

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/324154074>

# Técnicas y herramientas para la preparación de muestras extraídas de árboles para el análisis dendrocronológico

Conference Paper · January 2017

CITATIONS  
0

READS  
18

4 authors, including:



**Fabio Natalini**  
Universidad de Huelva  
25 PUBLICATIONS 24 CITATIONS  
[SEE PROFILE](#)



**Reyes Alejano**  
Universidad de Huelva  
83 PUBLICATIONS 290 CITATIONS  
[SEE PROFILE](#)



**Javier Vázquez-Piqué**  
Universidad de Huelva  
76 PUBLICATIONS 290 CITATIONS  
[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Filling in the blanks in European dendrochronology: building a multidisciplinary research network to assess Iberian wooden cultural heritage worldwide [View project](#)



Old Growth black pine forests and Andalusian cultural heritage [View project](#)



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | **Plasencia**  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-097

---

---

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Técnicas y herramientas para la preparación de muestras extraídas de árboles para el análisis dendrocronológico

Fabio Natalini<sup>1</sup>, Enrique Garriga García<sup>2</sup>, Reyes Alejano, Javier Vázquez-Piqué<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, Campus de La Rábida, 21819 Palos de la Frontera, Huelva

<sup>2</sup> Departamento de Silvicultura y Gestión de Recursos Forestales, CIFOR-INIA, Ctra. de la Coruña km 7.5, 28040 Madrid

### Resumen

Estudiar las tendencias del crecimiento de los árboles es importante para proporcionar fundamento científico a la gestión forestal sostenible. La dendrocronología es la ciencia que se ocupa de medir y datar los anillos de crecimiento de las especies leñosas. La investigación dendrocronológica de las relaciones entre crecimiento y factores ecológicos se desarrolla a partir de muestras de madera obtenidas del fuste de los árboles. Las mediciones dendrocronológicas presentan dificultades debidas a las anomalías que se pueden encontrar en los anillos (heridas de incendio, plagas o enfermedades, anillos estrechos, ausentes, falsos anillos o variabilidad del tejido xilemático). Un cuidadoso trabajo de preparación de las muestras debe asegurar su calidad, optimizar la visibilidad de los anillos y de sus características anatómicas, y así facilitar su posterior análisis y reducir las incertidumbres debidas a estas anomalías. La producción científica reúne escasa información sobre las técnicas de preparación de las muestras. En esta comunicación describimos herramientas y procedimientos para preparar muestras obtenidas con barrena forestal y a partir de secciones del fuste, basándonos en las experiencias obtenidas durante tareas de investigación en bosques mediterráneos ibéricos. Esta comunicación podrá servir de referencia tanto para la investigación científica, como para trabajos técnico-profesionales, así como para estudiantes de titulaciones relacionadas con la ecología y gestión de los bosques.

### Palabras clave

Dendrocronología, barrena forestal, muestras

### 1. Introducción

Un buen trabajo de investigación científica, así como un proyecto técnico, empieza con un proceso de preparación de muestras bien planeado y ejecutado. El estudio del crecimiento de los árboles es importante para comprender las dinámicas ecológicas de los bosques y proporcionar fundamento científico a la gestión forestal sostenible. La dendrocronología es la ciencia que se ocupa de la medición y la datación de los anillos de crecimiento de las especies leñosas. El crecimiento diametral de las plantas leñosas es influenciado por diversos factores ambientales, por tanto los anillos de crecimiento almacenan información acerca del entorno medioambiental. El término “dendroecología” se refiere a las aplicaciones de las técnicas dendrocronológicas para el estudio de los eventos ecológicos. La investigación dendroecológica se desarrolla a partir de muestras de madera obtenidas de plantas leñosas, más frecuentemente del tronco de los árboles. La selección de las áreas de muestreo, y de los árboles a muestrear, depende principalmente de los objetivos específicos de la investigación (Pilcher et al., 1990). El análisis dendrocronológico presenta diversas dificultades debidas a las anomalías que se pueden encontrar en los anillos. Heridas de incendio, daños causados por plagas o enfermedades o secuencias de anillos muy estrechos debidas a la competencia entre árboles, pueden dificultar la medición y datación de las cronologías. Además, en climas con alta variabilidad intra-anual, como el mediterráneo, los árboles presentan variaciones y discontinuidades en la formación del xilema (De Micco et al., 2016) que dificultan la distinción de anillo anuales. Asimismo, los anillos no completamente formados en la circunferencia del fuste (o ausentes) son frecuentes en las condiciones de sequía características del clima mediterráneo (Novak

