

Los métodos dendrogeomorfológicos como herramientas de datación de procesos erosivos: aplicaciones a la estimación de tasas de erosión.

Rubiales, J.M. (1); Gómez Manzaneque, F. (1); Bodoque, J.M. (2)

¹ Departamento de Silvopascicultura. ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 28040. Madrid. jm.rubiales@upm.es
² Departamento de Geodinámica. Universidad Complutense de Madrid, C/ José Antonio Novais s/n. 28040. Madrid.

Se presentan nuevas propuestas metodológicas dendrométricas para la datación de procesos erosivos. Las técnicas empleadas consisten en el análisis anatómico de raíces de árboles que vegetan en terrenos erosionados. El estudio de varios parámetros microestructurales permite datar con precisión el momento de inicio del proceso erosivo siendo esto de gran utilidad a la hora de estimar tasas de erosión. En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos en casos de erosión mecánica, principalmente por pisoteo, en una senda de montaña altamente transitada (Senda Schmidt, Sierra de Guadarrama, Segovia).

Introducción

Los estudios de las variaciones de crecimiento en árboles como reacción a perturbaciones erosivas se han ido desarrollando durante gran parte de este siglo en Europa y Estados Unidos (SHRODER, 1980). Los análisis de las series de anchuras de anillos, dentro de las disciplinas denominadas como "dendrohidrología" y "dendrogeomorfología", se constituyen, a partir de los años 60, como potentes herramientas de evaluación de procesos erosivos (LAMARCHE, 1963; CARRARA y CARROLL, 1979; SHRODER, 1980; SHRODER AND BUTLER, 1987; HEIKKINEN, 1994; DANZER, 1996; VANDEKERCKHOVE *et al.*, 2001). La mayor parte de estos estudios se centra en el análisis de los anillos de crecimiento en troncos con el objetivo de datar el momento de inicio de las perturbaciones y reconstruir temporalmente los procesos geomorfológicos.

En este trabajo se aborda la validez de los cambios anatómicos del xilema como instrumento de datación precisa del inicio del proceso erosivo. Su aplicación a la estimación de tasas erosivas es entonces inmediata.

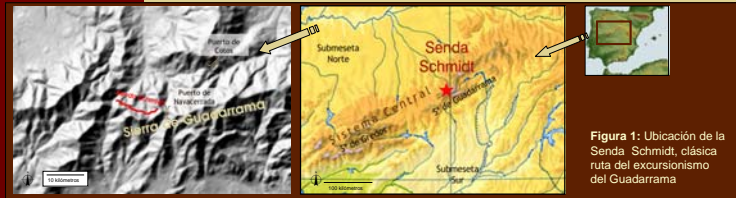


Figura 1: Ubicación de la Senda Schmidt, clásica ruta del excursionismo del Guadarrama

Resultados

En los anillos de maderas de raíces sometidas a erosión se observa una pauta similar en cada una de las muestras (Figura 2), que es la siguiente:

- Crecimiento anual (número de células): aumento muy brusco del crecimiento en los anillos.
- Crecimiento anual (métrico): aumento muy brusco del crecimiento en los anillos.
- Porcentaje de madera tardía / grosor total: porcentaje de madera tardía es siempre superior al de las raíces no erosionadas, sin alcanzar en ningún momento valores superiores al 30% del grosor del anillo.
- Luz de las traqueidas de madera de primavera: Las traqueidas presentan en el mayor número de casos luces más pequeñas y paredes más gruesas. Por otro lado, la variación no es suficientemente significativa (Tabla 1) en algunos casos.

	SSC 23	SSC27	SSC29	SSC29b	SSC35	SSC36	SSCE1
Crecimiento anual (mm)	1.104	0.564	0.805	0.397	0.939	0.916	1.198
Células por anillo de crecimiento	27.9	21.6	17.0	8.1	24.9	20.1	13.43
% de madera tardía	42.7	57.4	39.8	26.5	*1.5	*3.1	6.45
Diámetro de la luz celular en madera temprana (mm)	0.015	0.029	0.016	*0.002	*0.003	*0.001	0.0265

Tabla 1: Diferencias entre grupos (erosión/no erosión) delimitadas bajo el test de rango múltiple (Fisher's least significant difference (LSD) method). Las casillas marcadas con (*) muestran una diferencia no suficientemente significativa.

