



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-118

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Bosques milenarios y patrimonio cultural en Andalucía: la dendrocronología como herramienta para estudiar las interacciones hombre-bosque en el Mediterráneo occidental

ALEJANO, R.¹, WAZNY T², VÁZQUEZ-PIQUÉ J¹, GARCÍA GONZÁLEZ I³, DOMÍNGUEZ-DELMÁS M³

¹Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva

²Tree Ring Lab, Universidad de Arizona

³ Departamento de Botánica, Universidad de Santiago de Compostela

Resumen

Las Sierras de Cazorla-Segura han proporcionado madera de *Pinus nigra* para la construcción de edificios y barcos desde al menos la Edad Media. La madera se bajaba por el río Guadalquivir hacia ciudades como Úbeda, Córdoba o Sevilla, donde puede encontrarse en edificios históricos. A pesar de los aprovechamientos de madera realizados durante siglos, estas sierras conservan varias áreas de pinares viejos, entre ellas un bosque milenario de pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *Salzmannii*), el más longevo de la Península Ibérica y un auténtico archivo viviente del clima del pasado y de las interacciones del hombre con el bosque. Con el fin de estudiar dichas interacciones y conocer cómo afectaron a las masas de salgareño que perviven en el sur peninsular, hemos desarrollado un proyecto de investigación financiado por National Geographic Society, con tres objetivos fundamentales: i) conocer la edad y el estado actual de estos bosques viejos (enfoque ecológico/selvícola); ii) construir cronologías de anillos y estudiar como el clima y las perturbaciones naturales y antrópicas han influido en el crecimiento de los árboles (enfoque dendrocronológico); iii) muestrear edificios históricos contruidos con madera de salgareño de las sierras para desarrollar cronologías de maderas históricas que pueda sincronizarse con las de árboles vivos, mostrando el potencial de la dendrocronología para dataciones históricas en el mediterráneo occidental (enfoque histórico). Para ello hemos tomado 432 muestras de árboles vivos en seis zonas de las sierras de Cazorla y Segura, y 169 muestras en once edificios históricos (Granada, Úbeda y Huéscar). Se han obtenido 6 cronologías de árboles vivos, y el análisis de muestras de maderas históricas continúa en proceso.

Palabras clave

Pinus nigra, dendroarqueología, madera histórica, anillos de crecimiento

1. Introducción

Los bosques ibéricos han sufrido una progresiva transformación y agotamiento de sus recursos que se hace más intensa desde la Edad Media. Esto propicia, a partir del s. XVI, la promulgación de leyes y políticas de protección y recuperación de bosques así como la importación de madera de otros países (Domínguez-Delmás et al., 2015). El legado de esta historia se ha convertido en parte de nuestro patrimonio cultural, donde madera procedente de diferentes periodos históricos y origen geográfico ha sobrevivido hasta nuestros días en yacimientos arqueológicos, edificios históricos y obras de arte o mobiliario. La dendrocronología permite extraer la información histórica, etnográfica y medioambiental contenida en este patrimonio construido en madera, y contribuye a comprender mejor las interacciones entre el hombre y el bosque en el pasado (Domínguez-Delmás et al., 2015).

La dendrocronología es la ciencia que estudia las variaciones de crecimiento anual en los anillos de las especies leñosas, y se fundamenta en la premisa de que árboles de la misma especie creciendo en la misma zona geográfica e influenciada por las mismas condiciones climáticas produce series de anillos de crecimiento con un patrón similar. La aplicación más evidente de esta ciencia en Humanidades es la datación absoluta de artefactos y estructuras de madera (dendroarqueología). Además, puesto que existe una densa red de cronologías de referencia representando numerosas áreas geográficas, la procedencia de la madera también puede determinarse con distintos grados de resolución (dendroprocedencia, Eckstein and Wrobel, 2007; Bridge, 2012). Un paso fundamental para datar y conocer la procedencia de madera (pre)histórica de una zona concreta es por lo tanto el desarrollo de cronologías de referencia tan largas como sea posible en esa área geográfica.

