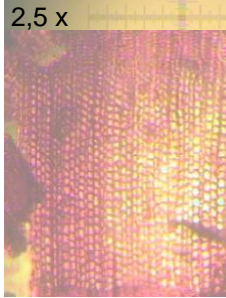
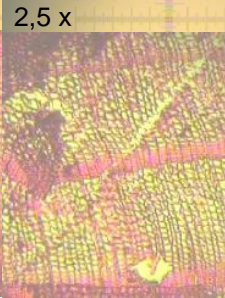
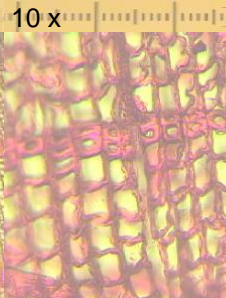
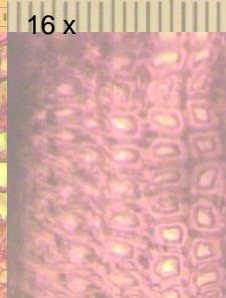
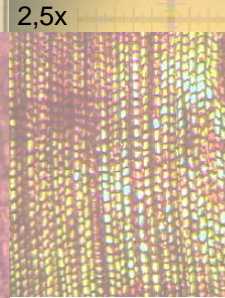
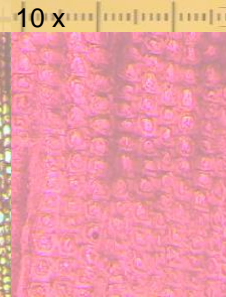
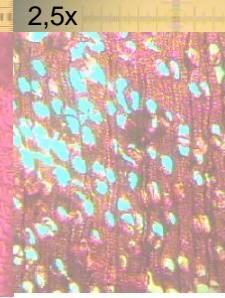
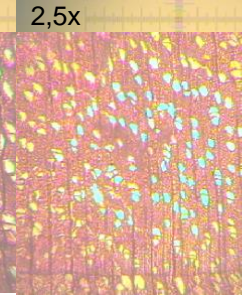
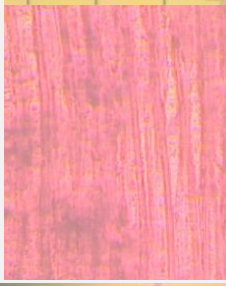
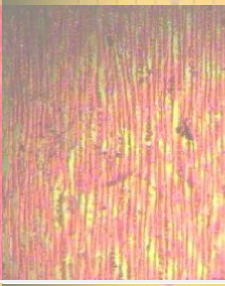
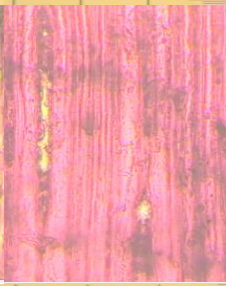
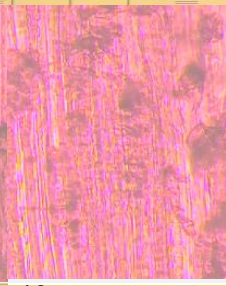
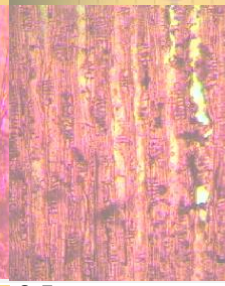
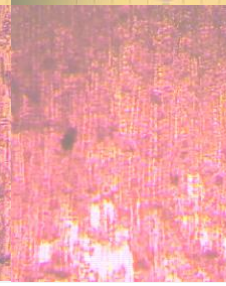
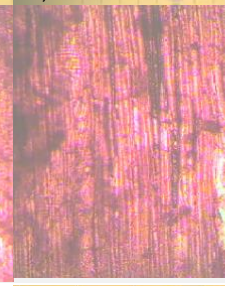
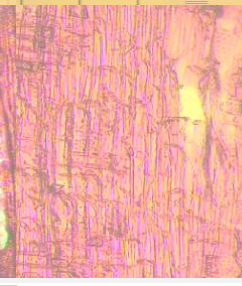

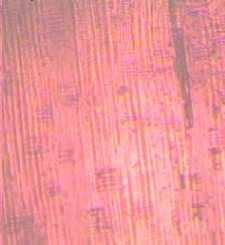
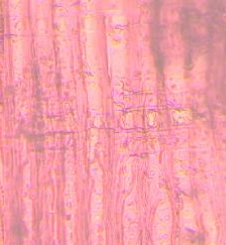
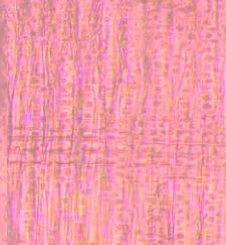
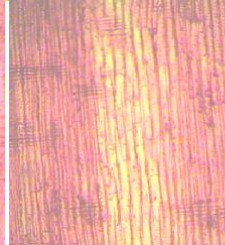
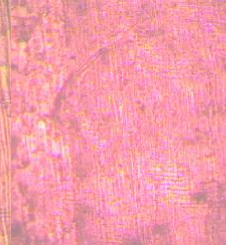
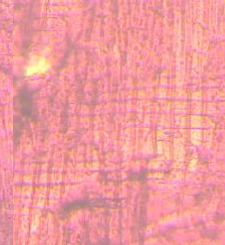
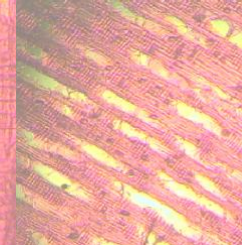
	CANES 1 <i>Pinus sylvestris L.</i>	CANES 2 <i>Pinus sylvestris L.</i>	TABLAZÓN <i>Pinus sylvestris L.</i>	DINTEL <i>Pinus sylvestris L.</i>	SOLERA APOYO <i>Pinus Pinea L.</i>	VIGA <i>Pinus halepensis Mill.</i>	ROLLIZO 1 <i>Populus alba Linn.- nigra</i>	ROLLIZO 2 <i>Populus alba Linn.- nigra</i>
T R A N S V E R S A L	2,5 x 	2,5 x 	10 x 	16 x 	2,5x 	10 x 	2,5x 	2,5x 
T A N G E N C I A L	10 x 	2,5 x 	10 x 	10 x 	2,5x 	10 x 	2,5x 	10 x 
R A D I A L	2,5x 	2,5 x 	10 x 	10 x 	2,5x 	2,5x 	10 x 	2,5x 

Tabla 2: cortes de los planos transversal, longitudinal y radial respectivamente de “La Casa del Pilar”.

