

EFFECTOS DEL CALENTAMIENTO SOBRE LA AGREGACIÓN DE LOS SUELOS

R. GARCÍA-CORONA, E. BENITO, E. DE BLAS*

Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo. Universidad de Vigo. 36310 Vigo.
e-mail: eblas@uvigo.es.

Abstract. Two soils rich in organic matter but with different texture (sandy loam and silt loam respectively) were heated under controlled laboratory conditions with a view to studying the heating effect on soil aggregation. The heating temperatures selected were 25°, 170°, 220°, 380° y 460°C. Determinations included the aggregate size distribution, the water aggregate stability (using the test of Le Bissonnais and Gaillard, 1997 and the drop test of Low, 1954) and the organic carbon content in the soils.

No significant changes in aggregate size distribution or aggregate stability as determined by the wet sieving test were observed below 220°C. By contrast the drop test revealed an increase proportion of water-stable aggregates at 170° and 220°C with respect to the control soils. Between 220° and 460°C strong desaggregation and a marked decrease in the water aggregate stability was related to the combustion of organic matter.

Key words: soil heating, aggregate size distribution, water aggregate stability, organic matter.

Resumen. Con objeto de estudiar el efecto del calentamiento que acompaña el paso del fuego en la agregación de los suelos, se han sometido dos suelos ricos en materia orgánica pero con diferente textura (uno franco-arenoso y otro franco-limoso) a un calentamiento artificial en condiciones controladas de laboratorio. Las temperaturas de calentamiento seleccionadas fueron 25°, 170°, 220°, 380° y 460°C. Se determinaron a las distintas temperaturas la distribución de los agregados en seco, la estabilidad de los agregados al agua (mediante el test de Le Bissonnais y Gaillard, 1997 y el test de la gota de Low, 1954) y el contenido en carbono orgánico de los suelos.

Hasta los 220°C no se observaron cambios significativos en la distribución de agregados ni en la estabilidad de agregados determinada mediante el test de tamización en húmedo. Sin embargo el test de la gota reflejó en ambos suelos un aumento en el % de agregados estables a las temperaturas de 170° y 220°C frente a las muestras no calentadas. Entre 220° y 460°C se apreció una fuerte desagregación y una importante disminución en la estabilidad de los agregados al agua que se ha relacionado con la combustión de la materia orgánica.

Palabras clave: calentamiento del suelo, distribución de agregados, estabilidad de los agregados al agua, materia orgánica.

INTRODUCCIÓN

El fuego es uno de los principales factores ecológicos que actúan sobre los suelos afectando a sus propiedades físicas, químicas y biológicas de diferente manera según su severidad. La intensidad y duración del quemado son los dos principales factores que condicionan el impacto del fuego sobre el suelo, pero también influyen el tipo de suelo y las condiciones climáticas posteriores al incendio.

Los principales efectos del fuego sobre las propiedades físicas del suelo se deben fundamentalmente a la combustión de la materia orgánica ya que ésta es esencial para la formación y la estabilidad de la estructura del suelo (Tisdall y Oades, 1982; Amézketa, 1999). La degradación de la estructura aumenta la densidad aparente y reduce la porosidad del suelo, favoreciendo un descenso de la capacidad de infiltración de agua en el suelo y por lo tanto un incremento en la escorrentía superficial y en la erosión del suelo.

Debido a la dificultad para conocer la intensidad y duración de los incendios forestales el uso de programas de calentamiento controlado en laboratorio resulta muy útil para medir la influencia de la temperatura en las propiedades del suelo. En este trabajo se pretende analizar la influencia de la temperatura sobre la agregación del suelo y sobre la estabilidad de los agregados al agua mediante experiencias de calentamiento controlado en el laboratorio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos zonas forestales localizadas en Estonllo (municipio de O Grove, Pontevedra) y en Riobó (municipio de Vilar de Barrio, Ourense) que se caracterizan por tener la misma vegetación (pinar) pero diferente material geológico (granodiorita en Estonllo y esquistos verdes de Eskola

en Riobó). Dentro de cada zona se recogieron 3 submuestras del horizonte superficial (0-5 cm, una vez eliminada la hojarasca).

Las experiencias de calentamiento se realizaron sobre la fracción <10 mm en una mufla con programador de tiempo y velocidad de calentamiento, utilizando un termopar para controlar la temperatura real de las muestras.

Las temperaturas de 25°, 170°, 220°, 380° y 460°C se seleccionaron en función de las reacciones térmicas más características observadas en los suelos mediante análisis térmico diferencial (Soto *et al.*, 1991; Giovannini *et al.*, 1988). La velocidad de calentamiento fue de 3°C min⁻¹ y el tiempo de permanencia de la muestra a la temperatura deseada de 30 min.

