


**FUEGORED**

 Red temática nacional  
 Efectos de los Incendios  
 Forestales sobre los Suelos

Efectos del fuego en el suelo

 Ficha técnica  
 FGR2013/08

# REPELENCIA AL AGUA EN SUELOS AFECTADOS POR EL FUEGO

## Autoras

### ■ M. Eufemia Varela

E-mail: eteijeiro@uvigo.es  
 Centre for Environmental and  
 Marine Studies (CESAM),  
 Department of Environmental  
 and Planning, University of  
 Aveiro, Aveiro, Portugal

### ■ Elena Benito

E-mail: rueda@uvigo.es  
 Departamento de Biología  
 Vegetal y Ciencias del Suelo,  
 Facultad de Biología,  
 Universidad de Vigo, Vigo,  
 España

## Coordinadores

### ■ Antonio Jordán

Universidad de Sevilla

### ■ Lorena M. Zavala

Universidad de Sevilla

### ■ Artemi Cerdà

Universitat de València

### ■ Jorge Mataix-Solera

Universidad Miguel Hernández

### ■ José A. González-Pérez

Instituto de Recursos Naturales  
 y Agrobiología de Sevilla (CSIC)

■ La repelencia al agua (hidrofobia) es una propiedad que ocurre de forma natural en los suelos (Figura 1) y que reduce su afinidad por el agua de forma que se resisten al humedecimiento durante periodos que pueden variar de unos pocos segundos hasta meses en casos extremos (Doerr & Shakesby, 2009). Se ha demostrado la existencia de esta propiedad en casi todos los países del mundo, en diferentes tipos de suelos y bajo diferentes climas y tipos de vegetación (Wallis & Horne, 1992; DeBano, 2000; Doerr et al., 2000).



Figura 1. Gotas de agua sobre un suelo hidrófobo. Foto: V. Arcenegui.

Los dos métodos más utilizados para medir la repelencia al agua del suelo son el test del tiempo de penetración de la gota de agua (test WDPT) y el test del porcentaje de etanol (test MED). Los detalles para la aplicación de estos métodos se pueden consultar en Jordán et al. (2010).

Aunque todavía no se conocen con exactitud las sustancias capaces de inducir repelencia al agua en los suelos, si se sabe que la repelencia al agua depende del tipo de materia orgánica que contiene el suelo y se produce por la acumulación de ácidos orgánicos