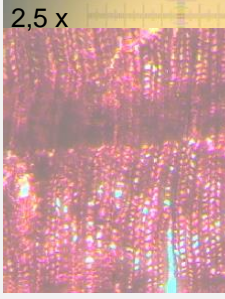
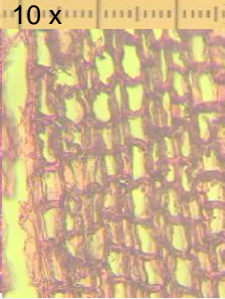
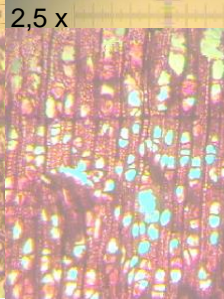
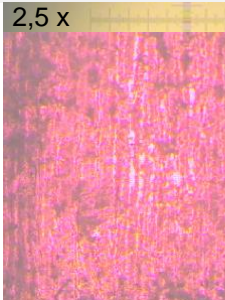
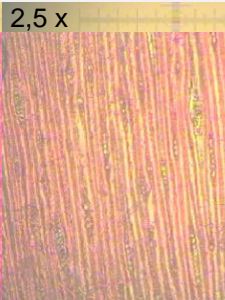

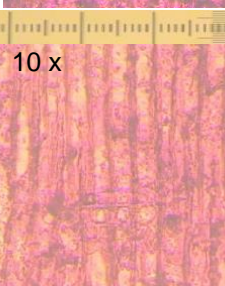
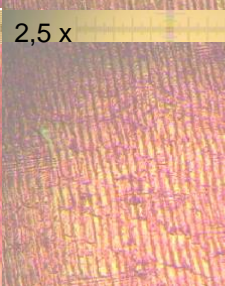

	ESTRIBO <i>Pinus sylvestris L.</i>	VIGA <i>Pinus nigra</i>	TABLAZÓN <i>Populus alba</i> <i>Linn.- nigra</i>
T R A N S V E R S A L	2,5 x 	10 x 	2,5 x 
T A N G E N C I A L	2,5 x 	2,5 x 	10 x 
R A D I A L	10 x 	2,5 x 	10 x 

Tabla 3: cortes de los planos transversal, longitudinal y radial respectivamente de "La Casa Oidores".

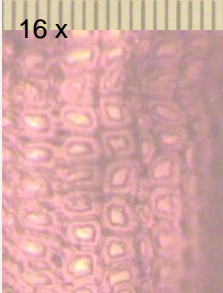

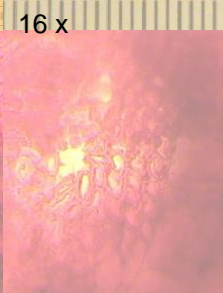
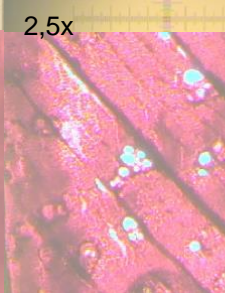
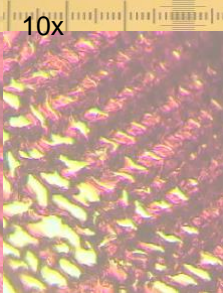
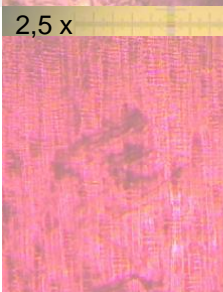




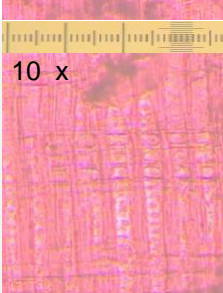
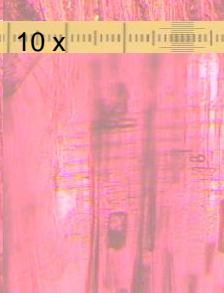
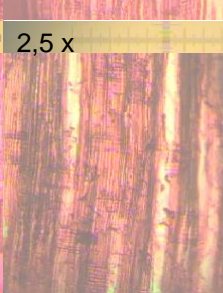
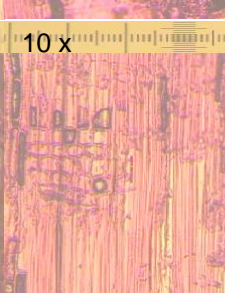
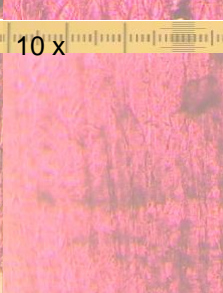
	DINTEL PUERTA 2 <i>Pinus sylvestris</i> L.	DINTEL PUERTA 1 <i>Castanea sativa</i> Mill.	DINTEL VENTANA 1 <i>Castanea sativa</i> Mill.	DINTEL VENTANA 2 <i>Morus nigra</i> Linn.	CANES <i>Taxus baccata</i> L.
T R A N S V E R S A L	16 x 	10 x 	16 x 	2,5x 	10x 
T A N G E N C I A L	2,5 x 	10 x 	10 x 	2,5 x 	10 x 
R A D I A L	10 x 	10 x 	2,5 x 	10 x 	10 x 

Tabla 4: cortes de los planos transversal, longitudinal y radial respectivamente de “La Casa de los Tintes”.