Andalucía es una región con un rico patrimonio cultural y natural. Se han encontrado vestigios de culturas prehistóricas en diferentes lugares y las Sierras de Cazorla y Segura albergan una población de pinos salgareños (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*) milenarios (Creus, 1998), en las laderas del pico Cabañas (2027m). Estas Sierras, que hoy son Parque Natural, son además un nudo hidrológico de gran importancia, ya que en ellas nacen el río Guadalquivir que discurre hacia el Atlántico, y el río Segura, cuyas aguas vierten al Mediterráneo. Diversos trabajos realizados en esta zona (Domínguez-Delmás et al., 2013; Dorado-Liñán et al., 2013; Tíscar, 2004) han confirmado que el bosque del Cabañas es el más viejo encontrado hasta el momento en la Península Ibérica. Se trata de un auténtico tesoro vivo que merece más atención y estudios sobre su ecología, estructura, dinámica e historia, que contribuyan al desarrollo de políticas efectivas para su protección. Los pinos de estas montañas han suministrado madera de construcción para edificios y barcos al menos desde la Edad media (e.g. Cordoba de la Llave, 1990; De Aranda and Antón 1990; De la Cruz 1994; Araque 2007) cuando ya los pinos se flotaban por el río Guadalquivir o sus afluentes, desde la parte alta de las montañas hasta las ciudades situadas en las zonas medias o bajas del curso, por lo que la madera de estas sierras puede encontrarse en edificios y estructuras de ciudades como Úbeda, Jaén, Córdoba, Granada o Sevilla, que además son muy ricas en patrimonio cultural. En definitiva Andalucía es un área clave para estudiar las interacciones hombre-medio ambiente durante el pasado milenio (Domínguez-Delmás et al, 2015).

2 Objetivos

El objetivo general de este proyecto es evaluar y validar el potencial de la dendrocronología y dendroarqueología en Andalucía, ilustrando la importancia de su aplicación para el estudio del patrimonio cultural hecho de madera. Para conseguir este objetivo general nos centramos en dos objetivos específicos:

1. *Desarrollar cronologías de referencia de pino salgareño en zonas previamente identificadas como bosques viejos (OGF).*
2. *Investigar el patrimonio arquitectónico de la región con un enfoque dendroarqueológico, mediante muestreo de cubiertas de madera de edificios históricos, evaluando el potencial para la datación generado por las cronologías de árboles vivos (pino salgareño).*

3 Metodología

3.1. Cronologías en árboles vivos

Para desarrollar cronologías de árboles vivos, en primer lugar se seleccionaron cinco sitios en bosques viejos que aún no habían sido estudiados o donde queríamos completar muestreos anteriores: la Sierra de La Sagra (Granada), La Cabrilla Baja (Jaén), Navanoguera (Jaén), Poyos de la Mesa (Jaén) y Linarejos (Jaén). El muestreo comenzó con la selección de los pies aparentemente más viejos de la zona, tratando de conseguir una muestra de al menos 20 pies por área. En cada árbol se extrajeron un mínimo de dos muestras tomadas a la altura del pecho (1.3 m) en direcciones perpendiculares, utilizando barrenas de Pressler de 60 cm (5 mm diámetro). En cada zona se tomaron además datos descriptivos generales (pendiente, exposición, cobertura del suelo, pedregosidad), e información de cada árbol (diámetro, altura y coordenadas individuales). Las muestras de madera se guardaron en pajitas de papel correctamente identificadas. En el laboratorio estas muestras se encolaron sobre soportes de madera con las traqueidas orientadas verticalmente. Para facilitar la visualización de los anillos se cortó la superficie transversal de las muestras con cuttex y se aplicó polvo de tiza en la superficie para mejorar la visualización de los anillos. La anchura de anillo se midió con una precisión 0.01 mm usando una mesa de medición TimeTable (VIAS, University of Vienna) y el software PAST4 v.4.3 (B. Knibbe, SCIE M). La datación cruzada de las series de cada zona se realizó por comparación visual y estadística usando el software PAST4. La inserción de anillos ausentes y la calidad de la datación cruzada entre series se verificó con el programa COFECHA (Holmes 1983; Grissino-Mayer 2001). Posteriormente se realizaron cronologías estándar (STD) y residual (RES) para cada zona con el programa ARSTAN (Cook and Holmes 1986) usando la

serie media por árbol. La estandarización de las series para eliminar el ruido se realizó aplicando un spline cúbico de 100 años y 50% de reducción de varianza (Wigley et al. 1984, Cook and Peters 1981). Las series de índices resultantes se promediaron con una media robusta para obtener la cronología estándar de cada localidad.

