



# ¿Es real o aparente el aumento de la estabilidad de agregados encontrado en ocasiones en suelos quemados?

## Is it real or apparent increased aggregate stability sometimes found in burned soils?

V. Arcenegui (1\*), J. Mataix-Solera (1), A. Morugán-Coronado (1), A. Pérez-Bejarano (1), P. Jimenez-Pinilla (1), E. Lozano (1), J. Mataix-Beneyto (1), L.M. Zavala (2), A. Jordán (2), F. García-Orenes (1)

(1) GEA. Grupo de Edafología Ambiental. Dpto. de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández, Edificio Alcudia, Avda de la Universidad s/n. 03202 Elche, Alicante, Spain

(2) MED\_Soil Research Group. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla, C/ Profesor García González s/n, 41012, Sevilla, Spain

\*Corresponding author: v.arcenegui@umh.es

---

### Keywords

Aggregate stability  
Heating  
Mineral transformations  
Soil water repellency

### Abstract

The increase in soil aggregate stability observed in many cases after burning is discussed in this paper. Soil samples under pine forest from two Mediterranean areas were collected for this experiment: acid soils from El Algibe Range (Los Alcornocales Natural Park, Cádiz, Southern Spain) and calcareous soils of Sierra de la Grana (Alicante, Eastern Spain). In each case, soil aggregates (2 to 0.25 mm) were selected and exposed to temperatures of 200, 250, 300, 500 and 700 °C during a 20-minutes period. In both cases weight loss after volatilization of substances and a significant destruction of aggregates with increasing temperature were observed. For acid soils, where organic matter is the main cementing agent, destruction of aggregates with temperature was more intense. Water repellency induced by combustion increased between 200 and 250 °C, also the remaining aggregates remaining increased within the initial size fraction after heating, increasing its stability. For temperatures above 300 °C, water repellency disappeared, although an increase in aggregate stability was observed, possibly due to changes in the mineral soil fraction. Therefore, it is concluded that burning may destroy part of the aggregates by combustion of organic matter, so selecting stable aggregates. Water repellency and transformations of soil minerals contribute to increased stability in selected aggregates.

### Palabras clave

Calentamiento  
Estabilidad estructural  
Repelencia al agua del suelo  
Transformaciones minerales

### Resumen

En este trabajo se discute si el incremento en la estabilidad de agregados del suelo observada en muchos casos tras la acción del fuego es real o aparente. Para ello se tomaron muestras de suelo bajo pino de dos zonas mediterráneas: suelos ácidos de la Sierra del Algibe (Parque Natural Los Alcornocales, Cádiz, S España) y suelos calcáreos de la Sierra de la Grana (Alicante, E Spain). En cada caso, se seleccionaron agregados de suelo (2-0.25 mm) y se sometieron a temperaturas de 200, 250, 300, 500 y 700 °C durante un período de 20 minutos. Con el aumento de la temperatura se observó una pérdida de peso producida por volatilización de sustancias y una significativa destrucción de agregados. En el caso de suelos ácidos, donde la materia orgánica es el principal agente cementante, la destrucción de agregados con la temperatura fue más intensa. En cuanto a los agregados que permanecieron dentro de la fracción de tamaño inicial, se observó que la repelencia al agua inducida por la combustión se incrementó en el intervalo 200-250 °C, aumentando su estabilidad. A partir de 300 °C, la repelencia al agua desapareció, aunque se observó un incremento de la estabilidad estructural, posiblemente como consecuencia de cambios en la fracción mineral del suelo. Por lo tanto, se concluye que la acción del fuego destruye parte de los agregados por la combustión de la materia orgánica, seleccionando los agregados más estables. La repelencia al agua y transformaciones de los minerales del suelo contribuyen al aumento de la estabilidad en los agregados seleccionados.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los incendios pueden provocar cambios importantes en los primeros centímetros del suelo, ya que es donde se alcanzan las temperaturas más altas durante la acción del fuego. Estos cambios pueden desencadenar procesos de degradación principalmente por la eliminación de la cubierta vegetal y cambios en algunas propiedades del suelo. La estabilidad de agregados es un parámetro indicativo de la estructura del suelo y su resistencia a la degradación por factores externos. Por este motivo, tras los incendios, esta propiedad se convierte en una característica clave para controlar la erosión del suelo. La combustión parcial o total de la materia orgánica del suelo puede producir una disminución de la estabilidad de los agregados (Giovannini et al., 1987; Sanroque et al., 1985). Sin embargo, algunos autores han descrito un aumento de esta propiedad tras el fuego (Arcenegui et al., 2008; Boix-Fayos, 1997; Úbeda & Bernia, 2005). En una revisión reciente sobre el tema (Mataix-Solera et al., 2011), los autores explican que el aumento en la estabilidad de agregados puede deberse a una combinación de distintos factores, dependiendo de cuales sean los principales agentes cementantes así como de la severidad del fuego. Pero también proponen que en algunos casos el aumento de la estabilidad observado podría ser aparente ya que el fuego ha podido destruir algunos agregados y lo muestreado es por tanto una selección de los más resistentes.

