

DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN SUELOS FORESTALES DE GALICIA (NO ESPAÑA) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA DE DIFRACCIÓN LÁSER

M^a José Rozados Lorenzo, Montserrat Suárez García y Hortensia Méndez Pardo

Centro de Investigacións Forestais e Ambientais de Lourizán. D.X.D.S. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia. Apdo. 127. 36080-PONTEVEDRA (España). Correo electrónico: mjrozados.cifal@siam-cma.org

Resumen

Con el objetivo de aplicar la tecnología de difracción láser al estudio de la composición textural del suelo, se ha realizado un trabajo preliminar para conocer la incidencia que el pretratamiento de destrucción de la materia orgánica tiene sobre la distribución volumétrica del tamaño de partículas en función del horizonte del suelo y de la vegetación arbórea dominante. El rango de tamaños de partícula abarca desde 0.05 μm hasta 3500 μm , estableciéndose intervalos de tamaño según el criterio clásico, que comprenden arcilla, limo, arena y partículas mayores de 2 mm. Se han analizado suelos bajo pinar y bajo robleal tanto en el horizonte superficial hasta 20 cm como en el horizonte de 20 a 40 cm. Las distintas fracciones se ven afectadas por el pretratamiento. En suelos tamizados a 2 mm, la redistribución de las fracciones refleja variaciones debidas a la vegetación arbórea dominante y a la profundidad de la muestra. La arcilla es la fracción cuyo porcentaje en volumen se ve afectado por el pretratamiento, la vegetación y la profundidad del horizonte, mientras que los porcentajes de limo y arena permanecen constantes. El efecto de la vegetación dominante se refleja en cada fracción. En suelos de robleal sin tratamiento previo, la profundidad de la muestra es el factor que afecta en mayor medida a la distribución de tamaño de partículas, mientras que en suelos pretratados se observa una reducción en el volumen de arcillas en el horizonte superficial.

Palabras clave: *Textura, Materia orgánica, Suelos, Partículas, Pinus spp., Quercus spp.*

INTRODUCCIÓN

El análisis de tamaño de partículas se utiliza en suelos para evaluar su textura. La textura se basa en diferentes combinaciones de arcilla, limo y arena que conforman la distribución de tamaños de partículas de un suelo. Entre los métodos clásicos los más específicos son el tamizado y el método de la pipeta y el del hidrómetro, ambos de sedimentación gravitacional. Entre otras, una de sus limitaciones se debe al tiempo consumido

en cada análisis. La eliminación de la materia orgánica constituye un paso previo en los análisis tradicionales de la textura de un suelo.

En los últimos años, se han desarrollado nuevos métodos que están en fase de estandarización. Los más prometedores son la atenuación de rayos X (SediGraph), el conteo de partículas (método Coulter) y la difracción de luz láser. La difracción de luz láser se basa en que las partículas de un tamaño dado difractan la luz con un ángulo que aumenta a medida que disminuye el

tamaño de partícula. Un haz paralelo de luz monocromática atraviesa la suspensión de la muestra y la luz difractada se enfoca hacia un detector en el plano focal de las lentes colectoras. Las intensidades medidas en el detector como una función del ángulo se usan para inferir la distribución del tamaño de partículas basada en la teoría de Mie (GEE & OR, 2002).

Algunos autores han estudiado la relación de la textura con la vegetación (RATHOD et al., 2003; LLEVULA et al., 2003; BORCHERS & PERRY, 1992), con la regeneración de las semillas (TU et al., 1998; BLISS & SMITH, 1985), con las labores selvícolas o de preparación del terreno (ZLATNIK et al., 1999; LAHDESMAKI & PIETILAINEN, 1998), con la materia orgánica del suelo (BIRD et al., 2003; OORTS et al., 2000; AKHTYRTSEV & YABLONSKIKH, 1986; GIARDINA et al., 2001).