Licencia Creative Commons:  
 Reconocimiento-NoComercial-  
 SinObraDerivada

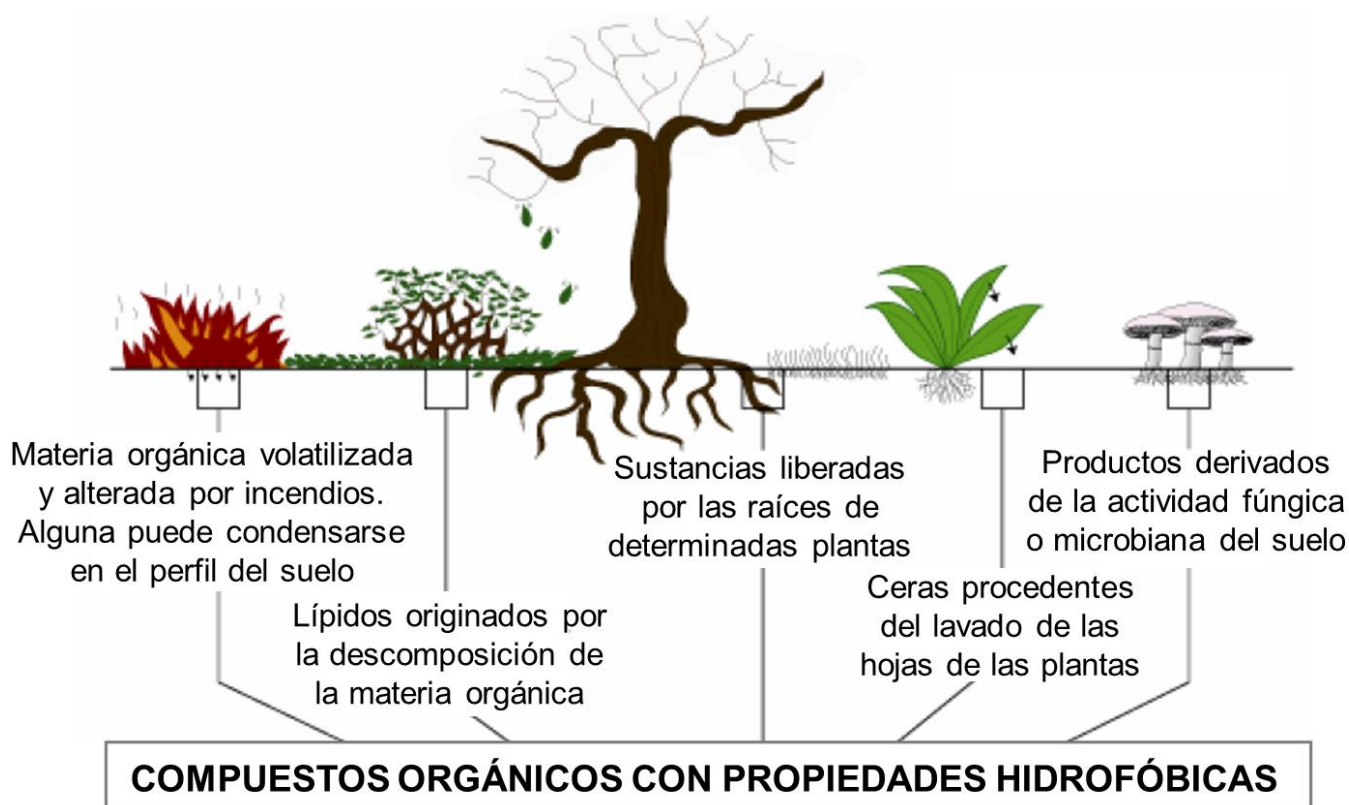


Figura 2. Principales fuentes de sustancias hidrofóbicas en el suelo (a partir de Doerr et al., 2000).

hidrofóbicos procedentes de exudados radicales, de compuestos producidos por hongos y microorganismos o directamente de la descomposición de la materia orgánica (Figura 2). Estos compuestos se depositan sobre la superficie mineral y/o en la superficie de los agregados del suelo o pueden también formar parte de la materia orgánica intersticial (Doerr et al., 2000; Doerr & Shakesby, 2009).

La repelencia al agua del suelo está pues confinada a los primeros centímetros o decímetros del suelo donde se acumula la materia orgánica y tiende a ser una propiedad altamente variable tanto espacial como temporalmente. Se presenta con su máxima intensidad en las épocas más secas y disminuye e incluso desaparece en las épocas húmedas. Depende por tanto, principalmente, del contenido en humedad del suelo pero también de otras variables como la temperatura, la humedad relativa y la tasa de evapotranspiración (Doerr et al., 2000). Por otra parte, los suelos de textura gruesa son más susceptibles a desarrollar repelencia al agua que los suelos de textura más fina debido a su menor superficie específica. Otro parámetro que afecta a la repelencia al agua es el pH del suelo observándose generalmente una repelencia al agua más severa en suelos ácidos que en suelos calizos, lo cual

se atribuye a la mayor actividad fúngica y a la peor humificación de la materia orgánica de los suelos más ácidos (Mataix-Solera et al., 2007; Rodríguez-Alleres et al., 2007; Zavala et al., 2009).

La repelencia al agua además de ocurrir de forma natural en los suelos, puede verse favorecida como resultado del calentamiento del suelo durante el fuego (Figura 2). Bajo condiciones de campo y, dependiendo de la temperatura alcanzada, de la cantidad y tipo de hojarasca y materia orgánica consumida y de la humedad del suelo, se ha demostrado que el fuego puede inducir repelencia al agua en suelos que previamente eran hidrofílicos, incrementar la repelencia al agua en suelos que ya eran repelentes, destruir la repelencia al agua en la superficie del suelo e inducir una capa repelente al agua subsuperficial, o no causar cambios en la repelencia al agua en suelos que ya eran de forma natural extremadamente hidrofóbicos (DeBano et al., 1976; Huffmann et al., 2001; Cerdà & Doerr, 2005; Doerr et al., 2006; Arcenegui et al., 2008; Zavala et al., 2009; Varela et al., 2010a; Rodríguez-Alleres et al., 2012).