La distribución de agregados en seco se realizó tamizando el suelo por tamices de 10, 5, 2, 1, 0.25 y 0.05 mm de malla y los resultados se expresaron como % de agregados en cada fracción y como diámetro de peso medio (DPMs). La estabilidad de los agregados al agua se determinó por dos métodos: 1) Test de la gota (Low, 1954) que pretende simular el impacto de las gotas de lluvia sobre los agregados. Los resultados se expresaron como % de agregados estables, considerando como estables los agregados que resisten el impacto de 200 gotas (Imeson y Vis, 1984). 2) Test de tamización en húmedo propuesto por Le Bissonnais y Gaillard (1997). Este método consiste en determinar el diámetro de peso medio (DPMh) de las fracciones que permanecen estables después de someter los agregados de 3 a 5 mm a tres tratamientos con diferentes niveles de energía: humedecimiento rápido, humedecimiento lento y desagregación mecánica. El carbono orgánico se determinó según Guitián y Carballas (1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan las características generales del horizonte superficial

TABLA 1: Características generales de los horizontes superficiales de los suelos estudiados.

	Estonllo	Riobó
Arena (%)	74±2.50	38±3.36
Limo (%)	16±1.41	51±3.01
Arcilla (%)	10±1.20	11±0.74
pH _{H2O}	4.42±0.18	4.07±0.03
Corg (%)	5.31±0.70	8.77±1.96
CICe (cmol(+) Kg ⁻¹)	1.65±0.02	2.09±0.28

de los suelos estudiados. Ambos suelos son extremadamente ácidos y con una baja capacidad de intercambio catiónico efectiva. Presentan altos contenidos en carbono orgánico (significativamente mayor en Riobó que en Estonllo) y se diferencian claramente por su textura franco-arenosa en Estonllo y franco-limosa en Riobó.

Estos suelos presentan inicialmente una débil agregación (DPMs de 1.29 mm en Estonllo y de 1.05 mm en Riobó), sin prácticamente agregados mayores de 5 mm, y predominando las fracciones entre 1 y 0.05 mm (Figuras 1 y 2). A pesar de esta débil agregación en seco la estabilidad de los agregados al agua, determinada por el test de Le Bissonnais (Figura 3), es muy alta en los dos suelos (DPMh de 3.20 mm en Estonllo y de 3.12 mm en Riobó) lo que coincide con lo afirmado por otros autores para la mayor parte de los suelos naturales

en Galicia debido principalmente al elevado contenido en materia orgánica que constituye el principal agente cementante en estos suelos (Benito y Díaz-Fierros, 1989). El test de la gota mostró una mayor variabilidad en la estabilidad de los agregados al agua, presentando el suelo de Estonllo un 52% de agregados estables frente al 31% de Riobó (Figura 4). Esta diferente estabilidad frente al impacto de la gota se debería no tanto a la influencia de la materia orgánica, ya que es superior en Riobó, como a la textura más limosa que presenta este suelo frente al de Estonllo con menor contenido en limo y mayor en arena. Esto coincide con lo indicado para suelos gallegos por Benito y Díaz-Fierros (1989) quienes señalan que los suelos con mayor contenido en limo y arena fina son los más susceptibles a disgregarse por el impacto de las gotas de lluvia.

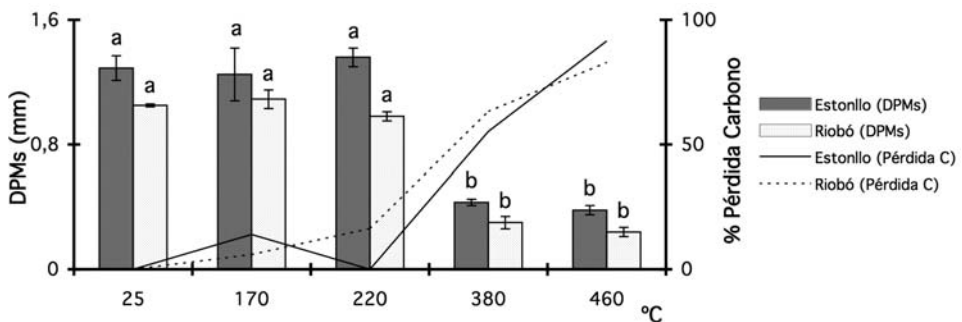


FIGURA 1: DPMs y pérdidas de carbono de los suelos calentados a distintas temperaturas.