El objetivo de este trabajo ha sido determinar la influencia de la vegetación arbórea dominante, de la profundidad de la muestra y del pretratamiento de la misma en la distribución de tamaño de partículas con el fin de optimizar las condiciones del análisis mediante difracción de luz láser para la aplicación particular a suelos forestales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras analizadas han sido seleccionadas al azar, e incluyen suelos bajo pinar (*Pinus sylvestris* L. y *P. pinaster* Ait.) y robledal (*Quercus robur* L. y *Q. pyrenaica* Willd.). Todas las muestras se recogieron con una barrena Riverside de 7 cm de diámetro de boca en dos horizontes de suelo mineral: 0-20 cm y 20-40 cm. Una vez en el laboratorio, se secaron al aire y posteriormente se tamizaron por un tamiz de 3.5 mm de luz de malla y se envasaron para su posterior análisis. La destrucción de la materia orgánica se llevó a cabo, en una porción de las mismas muestras, con peróxido de hidrógeno de 30 volúmenes en caliente, secándose las muestras posteriormente bajo una lámpara infrarroja. El análisis de distribución de tamaño de partículas se realizó con un analizador Mastersizer-S (Malvern Inst.®), de banco largo con un rango de medida en vía seca de 0.5-3500 µm. La tecnología empleada es la difracción de luz láser y

compensación por teoría MIE. Se utilizó un alimentador de polvo seco por caída libre y se emplearon dos lentes de 300 y 1000 mm para cubrir todo el rango de medida. De cada muestra se analizaron al menos 4 réplicas para conseguir un nivel adecuado de repetibilidad. Los resultados se expresan en porcentaje en volumen de arcilla (<0.002 mm), limo (0.002-0.02 mm), arena (0.02-2 mm) y de la fracción (2-3.5 mm) que forma parte de la grava, según la clasificación de la ISSS (YONG & WARKETIN, 1966).

El análisis se llevó a cabo mediante el procedimiento GLM (SAS, 1989) y consistió en un análisis de la varianza de medidas repetidas con la réplica, la vegetación arbórea, la profundidad de la muestra y el pretratamiento como factores independientes, y la fracción como factor intrasujeto con una estructura polinómica en función de los tamaños de partícula. En el caso de violación del supuesto de esfericidad de los datos se aplica la probabilidad ajustada según Huynh-Feldt. El nivel de significación aplicado ha sido $p < 0.05$. Inicialmente, se realizó el análisis de los datos procedentes del analizador para, posteriormente, reajustar los volúmenes una vez eliminada la fracción entre 2 y 3.5 mm, ya que la metodología habitual realiza los análisis de suelo en muestras tamizadas a 2 mm. A la vista de los resultados, se hizo un último análisis con los datos de las muestras de suelo de robledales.

RESULTADOS

La réplica no ha resultado significativa en ningún caso, confirmando la homogeneidad de las repeticiones efectuadas y la validez del análisis.

Rango 0.5 µm – 3500 µm

La distribución media observada es 3, 23, 63 y 11 % en volumen de las fracciones arcilla, limo, arena y fracción de 2 a 3,5 mm, respectivamente. Estas fracciones han resultado significativamente distintas entre sí ($p < 0.001$), así como su interacción con la vegetación ($p < 0.001$), el horizonte ($p < 0.0257$) y el pretratamiento ($p < 0.0001$).

El horizonte superficial ha resultado ser significativamente distinto del profundo, en el conjunto de todos los datos. En las muestras sin

materia orgánica, los horizontes estudiados (0-20 cm y 20-40 cm) presentan una distribución volumétrica similar, mientras que, en las muestras originales, el horizonte más profundo contiene menos arcilla y más arena que el horizonte superficial. En todas las fracciones estudiadas, el porcentaje en volumen se ve modificado por el pretratamiento de destrucción de la materia orgánica. La arcilla, limo y arena disminuyen en volumen y éste se incrementa en la fracción mayor de 2 mm por efecto del pretratamiento (Figura 1).

Rango 0.5 μm – 2000 μm

En el rango habitual de los análisis de suelos, los porcentajes en volumen de arcilla, limo y arena han sido 3, 27 y 70 %, respectivamente. Las fracciones son significativamente distintas entre sí ($p < 0.0001$) y varían en función del tipo de vegetación arbórea dominante ($p < 0.0001$).