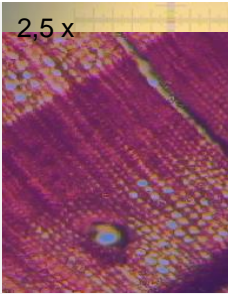
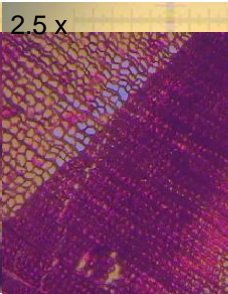
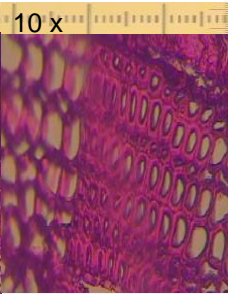
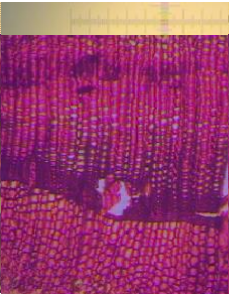
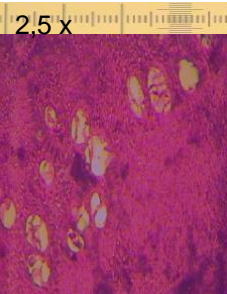
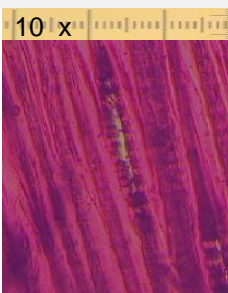
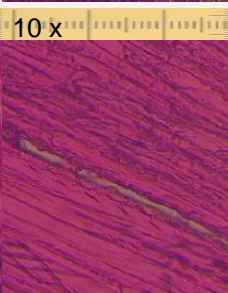
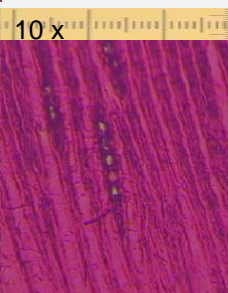
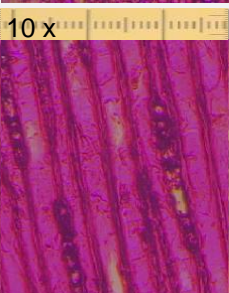
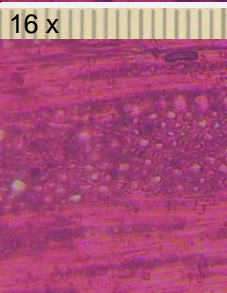
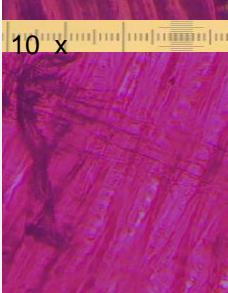
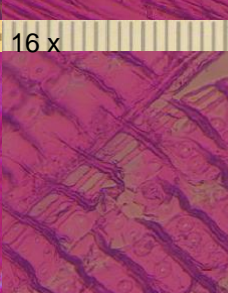
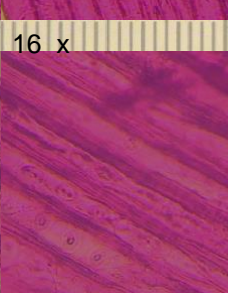
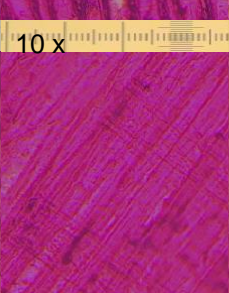
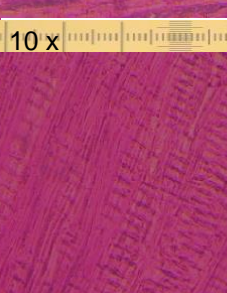

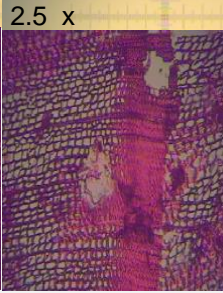

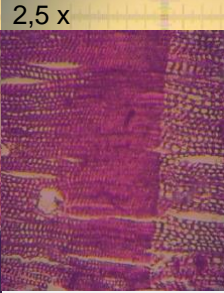
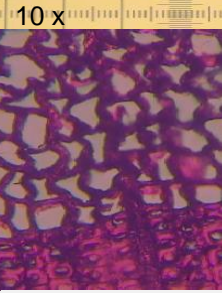

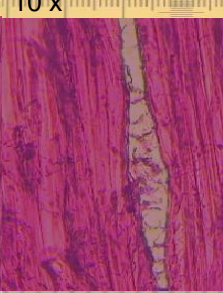
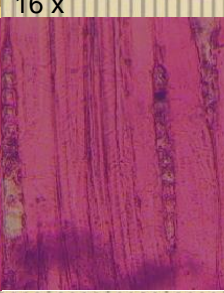
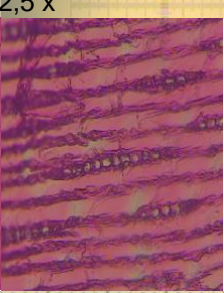
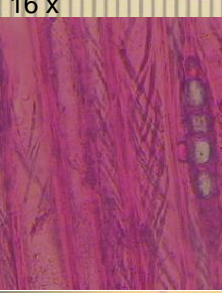
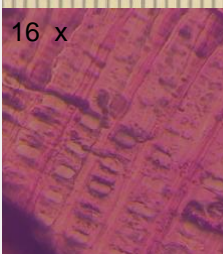
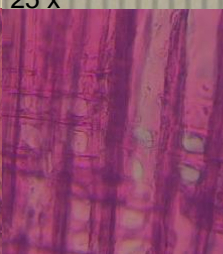
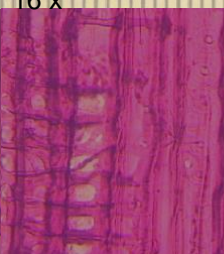
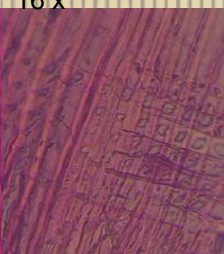
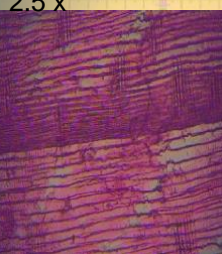
	TABLAZON Pinus sylvestris L.	VIGA Pinus pinea	TABLAZON Pinus pinea	ROLLIZO Pinus pinaster Aiton	VIGA Quercus faginea
T R A N S V E R S A L	2,5 x 	2,5 x 	10 x 		2,5 x 
T A N G E N C I A L	10 x 	10 x 	10 x 	10 x 	16 x 
R A D I A L	10 x 	16 x 	16 x 	10 x 	10 x 

Tabla 5: cortes de los planos transversal, longitudinal y radial respectivamente de “La Casa Nevot”

	CANES <i>Pinus nigra.</i>	TABLAZON <i>Pinus pinaster</i>	VIGA <i>Pinus pinea</i>	VIGA <i>Pinus halepensis</i>	TABLAZON <i>Cupressus sempervirens</i>
T R A N S V E R S A L	2,5 x 	2,5 x 	2,5 x 	2,5 x 	10 x 
T A N G E N C I A L	16 x 	10 x 	16 x 	2,5 x 	16 x 
R A D I A L	16 x 	25 x 	16 x 	16 x 	2,5 x 

Discusión

En primer lugar, presentamos una discusión general, para centrarnos posteriormente en una discusión por cada especie de madera encontrada.

