



Monitorización del impacto del fuego en la repelencia al agua y la estructura del suelo durante 6 años

Monitoring fire impacts in soil water repellency and structure stability during 6 years

Ángel J. Gordillo-Rivero, Jorge García-Moreno, Antonio Jordán, Lorena M. Zavala (*)

MED_Soil Research Group. Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla. Facultad de Química, Profesor García González, 1, 41012, Sevilla. Spain

* Corresponding author: lorena@us.es

Keywords

Soil water repellency
Aggregate stability
Wildfires

Abstract

Wildfires induce a series of soil changes affecting their physical and chemical properties and the hydrological and erosive response. Two of the properties that are commonly affected by burning are soil water repellency and structural stability. This paper carries out the study and monitoring of water repellency and soil structural stability during a period of 6 years after fire in calcareous soils of southern Spain in different aggregate size fractions (<2, 1-2, 0.5-1 and 0.25-0.5 mm). During this time, it was observed that both properties showed different tendencies in different aggregate size fractions. It was observed that water repellency increased after fire especially in the finer fractions (0.25-0.5 mm). Structural stability increased significantly after the fire and was progressively reduced during the experimental period.

Palabras clave

Hidrofobicidad del suelo
Estabilidad estructural
Incendios forestales

Resumen

El fuego produce una serie de cambios en el suelo que afectan a sus propiedades físicas, químicas y a la respuesta hidrológica y erosiva. Dos de las propiedades que suelen verse más afectadas por el fuego son la repelencia al agua y la estabilidad estructural. En este trabajo se realiza el estudio y monitorización de la repelencia al agua y la estabilidad estructural del suelo durante un período de 6 años después de la acción del fuego en suelos calcáreos del sur de España en diferentes fracciones de tamaño de agregados (<2, 1-2, 0.5-1 y 0.25-0.5 mm). Durante este tiempo, se observó que ambas propiedades mostraron tendencias diferentes en función de la fracción de tamaño de los agregados. Se observó que la repelencia al agua aumentó tras el fuego especialmente en las fracciones más finas (0.25-0.5 mm). La estabilidad estructural se incrementó significativamente tras el fuego y fue disminuyendo progresivamente durante el tiempo de estudio.

1 INTRODUCCIÓN

La repelencia al agua (RA) del suelo se ha observado en una variedad de suelos bajo diferentes tipos de vegetación y climas, pero el fuego es considerado en general como un factor desencadenante. Dependiendo de factores como la

temperatura del suelo durante el fuego, su duración, las propiedades del suelo y la cantidad y tipo de combustible, la RA del suelo puede ser inducida, aumentada o destruida, o bien permanecer inalterada en el corto o largo plazo. La estructura del suelo es también un factor importante para el control de los procesos hidrológicos, la

Tabla 1. Localización y características de la zona de estudio.

Sitio	Fecha del incendio	Litología	Vegetación	Área afectada (ha)
CF	22/07/2006	Calizas y margas	Matorral y encinas dispersas	600.4
JF	31/08/2006	Margas	Pastizal	63.7
LB	09/09/2006	Arenisca calcárea y silíceo	Matorral y acebuches dispersos	115.1
T1	17/07/2006	Arenisca calcárea	Matorral	141.0
T2	22/07/2006	Margas	Matorral	133.5

disponibilidad de agua y el riesgo de erosión del suelo. Los efectos del fuego sobre la estabilidad de agregados (EA) del suelo han sido discutidos en una reciente revisión (Mataix-Solera et al., 2011). Algunos autores han observado una disminución a corto plazo las después de un incendio forestal intenso o una quema experimental, mientras que otros han observado un incremento. Además, otros estudios no han encontrado cambios significativos después del fuego. La hidrofobicidad y la estabilidad estructural están relacionadas, ya que los recubrimientos orgánicos hidrófobos pueden retrasar la entrada de agua en los agregados y favorecer su estabilidad.

2 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es estudiar los cambios en la RA y la EA del suelo y su evolución a medio plazo después de un incendio (6 años), así como su distribución dentro de distintas fracciones de tamaño de los agregados.