El horizonte superficial presenta una distribución de volumen de partículas significativamente distinta del horizonte de 20-40 cm. Esto se debe al mayor volumen ocupado por la fracción arcillosa en los primeros 20 cm de suelo mineral, que es un 22% mayor que en el horizonte 20-40 cm. Tras la destrucción de la materia orgánica no se observan diferencias, de lo que se deriva que la materia orgánica destruida formaba parte de la fracción arcillosa. Los porcentajes de limo y arena no se han visto afectados por la profundidad de la muestra ni por la destrucción de la materia orgánica.

Los suelos de pinares presentan una distribución de tamaños de partículas de 2, 14 y 84 % y los de robledales 3, 28 y 69 % de arcilla, limo y

arena, respectivamente. Tanto en muestras originales como en aquéllas en las que se ha destruido la materia orgánica, los suelos de pinar presentan mayor volumen de arena mientras que los de robledal se caracterizaron por mayores volúmenes de arcilla y, sobretodo, de limo (Figura 2).

Independientemente para cada formación vegetal, no se han observado diferencias significativas en los porcentajes de cada fracción entre las muestras con materia orgánica y aquéllas en las que ésta había sido destruida previamente. No obstante, la destrucción de la materia orgánica provoca una ligera disminución de la fracción limosa que lleva aparejado un pequeño incremento de la fracción arenosa.

Rango 0.5 μm – 2000 μm en robledales

Dado el desequilibrio entre el número de muestras de suelo bajo pino ($n=31$) frente a las de robledal ($n=211$), se ha analizado la distribución de tamaños de partículas de las muestras de robledal separadamente. Los horizontes estudiados presentan diferencias significativas en el conjunto de todas las fracciones. Las fracciones también han resultado significativamente diferentes entre sí y no presentan interacciones significativas ni con el pretratamiento ni con el horizonte.

En las muestras originales, el porcentaje de arcilla ha sido significativamente inferior en el horizonte 20-40 cm (Figura 3A). En el horizonte superficial, el volumen ocupado por la fracción arcillosa se ha visto disminuido significativamente por la destrucción previa de la materia orgánica (Figura 3B). El porcentaje de limo y

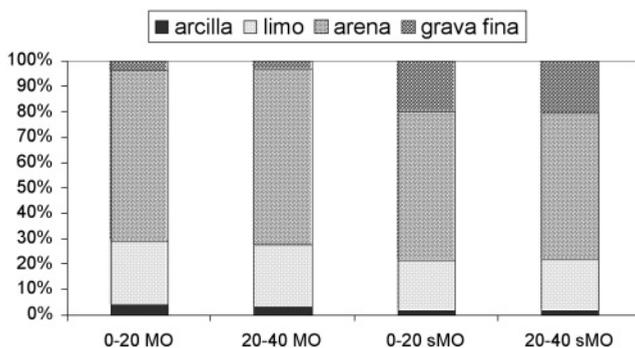


Figura 1. Distribución porcentual del volumen de partículas en cada una de las fracciones estudiadas. (MO: con materia orgánica, sMO: con destrucción previa de la materia orgánica)

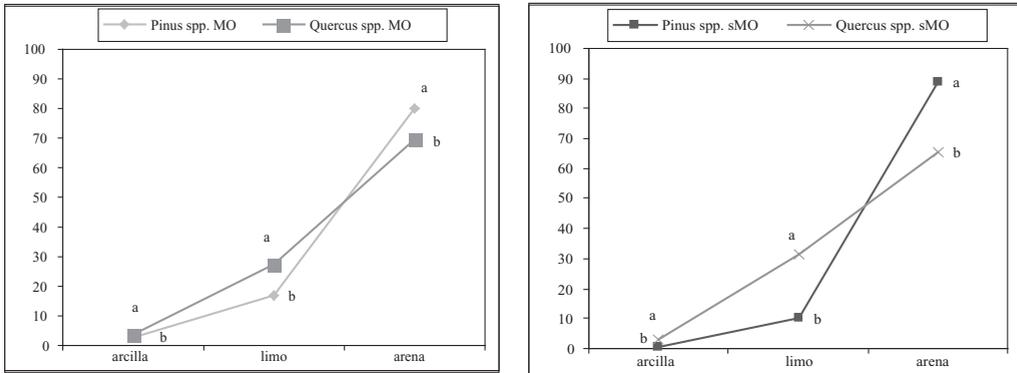


Figura 2. Porcentaje en volumen de cada fracción en suelos bajo pino y bajo roble sin prettratamiento MO: con materia orgánica (A) y con destrucción de la materia orgánica sMO: sin materia orgánica (B)

arena no se ha visto afectado por la profundidad de la muestra ni por el pretratamiento.

