

Utilización de la dendrogeomorfología como geoindicador para evaluar procesos de erosión

J.M. Rubiales (1), J.M. Bodoque (2), J.A. Ballesteros (3), A. Díez-Herrero (3)

- (1) Departamento de Silvopascicultura, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid. Correo electrónico: jm.rubiales@upm.es
- (2) Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, Facultad de Ciencias del Medio Ambiente, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Fábrica de Armas, 45071 Toledo
- (3) Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica, Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 28003 Madrid

Abstract

Use of dendrogeomorphology as geoindicator to assess erosion processes

Anatomical changes of exposed tree roots are a valuable tools to date erosion events. The roots of some tree species subjected to erosive events suffer changes allow to quantify such processes. A descriptive and quantitative study was conducted in Scots pine *Pinus sylvestris* L the Senda Schmidt, a popular trail located on the northern slope of the Sierra de Guadarrama (Central Iberian System, Spain). Measurement of significant parameters allowed the moment of exposure of the roots to be identified. These parameters were: a) width of the growth ring; b) number of cells per ring; c) percentage of latewood and d) diameter of cellular light in earlywood. A one-way analysis ANOVA was also carried out in order to establish statistically significant differences between homogeneous groups of measurements in preexposed and exposed roots.

Palabras clave: Dendrogeomorfología, erosión laminar, anillos, anatomía de la madera

Key words: Dendrogeomorphology, sheet erosion, tree ring, wood anatomy

1. INTRODUCCIÓN

La Sierra de Guadarrama recibe un flujo continuo de visitantes que acuden a este espacio para disfrutar de actividades al aire libre como el senderismo. La consecuencia más inmediata es una disminución del valor recreacional y natural de las sendas y caminos, debido a que aumenta la intensidad con la que actúa la erosión hídrica.

Para paliar este impacto los gestores necesitan información objetiva y fiable, en relación a los factores que inducen la degradación así como las tasas correspondientes.

Desde mediados del siglo pasado se han estado utilizando raíces expuestas en estudios dendrogeomorfológicos (Alestalo, 1971) para estimar tasas de erosión hídrica (Carrara y Carroll, 1979). Pero este método lleva asociado errores en la estimación de las tasas derivados de la incertidumbre en la fecha de exposición por erosión (Bodoque et al., 2005). Una alternativa

a los procedimientos clásicos macroscópicos, más precisa, consiste en analizar los cambios en la estructura anatómica de los anillos de crecimiento debido a la exposición (Bodoque et al., 2005; Gärtner, 2007; Rubiales et al., 2008).

El objetivo de este trabajo es describir la respuesta en los tejidos de raíces expuestas de *Pinus sylvestris*, con objeto de determinar con precisión el primer año de exposición, y así poder estimar tasas de erosión hídrica de forma fiable.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área muestreada corresponde a un camino bien conocido dentro de la Sierra de Guadarrama: la Senda Schmidt (Figura 1). Se ubica a media ladera en la vertiente meridional del macizo de Siete Picos, entre los puertos de Navacerrada y Fuenfría. Esta Senda tiene un uso recreativo casi exclusivo,

generalmente asociado a senderismo (Bodoque et al., 2005).

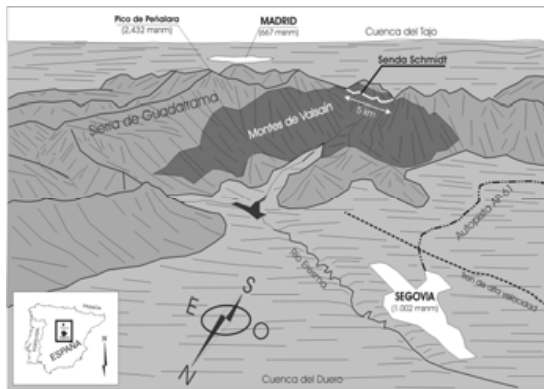


Fig.1. Localización del área de estudio en el contexto de la sierra de Guadarrama y los montes de Valsain.

3. METODOLOGÍA

3.1. Muestreo

En la senda Schmidt se cortaron 36 secciones de raíces expuestas de *Pinus sylvestris* (Figura 2), de las cuales únicamente se consideraron 18 para realizar el análisis anatómico. Las secciones se cortaron con una sierra de mano, obteniéndose testigos cilíndricos de unos 15 cm de longitud. En todos los casos se tomaron muestras de raíces orientadas según la dirección de máxima pendiente de la ladera y a una distancia del tronco superior a un metro y medio, para evitar interferencias en su crecimiento por efecto mecánico de tronco y copa.