et al., 2016), y constituyen una dificultad añadida para la datación de las cronologías. Por tanto, un cuidadoso trabajo de preparación de las muestras debe asegurar la calidad de las mismas, optimizar la visibilidad de los anillos y de sus características anatómicas, y así facilitar su posterior análisis y reducir las incertidumbres debidas a estas anomalías. La investigación dendroecológica se ha desarrollado mucho en las últimas décadas, tanto en el mundo como en la Península Ibérica, y su aplicación ha alcanzado contextos geográficos, ecológicos y climáticos muy diferentes. La literatura sobre los métodos de investigación dendrocronológica y sus aplicaciones proporciona amplias indicaciones para el muestreo y el análisis de las muestras (Creus Novau y Puigdefábregas, 1976; Maeglin, 1979; Génova y Gracia, 1984; Creus y Fernández-Cancio, 1992; Cano Sánchez, 1991; Creus Novau, 2000; Orvis y Grissino-Mayer, 2002; Grissino-Mayer, 2003; Llorente, 2012; Gutiérrez, 2009). Sin embargo, la información específica sobre las técnicas y herramientas para la preparación de las muestras se encuentra solo en pocos trabajos publicados por dendrocronólogos entre las décadas del 1940 y 1980 (Pilcher et al., 1990), y es muy escasa en publicaciones recientes (Speer, 2010, pp.87-94). Esta información queda a menudo en el conocimiento personal de los investigadores, sin tener difusión en la producción académica y científica.

## 2. Objetivos

En esta nota técnica proporcionamos indicaciones para la recogida y preparación de muestras dendrocronológicas obtenidas con barrenas forestales y rodajas de troncos de árboles, y describimos las herramientas y los procedimientos enfocados a optimizar la calidad de las muestras. Esta nota se basa en la experiencia obtenida especialmente durante trabajos de investigación con especies mediterráneas en bosques del sur de España (Natalini et al., 2015, 2016), que han presentado dificultades en las mediciones de los anillos y han requerido especial atención en la fase de preparación de las muestras, así como en la experiencia de otros autores en España (Gea-Izquierdo et al., 2009; Domínguez-Delmás et al., 2013). Esta nota ha sido realizada para constituir una referencia útil tanto para la investigación científica, como para trabajos técnico-profesionales de ingeniería aplicada en gestión forestal y del medioambiente, así como para estudiantes de titulaciones relacionadas con la ecología y gestión de los bosques.

## 3. Obtención de muestras dendrocronológicas

Las muestras más frecuentemente utilizadas en dendroecología son de dos tipos: testigos obtenidos con barrena forestal, y rodajas en sección transversal del tronco (Figura 1). La extracción de testigos es la técnica más utilizada. Sin embargo, puede ser inviable en árboles con madera muy dura. Las rodajas permiten observar los anillos en todo su desarrollo en la circunferencia del fuste, y por tanto pueden ser necesarias cuando el crecimiento de los anillos presenta muchas anomalías, como en el caso de especies frondosas de hoja perenne (Natalini et al., 2016; Gea-Izquierdo et al., 2009; Cherubini et al., 2003). Sin embargo, las rodajas se pueden obtener solo cuando los árboles son cortados en circunstancias específicas (por ejemplo durante operaciones selvícolas, cortas fitosanitarias u obras públicas), y esto puede imposibilitar el desarrollo de una estrategia de muestreo preestablecida (Natalini et al., 2016). En el caso de las rodajas, el corte de motosierra tendrá que ser perpendicular al fuste; las rodajas tendrán que tener una forma cilíndrica, con los dos cortes paralelos entre ellos: esto asegurará una superficie horizontal, que facilitará la observación de los anillos bajo lupa o estereomicroscopio. Además, es conveniente limitar el espesor de la rodaja a pocos centímetros, para facilitar su manejo.