DISCUSIÓN

En suelos arenosos, la materia orgánica se protege al asociarse con las arcillas. Esta materia orgánica protegida está constituida por material amorfo con un grado elevado de descomposición, mientras que la materia orgánica no protegida presente en la fracción arenosa, consiste en restos vegetales sin descomponer (HASSINK et al., 1993). Los restos vegetales de la fracción arenosa, en su mayoría, se eliminan en el proceso de tamizado, mientras que el tratamiento con peróxido de hidrógeno destruye la materia orgá-

nica protegida. Cuando se analiza la muestra, los restos en la fracción arenosa son escasos, frente al volumen de materia orgánica ligado a la fracción arcillosa. Esto explicaría la disminución del volumen de arcilla en horizontes superficiales de suelos de robledal tras el pretratamiento. El menor volumen de arcilla en el horizonte más profundo implicaría menor cantidad de materia orgánica ligada a las arcillas y pérdidas menores tras el pretratamiento, con la consiguiente ausencia de significación. Las diferencias obtenidas entre muestras de pinares y robledales pueden ser debidas a la roca madre, ya que las muestras de suelos de pinares proceden de esquistos, mientras que los robledales seleccionados se asientan, en su mayoría, sobre suelos de origen granítico. Los porcentajes en volumen

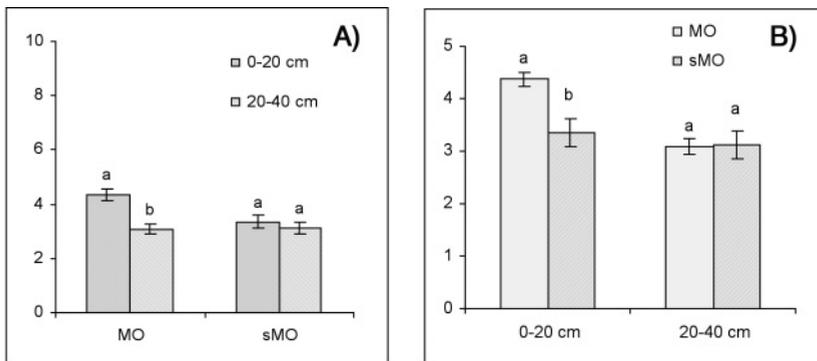


Figura 3. Porcentaje en volumen de arcilla en función del pretratamiento en suelos de robledales (A) y del horizonte (B). Las barras muestran el error estándar. Letras distintas indican medias significativamente diferentes para p<0.05. MO: con materia orgánica, sMO: con destrucción previa de la materia orgánica

obtenidos no se ven afectados por la densidad pero vienen determinados por el tamaño de las partículas y su índice de refracción.

ESHEL *et al.* (2004) han obtenido coeficientes de determinación para las ecuaciones de regresión entre el método de difracción láser y el método de la pipeta de 0.702, 0.689 y 0.821 para la arcilla, el limo y la arena, respectivamente. Utilizando el método de difracción por láser, han obtenido porcentajes en volumen menores que los porcentajes en masa obtenidos por el método de la pipeta para la arcilla, mientras que el limo presentaba la tendencia opuesta. Al comparar ambos métodos en suelos sin pretratamiento de destrucción de la materia orgánica, ZOBECK (2004) encontró distintas correlaciones en función del tamaño de partícula y la mineralogía. En suelos no calcáreos, con pH menor de 8, los coeficientes de determinación de la regresión entre ambos métodos fueron de 0.97, 0.99 y 0.99, para la fracción menor de 2 m, menor de 50 m y menor de 100 m, respectivamente. Es necesario profundizar en estudios comparativos de ambos métodos, teniendo en cuenta que la roca madre va a tener una influencia decisiva en los resultados.

