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

A.J. Gordillo-Rivero, J. García-Moreno, A. Jordán, L.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







Introducción y objetivos

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 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 [1]. 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.

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.

Métodos

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 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 ubicación, el área afectada y las características de cada sitio se muestran en la Figura 1 y la Tabla 1, respectivamente. 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 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.





Figura 1. Derecha. 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). **Izquierda.** Detalle del área T1.

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 [2] 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 [3], basado en el impacto de las gotas sobre los agregados del suelo.

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 silícea	Matorral y acebuches dispersos	115.1
T1	17/07/2006	Arenisca calcárea	Matorral	141.0
T2	22/07/2006	Margas	Matorral	133.5

Resultados y discusión

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.

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 [4] [5]. Muchos autores han descrito una mayor RA en suelos con baja o moderada repelencia preexistente, como ocurre en este caso [4] [5]. 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 [7]. Por tanto, es posible que en los primeros 15 mm de suelo se alcanzaran temperaturas alrededor de 200 ºC. 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).

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.

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

Sitio	рН	CE dS m ⁻¹	CO %	CaCO ₃ %	Arena %	Arcilla %	Gravas %	BD 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

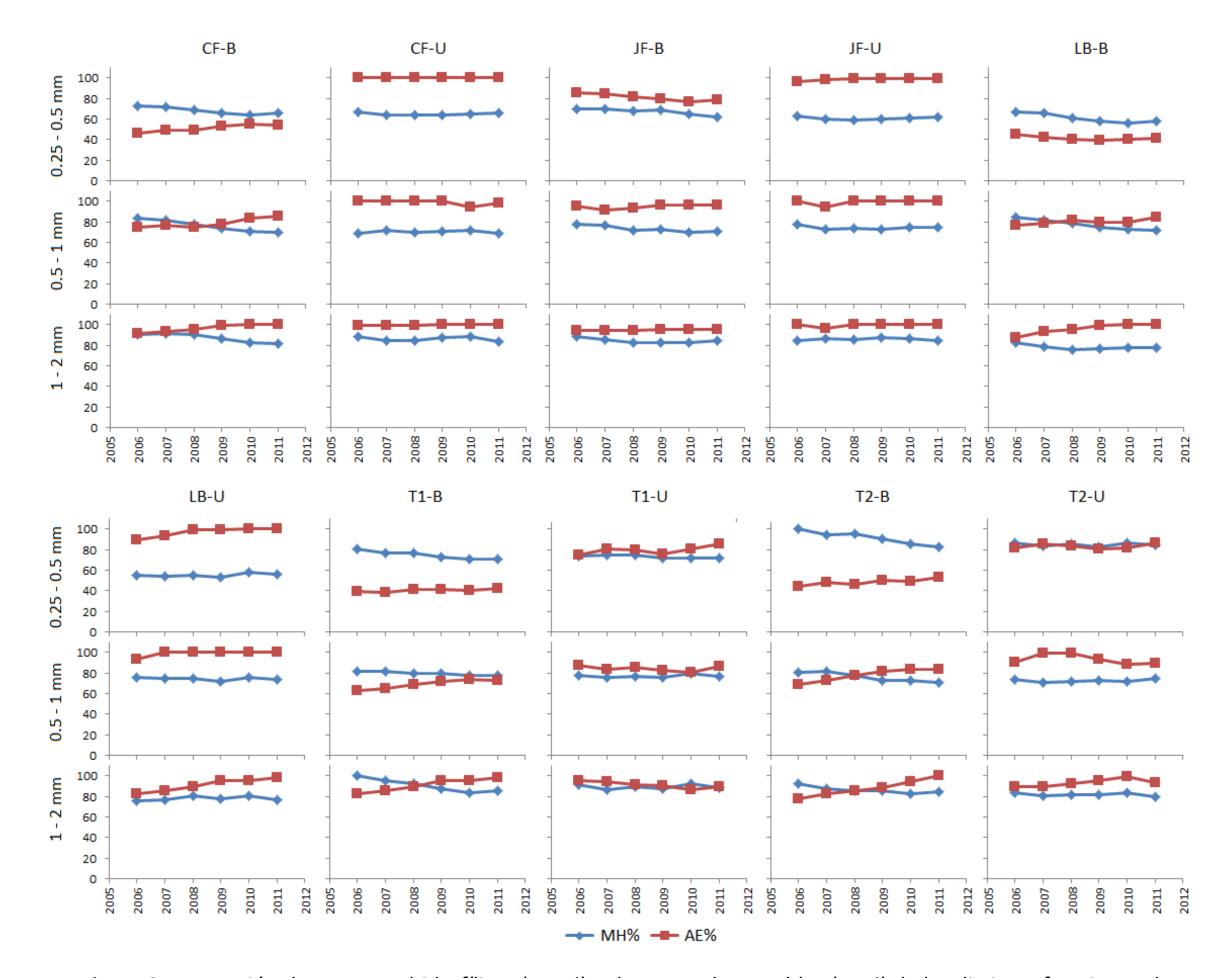


Figura 2. Proporción de muestras hidrofílicas (MH%) y de agregados estables (AE%) de las distintas fracciones de tamaño de agregados (1-2, 0.5-1 y 0.25-0.5 mm) entre 2006 y 2011 en cada área de estudio. Códigos: CF (Cortes de la Frontera), JF (Jimena de la Frontera), LB (Los Barrios), T1 (Tarifa), T2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

Referencias

- 1. Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., Zavala, L.M. 2011. Fire effects on soil aggregation: a review. *Earth-Science Reviews* 109: 44-60.
- . Mataix-Solera, J., Benito, E., Andreu, V., Cerdà, A., Úbeda, X., Llovet, J., Martí, E.C., Varela, E., Gimeno, E., Arcenegui, V., Rubio, J.L., 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: Actualización en métodos y técnicas para el estudio de suelos afectados por incendios forestales. (Artemi Cerdà y Antonio Jordán, eds.). Càtedra de Divulgació de la Ciència. Universitat de València. Valencia. Ch. 2.3, pp. 109-143.
- Jordán, A., Zavala, L.M., González, F.A., Bárcenas-Moreno, G., Mataix-Solera, J. 2010. Repelencia al agua en suelos afectados por incendios: métodos y técnicas para el estudio de suelos afectados por incendios: métodos y técnicas para el estudio de suelos afectados por incendios forestales. (Artemi Cerdà y Antonio Jordán, eds.). Càtedra de Divulgació de la Ciència. Universitat de València. Valencia. Valencia. Ch. 2.4, pp. 145-179.

 4. 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, A.J.P., Zavala, L.M., 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.
 Mataix-Solera, J., Doerr, S.H. 2004. Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forest in southeastern Spain. Geoderma 118: 77-88.
 Jordán, A., Zavala, L.M., Mataix.Solera, J., Nava, A.L., Alanís, N. 2011. Effect of fire severity on water repellency and aggregate stability on Mexican volcanic soils. Catena 84: 136-147.
 - Agradecimientos: Esta investigación forma parte de los resultados del proyecto HYDFIRE, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Los autores desean agradecer al Cerdocarpa Team su participación en las labores de campo.