Este estudio ha permitido abarcar el análisis de las maderas desde múltiples y diversos puntos de vista y disciplinas ya que desde una línea de investigación de la Biología Celular Vegetal ha unido transversalmente a estudiantes e investigadores de otras ramas de la Biología, Arquitectura, Didáctica de las Ciencias Experimentales, Bellas Artes, Historia del Arte o Restauración con un nexo en común, la madera.

La madera es una de las materias primas más utilizadas, en los siglos del XVI al XIX en que se enmarcan estas construcciones. Cada madera tiene unas características macroscópicas que la identifica, sin embargo, en algunas ocasiones no son suficientes, debido a la proximidad taxonómica y geográfica de algunas especies, por ello, necesitamos otros métodos para la identificación (Barañao y col., 2008). Además, con el paso del tiempo, las características macroscópicas pueden variar o desaparecer debido al clima o ataques biológicos. Por ello, se acude a otros caracteres como pueden ser análisis químicos o técnicas de ADN que son complejos y caros. Sin embargo, este trabajo utiliza estudios microscópicos, que son análisis más sencillos y económicos. Se han podido identificar los tipos de maderas que constituye cada una de las 29 muestras estudiada de los edificios de interés. Gracias a las técnicas histológicas donde se han observado las características microscópicas y diferenciales de cada especie, como por ejemplo: la presencia o ausencia de engrosamientos helicoidales, los tipos de punteaduras, los tipos de parénquimas, los tipos de radios leñosos, los anillos de crecimiento diferenciados o no, los tipos de campos de cruce, la ausencia o presencia de meatos, las hendiduras, las trabéculas y la presencia de cristales en idioblastos, los cuales marcan la diferencia entre especies de proximidad taxonómica. En este sentido, las claves de identificación de maderas ha sido una herramienta muy importante en el estudio de estas características, ya que junto con análisis hechos en muestras patrón de cada tipo de madera, nos han ayudado a la identificación de cada especie.

La presencia de una especie de madera en una construcción de edificios depende de cuatro factores principalmente: 1) localización geográfica, 2) abundancia, 3) características y 4) su utilización. Es decir, el uso de la madera va a estar condicionado tanto a sus características como cercanía. En la carpintería española es frecuente utilizar múltiples especies de madera en la construcción de un mismo edificio (Rodríguez Trobajo, 2008), tal y como se ha observado en este estudio. Están representadas tanto gimnospermas como angiospermas y se han encontrado maderas más blandas como chopo y maderas más duras como por ejemplo el quejigo o el castaño.

En la elección de la madera, además, de hacerse en función de sus características, también hay que tener en cuenta su localización o cercanía geográfica. Según Fernández Puertas (2015), los bosques de la Península Ibérica y del Norte de África proporcionaron gran cantidad de madera (pino, nogal, alerce o ciprés entre otros) para la fabricación de muebles y estructuras arquitectónicas. Sin embargo, no siempre es posible determinar el origen geográfico del material mediante su cercanía a las masas forestales, o mediante un método empírico como la dendrocronología, por lo que es necesario recurrir a fuentes documentales que deben usarse críticamente, dada la imprecisión de los nombres de procedencia, por ejemplo, el término alerce, que se utilizaba para la denominación de muchos tipos de pino (Rodríguez Trobajo, 2008). Además, hay que tener en cuenta, la gran modificación que por motivos antrópicos ha sufrido la distribución de las masas forestales como por ejemplo la construcción, los incendios, la agricultura, la ganadería o la invasión de especies foráneas, que podría

llevar a error en cuanto a la asociación de una especie de árbol con la distribución actual (Aljazairi López, 2015).

Las maderas de pino más utilizadas en la construcción de los edificios históricos en Granada son aquellas que se han podido localizar próximas a la ciudad, el *Pinus sylvestris* y el *Pinus nigra* que se encuentra en los montes de los alrededores de la ciudad. *Pinus halepensis* en Granada lo encontramos de forma natural en Sierra Nevada, Sierra de Baza, es de los pinos que mejor adaptados están en nuestra zona, por eso ha sido utilizado para repoblaciones forestales. Sin embargo, la conífera que más hemos encontrado en el estudio ha sido *Pinus pinea*, con una característica que nos ha ayudado a su identificación como ha sido la presencia de engrosamientos helicoidales en las traqueidas longitudinales, carácter que no aparece en otros pinos de la zona, pero también la presencia de barras de sanio, la sección y diámetro de las traqueidas, el tipo de punteaduras de los campos de cruce, tipo piceoide y pineoide (Barañaño y col., 2008). Esta especie, aunque aparece de forma espontánea en toda Andalucía, es más abundante en Andalucía Occidental, lo que podría indicarnos un transporte comercial entre diferentes zonas del sur de la Península o quizás, a una preferencia en su uso debido al menor coste. Esta madera era menos valorada por su menor calidad por la abundancia de numerosos nudos y deformaciones (Vignote, 2014).

La madera de frondosa más utilizada es la del *Populus alba*, que se encuentra en las riberas de los ríos y en la vega de modo natural, debido a que son árboles característicos de la zona (Morales y col., 2001). Otro factor a tener en cuenta en la elección de la madera es la disponibilidad del recurso, ya que explica un uso selectivo de esa especie (ejemplos: la Alhambra y el Cuarto Real de Sto. Domingo de Granada) y esto puede hacer que esa madera sea asociada a un determinado periodo y contexto constructivo (Rodríguez Trobajo, 2008).

Por otra parte, las características físico-mecánicas podrían determinar el uso y la elección de la madera. Así las piezas de mayor envergadura como vigas de gran tamaño, que han tenido que soportar mayor tensión y fuerzas de empuje han sido realizadas en maderas más duras como *Pinus nigra*, o *Pinus silvestre*. Los pinos han sido ampliamente utilizados en las estructuras de los edificios, debido a que es una madera muy dura, con alto contenido en resina y por lo tanto menos atacable por insectos. A parte crece muy rápidamente y es bueno ante la compresión y la flexión. Mientras que hay otras maderas de frondosas que son más blandas y menos pesadas como el *Populus alba* que se utiliza en la tablazón o en los rollizos donde la función de esa pieza no era la de soportar grandes tensiones, si no la de sujetar la solera o la teja y aligerar el peso total de la obra, por su menor peso. Además, su menor coste la hace que se utilice en construcciones más modestas (López Pertiñez, 2006), así se puede relacionar el uso de la pieza, con las características de la madera, es decir, maderas más resinosas, duras, resistentes para piezas estructurales que sujetan más tensiones, fuerzas y peso, mientras que maderas más ligeras y menos resistentes, son buenas para piezas que no resisten fuerzas o grandes pesos pero que si aligeran el peso general de la estructura.