## 2 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es estudiar, mediante un experimento diseñado en condiciones controladas de laboratorio, y utilizando dos suelos diferentes en algunas propiedades, si el aumento de la estabilidad de agregados observado en muchos casos en suelos mediterráneos afectados por el fuego es real o aparente.

## 3 METODOLOGÍA

### 3.1 SUELOS

Las muestras para realizar el ensayo de laboratorio se tomaron en la Sierra del Algibe (Parque Natural de los Alcornocales; Cádiz, sur de España), suelo 1, y la Sierra de la Grana (Alicante, este de España), suelo 2. La precipitación media anual es de 1440 mm para el parque Natural de los Alcornocales y de 405 mm en la Sierra de la Grana. Las muestras de suelo fueron tomadas bajo *Pinus*

*pinaster* en el Parque Natural de los Alcornocales y bajo *Pinus halepensis* en la Sierra de la Grana. En ambas zonas los suelos se clasifican como Xerorthents. Las principales características de los suelos se muestran en la Tabla 1. Las muestras se secaron en laboratorio durante 2 semanas y posteriormente se tamizaron a <2mm.

### 3.2 EXPERIMENTO DE LABORATORIO

Para conocer el efecto de la temperatura sobre los agregados del suelo se tomaron aproximadamente 25 g de suelo de la fracción de agregados (2-0.25 mm) y se colocaron en cápsulas de porcelana previamente pesadas. Las muestras se introdujeron en un horno-mufla previamente calentado a la temperatura deseada. Las muestras se sometieron por triplicado a 200, 250, 300, 500 y 700 °C durante 20 minutos simulando diferentes escenarios. Después de cada tratamiento las muestras se pasaron a un desecador y posteriormente se anotó el peso para conocer la pérdida de peso producida por volatilización (principalmente materia orgánica). A continuación, las muestras se pasaron suavemente por un tamiz de 0.25 mm y se pesó la fracción más fina (< 0.25 mm) con el fin de conocer si se producía o no una ruptura de los agregados por el calentamiento. Por último se midió la estabilidad de agregados que resistían mediante el uso de un simulador de lluvia (Roldán et al., 1994). Además se midió la repelencia al agua en todas las muestras mediante el test del tiempo de penetración de la gota de agua (WDPT; Bisdom et al., 1993).

## 4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En ambos suelos se observa lógicamente un incremento de la pérdida de peso por volatilización con la temperatura siendo más pronunciada a partir de 500 °C y mayor en el suelo 2 (Figura 1). Se observa también una destrucción de agregados (aumento de la fracción <0.25 mm) con la temperatura en ambos suelos (Figura 1).

Entre 200 y 250 °C las diferencias son muy pequeñas en el suelo 1 (0.8%) y lo mismo ocurre entre 250 y 300 °C (0.5%). Por encima de esta temperatura sin embargo se produce una mayor desagregación. En el caso del suelo 2 la desagregación se produce entre 200 y 300 °C, y no se observan diferencias entre 500 y 700 °C (11.7±1.2 y 11.5±2.4% respectivamente).