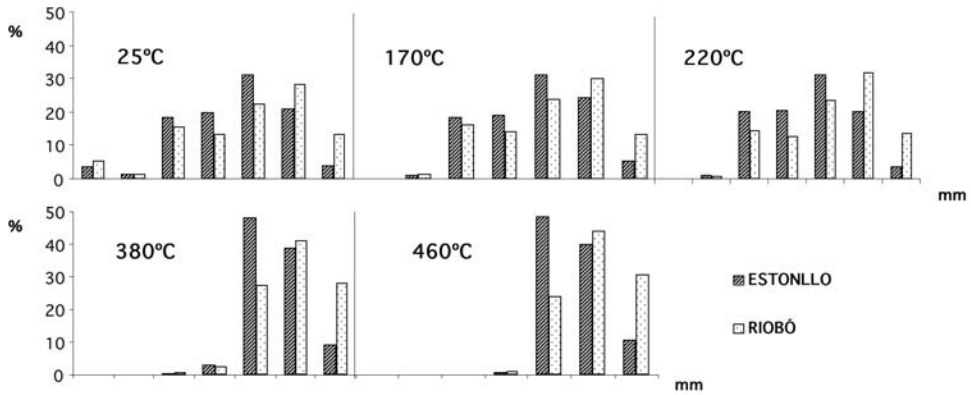


FIGURA 2: Distribución de agregados por tamaños de los suelos de Estonllo y Riobó calentados a distintas temperaturas.

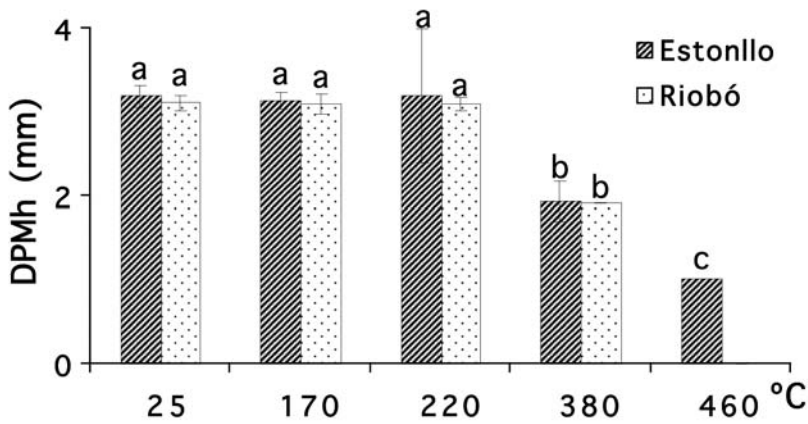


FIGURA 3: Estabilidad de los agregados al agua expresada como DPMh de los suelos calentados a distintas temperaturas.

Con el calentamiento del suelo no se apreciaron cambios significativos en el DPMs hasta la temperatura de 220°C observándose, sin embargo, una fuerte desagregación en seco de los dos suelos a las temperaturas de 380° y 460°C. Esta desagregación está directamente relacionada con las pérdidas de materia orgánica por combustión (Figura 1). La distribución por tamaños de los agregados a las distintas temperaturas de calentamiento (Figura 2) muestra como a 170° y 220°C no se producen cambios

importantes con respecto a los suelos no calentados. En cambio a 380° y 460°C desaparecen prácticamente en su totalidad los agregados >1mm, por lo que el incremento de la temperatura favorece una gran fragilidad de los agregados de mayor tamaño en condiciones secas y su disgregación en fragmentos de menor tamaño.

La estabilidad de los agregados al agua, determinada por tamización en húmedo, tampoco experimentó cambios significativos hasta superar la temperatura de 220°C

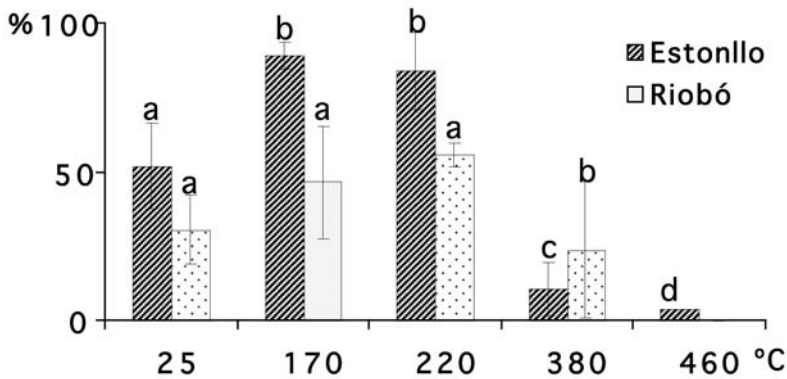


FIGURA 4: Porcentaje de agregados estables (test de la gota) de los suelos calentados a distintas temperaturas.

(Figura 3). Sin embargo con el test de la gota sí se apreció en ambos suelos un fuerte incremento del % de agregados estables a 170 y 220°C pasando de un 52% de agregados estables a 25°C a un 89 y 84% a 170 y 220°C respectivamente en el suelo de Estonllo y de un 31% de agregados estables a 25°C a un 47 y 56% a 170 y 220°C respectivamente en el suelo de Riobó (Figura 4).