3 METODOLOGÍA

3.1 ÁREA DE ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO

Para este trabajo se seleccionaron cinco áreas de matorral mediterráneo afectadas por incendios forestales entre julio y septiembre de 2006 (Figura 1) en los municipios de Cortes de la Frontera (CF), Jimena de la Frontera (JF), Los Barrios (LB) y Tarifa (T1 y T2), en la provincia de Cádiz (S España). La Tabla 1 muestra la ubicación y características de cada sitio, así como el área afectada. Para este estudio sólo se seleccionaron áreas afectadas por fuego de severidad moderada, con consumo completo de plantas herbáceas y la mayoría de los arbustos y la capa orgánica del suelo fueron consumidos en gran medida. Si estaban

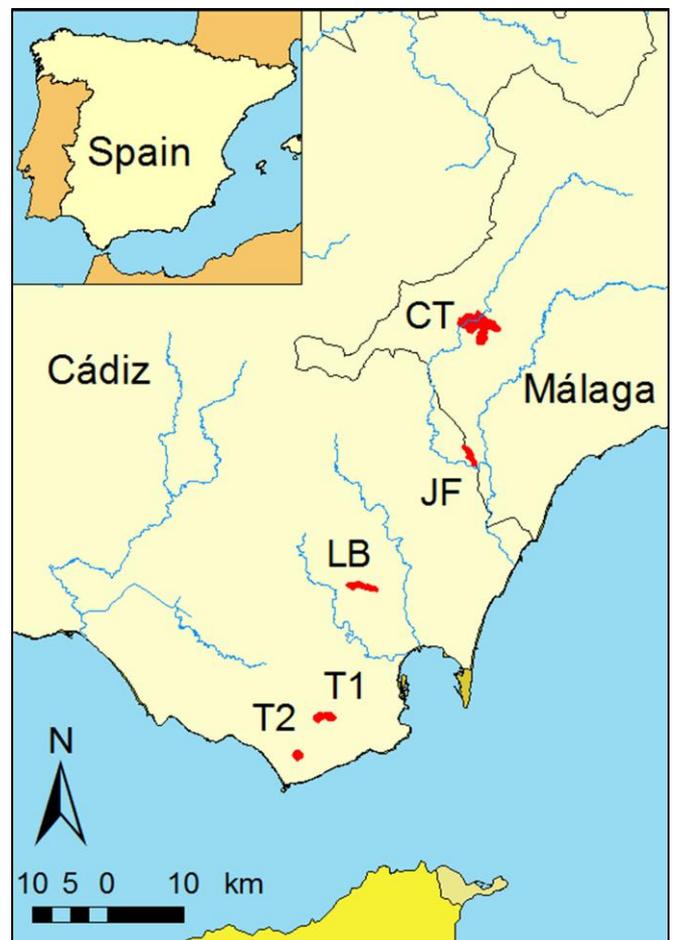


Figura 1. Área de estudio y localización de las zonas afectadas por el fuego estudiadas en este trabajo. CT: Cortes de la Frontera (Málaga); JF: Jimena de la Frontera (Cádiz); LB: Los Barrios (Cádiz); T1 y T2: Tarifa (Cádiz).

presentes, los árboles y arbustos dispersos se quemaron, pero la biomasa no se consumió por completo, y los tallos de diámetro entre 8 y 10 mm sobrevivieron o fueron afectados sólo parcialmente.

Tabla 2. Caracterización (promedio±desviación estándar) físico-química de los suelos quemados. CE: conductividad eléctrica; CO: C orgánico; EA: porcentaje de agregados estables; DA: densidad aparente.

Código	pH	CE dS m ⁻¹	CO %	CaCO ₃ %	Arena %	Arcilla %	Gravas %	DA g cm ⁻³
CF	8.1±0.1	0.49±0.03	7.65±0.3	18.3±1.0	37±0.4	23.3±1.5	15.89±1.5	1.17±0.1
JF	7.5±0.3	0.35±0.03	3.74±0.2	6.5±0	21.56±1.6	51.35±2.7	3.2±0.3	1.54±0.1
LB	7.7±0.4	0.44±0.03	6.79±0.6	12.2±0.6	46.49±3.8	21.3±1	27.32±0.3	1.66±0
T1	7.5±0.1	0.15±0	6.17±0.6	11.5±0.7	42.52±1.2	18.81±0.4	26.76±0.8	1.68±0.1
T2	7.8±0.2	0.15±0	5.03±0.1	13.4±0.7	43.47±1.6	35.6±0.6	2.82±0.1	1.42±0.1