Por tanto, el tipo de fuego, su intensidad y los gradientes de temperatura desarrollados durante el incendio, afectarán a la formación y a la profundidad de la capa

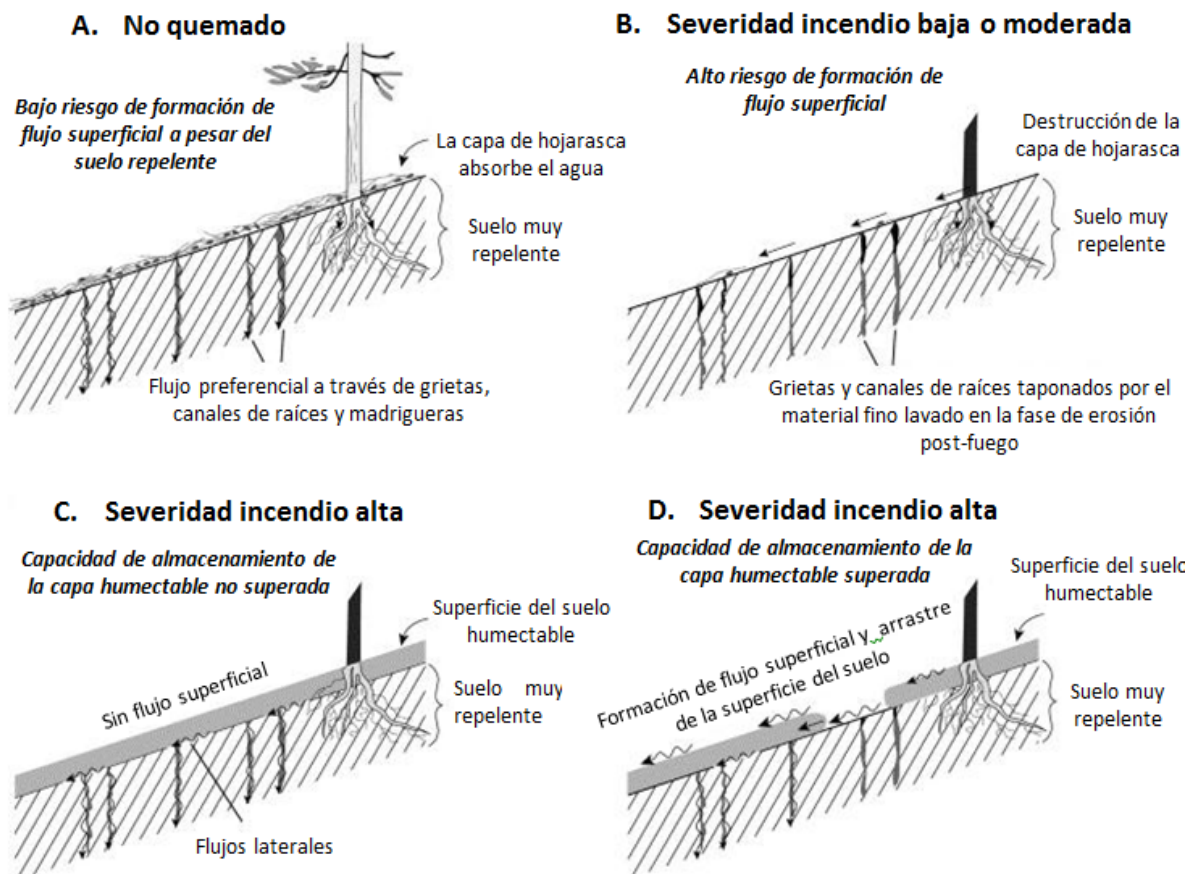


Figura 3. Esquema del efecto de la severidad del incendio en la respuesta hidrológica de un suelo muy repelente al agua (a partir de Doerr et al., 2006).

hidrofóbica. Si la intensidad del incendio es alta, el calor producido durante la combustión de la capa de hojarasca volatiliza las sustancias orgánicas del suelo. Parte de estos compuestos orgánicos pueden desplazarse desde la superficie hasta el interior del suelo siguiendo un gradiente de temperatura hasta alcanzar una capa más fría, donde se condensan. El resultado final es la presencia de una capa humectable en la superficie del suelo y la formación de una capa hidrofóbica situada por debajo y paralelamente a la superficie del suelo del área quemada (DeBano et al., 1976).