Esta mayor estabilidad de los agregados frente al test de la gota a temperaturas inferiores a 220°C coincide con anteriores resultados obtenidos mediante simulación de lluvia en suelos de Galicia calentados a distintas temperaturas (Díaz-Fierros *et al.*, 1987; Soto *et al.*, 1991) y se pudo justificar por los estudios realizados por Almendros *et al.* (1984) quienes establecieron que la estabilidad y madurez de la materia orgánica de los suelos forestales alcanza un máximo entre 100° y 160°C. A 380° y 460°C tanto el test de tamización en húmedo como el test de la gota manifestaron una drástica disminución de la estabilidad de los agregados en húmedo, coincidiendo con las pérdidas de materia orgánica por combustión. Esta relación entre la disminución en la estabilidad de los agregados y la combustión de la materia orgánica ha sido señalada por numerosos autores (DeBano *et al.*, 1979; Soto *et al.*, 1991). Sin

embargo, Giovannini *et al.* (1988) y Guerrero *et al.* (2001) observaron un aumento progresivo en la estabilidad de los agregados con el calentamiento a pesar de las pérdidas de materia orgánica por combustión y que Giovannini *et al.* (1988) atribuyeron a las transformaciones térmicas (recristalización) de los compuestos de Fe y Al.

CONCLUSIONES

El incremento de la temperatura favorece la fragmentación de los macroagregados en microagregados. Aunque no se apreciaron cambios significativos en el diámetro de peso medio en seco hasta 220°C, sí se observa una ligera reducción a bajas temperaturas en el tamaño de los agregados. A 380° y 460°C se produce una importante desagregación desapareciendo casi en su totalidad los agregados mayores de 1 mm. Esta importante desagregación se ha relacionado con las pérdidas de carbono por combustión.

El efecto de la temperatura en la estabilidad de los agregados al agua fue diferente según el método de determinación empleado. Con el test de Le Bissonnais se encontraron muy pocas variaciones hasta los 220°C mientras que el test de la gota refleja un incremento en el % de agregados esta-

bles a las temperaturas de 170° y 220°C. A 380° y 460°C tanto el test de tamización en húmedo como el test de la gota muestran una drástica disminución en la estabilidad de los agregados en húmedo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Xunta de Galicia (PGIDT99PXI30101A).

REFERENCIAS

- Almendros, G., Polo, A., Ibáñez, J.J., Lobo, M.C. (1984): Contribución al estudio de la influencia de los incendios forestales en las características de la materia orgánica del suelo. I. Transformaciones del humus por ignición en condiciones controladas de laboratorio. *Revue d'Ecologie et Biologie du Sol* 8, 79-86.
- Amézketa, E. (1999): Soil aggregate stability: a review. *Journal of Sustainable Agriculture* 14(2/3), 83-151.
- Benito E., y Díaz-Fierros, F. (1989): Estudio de los principales factores que intervienen en la estabilidad estructural de los suelos de Galicia. *Anales de Edafología y Agrobiología* 48, 229-253.
- DeBano L.F., Eberlein, G.E., Dunn, P.H. (1979): Effects of burning on chaparral soils: I. Soil nitrogen. *Soil Science Society of America Journal* 43, 504-509.
- Díaz-Fierros F., Benito, E., Pérez, R. (1987): Evaluation of the U.S.L.E. for the prediction of erosion in burnt areas in Galicia (NW Spain). *Catena* 14, 189-199.
- Giovannini, G., Lucchesi, S., Giachetti, M. (1988): Effect on heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. *Soil Science* 146, 255-262.
- Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., García-Orenes, F., Gómez, I. (2001): Different patterns of aggregate stability in burned and restored soils. *Arid Land Research and Management* 15, 163-171.
- Gutián, F. y Carballas, T. (1976): *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela.
- Imeson, A.C. y Vis M. (1984). Assessing soil aggregate stability by water-drop impact and ultrasonic dispersion. *Geoderma* 34, 185-200.
- Le Bissonnais, Y. y Gaillard, H. (1997): *Mesure de la stabilité structurale des sols. Test sur agrégats. Fiche de protocole*. INRA Orléans, Unité de Science du Sol- SESCOF.
- Low, A.J. (1954): The study of soil structure in the field and the laboratory. *Journal of Soil Science* 5(1), 57-74.
- Soto, B., Benito, E., Díaz-Fierros, F. (1991): Heat-induced degradation processes in forest soils. *International Journal of Wildland Fire* 1(3), 147-152.
- Tisdall, J.M. y Oades, J.M. (1982): Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33, 141-163.