Fig. 2. Raíces expuestas de *Pinus sylvestris* en la senda Schmidt.

3.2. Preparación de las muestras

Las muestras fueron preparadas de acuerdo con el método descrito por Gärtner et al. (2001). Se obtuvieron secciones transversales de aproximadamente un centímetro de ancho y 20 micras de espesor, con microtomo de carro deslizante y siguiendo la dirección radial. Se llevó a cabo un protocolo de tinción de lignina con safranina (Schweingrüber, 1990). Posteriormente, se deshidrataron con alcohol (40 y 96%) y se lavaron con un disolvente apolar compuesto por aceites cítricos (*Histoclear*). Las muestras se montaron sobre portaobjetos y cubreobjetos con una resina tipo epoxy (*Eukit*), secándose después a temperatura ambiente.

Las secciones transversales fueron observadas al tiempo que fotografiadas haciendo uso de un dispositivo digital sobre el microscopio óptico. Se tomaron medidas en dirección perpendicular al anillo de crecimiento de los siguientes parámetros: a) anchura del anillo de crecimiento; b) número de células por anillo; c) porcentaje de madera tardía; y d) diámetro de la luz celular en la madera temprana. También se intentó estimar la abundancia de canales resiníferos a partir de conteos sobre el plano transversal.

Sobre la base de las medidas obtenidas, se realizó un contraste estadístico de rangos múltiples, al objeto de verificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos homogéneos de medidas (anillos expuestos, anillos no expuestos).

Los anillos de crecimiento fueron datados simplemente por conteo. La sincronización de las series por este método puede inducir a estimaciones de edad erróneas, dado que no se puede conocer con precisión la existencia de anillos falsos, dobles o en cuña. Como consecuencia, las edades estimadas deben considerarse aproximadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 3 muestra la sección microscópica de tres series de anillos de crecimiento, con características morfológicas y anatómicas claramente diferenciadas (a, b, c): en tres secciones transversales (A, B, C).

Zona a. Representativa de raíces con cobertura edáfica. Se caracteriza por presentar anillos estrechos, ausencia de madera tardía así como límites entre anillos poco claros.

Zona b. Queda definida por dos o tres anillos de crecimiento que presentan una anchura superior a la que exhiben los desarrollados bajo un suelo. Al contrario que en la zona a, los anillos se reconocen y delimitan con facilidad, debido a que aparece un tejido constituido por varias filas de traqueidas de pared gruesa (madera tardía). No obstante, pueden aparecer falsos anillos reconocibles por la presencia de células características de la madera tardía que se generan dentro de la madera temprana.

Zona c. Se forma una vez la raíz se ha adaptado al estrés resultante de su exposición y que en una fase inicial explica la formación de la zona b. Salvo la presencia sistemática de células de pared gruesa, en la zona c no se han podido definir pautas constantes reconocibles en las muestras estudiadas. Así, mientras en algunas secciones de madera (figura 4) se mantiene el patrón de desarrollo característico de la exposición (zona b), en otras se alternan anillos estrechos y anchos a la vez que la relación madera temprana/tardía y el tamaño de las célula es variable.

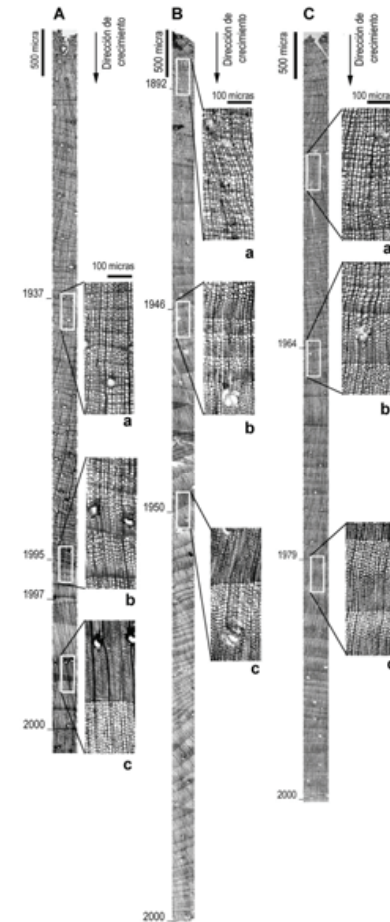


Fig. 3. Secciones transversales y zonas características representativas de los testigos de raíz muestreados.