La barrena forestal es constituida por tres elementos: un mango, un asta perforadora y un extractor (Figura 1). Existen barrenas de diferentes tamaños, que se distinguen por la longitud del asta perforadora. Con frecuencia se utilizan barrenas de 40 y 60 cm, con las que se pueden muestrear árboles con diámetros de hasta 80 y 120 cm. Una vez montada el asta en el mango, se procede a la extracción del testigo (Figura 2). Se empuja la punta perforadora contra la corteza, en dirección perpendicular al tronco, y se gira el mango en sentido horario. Para facilitar el empuje,

especialmente para perforar la corteza, se puede aplicar una prolongación perpendicular al mango que permita presionar con el pecho (“increment borer starter”, figura 5 en Grissino-Mayer, 2003). La barrena se debe introducir lo más perpendicular posible al fuste, y en línea con la sección radial del mismo, con el fin de alcanzar la medula (Figura 3). Obtener muestras en las que la medula sea visible, o que incluyen anillos muy cerca de la medula, es importante para una buena estimación de la edad del árbol. Para estimar si la punta extractora ha alcanzado la medula, o los anillos más próximos a ella, se puede comparar la longitud del extractor con la longitud de la parte del asta introducida en el fuste (Figura 2.4): si el extractor corresponde al radio del árbol, el asta ha alcanzado el centro del fuste. A continuación, se introduce enteramente el extractor en el asta, se gira el mango en sentido anti horario por  $90^{\circ}$ - $180^{\circ}$  para que la punta del extractor separe el testigo del tejido del fuste, y finalmente se podrá extraer el testigo. Para extraer la barrena del fuste, se gira en sentido anti horario, y puede ser necesario tirar al mismo tiempo, especialmente si se encuentran putrefacciones en el interior del fuste que bloquean el casquillo del perforador.

Normalmente se extraen testigos a la altura estándar de 1,30 m del suelo. Si deseamos conocer con mayor exactitud la edad del pie en estudio, se puede efectuar el barrenado lo más próximos a la base del pie muestreado. Sin embargo, esta operación puede resultar incomoda y no necesaria, ya que la diferencia entre la base del tronco y la altura estándar de 1,30 m suele ser de pocos años. Además, la base del fuste puede presentar una forma irregular debida a la actividad de las raíces, así como daños causados por enfermedades de las raíces, incendios o animales, que pueden causar anomalías en los anillos. Para mejorar la estimación de la anchura de los anillos, es conveniente extraer dos muestras de cada árbol, preferentemente en direcciones perpendiculares (Grissino-Mayer, 2003).

Una vez extraídos los testigos en campo, es conveniente guardarlos en pajitas de papel, en las que se apunta el código de identificación de la muestra: todas las pajitas se reúnen preferentemente en un tubo de cartón o plástico (Figura 4) para facilitar su transporte y evitar pérdidas. Se pueden utilizar canaletas o pajitas en plástico, que protegen mejor las muestras, pero no permiten la transpiración, facilitando la pudrición de la madera si las muestras permanecen en ellas durante varios días. Es importante procurar conservar la corteza en los testigos, porque eso permite identificar mejor el último anillo de crecimiento.



Figura 1. Rodajas de encina, testigo de pino piñonero y barrena forestal.