La destrucción de agregados fue mayor en el suelo 2 que en el suelo 1, al igual que la pérdida por volatilización. Se comprueba por tanto que hay una pérdida de la

Tabla 1. Caracterización de los suelos seleccionados para el experimento de laboratorio. MO: materia orgánica; CE: conductividad eléctrica.

Zona	Suelo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (%)	MO (%)	pH	CE (μS/cm)
Sierra del Algibe (Cádiz)	1	62	18	20	3.2	10.4	6.3	54
Sierra de la Grana (Alicante)	2	58	34	8	68.1	10	8.1	402

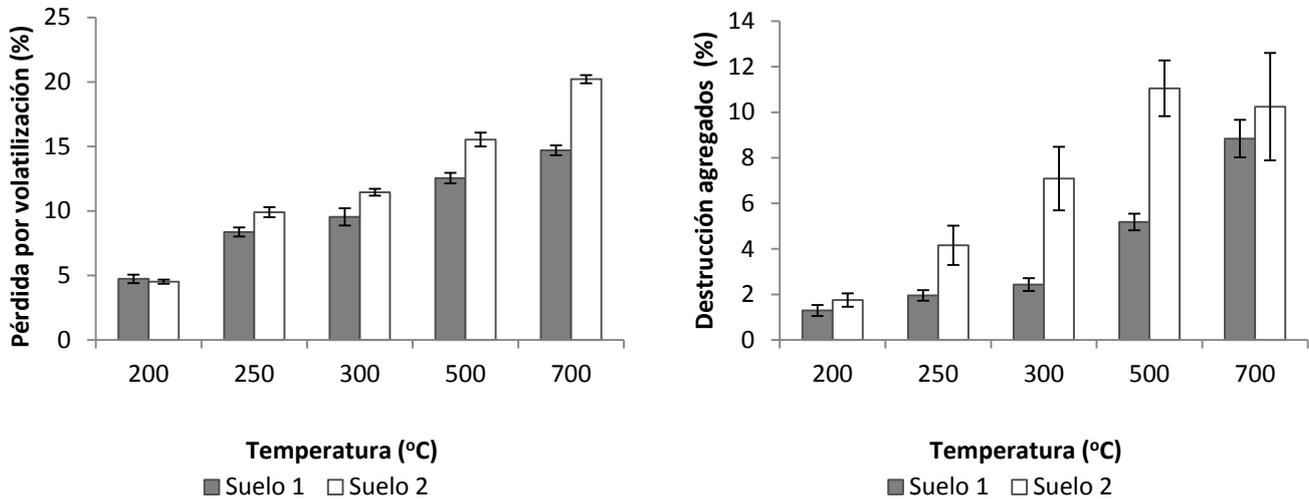


Figura 2. Pérdida de peso por volatilización (% en peso) y destrucción de agregados (% en peso) en ambos suelos (1 y 2) por temperaturas de calentamiento.

Tabla 2. Persistencia de la repelencia al agua (WDPT, s) para los suelos estudiados (media± desviación estándar).

Suelo	Control	200 °C	250 °C	300 °C	500 °C	700 °C
1	8±1	7443±2848	1±0	1±0	1±0	1±0
2	2±0	8± 1	5777±4456	2321±1831	1±0	1±0

estabilidad estructural al destruirse parte de la materia orgánica, ya que ésta actúa como agente cementante (Giovannini et al., 1987; Mataix-Solera et al., 2011; Sanroque et al., 1985).

No se observaron diferencias significativas para la estabilidad de agregados entre los dos suelos estudiados para cada temperatura de calentamiento, pero sí que hay un aumento significativo de la estabilidad de agregados con el aumento de la temperatura ( $P < 0.001$ ) en ambos suelos (Figura 2). Los resultados muestran que la repelencia al agua alcanzó valores muy altos en ambos suelos entre 200 y 250 °C (Tabla 2), lo que podría explicar el aumento de la estabilidad de agregados a esas temperaturas (Arcenegui et al., 2008; Mataix-Solera &

Doerr, 2004). Por encima de 300 °C, la repelencia al agua se elimina completamente, con lo que el aumento podría explicarse por transformaciones en la fracción mineral del suelo (Mataix-Solera et al, 2011). En el suelo 2, ya no se observan diferencias en la destrucción de agregados a temperaturas de 500 y 700 °C (Figura 1), pero sí que se produce un aumento en la estabilidad de los agregados que resisten (Figura 2).