3.2 MUESTREO Y ANÁLISIS

En cada sitio seleccionado se tomaron muestras de suelo (0-15 mm) en diez puntos distribuidos al azar en suelos adyacentes a cada área quemada durante la primera semana después del fuego, se secaron al aire y se homogeneizaron. Parte de las muestras de suelo se tamizó (2 mm) y se reservó para su análisis. En cada caso, los valores medios fueron aceptados como representativos. Se midió el pH (1:2.5) y la conductividad eléctrica (1:5) en extracto acuoso. Se evaluó el contenido en CaCO₃ mediante el calcímetro de Bernard. El C orgánico del suelo se determinó mediante titración con Cr₂O₇K₂. Para el análisis de la textura, las muestras de suelo se trataron con H₂O₂ (6%) y HCl diluido para eliminar materia orgánica y el CaCO₃. La fracción de arena (0,05 a 2 mm) se determinó mediante tamizado en húmedo; la arcilla (<0,002 mm) se determinó por el método de la pipeta. La densidad aparente se midió por triplicado recogiendo muestras de suelo mediante cilindros (4.8 cm de diámetro) insertados 15 mm en el suelo en tres puntos seleccionados aleatoriamente en cada sitio.

La RA y EA se analizaron inmediatamente después del fuego y en los meses de agosto entre 2007 y 2011 en agregados separados por fracciones de tamaño (0.25-0.5, 0.5-1 y 1-2) a partir de muestras de suelo quemado y sin quemar (0-15 mm). La proporción de muestras hidrofílicas se determinó mediante el test de tiempo de penetración de la gota de agua, WDPT (Jordán et al., 2010) tanto en la tierra fina (< 2 mm) como en agregados de diferente fracción de tamaño, considerando hidrofílicas aquellas muestras en que WDTP < 5 s. La EA se analizó siguiendo el método descrito en (Mataix-Solera et al., 2010), basado en el impacto de las gotas sobre los agregados del suelo.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Las características del suelo (0-25 mm) se muestran en la Tabla 2. El pH del suelo varió de neutro a básico (7.5-8.1). La salinidad del suelo es extremadamente baja, con valores inferiores a 0.5 mS cm⁻¹. El contenido medio de carbono orgánico fue moderado (5.88±1.53%). El contenido de carbonato de calcio varió entre 6.5 (JF) y 18.3% (CF), 12.4±4.2% como promedio. La textura fue arcillosa (JF), franco-arcillosa (T1) y franca (CF, LB y T1). La proporción de gravas (> 2 mm) fue baja en T2 y JF (2.8 y 3.2%, respectivamente), y moderadamente alta en la CF, T1 y LB (15.9, 26.8 y 27.3%, respectivamente). La densidad aparente varió entre 1.17 (CF) y 1.68 g cm⁻³ (T1), con un promedio de 1.49±0.21 g cm⁻³.

4.2 EVOLUCIÓN A CORTO Y MEDIO PLAZO DE LA REPELENCIA AL AGUA Y LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS

La Figura 2 muestra la evolución de la RA del suelo y la EA en los diferentes puntos de muestreo entre 2006 y 2011. El fuego indujo RA en suelos previamente hidrofílicos (CF, JF y LB) y la aumentó en suelos con una proporción relativa de muestras hidrofóbicas previa al fuego (T1 y T2), lo que concuerda con otros estudios a corto plazo (Arcenegui et al., 2008; Granged et al., 2011). Muchos autores han descrito una mayor RA en suelos con baja o moderada repelencia preexistente, como ocurre en este caso (Arcenegui et al., 2008; Granged et al., 2011). Las diferentes respuestas en RA inmediatamente después de la quema han sido atribuidas a los picos de temperatura y su tiempo de residencia en el suelo durante la combustión