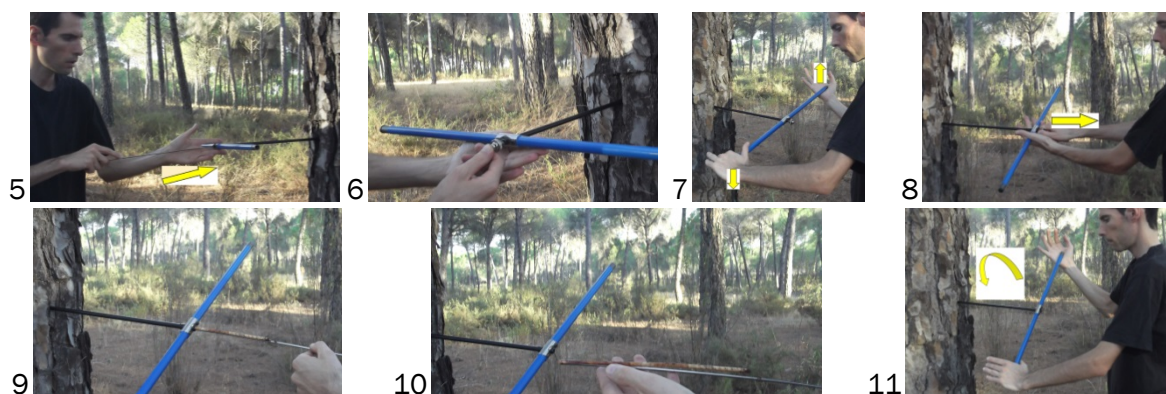


Figura 2. Procedimiento de extracción de un testigo con barrena forestal

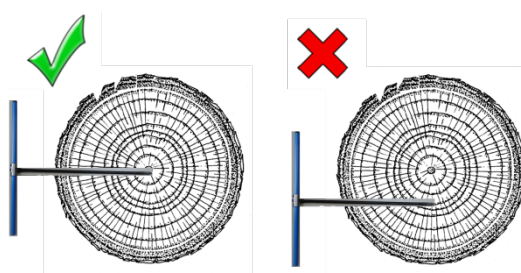


Figura 3. Introducción de la barrena en un fuste representado en sección transversal.

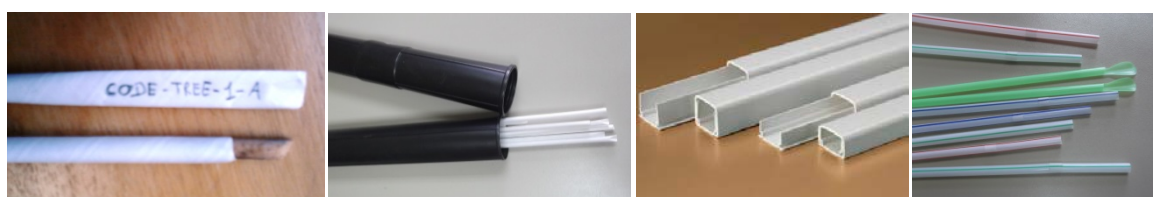


Figura 4. Pajitas de papel y tubo para guardar los testigos (izquierda). Canaletas y pajitas de plástico (derecha).

#### 4. Montaje de testigos sobre tablilla

Al finalizar el muestreo, los testigos se dejan en laboratorio, fuera del tubo (y de las canaletas o pajitas, si éstas son de plástico), para que pierdan humedad y evitar pudriciones. El secado de los testigos depende de las condiciones ambientales. Puede ser conveniente secarlos en estufa a 35°C (60°C según Speer, 2010) durante 24 horas. En condiciones ambientales secas, se pueden dejar secar al aire.

Los testigos se montan en tablillas de madera para su posterior lijado y análisis (Figura 5). Las tablillas pueden ser individuales, pero en un muestreo dendrocronológico se suelen recoger dos muestras por cada árbol, por lo que es conveniente utilizar tablillas con doble acanaladura, en las que se podrán montar las dos muestras de cada árbol. Esta facilita el trabajo de identificación, almacenamiento y análisis de las muestras. Cada acanaladura es de 3-4 mm de profundidad y 5 mm de ancho; a los dos lados de las acanaladuras, y entre ellas, se dejará un espacio de al menos 5 mm, en los que se anotan los códigos de identificación de las muestras y eventuales metadatos (fecha de muestreo, especies, etc.). El tamaño de las tablillas es variable, sin embargo se recomienda que sean al menos 1 cm de alto para facilitar el manejo durante el posterior lijado. Los testigos se colocan de manera que las fibras estén perpendiculares a la tablilla y sea visible la sección transversal (Figura 6). Se utilizará una cola blanca

para madera; después de aplicar la cola, para evitar que los testigos se muevan, se fijan con una cinta adhesiva de papel (Figura 6), y se les podrá colocar encima una prensa u otros objetos (que podrán ser otras tablillas). Se debe dejar secar la cola unas 24 horas. A continuación se procederá al lijado de las muestras. Si se observan defectos en el encolado (por ejemplo, las muestras no están bien fijadas), se pueden sumergir en agua, para que se desprendan, y recomenzar el montaje.