Otras maderas presentan características como una menor dureza y un menor peso, sin embargo, presentan un mayor ataque por agentes biológicos en las maderas más blandas y menos resinosas que absorben mayor cantidad de humedad como ha ocurrido en las maderas de Tablazón y Rollizo 1 de la Casa de las bolas, Tablazón de la Casa del Pilar y Dintel Puerta 1A y Dintel Puerta 1B de la casa Oidores.

También, se han identificado otras maderas en nuestro estudio como el tejo, castaño, morera, quejigo y ciprés. Algunas de estas maderas han sido introducidas por diferentes

civilizaciones, por ejemplo, el ciprés fue introducido por los griegos, o gracias a los sistemas de regadíos musulmanes se produce una introducción de cultivos arbóreos de frutales como naranjas, moreras, nogales, granados, avellanos, almendros. De estos árboles se utilizaban tanto la madera como los frutos (Vignote, 2014). Un ejemplo sería el género *Prunus*, que aparece en las casillas blancas del tablero de ajedrez del Museo de la Alhambra.

Hay maderas que, aunque no las hemos encontrado en nuestro estudio, han sido muy utilizadas en nuestra provincia en la construcción por sus características físico-mecánicas-estéticas como por ejemplo el nogal (por su color, veteado y dureza) que se ha encontrado en estructuras como los canecillos de la Fachada de Comares, canecillo de ochos en el entabicado de la habitación del Cuarto Dorado, en el canecillo del Patio de los Leones, etc. Otro ejemplo es el abeto, se ha encontrado en estructuras como los Frisos epigráficos de la Alhambra y en sus Tablazones o en los canecillos del Generalife. El olmo, se ha encontrado en estructuras como el canecillo de la Gorroneira del Oratorio del Partal o en el canecillo de la Torre del Peinador de la Reina de la Alhambra (López Pertiñez, 2006).

Las especies de madera y las piezas en las que se han encontrado se detallan a continuación:

***Pinus sylvestris* o pino silvestre.** Es la especie más representativa de este estudio ya que fue encontrada en diversas estructuras de los distintos edificios: Canes 1, Canes 2, Dintel y Tablazón de la Casa de las Bolas, Estribo de la Casa del Pilar y Dintel Puerta 1B de la Casa Oidores y en Casa los Tintes como tablazón.

Es una especie autóctona de crecimiento espontáneo en el área mediterránea y muy abundante en la provincia de Granada, lo que explicaría la presencia de numerosas muestras y de su utilización en la construcción. La madera de este pino ha sido muy utilizada en la construcción de edificios ya que es fácil de trabajar y es la que tiene una mayor amplitud de distribución en la provincia de Granada. Sus características macroscópicas (rectitud de su fuste, madera compacta, calidad y limpieza) y su porte (pueden alcanzar los 40 metros) la hacen ideal para la construcción de grandes vigas, aunque en nuestro caso, lo hemos encontrado en estructuras más pequeñas como canes o tablazón, lo que nos indicaría el aprovechamiento no sólo de su fuste principal, si no de estructuras secundarias del árbol (Alia y col., 1999; Galán, 2013). También ha sido encontrado en otros edificios albaicineros como por ejemplo; vigas, canes, dinteles, estribos y tablazones de Casas nazaríes y mudéjares (Rivas, 2018) y en otros edificios de la Alhambra donde alcanza una gran representación sobre todo a nivel estructural, pero también decorativo (López Pertiñez, 2006) Se usó bastante en la construcción de casas y palacios, así como de iglesias, por ejemplo, la Iglesia de San Gil en Granada (Aljazairi y col., 2015), sobre todo para los techos y retablos. Otro ejemplo es el dintel perteneciente a la antigua Cárcel de Granada situada al lado de la catedral (López Pertiñez, 2006). Es considerado el mejor de los pinos españoles, junto con *Pinus nigra*, por su calidad y limpieza, así como por la rectitud de sus fustes, aunque históricamente el *Pinus silvestre* ha sido confundido por los restauradores con *Pinus nigra* (Rodríguez Trobajo, 2008; López Pertiñez, 2006).

***Pinus nigra* o pino laricio.** La calidad de su madera varía de unas regiones a otras, siendo la de Cuenca, Cazorla, Segura y Huéscar estimada como la de mejor calidad (López Pertiñez, 2006). Junto con su porte y resistencia la hace muy buena para formar grandes estructuras como vigas, como en este caso la viga de la Casa del Pilar.

Las aplicaciones de la madera de *Pinus nigra* son muy similares a la del *Pinus silvestre*, hasta el punto de que se comercializa la madera sin distinguir la especie de que se trata. El comprador profesionalizado prefiere el silvestre por su menor contenido en resina, a pesar de su menor resistencia (Vignote, 2014). Se utiliza en armaduras y estructuras de gran envergadura sometidas a grandes empujes y tensiones debido a que presenta una gran resistencia mecánica a la compresión y flexión. Algunos ejemplos de la presencia de este pino en estructuras de madera en construcciones granadinas es el Friso del Corral del Carbón, la Tablazón de la Alhambra en el Palacio de Muhammad V y la Puerta de la casa de la Calle de la Tiña (López Pertíñez, 2006).

La madera de este pino también suele usarse en la fabricación de puertas, ventanas, balcones y suelos (Camarero y col., 2016). Su tala intensiva ha reducido drásticamente sus poblaciones naturales lo que lo hace difícil de encontrar y por lo que se ha restringido su uso. Además, en la actualidad con el cambio climático, estas poblaciones y su reproducción se están viendo afectadas por los frecuentes periodos de sequía y altas temperaturas, lo que limitan el crecimiento de dichas poblaciones (Linares y Tíscar, 2010).

***Pinus pinea* o pino piñonero.** Aunque es un árbol robusto con una copa redondeada característica de esta especie, la madera de *Pinus pinea* es ligera y flexible, tiene muchos nudos que la debilita, así como una gran cantidad de resina que provoca la deformación en la madera y en consecuencia hace que sus aplicaciones sean más reducidas, se utiliza en interiores, muebles, pre-marcos, tableros y carpintería en zonas no muy visibles (Vignote, 2014). Sin embargo, en nuestro estudio lo hemos encontrado en diversas estructuras como la solera de apoyo de la Casa de las Bolas, en la Casa los Tintes como viga y tablazón y en la Casa Nevot como canecillo y viga, lo que nos sugiere una importancia de esta especie en cuanto a la utilización seguramente debido a su bajo coste comparado con otros tipos de pino como *Pinus nigra* y también a su cercanía geográfica.