3.2. Muestreo de edificios históricos

La premisa para la selección de edificios fue que contuvieran madera de pino salgareño en sus cubiertas o estructuras. En unos casos nos basamos en información histórica, y en otros se asumió que debido a la proximidad de los bosques de pino salgareño, esa sería la madera más usada. La voluntad de colaboración de tres instituciones propietarias de patrimonio cultural datando entre los siglos XIV y XVIII (Universidad de Granada), y ayuntamientos de Úbeda (Jaén) y Huéscar (Granada), fue definitiva para la selección de inmuebles, ya que la obtención de permisos de muestreo es en ocasiones una fuerte limitación para este tipo de trabajos.

Las muestras en edificios pueden ser secciones transversales tomadas de vigas u otras estructuras, o tarugos extraídos con taladro. Generalmente se obtienen de elementos de madera en cubiertas, techos o suelos. Cuando partes de los edificios son restauradas, es frecuente que la madera vieja se almacene, o se venda a carpinterías o empresas, y ese es un material de gran valor para la investigación. Si no se dispone de este material hay que muestrear la madera con un taladro eléctrico con broca de 1.2 cm de diámetro. Es importante elegir con cuidado los elementos que se van a muestrear, buscando siempre los que contengan muchos anillos, porque cuanto más larga sea la serie obtenida mayor será la probabilidad de datación. Baillie (1982) considera que 100 anillos es el mínimo para que una muestra sea adecuada para datación dendrocronológica, y Hillam (2004) propone muestrear entre 8 y 10 piezas por fase constructiva. En grandes edificios conviene incluso ampliar este número ya que es probable que la madera provenga de diferentes fuentes (De Vries, 1994).

Las muestras tomadas con taladro se almacenaron en sobres correctamente etiquetados, incluyendo observaciones sobre el elemento muestreado. Estas muestras se tomaron en las partes menos visibles de cada elemento, y los huecos se taponaron con corcho pintado del color de la madera, para camuflar la intervención y marcar a la vez el lugar de muestreo. Estas muestras se prepararon de la misma forma que las de árboles vivos, pero al ser más gruesas permitieron su manejo sin necesidad de encolarlas a soportes de madera. En las rodajas obtenidas de elementos sustituidos o desechados se limpiaron dos o tres radios con escalpelo, desde el centro hasta el último anillo de la muestra. En la tabla 1 aparecen los edificios muestreados y el número y tipo de muestras obtenido en cada uno de ellos.

4. Resultados preliminares

4.1. Cronologías de árboles vivos

Se tomaron un total de 432 muestras en 206 pinos localizados en cinco zonas (tabla 1). El análisis de árboles de La Sagra (LSA) ha permitido desarrollar una cronología para el periodo AD 1323-2014 (Figs.1y 2), con tres árboles de más de 600 años. El árbol más viejo tiene 692 años, y el más joven 145. El análisis de pies de La Cabrilla (CBR) aún está en desarrollo, pero ya se han encontrado dos pies mayores de 400 años. Asimismo se ha encontrado un pie de más de 700 años, pero aún no ha sido sincronizado con el resto. En Linarejos se han procesado 71 muestras de las 115 recogidas. Los resultados preliminares indican que esta zona, la más baja en altitud, es la que alberga el bosque más joven de los muestreados, con árboles entre 50 y 220 años.