Como conclusión, podemos establecer que la destrucción de la materia orgánica provoca una redistribución de los porcentajes en volumen de partículas del suelo y que ésta no es uniforme para todos los tipos de suelos. En suelos de roble, la fracción arcillosa es la que resulta más afectada por la destrucción de la materia orgánica por su mayor contenido en ésta (DE JONGE *et al.*, 1999) y esto se pone de manifiesto en el horizonte superficial donde es más abundante.

BIBLIOGRAFÍA

- AKHTYRTSEV, B.P. & YABLONSKIKH, L.A.; 1986. Humus composition as a function of particle-size composition in forest-steppe soils. *Soviet Soil Sci.* 18: 89-95.
- BIRD, M.; KRACHT, O.; DERRIEN, D. & ZHOU, Y.; 2003. The effect of soil texture and roots on the stable carbon isotope composition of soil organic carbon. *Austral. J. Soil Res.* 41: 77-94.
- BLISS, D. & SMITH, H.; 1985. Penetration of light into soil and its role in the control of seed germination. *Plant Cell Environ.* 8: 475-483.
- BORCHERS, J.P. & PERRY, D.A.; 1992. The influence on soil texture and aggregation on carbon and nitrogen dynamics in southwest Oregon forests and clearcuts. *Can. J. Forest Res.* 22: 298-305.
- DE JONGE, L.W.; JACOBSEN, O.H. & MOLDRUP, P.; 1999. Soil water repellency: effects of water content, temperature and particle size. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 437-442.
- ESHEL, G.; LEVY, G.J., MINGELGRIN, U. & SINGER, M.J.; 2004. Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 736-743.
- GEE, G.W. & OR, D.; 2002. Particle-Size Analysis. In: J.H. Dane & G.C. Topp (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods*: 255-293. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- GIARDINA, C.P.; RYAN, M.G.; HUBBARD, R.M. & BINKLEY, D.; 2001. Tree species and soil textural controls on carbon and nitrogen mineralization rates. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 65: 1272-1279.
- LAHDESMAKI, P. & PIETILAINEN, P.; 1998. Growth disorders in young Scots pine stands on ploughed areas of the mineral soil. *Aquilo. Ser. Botanica* 37: 23-28.
- LEVULA J.; ILVESNIEMI, H. & WESTMAN C.J.; 2003. Relation between soil properties and tree species composition in a Scots pine-Norway spruce stand in Southern Finland. *Silva Fennica* 37: 205-218.
- OORTS, K.; VANLAUWE, B.; COFIE, O.O.; SANGINGA, N. & MERCKX, R.; 2000. Charge characteristics of soil organic matter fractions in a Ferric Lixisol under some multipurpose trees. *Agrofor. Syst.* 48: 169-188.
- RATHOD, R.; DEVAR, K.V. & RATHOD R.; 2003. Effect of different plantations on soil physical properties. *Karnataka J. Agric. Sci.* 16: 487-488.
- SAS INSTITUTE INC.; 1990. SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th Edition, Vol. 2. SAS Institute Inc. Cary, NC.

- TU, M.; TITUS, J.H.; TSUYUZAKI, S.; MORAL, R. DEL & DEL MORAL, R.; 1998. Composition and dynamics of wetlands seed banks on Mount St. Helens, Washington, USA. *Folia Geobot. Phytotaxon.* 33: 3-16.
- YONG, R.N. & WARKENTIN, B.P.; 1966. *Introduction to soil behavior*. MacMillan Co. New York, NY.
- ZLANITZ, E.J.; DELUCA, T.H.; MILNER, K.S. & POTTS, D.F.; 1999. Site productivity and soil conditions on terraced ponderosa pine sites in western Montana. *West. J. Applied For.* 14: 35-40.
- ZOBECK, T.; 2004. Rapid particle size analyses using laser diffraction. *Appl. Engineer. Agric.* (En prensa).