***Pinus halepensis* o pino carrasco.** La presencia de su alto contenido en resina limita su utilización a la carpintería, ya que contribuye a la deformación de la madera y además estropea las sierras de corte que han de ser limpiadas y afiladas más frecuentemente. Pero también es clara, de grano fino, tenaz y elástica destacando por su resistencia a la compresión. En nuestro caso la encontramos solamente en la Viga de la Casa de las Bolas. Otros ejemplos son las tablas y vigas de la techumbre del Salón de Embajadores de la Alhambra (Rodríguez Trobajo, 2008), o el Canecillo del Generalife (López Pertíñez, 2006). Además, la distribución de este Pino es muy abundante en toda Andalucía Oriental, lo que la hace muy utilizada por la proximidad aunque su madera no sea tan buena como otras.

***Pinus pinaster* Aiton, Pino resinero o pino marítimo.** Su porte y sus características madereras, sobre 20-30 metros de altura con troncos poco ramificados, lo hacen madera muy buena tanto para vigas de gran tamaño como para elementos constructivos más pequeños (Morales y col., 2001), y por ello nosotros lo hemos encontrado representando diferentes partes del edificio (viga, rollizo y tablazón: el edificio de Casa Nevot como viga y tablazón y en el edificio de Casa los Tintes como rollizos). Hay en otros ejemplos constructivos de edificios granadinos tanto en el Albaicín como en el centro de la ciudad como por ejemplo la casa de las Bolas o edificios de la plaza Bibarrambla (Rivas, 2018).

Además, su distribución es abundante en el mediterráneo occidental, se encuentra en casi toda la Península y en los alrededores de Granada y provincia (Sierra Nevada, La Sagra, Sierra de Huetor) por lo que es fácil conseguir este tipo de madera (Vignote, 2014).

***Cupressus sempervirens* o ciprés.** Fue encontrado en Casa Nevot como tablazón, aunque esta especie la encontramos con frecuencia y es alóctona en nuestra provincia, originario de Chipre, se ha naturalizado desde época griega en todo el mediterráneo. Su madera es fácilmente reconocible, ya que tiene un color pardo claro, nudosa, resistente, bastante ligera y muy olorosa sin ser excesivamente resinosa, es imputrescible y no suele ser atacada por insectos, lo que la hace buena para la construcción naval, de edificios, guitarras, para fabricar muebles de gran calidad, en carpintería, en tornería, escultura, etc. Tiene un tronco recto y pueden alcanzar una altura de 35 metros. El ciprés fue muy utilizado por los romanos y los griegos, originario del este del mediterráneo, era muy típico encontrarlo en los jardines (López Pertiñez, 2006). En Granada es emblemático y característico en los jardines y cármenes, por ello pensamos que se ha utilizado en la casa Nevot debido a la utilización de la madera de este árbol ornamental de alguno de los jardines albaicineros (Morales y col., 2001).

***Taxus baccata* o tejo.** El *Taxus baccata* es una especie con madera de gran calidad, bastante duradera y muy resistente, pero sobretodo elástica, lo que justifica su uso en la elaboración de arcos, lanzas, etc. En menor medida, se ha utilizado en la construcción, nosotros lo encontramos en los Canes de la Casa Oidores. Hay constancia de su uso en las capillas laterales en la Iglesia de Santiago de Peñalba, en León y en las bóvedas de la Iglesia San Miguel de Lillo, en Asturias, debido a su flexibilidad y capacidad de curvado (Caballero y Trobajo, 2010). El tejo es una especie ampliamente distribuida por todo el mediterráneo, pero con una distribución difusa (Cerrillo y Pastor, 2003), esto sumado a su aprovechamiento humano, mermó su población y calidad de la madera, lo que respondería el uso limitado y residual de esta especie en las construcciones de edificios (Cerrillo y Pastor, 2003).

***Populus alba* o chopo blanco.** Es una de las especies arbóreas más utilizada en la construcción. En nuestro estudio hemos encontramos bastantes muestras de chopo como en el Rollizo 1 y en el Rollizo 2 de la Casa de las Bolas, y en la Tablazón de la Casa del Pilar. Otras investigaciones han encontrado su uso en los frisos de la Casa árabe de la Placeta Villamena y de la Casa nº33 de los Alamillos o en diversos canecillos del Generalife (López Pertiñez, 2006).

El chopo presenta una madera blanda, porosa, ligera, frágil y poco resistente, pero con una alta producción a bajo coste, siendo útil en trabajos de carpintería ligera, así como en tablazones de suelos y techos para aligerar el peso de la construcción. Se empleaba en forjados interiores (Maestro y Monfort, 2008). Pero, además, se distribuye y ha sido cultivado profusamente en la Vega de Granada, por lo que hay una gran disponibilidad de esta madera a un bajo coste.

La madera de *Populus alba* se diferencia de la de otras especies por el color claro de su madera, incluso del duramen que en *Populus nigra* es más oscuro, la distribución de sus vasos, así como por las Punteaduras intervascuales siendo simples y alternas de diámetro tangencial superior a 5 µm. Además, en las muestras Rollizo 1 y Rollizo 2 de la Casa de las Bolas se ha identificado en madera de color claro, la presencia de cristales en idioblastos, característica perteneciente a la especie *Populus nigra* o chopo negro, por lo que podríamos estar ante un caso de hibridación, entre *Populus nigra* y *Populus alba*, ya que estos árboles comparten la misma distribución y se han cultivado de forma amplia en la Vega de Granada (Galindo y Montes, 1999).

***Castanea sativa* o castaño.** En nuestro estudio fue encontrado en varias estructuras de dinteles: Dintel Puerta 1A y Dintel Ventana 1 de la Casa Oidores. Su amplio uso en la construcción se debe a que tiene una madera resistente, tanto sumergida como en seco, es relativamente dura y es considerada de buena calidad. Además de su fácil

manejo para ser clavada o atornillada. Se ha empleado tradicionalmente para cercas y vallados, carpintería, puertas, ventanas, suelos, vigas o dinteles para la construcción (Gallardo, 2002). Además, este árbol ha sido cultivado desde antiguo debido a sus frutos que fueron base de la alimentación tanto humana como de ganado antes de la importación de la patata desde América Latina en el siglo XVI. Lo que hace que tenga una amplia distribución en toda la Península y por tanto su fácil disponibilidad como material constructivo (Parada y col., 2018).