Tabla 1. Zonas de muestreo de árboles vivos, incluyendo también muestreos anteriores (áreas muestreadas anteriormente y complementadas en este proyecto)*

Fecha de muestreo	Área	Propiedad	Altitud (msnm)	Número de pies	Numero de muestras
Nov 2014	La Sagra	Pública	1,641-1,831	20	51
Jun 2015	La Cabrilla Baja	Privada (E.Leria)	1,464-1,975	39	86
April 2010/ Jun 2015	Poyos de la Mesa*	Pública	1,400-1,637	17	34
April 2010 /Nov 2014	Linarejos*	Pública	1,079-1,177	65	115
April 2010/ Nov 2014	Navanoguera*	Pública	1,582-1,702	65	146
Total				206	447

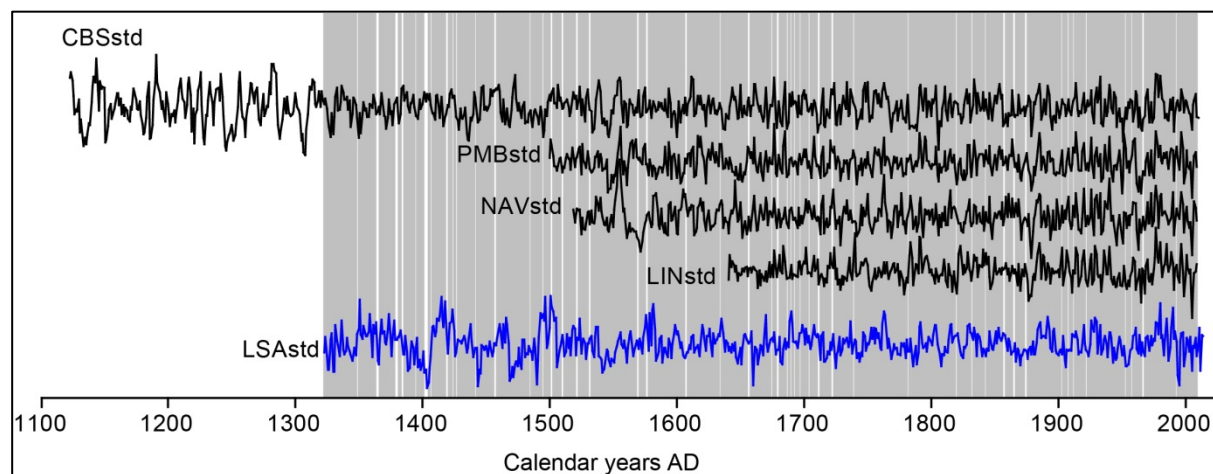


Figura1. Cronología standard de *Pinus nigra* en árboles vivos en LSA (azul) comparada con las cronologías obtenidas para la misma especie en áreas cercanas en un proyecto anterior (Domínguez-Delmás et al., 2013). El fondo gris indica los años en que la variación interanual entre las cronologías LSAsstd y CBSstd es sincrónica.