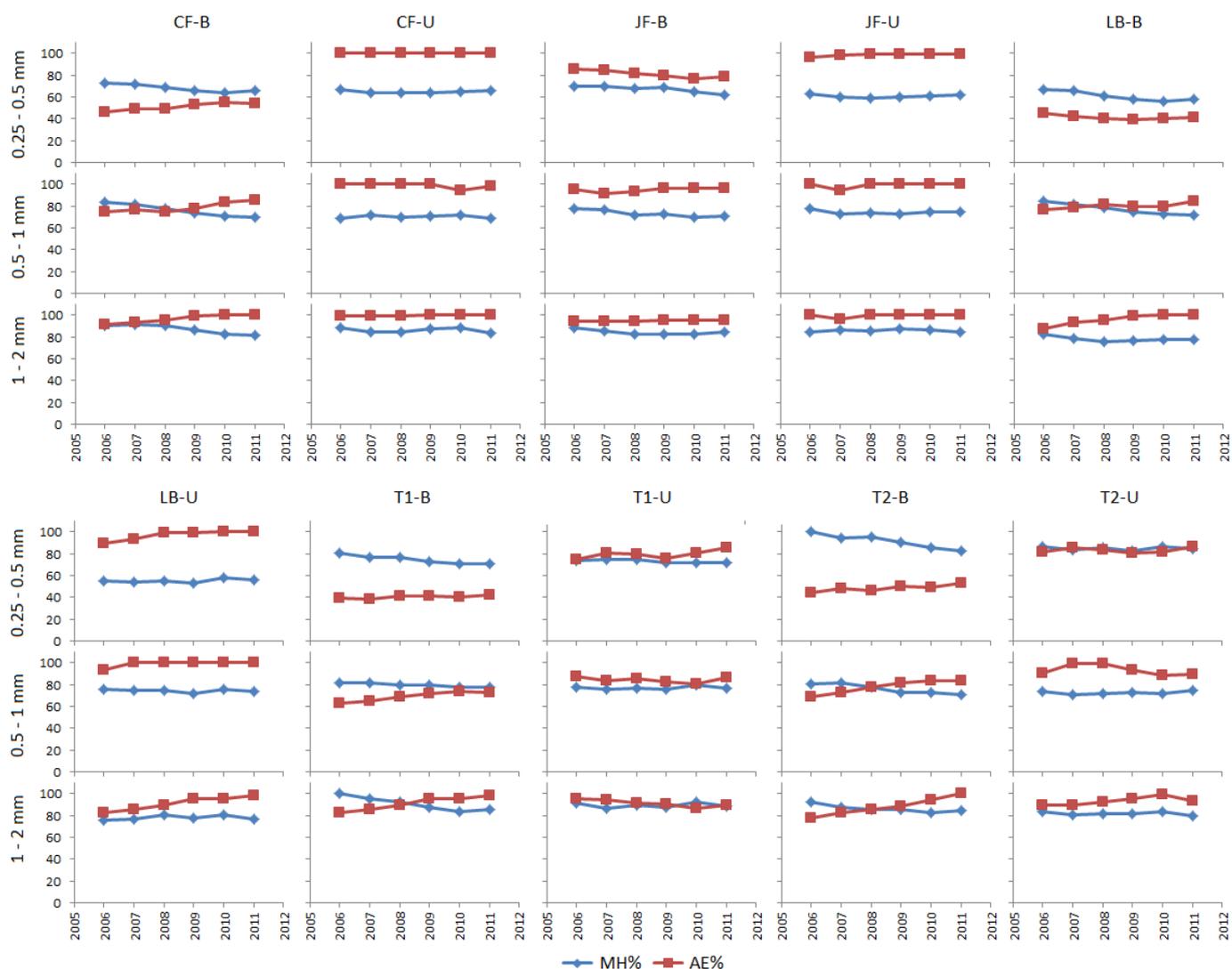


Figura 2. Proporción de muestras hidrofílicas (MH%) y de agregados estables (AE%) de las distintas fracciones de tamaño de agregados (1-2, 0.5-1 y 0.25-0.5 mm) entre 2006 y 2011 en cada área de estudio. Códigos: CF (Cortes de la Frontera), JF (Jimena de la Frontera), LB (Los Barrios), T1 (Tarifa), T2 (Tarifa); U (quemado), B (no quemado).