Si los testigos proceden de distintas especies, se deberán separar por especie a la hora de montarlos sobre las tablillas. No se deben montar sobre una misma tablilla testigos de especies de maderas duras y testigos de especies de maderas blandas: maderas de distinta dureza en una misma tablilla dificultarían el posterior análisis de los testigos, ya que el resultado del lijado efectuado con una misma lija difiere según el tipo de madera. Por eso, testigos de madera blanda y de madera dura tienen que ser procesados por separado. Además, si durante el muestreo se han utilizado barrenas de distinto tamaño, habrá que separar los testigos según el tipo de barrena utilizada para su extracción, porque el diámetro de los testigos extraídos por barrenas de diverso tamaño varían: testigos de diferente diámetro en una misma tablilla resultan en un plano de lijado inclinado, que dificulta el trabajo, por eso en una misma tablilla hay que colocar testigos con diámetro igual para tener un plano de lijado horizontal.

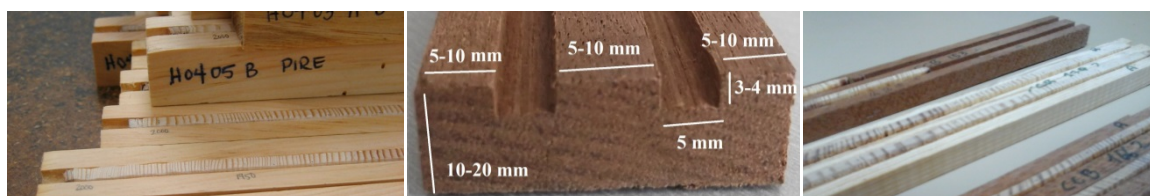


Figura 5. Testigos montados en tablillas individuales (izquierda; autor de la foto: Scott St. George, Universidad de Minnesota) y tablillas con doble acanaladura para el montaje de dos testigos (centro y derecha).



Figura 6. Montaje de testigos en las tablillas (izquierda). Correcta colocación de los testigos con la sección transversal hacia arriba e ilustración de la dirección de las fibras (derecha).

## 5. Lijado de las muestras

La finalidad del lijado es hacer bien visibles los anillos en las muestras, sean éstas rodajas o testigos montados en tablillas. El lijado se efectúa con lijadoras eléctricas, de las que se distinguen diversos tipos: las que se utilizan en trabajos de dendrocronología son las lijadoras de banda y las lijadoras rotorbitales, que proporcionan los mejores resultados para las finalidades de estas investigaciones. Las lijadoras de banda pueden ser de mano o de mesa (Figura 7). Si se trabaja con una lijadora de banda de mano, las muestras tienen que estar sujetadas a una mesa de trabajo: esto puede ser difícil en el caso que las muestras sean testigos montados en tablillas, por eso conviene el uso de lijadoras de banda de mesa, que permiten sujetar las tablillas con las manos. El lijado de una lijadora de banda es unidireccional, y la dirección del lijado será perpendicular a los anillos (Figura 8). El grano del papel utilizado en lijadoras de banda varía entre 60 y 320 (Figura 9). En muchos casos, y especialmente con testigos de coníferas, es suficiente un lijado hasta el grano 120. Sin embargo, granos más finos pueden proporcionar un lijado de mayor calidad, con mayor visibilidad de los bordes



de los anillos, que facilita la identificación de dobles anillos y de anillos muy estrechos, comunes en especies mediterráneas (Figura 10). Para obtener un buen lijado se deben utilizar discos con grano sucesivamente más fino, y no pasar de un grano muy grueso a un grano muy fino sin utilizar granos intermedios: una sucesión ideal es, por ejemplo, 60-120 (o 150)-180 (o 220)-320.



Figura 7. Lijadoras de banda de mesa (arriba) y de mano (abajo). En el centro: papel de lija utilizado en lijadoras de banda.

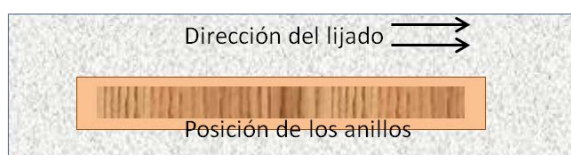


Figura 8. Posición de los anillos con respecto a la dirección del lijado.