El calor generado por el fuego, además de redistribuir y concentrar las sustancias hidrofóbicas presentes de forma natural en la hojarasca y en el suelo, puede también mejorar los enlaces de estas sustancias a las partículas del mismo y las hace más repelentes al agua por pirolisis o por cambios en la conformación del ordenamiento estructural de los compuestos hidrofóbicos (Doerr et al., 2005).

Bajo condiciones de laboratorio se ha demostrado que cuando los suelos se calientan a una temperatura inferior a 175 °C no se producen cambios apreciables en la

repelencia al agua. Entre 175 y 270 °C, la repelencia al agua se intensifica mientras que entre los 270 y 400 °C tiene lugar la destrucción de los compuestos hidrofóbicos, desapareciendo la repelencia al agua de los suelos (DeBano et al., 1976; Doerr et al., 2004; García-Corona et al., 2004; Mataix-Solera & Guerrero 2007; Zavala et al., 2010).

La duración del calentamiento también es importante, de forma que al aumentar el tiempo de calentamiento se reduce la temperatura a la que se producen estos cambios (DeBano et al., 1976; Doerr et al., 2004). Por otra parte si hay insuficiente oxígeno, la temperatura a la que se destruye la repelencia al agua puede aumentar hasta 500-600 °C (Bryant et al., 2005). Otros factores como el tipo y cantidad de vegetación presente o propiedades del suelo como las características de la materia orgánica, la textura o la mineralogía de la fracción arcilla, pueden también influir en los efectos del calentamiento en la repelencia al agua (Arcenogui et al., 2007; Mataix-Solera et al., 2008).

La determinación de los niveles de repelencia inmediatamente después del fuego, siempre que sea

posible compararlos con los niveles de referencia pre-fuego, podría ser un indicador muy útil de las temperaturas alcanzadas en la superficie del suelo y de este modo de la severidad del fuego, (Doerr et al., 2004, 2006; Rodríguez-Alleres et al., 2012). Este tipo de indicadores puede resultar muy útil a la hora de determinar políticas de actuación en las áreas quemadas en vista a prevenir los procesos hidrológicos y erosivos asociados a los incendios forestales.

Los cambios ocasionados por los incendios forestales en la repelencia al agua del suelo pueden tener importantes repercusiones hidrológicas y geomorfológicas entre las que destacan: a) reducción de las tasas de infiltración b) mayor variabilidad espacial en la infiltración y en los flujos de humedad del suelo causando una desigual distribución de la humedad del suelo y presencia de flujos preferenciales c) aumento del flujo de escorrentía superficial de tipo hortoniano d) incremento de la erosión superficial favorecida por el incremento del flujo superficial (Doerr & Shakesby 2009). La reducción en la infiltración puede también tener otros efectos secundarios como impedir la germinación y el crecimiento de la vegetación, lo que a su vez puede prolongar los impactos del fuego en las tasas de escorrentía y erosión (DeBano, 2000; Doerr et al., 2000; Shakesby et al., 2000; Shakesby & Doerr, 2006; Shakesby, 2011).

En la Figura 3 se muestran diferentes escenarios de la respuesta hidrológica de un suelo con altos niveles de repelencia al agua de forma natural antes y después de incendios de diferente severidad (Doerr et al., 2006).

El problema es que el incendio induce otra serie de cambios en la superficie de los suelos y sobre todo en la cobertura vegetal que pueden ser tan o incluso más importantes a la hora de interpretar los incrementos observados en la escorrentía y en la erosión tras los incendios.