***Morus nigra* o moral.** La madera de *Morus nigra* es muy útil para carpintería y ebanistería debido a sus características físico-mecánicas como la densidad e higroscopicidad, las cuales hacen que sea bastante demandada como madera de fabricación. En nuestro estudio se ha encontrado en la muestra de un dintel de ventana 2 de la Casa Oidores. Esta es una madera de reposición seguramente debido a la mala conservación de la anterior. En la figura 18, se puede observar que este dintel está realizado sin haberlo escuadrado ni trabajado previamente, utilizando el tronco cortado directamente del árbol. Esto nos indicaría el aprovechamiento del árbol de una huerta cercana, una reparación práctica y de baja economía.

***Quercus faginea* también llamado quejigo, rebollo o roble.** En este trabajo, esta especie ha aparecido solo una vez en el edificio de Casa los Tintes como viga. Sus características madereras, como dureza o densidad la hacen buena para la construcción. Su función es soportar las estructuras y cargas dándole flexibilidad. Sus usos más comunes han sido de vigas y traviesas, para leña y carbón vegetal (García Esteban y col., 2003). Esta especie es autóctona en la provincia de Granada, es una de las especies más comunes en la Península Ibérica, menos en el cuadrante noroccidental. En la provincia de Granada limita con las zonas medias de las montañas, por su cercanía fue utilizado para la construcción de muchos edificios en toda la provincia, como en nuestro caso la viga de la Casa de los Tintes. Se conocen los encinares con quejigos del Puerto la Mora, aunque su extensión en el pasado tuvo que ser grande, hoy día es ocupada gran parte de su área por la encina o los pinos debido a su utilización por el hombre. Ha sufrido una gran pérdida de suelo y degradación e incluso el matorral que se encuentra al lado del quejigo no guarda ninguna relación (Galán y col., 2013; García y Rivera, 2009).

Conclusiones

- Este estudio ha permitido el análisis de las muestras y la formación del alumnado transversalmente y desde diversos puntos de vista y disciplinas como la Biología Celular, la Arquitectura, la Didáctica de las Ciencias Experimentales, las Bellas Artes, la Historia del Arte o la Restauración.
- Tras el análisis histológico de las muestras de maderas pertenecientes a edificios históricos en la provincia de Granada, y adaptando el protocolo a cada una de las muestras analizadas según sus características y estado de biodeterioro, se han podido identificar todas y cada una de las muestras de este estudio.
- Este estudio pone de manifiesto que el tipo de madera utilizada en las casas del albaicín mantiene la línea en el uso de especies ya utilizadas en otros momentos, así como en otros edificios históricos granadinos, en donde se ve el uso preferente de estas especies, de coníferas como el pino, o de frondosas como el chopo y de aprovechamiento de maderas geográficamente próximas. Se han encontrado un mayor número de coníferas respecto a frondosas, debido a que las maderas de coníferas son duras, menos atacables por agentes biológicos y más impermeables por su resina, mientras que la madera de frondosas como el chopo son más blandas y permeables, siendo más atacables y mucho menos resistentes que las coníferas.
- Las especies arbóreas identificadas en las muestras de madera han sido *Cupressus*

sempervirens, *Pinus sylvestris*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinea*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Castanea sativa*, *Taxus baccata*, *Populus alba*, *Quercus faginea* y *Morus alba*. Sin embargo, existen estudios de la presencia de otras maderas como por ejemplo el olmo y el nogal, en construcciones históricas granadinas.

- La especie más utilizada en la construcción de los cinco edificios ha sido *Pinus pinea*, seguido de *Pinus sylvestris*, debido a la gran dureza de su madera para resistir fuerzas de flexión y compresión, así como su disponibilidad geográfica en el entorno de Granada.
- La segunda madera más utilizada ha sido la de *Populus alba*, que, al ser una madera más blanda, se ha utilizado en elementos secundarios con el objetivo de aligerar peso en las cubiertas, siendo bastante económica y abundante en la zona.
- Las especies utilizadas en la construcción de las casas estudiadas del barrio del Albaicín de Granada son maderas de la zona y su uso ha dependido de la función que iban a tener en dicha construcción, del coste y de la importancia de cada una de las estructuras, siendo utilizadas las maderas más duras en piezas estructurales y de mayor tamaño, y las maderas más blandas en piezas más pequeñas, decorativas y de menor importancia.
- Aunque con este estudio se amplía el banco de datos de las maderas utilizadas en estructuras arquitectónicas, se hace evidente la necesidad de más estudios sobre la tipología de las maderas.
- Este trabajo aglutina diversas disciplinas (como la Biología, Botánica, Biología Celular, Arquitectura o Restauración) y facilita una herramienta que ayuda a los investigadores, conservadores y restauradores de nuestro patrimonio, en la clasificación y caracterización de las especies utilizadas en las construcciones históricas y tradicionales de la provincia de Granada.