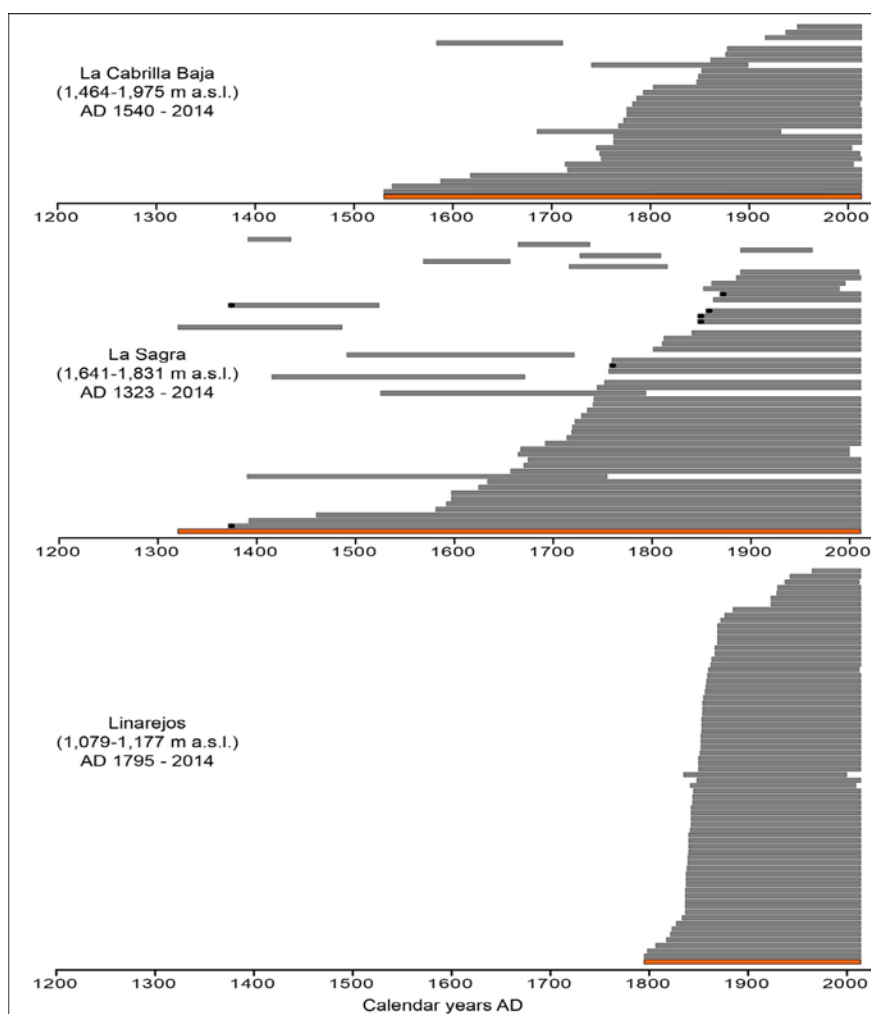


Figura 2. Gráfico de barras mostrando el periodo de tiempo cubierto por las muestras analizadas (54 de La Cabrilla Baja, 71 de Linarejos y 51 de La Sagra). El círculo negro indica la presencia del centro medular del árbol en la muestra. Las barras naranjas representan el periodo temporal cubierto por la cronología de cada sitio.

4.2. Cronologías de edificios históricos

En total se recogieron 168 muestras de 11 edificios construidos entre los siglos XIII y XVIII (tabla 2). Los resultados preliminares incluyen la datación de algunas muestras con las cronologías desarrolladas, y en algunos edificios se han obtenido cronologías flotantes por datación cruzada entre muestras de la misma estructura.. Además en la Facultad de Derecho, varias muestras presentan correlaciones muy fuertes entre ellas, indicando que las piezas proceden del mismo árbol .

Tabla 2. Muestras de edificios históricos; UGR-: Universidad de Granada, AYTO UBD: Ayuntamiento de Úbeda, AYTO HU: ayuntamiento de Huéscar, IC: Iglesia Católica; FC: fecha de construcción del edificio; NM: número total de muestras; NC: muestras obtenidas con taladro; NS: secciones transversales; NO: otras piezas de madera.

Ciudad	Edificio	FC (siglo)	propietario	NM	NC	NS	NO
Granada	Facultad de Derecho	XVIII	UGR	30	0	30	0
Granada	La Madraza	XIV	UGR	2	2	0	0
Granada	Hospital Real	XVI	UGR	17	17	0	0

Huéscar, GR	Iglesia y convento de Santo Domingo	XVI	AYTO HU	14	14	0	0
Huéscar, GR	Iglesia de Santiago	XVII	IC	14	6	0	8
Huéscar, GR	Convento de San Francisco	XVII	AYTO HU	17	17	0	0
Huéscar, GR	Casa de los Abades	XVI	AYTO HU	11	11	0	0
Úbeda, Jaén	Hospital de Santiago	XVI	AYTO UBD	22	16	6	0
Úbeda, Jaén	Palacio Don Luis de la Cueva	XVI	AYTO UBD	5	0	5	0
Úbeda, Jaén	Iglesia de San Lorenzo	XIII	AYTO UBD	11	0	11	0
Úbeda, Jaén	Old house at La Redonda Street	XVI	AYTO UBD	25	0	25	0
TOTAL	11 edificios			168	83	77	8