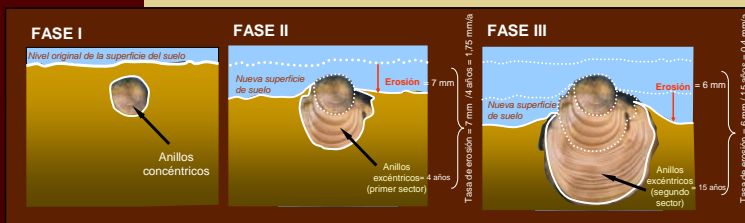


Figura 3: Proceso de denudación y parámetros utilizados para el cálculo de tasas de erosión: I) Desarrollo normal; II) Exposición de la raíz; III) Segunda fase de erosión de la raíz ya expuesta.

Referencias

CARRARA, P.E. and CARRROLL, T.R.: 1979. The determination of erosion rates from exposed tree roots in the Piceance Basin, Colorado. *Earth Surface Processes*, 4, 307-317.
 DANZER, S.R.: 1996. Rates of slope erosion determined from exposed roots of ponderosa pine at Rose Canyon Lake, Arizona. In: J. Dean, D.M. Meke and T.W. Swainson (Eds.), *Tree Rings, Environment, and Humanity. Radiocarbon 1996*, Proceedings of the International Conference, University of Arizona, Tucson, pp. 671-678.
 FRITTS, H.C.: 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press, New York.
 GÄRTNER, H., FRITZ, H., SCHWEINGRÜBER, F.H. AND DIKAU, R.: 2001. Determination of erosion rates by analyzing structural changes in the growth pattern of exposed roots. *Dendrochronologia*, 19, 1-11.
 HEIKKINEN, O.: 1994. Using dendrochronology for the dating of land surfaces. In: C. Beck (Ed.), *Dating in Exposed and Surface Cores*. University of New Mexico Press, Albuquerque, pp. 213-226.
 LAMARCHE, V.C.: 1963. Origin and geologic significance of buttress roots of bristlecone pines, White Mountains, California. U.S. Geological Survey Professional Paper, 475-C, C149-C150.
 PANSHIN, A. J., ZEEUW DE, C.: 1970. *Textbook of Wood Technology - Volume 1*. Structure, identification, uses, and properties of the commercial woods of the United States and of Canada. McGraw-Hill Book Company, New York, 705.
 SCHWEINGRÜBER, F.H.: 1996. Tree rings and environment: dendroecology. Edited by Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf, Paul Haupt Publishers, Bern, Switzerland.
 SHRODER, Jr., J.F. AND BUTLER, D.R.: 1987. Tree-ring analysis in the earth sciences. In: G.C. Jacoby, Jr. and J.W. Hornbeck (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis*. Publication CONF-8609184, U.S. Department of Energy, Tarrytown, New York, pp. 189-212.
 SHRODER, Jr., J.F.: 1980. Dendrogeomorphology: review and new techniques of tree-ring dating. *Progress in Physical Geography*, 4(1): 161-188.
 STRUNK, H.: 1997. Dating of geomorphological processes using dendrogeomorphological methods. *Catena*, 31(1-2): 137-151.
 VANDERKERCKHOVE, L., MUYLS, B., POESEN, J., DE WEERDT, B. and COPPE, N.: 2001. A method for dendrochronological assessment of medium-term gully erosion rates. *Catena*, 45: 123-161.