Referencias

- Alario Catalá, E. (2012). Dinteles en edificación. Elementos a menudo olvidados, 2014-2016. 137-152.
- Alía, R., Galera, R., Agúndez, D., De Miguel, J., Notivol, E., y Martín, S. (1999). Variación genética y recomendación de uso de procedencias de *Pinus sylvestris* en España. Aplicación de los modelos diagnósticos e idoneidad. *Forest Systems*, 8(3), 207-224.
- Aljazairi, S., Aljazairi López, G., Vidal, M., López Garrido, E. (2015). Identificación de especies de maderas utilizadas en la Carpintería de Lo Blanco Mudéjar de la Provincia de Granada. Cap. de libro extraído de Carpintería de Lo Blanco en ejemplos granadinos. Lógicas constructivas, conservación y restauración. (12), 299-311. España: Editorial Universidad de Granada.
- Aljazairi López, G. (2015). Carpintería de Lo Blanco en ejemplos Granadinos. Lógicas constructivas, conservación y restauración. España: Editorial Universidad de Granada.
- Barañao, J., Peñón, E., Craig, E., Cucciufo, E. y De Falco, P. (2008). Ingenieros Agrónomos. Manual para la identificación de maderas. Universidad nacional de Lujan.
- Bollini, H. (2000). Misiones jesuíticas: visión artística y patrimonial: voces y emblemas en las reducciones jesuítico-guaraníes, 1609-1768. Ed. Corregidor, 2009 – 398.
- Caballero Zoreda, L. y Rodríguez Trobajo, E. (2010). Las iglesias asturianas de Pravia y Tuñón: Arqueología de la arquitectura Editorial CSIC Press.
- Camarero, J.J., Rull, V., Cañellas-Boltà, N., Giral, S., y Valero-Garcés, B.L. (2016). Reconstruyendo la historia de los bosques pirenaicos. Proyectos de Investigación en Parques Nacionales, 2014-2016. 137-152.
- Cerrillo, RMN. y Pastor, AP. (2003). Regeneración natural del tejo (*Taxus baccata* L.) en el parque natural de las Sierras Tejadas, Almijara y Alhama (Málaga-Granada): aplicación a la restauración. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (15), 159-164.
- Fernández Ibañez, C. (2001). La madera: Composición, Alteraciones y Restauración. *Boletín del Museo de las Villas Pasiegas. Asociación de Estudios Pasiegos*. Santander.
- Fernández Puertas, A. (2015). El arte de la madera en el al-Andalus y el Magrib. Cap. de libro extraído de Carpintería de Lo Blanco en ejemplos Granadinos. Lógicas constructivas, conservación y restauración. (01), 13-31. España: Editorial Universidad de Granada.
- Galán, P., Gamarra, R., García, JI. y Álvarez, S. (2013). Árboles de la Península Ibérica. Madrid.
- Galindo, AMN. y Montes, PA. (1999). Aplicaciones medicinales de algunas especies ornamentales de Granada. *Blancoana*, (16), 98-102.
- Gallardo, F. (2002). El castaño (*Castanea sativa* Mill.) en el Parque Natural Sierra Nortede Sevilla. *Montes* 69: 18-24.
- García, AA. y Rivera, I. (2009). La vega de Granada-Realidad Patrimonial. La Acequia Gorda delGenil, pasado y futuro de La Vega. Master de arquitectura y patrimonio histórico.

- García Esteban, L., Guindeo, A., Peraza, C. y de Palacios, P. (2003). La madera y su anatomía. Anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Madrid: Editorial MundiPrensa.
- Génova Fuster, M., Díez Herrero, A., Muñoz Cuadros, E., de la Fuente Gregorio, S., Moreno Asenjo, MA., Rodríguez-Pascua, MA., (2015). Datación de maderas y su aplicación en la determinación de efectos de desastres naturales y edificios segovianos, Segovia Histórica 2-3, 2015-2016.
- Giménez, AM., Moglia, JC., Hernández, P., Gerez, R. (2005). Anatomía de la madera. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Cátedra de Dendrología.
- Gutiérrez Oliva, A., Baonza Merino, MV., Fernández-Golfín Seco, JI. (1997). Variaciones de la densidad de la madera de pino silvestre de los Sistemas Central e Ibérico. Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso IRATI 97. 5, 229-234.
- ICOMOS. Comité (1999). Carta del patrimonio vernáculo construido. Principios que deben regir la conservación de las estructuras históricas en madera. Adoptados por el comité ICOMOS en la 12ª Asamblea General en México, en octubre de 1999.
- Jiménez, K. (2013). Historia de la madera. Revista Arqphys.
- Linares, JC., Tiscar, PA. (2010). Climate change impacts and vulnerability of the southern populations of *Pinus nigra* subsp. *Salzmannii*. *Tree Physiology*, vol 30, (7), 795–806, <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq052>
- López Pertíñez, MC. (2006). La carpintería en la arquitectura nazarí. Granada: Instituto Gómez Moreno de la Fundación Rodríguez Acosta.
- Maestro, C. y Monfort, NA. (2008). Material forestal de reproducción de " *Populus* autóctonos": propuesta para la restauración de riberas. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (24), 57-62.
- Mora Alonso-Muñoyerro, S. (2009). La enseñanza de la restauración arquitectónica: del alumno a profesor, Madrid 1975 – 2000. 355-363. Edita Fundación Obra social y Monte de Piedad de Madrid. Lerner & TL. Editores.
- Morales, C., Quesada, C., Baena, L. (2001). Árboles y arbustos. Granada. Guías de la Naturaleza. Diputación de Granada. Editorial: Los Libros de la Estrella.
- Nuere, E. (1989). La Carpintería de armar española. Madrid: Ministerio de Cultura. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1989. Colección del patrimonio artístico.
- Nuere, E. (2003). La carpintería de armar española. 384 pp. Editorial: Munillaloría.
- Nuere, E. (2007). Wood, in restoration and rehabilitation *Informes de la Construcción 59, (506), 123-130 abril.
- Palacios, P. (1997). Anatomía de madera de coníferas nivel de especie. Región norteamericana y europa. Tesis Doctoral. ETSI de Montes.
- Parada, M., D'Ambrosio, U., Garnatje, T., Gras, A. y Vallès, J. (2018). Inventario Español de los Conocimientos Tradicionales relativos a la Biodiversidad Agrícola.
- Peraza, MT. y A Chico, P. (2000). Arquitectura y urbanismo virreinal. Publicado por Mérida, Yucatán, México: Unidad de Posgrado e Investigación, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán; Mexico City: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Mérida.
- Rivas, L. (2018). Historia, determinación y funciones de maderas utilizadas para la restauración de edificios en la provincia de Granada. Universidad de Granada
- Rodríguez Trobajo, E. (2008). Procedencia y uso de madera de pino silvestre y pino laricio en edificios históricos de Castilla y Andalucía. Arqueología de la arquitectura. Madrid.
- Salvador Cárdenas, MI. (2008). PROYECTO PD 512/08 Rev. 2(I) "Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales" Protocolo de campo para la selección y colección de muestras para la caracterización anatómica y de propiedades físicas, mecánicas, químicas y tecnológicas de la madera.
- Valentín Rodrigo, N. (2003). "Biodeterioro. Infestaciones y su erradicación" En Retablos. Bienes Culturales. Instituto del Patrimonio Histórico Español. Conferencia basada en la publicación "El biodeterioro de materiales orgánicos". Nieves Valentín y Rafael García. Ed. Arbor. Ed. IPHE., 2: 175-186.
- Vázquez Correa, AM. y Ramírez Arango, AM. (2011). Curso anatomía e identificación de maderas. Facultad Nacional de Colombia.
- Vignote, S. (2014). Principales maderas de frondosas de España. Características, tecnología y aplicaciones. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.
- Wolfgang Nutsch (2000). Tecnología de la madera y del mueble Editorial: REVERTEEAN.