Otro aspecto a considerar, cuando se evalúa la influencia de la repelencia al agua en la erosión post-incendio, es su influencia en la erosionabilidad del suelo. Puede ejercer un efecto negativo al reducir la capacidad de infiltración (Cerdà & Doerr, 2005; Shakesby & Doerr, 2006; Doerr et al., 2006, 2009a) pero también se ha señalado un efecto positivo en la estabilidad de los agregados y por tanto en su resistencia al desprendimiento (Mataix-Solera & Doerr, 2004; Varela et al., 2010b).

También resulta muy difícil, a escalas mayores (cuencia de

drenaje), determinar en las áreas quemadas el papel de la repelencia al agua en la respuesta hidrológico-erosiva debido a su alta variabilidad espacial y a la dificultad de caracterizar el papel contrarrestador de los parches de suelo no hidrofóbico junto con cenizas, grietas, madrigueras y canales de raíces para reducir la escorrentía superficial generada por los parches fuertemente repelentes al agua. Se necesitan experiencias en el campo con monitorización más detallada a diferentes escalas para poder cuantificar el impacto de la repelencia al agua en la generación de escorrentía y en la erosión (Doerr et al. 2009b).

Por otra parte, se sabe muy poco sobre la duración de los cambios producidos por el fuego en la repelencia al agua ya que la monitorización post-incendio a largo plazo es escasa. Además, la gran variabilidad espacial y temporal de esta propiedad hace que las observaciones varíen ampliamente según la metodología utilizada (Shakesby & Doerr, 2006).

## REFERENCIAS

- Arcenegui V, Mataix-Solera J, Guerrero C, Zornoza R, Mayoral A M, Morales J.** 2007. Factors controlling the water repellency induced by fire in calcareous Mediterranean forest soils. *European Journal of Soil Science* 58: 1254-1259.
- Arcenegui V, Mataix-Solera J, Guerrero C, Zornoza R, Mataix-Beneyto J, García-Orenes J.** 2008. Immediate effects of wildfires on water repellency and aggregate stability in mediterranean calcareous soils. *Catena* 74: 219-226.
- Bryant R, Doerr SH, Helbig M.** 2005. Effect of oxygen deprivation on soil hydrophobicity during heating. *International Journal of Wildland Fire* 14: 449-455.
- Cerdà A, Doerr SH.** 2005. Influence of vegetation on soil hydrology and erodibility following fire: an 11-year investigation. *International Journal of Wildland Fire* 14: 423-437.
- DeBano LF.** 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *Journal of Hydrology* 231-232: 195-206.
- DeBano LF, Savage SM, Hamilton DA.** 1976. The transfer



of heat and hydrophobic substances during burning. Soil Science Society of America Proceedings 40: 779-782.