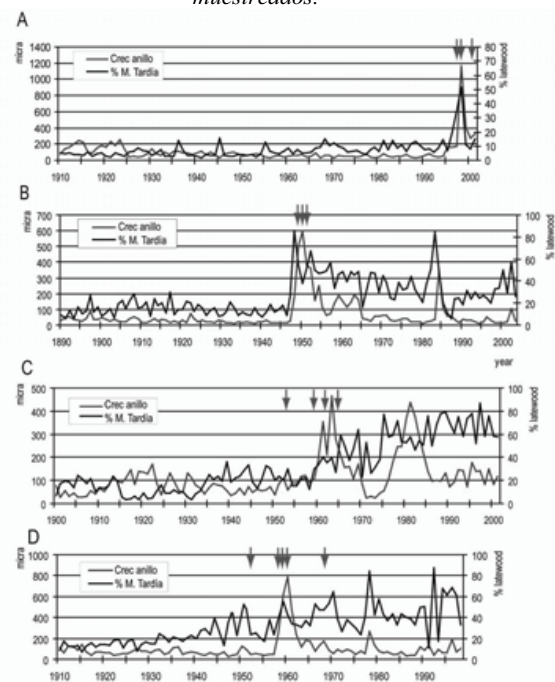


Fig. 4. Patrones de crecimiento de cuatro muestras seleccionadas (A, B, C y D): crecimientos y % madera tardía vs edad aproximada y frecuencia de canales resiníferos (flechas).

4. CONCLUSIONES

Los patrones reconocidos en las series de anillos de crecimiento, tanto a nivel morfológico como anatómico, son semejantes a los definidos en otros estudios basados en el análisis de coníferas (Gärtner, 2001, Gärtner, 2003; Hitz et al., 2008).

Sobre la base de los resultados obtenidos, se puede concluir que la erosión hídrica y la consecuente exposición pueden ser el desencadenante de los cambios anatómicos observados. El incremento en la anchura del anillo de crecimiento, tanto en términos absolutos como en el número de células por anillo, y el aumento en el porcentaje de madera tardía definen geoindicadores determinantes para establecer con precisión el primer año de exposición.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido financiado parcialmente por el proyecto CICYT Dendro-Avenidas (CGL2007-62063/HID) y por el proyecto Georiada (Instituto Geológico y Minero de España).

REFERENCIAS

- Alestalo, J. (1971). Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. *Fennia*, 105, 1–140.
- Bodoque, J.M., Díez-Herrero, A., Martín-Duque, J.F., Rubiales, J.M., Godfrey, A., Pedraza, J., Carrasco, R.M. and Sanz, M.A. (2005). Sheet erosion rates determined by using dendrogeomorphological analysis of exposed tree roots: two examples from Central Spain. *Catena*, 64, 81–102.
- Carrara, P. y Carroll, T. (1979). The determination of erosion rates from exposed tree roots in the Piceance Basin, Colorado. *Earth Surf. Processes*, 4, 307–317.
- Gärtner, H., Schweingruber, F.H. y Dikau, R. (2001). Determination of erosion rates by analyzing structural changes in the growth pattern of exposed roots. *Dendrochronologia*, 19, 81–91.
- Gärtner, H. (2003). The applicability of roots in Dendrogeomorphology. En Schleser, G., Winiger, M., Bräuning, A., Gärtner, H., Helle, G., Jansma, E., Neuwirth, B. y Treydte, K. (Eds.): *TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, 1, 120-124,
- Gärtner, H. (2007). Tree roots. Methodological review and new development in dating and quantifying erosive processes. *Geomorphology*, 86, 243-251.
- Hitz, O., Gärtner, H., Heinrich, I., Monbaron, M. (2008). Application of ash (*Fraxinus excelsior* L.) roots to determine erosion rates in mountain torrents. *Catena*, 72, 248-258.
- Rubiales, J.M., Bodoque, J.M., Ballesteros, J.A., Díez-Herrero A. (2008). Response of *Pinus sylvestris* roots to sheet-erosion exposure: An anatomical approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, en prensa.
- Schweingruber, F.H. (1990). *Mikroskopische Holzanatomie*. Birmensdorf, WSL, 226 pp