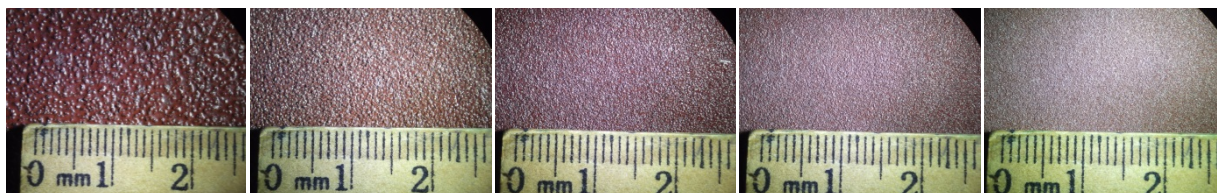


Figura 9. Fotografías de lijas con diversos granos tomadas en el ocular de un estereomicroscopio (aumento 30x). Granos de izquierda a derecha: 60, 120, 150, 220, 320.

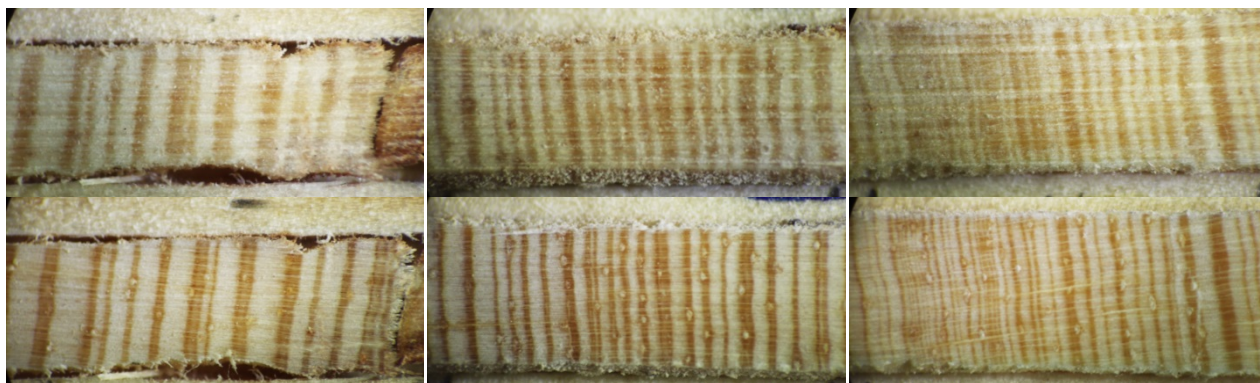




Figura 10. Tres testigos de pino piñonero lijados con lijas de grano 120 (fila superior) y con lija de grano 320 (fila inferior). Fotografías tomadas en el ocular de un estereomicroscopio.

La lijadora rotorbital (Figura 11) efectúa dos movimientos simultáneamente: un giro circular y otro excéntrico. Es especialmente útil cuando se trabaja con maderas duras. La lijadoras de banda dejan en los testigos unos arañosos denominados “ruido”, que dificulta mucho la medición de los anillos. Las lijadoras rotorbitales borran este ruido, y son necesarias cuando se trabaja con especies con madera dura en las que la identificación de los anillos es particularmente difícil, por ejemplo la encina. Los granos de los discos de lija varían entre 40 y 1500 (serie completa: 40, 60, 120, 180, 220, 240, 320, 400, 500, 1200, 1500). Durante el lijado se deben ir sustituyendo los discos de lija, sujetos al cabezal de la lijadora mediante un velcro. Como en el caso de las lijadoras de banda, se deben utilizar discos con grano sucesivamente más fino, y no pasar de un grano muy grueso a un grano muy fino sin utilizar granos intermedios: una sucesión ideal es, por ejemplo, 60-120-180-220-320-400-500. Se pueden usar los granos 60-180 en lijadoras de banda, y los siguientes en lijadora rotorbital. Los granos más finos (500-1500) pueden dar un acabado muy bueno, pero aumentan el riesgo de quemar la superficie de la muestra. El lijado produce mucho serrín, por lo que es necesario utilizar una aspiradora, mejor si está conectada a la lijadora. Entre otros dispositivos de seguridad (Figura 12), se utilizan máscaras para evitar daños a los ojos y la inhalación de serrín, que cuando es diminuto (especialmente si se utilizan lijas con granos muy finos) requiere el uso de máscaras con filtros P3. Es conveniente alternar las fases de lijado con observaciones de la muestra bajo lupa o estereomicroscopio, para verificar la calidad del lijado. Cuando se trabaja con especies frondosas, puede ser conveniente frotar la superficie con tiza blanca pulverizada para hacer resaltar los vasos (Figura 13).