Material y métodos

El muestreo de las raíces fue realizado durante el verano de 2001, a lo largo de una senda altamente transitada: la Senda Schmidt (Sierra de Guadarrama, Segovia). Fueron recogidas secciones de raíces de *Pinus sylvestris* L. orientadas según la línea de máxima pendiente de la ladera. Se obtuvieron cortes limpios con ayuda de un microtomo de carro para poder observar la estructura microscópica mediante técnica de luz incidente. El análisis biométrico de las muestras se realizó con analizador de imagen sobre fotografías digitales en dos fases:

- La primera fase consistió en, mediante un estudio piloto, identificar cuáles eran los parámetros que varían con mayor seguridad entre maderas afectadas y no por la erosión.
- La segunda fase consistió en analizar con más detalle los caracteres seleccionados en el paso 1 como marcadores de exposición, que fueron: grosor del anillo, número de células por anillo, porcentaje de madera tardía y diámetro radial del lumen celular en madera temprana.

Las tasas de erosión calculadas mediante la datación del evento erosivo usando los marcadores anatómicos puede llevarse a cabo contando el número de anillos existente entre aquel en el que se observa el cambio brusco anatómico y el último anillo desarrollado (Figura 3). La división entre la distancia entre la cara superior de la raíz y el suelo (D) y el tiempo transcurrido entre la datación del proceso erosivo y la actualidad (t') permite obtener una estimación de las pérdidas de suelo.

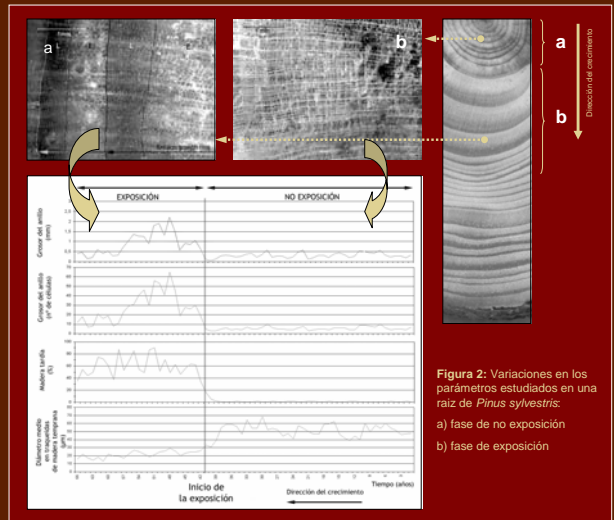


Figura 2: Variaciones en los parámetros estudiados en una raíz de *Pinus sylvestris*: a) fase de no exposición b) fase de exposición

Discusión

En la comparación anatómica entre las raíces sometidas a erosión y las consideradas como testigo (no afectadas) se observa una variación diferencial de los siguientes parámetros:

- grosor del anillo
- número de células en dirección radial en madera temprana y tardía
- luz celular en madera temprana y tardía.

Sin embargo, los datos obtenidos acerca de la frecuencia de canales resiníferos y el grosor de la pared de las traqueidas no resultaron marcadores claros de exposición.

El análisis estadístico realizado en la segunda fase de estudio permite afirmar que los cambios en crecimiento anual son indicadores constantes de exposición a la erosión, mientras que el porcentaje de madera tardía y las dimensiones de las traqueidas de madera temprana son indicadores del cambio en la mayoría de los casos, pero no en su totalidad (Tabla 1). Esto coincide con los datos relativos a *Larix decidua* Mill. en Centroeuropa (GÄRTNER *et al.*, 2001).

La datación del evento erosivo es un dato clave para la aplicación en la estimación de tasas de erosión por denudación en procesos similares a los analizados en este trabajo. Se puede realizar contando el número de anillos existente entre aquel en el que se observa el cambio brusco anatómico y el último anillo desarrollado. La estimación de las pérdidas de suelo se calcularía dividiendo la distancia entre la pared superior de la raíz y el suelo y el tiempo transcurrido entre la datación del proceso erosivo y la actualidad (Figura 3)

Pinus sylvestris puede presentar en un número restringido de casos con crecimientos radiales anómalos, con falsos anillos y/o anillos ausentes debidos a diversos factores ambientales y fisiológicos (PANSHIN & DE ZEEUW, 1970; FRITTS, 1976; SCHWEINGRÜBER, 1996). La existencia de estos cambios confiere un cierto error a la datación que, tras intentar cuantificar, parece asumible a la hora de establecer tasas de erosión en intervalos de tiempo relativamente grandes.