Podemos concluir que sí que se produce una destrucción de los agregados del suelo por efecto de la temperatura de quemado. Por tanto, al muestrear en una zona recién quemada debemos asumir que estaremos seleccionando los más estables, es decir aquellos agregados que han resistido la acción del fuego. Pero también comprobamos

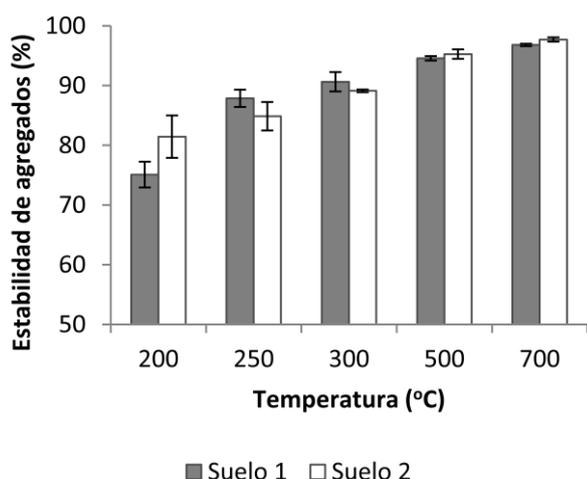


Figura 1. Estabilidad de agregados (%) en ambos suelos por temperaturas de calentamiento.

mediante el experimento de laboratorio que se produce un aumento en la estabilidad de los agregados que han resistido conforme aumenta la temperatura. Por lo tanto, en este tipo de suelos, a pesar de que el fuego produce una destrucción de una parte de los agregados, se verifica que hay un aumento real de la estabilidad estructural de aquellos que permanecen tras el calentamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte de los resultados del proyecto HYDFIRE (CGL2010-21670-C02-01), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Los autores desean expresar su agradecimiento a Red Temática Efectos de los Incendios Forestales sobre los Suelos (FUEGORED).

## BIBLIOGRAFÍA

- Arcenegui V, Mataix-Solera J, Guerrero C, Zornoza R, Mataix-Beneyto J, García-Orenes F. 2008. Immediate effects of wildfires on water repellency and aggregate stability in Mediterranean calcareous soils. *Catena* 74: 219-226.
- Bisdorn EBA, Dekker LW, Schoute JFT. 1993. Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. *Geoderma* 56: 105-118.
- Boix-Fayos C. 1997. The roles of texture and structure in the water retention capacity of burnt Mediterranean soils with varying rainfall. *Catena*

31: 219-236.

- Giovannini G, Lucchesi S., Giachetti, M. 1987. The natural evolution of a burnt soil: a three-year investigation. *Soil Science* 143: 220-226.
- Mataix-Solera J, Doerr SH. 2004. Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoil from fire-affected pine forests in southeastern Spain. *Geoderma* 118: 77-88.
- Mataix-Solera J, Cerdà A, Arcenegui V, Jordán A, Zavala LM. 2011. Fire effects on soil aggregation: A review. *Earth-Science Reviews* 109: 44-60.
- Roldán A, García-Orenes F, Lax A. 1994. An incubation experiment to determinate factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1699-1707.
- Sanroque P, Rubio JL, Mansanet J. 1985. Changes in soil properties, floristic composition and water erosion following Mediterranean forest fires in Valencia (Spain). *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 22: 131-147.
- Úbeda X, Bernia S. 2005. The effect of wildfire on soil aggregate stability in the Cadiretes Massif, NE Spain. *Geomorphological Processes and Human Impacts in River Basins* 299: 793-796.