4.2.1. Resultados dendrocronológicos de la Facultad de Derecho, Granada

De las 30 rodajas obtenidas de maderas desechadas tras la restauración de este edificio, se han conseguido datar 22 (73%) (Fig. 3). Las fechas apuntan a dos fases de construcción principales, una datando del último cuarto del siglo XVII y otra del siglo XIX. La primera fase corresponde a la sala de lecturas y a la sala Vistas, con fechas de corta entre el final del verano de 1687 y los primeros meses de 1688. Si estas dos zonas se remodelaron en 1884, como sugiere la información histórica, nuestros resultados evidencian la reutilización de la madera en las nuevas estructuras. La segunda fase corresponde al Patio Javier de Burgos y al Sector I. Todas las muestras datan con cronologías desarrolladas en proyecto anterior, procediendo la madera de distintos puntos de las montañas de Cazorla.

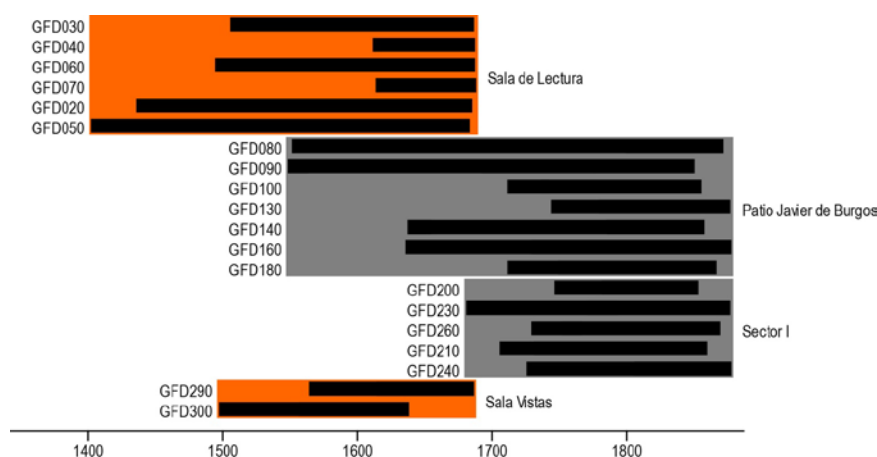


Figura 3. Gráfica de barras indicando los intervalos de tiempo cubiertos por las cronologías obtenidas de madera histórica de la Facultad de Derecho, Granada. Pueden observarse dos fases constructivas, la primera en el último cuarto del s XVII (Sala de lectura y Sala Vistas) y la segunda en el último cuarto del s XIX (Patio Javier de Burgos y Sector I.)

6.5. Perspectivas futuras

Nuestros primeros resultados demuestran la existencia de rodales viejos (de más de 500 años) de pino salgareño en sierras del Sureste peninsular que todavía no habían sido investigadas. Futuros esfuerzos se centrarán en desarrollar y mejorar cronologías de estas áreas para obtener un mejor conocimiento de su ecología, capacidad reproductiva, dinámica e historia.

La datación de edificios históricos ha sido un reto más complejo de lo esperado, pero los resultados preliminares obtenidos en la Facultad de Derecho demuestran el potencial de la dendrocronología para arrojar más luz sobre la historia constructiva de los mismos. La reutilización de madera del siglo XVII en remodelaciones del siglo XIX es un resultado interesante que informa sobre la calidad de la madera y el aprovisionamiento de la misma en diferentes periodos.

Esta línea de trabajo continuará tratando de datar las muestras históricas que aún no se han conseguido y muestreando nuevos edificios en Andalucía. La falta de dataciones en la mayoría de los edificios podría deberse a diferentes causas. En algunos casos, las maderas muestreadas presentaban cavidades de insectos que causaron la fractura de las muestras extraídas, impidiendo la obtención de series de anillos largas continuas. Otra razón es probablemente la concurrencia de anillos ausentes en las muestras, muy comunes en especies de pino, y que impiden la datación cruzada de series relativamente cortas (<80 años). Por último, los efectos de la altitud y la exposición en el crecimiento de los árboles no deben ser subestimados. La cronología de La Cabrilla Baja podría datar más maderas una vez se concluya, y más cronologías tendrán que desarrollarse en el futuro cercano. De esta forma esperamos obtener una visión general más detallada del uso de la madera de los bosques de Cazorla y Segura a lo largo de los siglos.

7. Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por el programa Waitts Grant de National Geographic Society ("Millennia old black pines and Andalusian Cultural Heritage to unravel human-environment interactions in the Western Mediterranean", Proyecto número W329-14).

8. Bibliografía

- DE LA CRUZ, J., 1994. La destrucción de los Montes. Universidad Complutense de Madrid.
- FRITTS, H.C., 1976. Tree-rings and climate. London, New York and San Francisco Academy Press
- ARAQUE JIMÉNEZ, E., 2007. Conducciones fluviales de madera desde las Sierras de Segura y Cazorla (1849- 1949) Cuad Geogr 40, 81-105.
- BAILLIE, M.G.L., 1982. Tree-ring Dating and Archaeology. University of Chicago Press, Chicago.
- BAILLIE, M. G. L. and Pilcher, J. R., 1973. A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 33, 7-14.
- BRIDGE????
- COOK, E.R., HOLMES R.L. 1986. Guide for computer program ARSTAN, in Holmes, R.L., Adams, R.K., Fritts, H.C. (Eds), Tree-Ring Chronologies of Western North America California, eastern Oregon and northern Great Basin Laboratory of Tree Ring Research, University of Arizona, Tucson.
- COOK, E.R., PETERS, K., 1981. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree Ring Bull* 41, 45-53.
- CÓRDOBA DE LA LLAVE, R., 1990. La industria Medieval de Córdoba. Caja provincial de Ahorros de Córdoba, Córdoba.
- CREUS, J. 1998. A propósito de los árboles más viejos de la Península, los *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco de Puertollano, Cabañas, Sierra de Cazorla, Jaén. *Montes* 54, 68-76.
- DE ARANDA Y ANTÓN, G. 1990. Los bosques flotantes: historia de un roble del siglo XVIII. Colección Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, ICONA, Madrid.
- DE VRIES, J., VAN DER WOUDE, A.M. 1997. The first modern economy. Success, failure and perseverance of the Dutch Economy, 1500-1815. Cambridge University Press, Cambridge.
- DOMÍNGUEZ-DELMÁS, M., ALEJANO, R., WAZNY, T., GARCÍA GONZÁLEZ, I. 2013. Radial Growth Variations of Black pine along an elevational gradient in the Cazorla mountains (South

Spain) and their relevance for historical and environmental studies. *European Journal of Forest Research* 132: 635-652

DOMÍNGUEZ- DELMÁS, M., ALEJANO, R., VAN DAALEN, S., RODRÍGUEZ- TROBAJO, E., GARCÍA-GONZÁLEZ, I., SUSPERREGUI, J., WAZNY, T., JANSMA, E. 2015. Tree Rings, Forest History and cultural heritage: current state and future prospects of dendroarchaeology in the Iberian peninsula. *Journal of Archaeological Science* 57: 180-196

ECKSTEIN, D., WROBEL, S. 2007. Dendrochronological proof of origin of historic timber: retrospect and perspectives, in Haneca, K., Beeckman, H., Gärtner, H., Helle, G., Schleser, G (eds). *TRACE. Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*. Vol 5, 8-20.

GRISSINO MAYER, H.D. 2001. Evaluating crossdating accuracy. A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree Ring Res* 57(2), 205–221

HILLAM????

HOLMES, R.L. 1983. Computer assisted quality control in tree ring dating and measurement. *Tree Ring Bull* 43, 69–78.

TÍSCAR, P.A., 2004. Estructura, regeneración y crecimiento de *Pinus nigra* en el área de Reserva Navahondona- Guadahornillos (Sierra de Cazorla, Jaén). PhD Dissertation, Universidad Politécnica de Madrid.

WIGLEY, T.M.L., BRIFFA, K.R., JONES, P.D., 1984. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *J Clim Appl Meteorol*, 23, 201–213.