(Jordán et al., 2011). Por tanto, es posible que en los primeros 15 mm de suelo se alcanzaran temperaturas alrededor de 200 °C. En la tierra fina, la proporción de muestras hidrofóbicas entre 2006 y 2011 creció desde 63 a 71 (CF), 82 a 83 (JF), 65 a 79 (LB), 60 a 57 (T1). En general, estos pequeños cambios muestran una mayor proporción de muestras hidrofílicas, que oscilan entre el 1 (JF) y el 14% (T1). La proporción de muestras hidrofílicas disminuyó sólo en T1 (53 a 59).

Las diferentes fracciones de suelos no quemados, no mostraron variaciones significativas de RA o EA durante el período de estudio. Inmediatamente después del fuego, la proporción de muestras hidrofílicas en las diferentes

fracciones de agregados disminuyó en todos los casos, aunque el efecto fue diferente en cada fracción. La clase de tamaño más afectada fue la de agregados de tamaño 0.25-0.5 mm, donde la proporción de muestras hidrofílicas disminuyó en torno a un 60% en todos los casos excepto en JF, donde el descenso fue aproximadamente del 15%. En las fracciones 1-2 mm y 0.5-1 mm, la proporción de muestras hidrofílicas se incrementó anualmente hasta llegar a valores similares o muy cercanos a los de suelos no quemados. Sin embargo, en la fracción 0.25-0.5 mm, los valores se mantuvieron estables o aumentaron sólo muy ligeramente. En algunos casos, la EA se incrementó hasta en un 30% inmediatamente tras el fuego respecto a las muestras no quemadas, y fue disminuyendo

progresivamente hasta valores semejantes a los de suelos no quemados (CF, LB y T2). En otros casos, las variaciones fueron muy pequeñas, no observándose diferencias significativas (JF y T1).

5 CONCLUSIONES

El fuego indujo un aumento en la hidrofobicidad del suelo en todas las fracciones de tamaño estudiadas. La hidrofobicidad disminuyó progresivamente en las fracciones de tamaño de agregados más gruesas hasta alcanzar los valores iniciales 6 años después del fuego. Sin embargo, en la fracción más fina (0.25-0.5 mm), la proporción de muestras hidrofóbicas se mantuvo constante.

La estabilidad de agregados mostró comportamientos diversos en función de la clase de tamaño y de cada caso, aunque en algunos casos sí se observó un incremento inicial y un descenso progresivo hasta restaurarse los valores iniciales 6 años después del incendio.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de los resultados del proyecto HYDFIRE (CGL2010-21670-C02-01), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Los autores desean agradecer el apoyo de la Red Temática Efectos de los Incendios Forestales en los Suelos (FUEGORED).

REFERENCIAS

- 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.
- Granged AJP, Zavala LM, Jordán A, Bárcenas-Moreno G. 2011. Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: a 3-year study. *Geoderma* 164: 85-94.
- Jordán A, Zavala LM, González FA, Bárcenas-Moreno G, Mataix-Solera J. 2010. Repelencia al agua en suelos afectados por incendios: métodos sencillos de determinación e interpretación. In: Cerdà A, Jordán A (Eds), *Actualización en métodos y técnicas para el estudio de suelos afectados por incendios forestales*, Cátedra de Divulgació de la Ciència. Universitat de València. Valencia. Ch. 2.4, pp. 145-179.
- Jordán A, Zavala LM, Mataix-Solera J, Nava AL, Alanís N. 2011. Effect of fire severity on water repellency and aggregate stability on Mexican volcanic soils. *Catena* 84: 136-147.
- Mataix-Solera J, Benito E, Andreu V, Cerdà A, Úbeda X, Llovet J, Martí EC, Varela E, Gimeno E, Arcenegui V, Rubio JL, Campo J, García-Orenes F, Badía D. 2010. ¿Cómo estudiar la estabilidad de agregados en suelos afectados por incendios? Métodos e interpretación de resultados. In: Cerdà A, Jordán A (Eds), *Actualización en métodos y técnicas para el estudio de suelos afectados por incendios forestales*, Cátedra de Divulgació de la Ciència. Universitat de València. Valencia. Ch. 2.3, pp. 109-143.
- 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.