Figura 11. Lijadora rotorbital y discos de lija



Figura 12. Dispositivos de seguridad: protectores auditivos, máscara, gafas y guantes de protección.

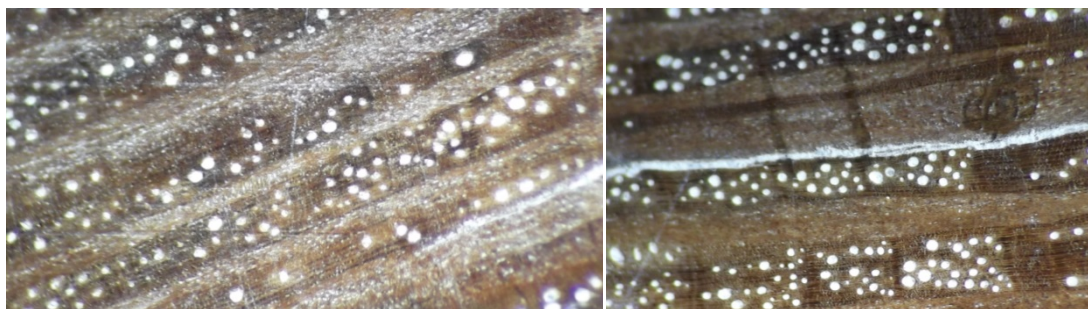


Figura 13. Ejemplo de la superficie de una rodaja de encina no acabada (izquierda), y de una superficie acabada (derecha). Fotografías tomadas en el ocular de un estereomicroscopio.

## 6. Conclusiones

En esta nota técnica hemos descrito las herramientas y los métodos utilizados para preparar las muestras dendrocronológicas utilizadas para estudios en especies mediterráneas en el sur de España. Su aplicabilidad, sin embargo, se puede extender a otras especies y áreas. La técnicas descritas proceden de experiencias con especies de madera blanda (como el pino piñonero) y dura (como la encina), y con varias anomalías y dificultades (como los dobles anillos, anillos muy estrechos o incompletos): esta variabilidad en las características de las muestras puede presentarse en muchas otras condiciones de clima y vegetación. Un límite en la aplicabilidad de las técnicas descrita está en la procedencia de las muestras, exclusivamente de árboles. En trabajos de dendroarqueología, por ejemplo, se pueden necesitar otras herramientas y técnicas para el procesamiento de las muestras, que pueden proceder de yacimientos o artefactos (Domínguez-Delmás, 2015). Además, las rodajas que hemos descrito varían alrededor de unos decímetros de diámetro, e incluyen secuencias de anillos completas (salvo podredumbres internas al tronco) desde la medula hasta la corteza. Pueden presentarse otras condiciones, como muestras muy pequeñas, con secuencias interrumpidas o en un degradado estado de conservación, que pueden requerir otro procesamiento. Finalmente, las técnicas descritas valen para la medición de las anchuras de los anillos, el parámetro más utilizado en dendrocronología; sin embargo, otros parámetros son ampliamente aplicados, como la densidad de madera o los isótopos, que requieren otro tipo de técnicas y herramientas (McCarroll & Loader, 2004).

## 7. Agradecimientos

Los autores agradecen a Guillermo Gea-Izquierdo (CIFOR-INIA, Madrid), Marta Domínguez-Delmás (Universidad de Santiago de Compostela) y Tomasz Wazny (Laboratory of Tree-Ring Research, Tucson, EE. UU.) instrucciones y consejos para las tareas de preparación de muestras dendrocronológicas llevadas a cabo durante las investigaciones en las que se basa esta nota.

## 8. Bibliografía

- Cano Sánchez, J.; 1991. Dendroclimatología. Calendario Meteorológico 1992, 240-242. Instituto Nacional de Meteorología, <http://hdl.handle.net/20.500.11765/907>
- Cherubini, P., Gartner, B. L., Tognetti, R., Braker, O. U., Schoch, W., Innes, J. L.; 2003. Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species 2586 from Mediterranean climates. *Biological Reviews* 78(01), 119-148
- Creus Novau, J., Puigdefábregas T. J.; 1976. Climatología histórica y dendrocronología de *Pinus uncinata* Ramond. Cuadernos de investigación: Geografía e historia 2(2), 2652 17-30.