- Doerr SH, Shakesby RA.** 2009. Soil water repellency. Principles, causes and impacts in fire-affected environments. En: Cerdá A, Mataix-Solera J (Eds.), Efectos de los Incendios Forestales sobre los Suelos en España. El estado de la cuestión visto por los científicos españoles, Càtedra de Divulgació de la Ciència, Valencia, pp. 59-75.
- Doerr SH, Shakesby RA, Walsh RPD.** 2000. Soil water repellency: its causes characteristics and hydrogeomorphological significance. Earth-Science Reviews 51: 33-65.
- Doerr SH, Blake WH, Shakesby RA, Stagnitti F, Vuurens SH, Humphreys GS, Wallbrink P.** 2004. Heating effects on water repellency in Australian eucalypt forest soils and their value in estimating wildfire soil temperatures. International Journal of Wildland Fire 13: 157-163.
- Doerr SH, Llewellyn CT, Douglas P, Morley CP, Mainwaring KA, Haskins C, Johnsey L, Ritsema CJ, Stagnitti F, Allinson G, Ferreira AJD, Keizer JJ, Ziogas AK, Diamantis J.** 2005. Extraction of compounds associated with water repellency in sandy soils of different origin. Australian Journal of Soil Research 43: 225-237.
- Doerr SH, Shakesby RA, Blake WH, Chafer CJ, Humphreys GS, Wallbrink PJ.** 2006. Effects of differing wildfire severities on soil wettability and implications for hydrological response. Journal of Hydrology 319: 295-311.
- Doerr SH, Woods SW, Martin DA, Casimiri M.** 2009a. Natural background soil water repellency in conifer forests of the north-western USA: Its prediction and relationship to wildfire occurrence. Journal of Hydrology 371: 12-21.
- Doerr SH, Shakesby RA, MacDonald LH.** 2009b. Soil water repellency: a key factor in post-fire erosion. En: Cerdà A, Robichaud P (Eds), Restoration Strategies after Forest Fires, Science Publishers, Enfield, NH, pp. 197-223.
- García-Corona R, Benito E, de Blas E, Varela ME.** 2004. Effects of heating on some soil physical properties related to its hydrological behaviour in two north-western Spanish soils. International Journal of Wildland Fire 13: 195-199.
- Huffman EL, MacDonald LH, Stednick JD.** 2001. Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine, Colorado Front Range. Hydrological Processes 15: 2877-2892.
- Jordán A, Zavala LM, González-Peñaloza FA, Bárcenas-Moreno G, Mataix-Solera J.** 2010. En: Cerdá A, Jordán A (Eds), Actualización en métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales, Càtedra de Divulgació de la Ciència, Valencia, pp. 145-183.
- Mataix-Solera J, Doerr SH.** 2004. Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forest in southeastern Spain Geoderma 118: 77-88.
- Mataix-Solera J, Guerrero C.** 2007. Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. En: Mataix-Solera J (Ed.), Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica, Caja Mediterráneo CEMACAM Font Roja-Alcoi, Alicante, pp. 5-40.
- Mataix-Solera J, Arcenegui V, Guerrero C, Mayoral AM, Morales J, González J, García-Orenes F, Gómez I.** 2007. Water repellency under different plant species in a calcareous forest soil in a semiarid Mediterranean environment. Hydrological Processes 21(17): 2300-2309.
- Mataix-Solera J, Arcenegui V, Guerrero C, Jordán M, Dlapa P, Tessler N, Wittenberg L.** 2008. Can terra rossa become water repellent by burning? A laboratory approach. Geoderma 147: 178-184.
- Rodríguez-Alleres M, Benito E, de Blas E.** 2007. Extent and persistence of water repellency in north-western Spanish soils. Hydrological Processes, 21: 2291-2299
- Rodríguez-Alleres M, Varela ME, Benito E.** 2012. Natural severity of water repellency in pine forest soils from NW Spain and influence of wildfire severity on its persistence. Geoderma 191: 125-131.
- Shakesby RA.** 2011. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research

directions. *Earth Science Reviews* 105: 71-100.

**Shakesby RA, Doerr SH.** 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth-Science Reviews* 74: 269- 307.

**Shakesby RA, Doerr, SH, Walsh RPD.** 2000. The erosional impact of soil hydrophobicity: current problems and future research directions. *Journal of Hydrology* 231-232: 178-191.

**Varela ME, Benito E, Keizer J.** 2010a. Wildfire effects on soil erodibility of woodlands in NW Spain. *Land Degradation & Development* 21: 75-82.

**Varela ME, Benito E, Keizer J.** 2010b. Effects of wildfire and laboratory heating on soil aggregate stability of pine forests in Galicia: The role of lithology, soil

organic matter content and water repellency. *Catena* 83:127-134.

**Wallis MG, Horne DJ.** 1992. Soil water repellency. En: Stewart BA (Ed.), *Advances in Soil Science*, Springer, New York, pp. 91-146.

**Zavala LM, González FA, Jordán A.** 2009. Intensity and persistence of water repellency in relation to vegetation types and soil parameters in Mediterranean SW Spain. *Geoderma* 152: 361-374.

**Zavala LM, Granged JP, Jordán A, Bárcenas-Moreno G.** 2010. Effect of burning temperature on water repellency and aggregate stability in forest soils under laboratory conditions. *Geoderma* 158: 366.374.

*Cita recomendada:*

Varela ME, Benito E. 2013. Repelencia al agua en suelos afectados por el fuego. Red Temática Nacional Efectos de los Incendios Forestales sobre los Suelos (FUEGORED). Ficha técnica FGR2013/08.