Creus Novau, J.; 2000. Dendrocronología y Dendroclimatología, o cómo los árboles nos cuentan el clima del pasado. En: García Codrón, J. C. (ed.); La reconstrucción del clima de época preinstrumental. 5º Reunión Nacional de Climatología. 81-122. Santander: Servicio de publicaciones de la Universidad de Cantabria.

Creus, J., Fernández-Cancio, A.; 1992. Cuantificación del clima pasado a partir de series dendrocronológicas. Síntesis metodológica. Actas del Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica.

De Micco, V., Campelo, F., De Luis, M., Bräuning, A., Grabner, M., Battipaglia, G., Cherubini, P.; 2016. Intra-annual density fluctuations in tree rings: how, when, where and why?. *IAWA Journal* 37(2), 232-259.

Domínguez-Delmás, M., Alejano, R., Wazny, T., García González, I., 2013. Radial growth variations of black pine along an elevation gradient in the Cazorla Mountains (South of Spain) and their relevance for historical and environmental studies. *European Journal of Forest Research* 132 (4) 635–652

Domínguez-Delmás, M.; 2015. Forest history, timber supply and tree rings - Historia forestal, abastecimiento de madera y anillos de crecimiento. Tesis doctoral, Universidad de Huelva, <http://hdl.handle.net/10272/12241>

Gea-Izquierdo, G., Martín-Benito, D., Cherubini, P., Cañellas, I.; 2009. Climate-growth variability in *Quercus ilex* L. west Iberian open woodlands of different stand density. *Annals of Forest Science*, 66(8), 802.

Génova, R., Gracia, C. A.; 1984. Análisis dendroclimatológico (*Castanea sativa* Mill.) en el macizo del Montseny. *Mediterránea Ser. Biol.* 7, 67-82

Grissino\_Mayer, 2003. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-Ring Research* 59(2), 63-79

Gutiérrez, E.; 2009. La dendrocronología: métodos y aplicaciones. En: Miguel Angel Cau Ontiveros, M. A., Nieto Prieto, F. X., (eds.). *Arqueologia nàutica mediterrània*, 309-322. Girona, Centre d'Arqueologia Subacuàtica de Catalunya.

Llorente, C., 2012. La historia que nos explican los árboles. *Biología on-line. Revista de divulgació de la Facultat de Biologia* Vol. 1, Núm. 2, [http://revistes.ub.edu/index.php/b\\_on/index](http://revistes.ub.edu/index.php/b_on/index)

Maeglin, R. R.; 1979. Increment cores. How to collect, handle and use them. United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL 25

McCarroll, D., & Loader, N. J. (2004). Stable isotopes in tree rings. *Quaternary Science Reviews*, 23(7), 771-801.

Natalini, F., Alejano, R., Vázquez-Piqué, J., Cañellas, I., Gea-Izquierdo, G.; 2016. The role of climate change in the widespread mortality of holm oak in open woodlands of Southwestern Spain. *Dendrochronologia*, 38, 51-60.

Natalini, F., Correia, A. C., Vázquez-Piqué, J., Alejano, R.; 2015. Tree rings reflect growth adjustments and enhanced synchrony among sites in Iberian stone pine (*Pinus pinea* L.) under climate change. *Annals of Forest Science*, 72(8), 1023-1033.

Novak, K., De Luis, M., Saz, M. A., Longares, L. A., Serrano-Notivoli, R., Raventós, J., et al.; 2016. Missing rings in *Pinus halepensis*—the missing link to relate the tree-ring record to extreme climatic events. *Frontiers in Plant Science*, doi: 10.3389/fpls.2016.00727

Orvis, K. H., Grissino-Mayer, H. D.; 2002. Standardizing the reporting of abrasive papers used to surface tree-ring samples. *Tree-Ring Research* 58(1/2), 47-50

Pilcher, J. R., et al.; 1990. Primary data. En: Cook, E. R., Kairiukstis, L. A. (eds.); *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. 23-96. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands

Speer J.H.; 2010. *Fundamentals of tree-ring research*. University of Arizona Press, Tuscon, USA