La repelencia al agua en el suelo: una propiedad más común de lo que pensábamos

J. Mataix-Solera [1], L.M. Zavala [2], V. Arcenegui [1], A. Jordán [2], E. Lozano [1], A. Gordillo-Rivero [2], P. Jimenez-Pinilla [1], J. García-Moreno [2]

1) GEA (Grupo de Edafología Ambiental), Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández
2) MED_Soil Research Group. Departamento de Cristalografía, Mineralogia y Química Agrícola, Universidad de Sevilla

SECS MALLORCA 2013

29 Reunión de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo
Mallorca | 3-6 /9/2013

1. Introducción

Hace sólo algunas décadas, la repelencia al agua (RA) del suelo era considerada una propiedad excepcional por la mayoría de los investigadores. Sin embargo, en la actualidad, se ha comprobado que la RA puede aparecer en diversos tipos de suelo bajo distintos climas y vegetación en todo el mundo.

En nuestro caso, comenzamos a estudiar esta propiedad en suelos afectados por incendios forestales, dado que era más evidente y mostraba importantes implicaciones en la escorrentía y la erosión post-incendio, de modo que se explicaban mejor algunos procesos observados. Pero tanto la comparación con suelos control como el estudio de suelos cultivados o con otros usos nos condujeron a considerar que la RA es una propiedad común bajo determinadas circunstancias.

En este trabajo se resumen los principales resultados de la investigación llevada a cabo sobre la repelencia al agua (RA) del suelo durante algo más de una década por los grupos de investigación GEA (Grupo de Edafología Ambienta, Universidad Miguel Hernández) y MED_Soil Research Group (Universidad de Sevilla).

La RA es una propiedad que reduce la afinidad del suelo para el agua. Por consiguiente, la superficie de un suelo repelente al agua puede ofrecer una fuerte resistencia a la penetración de agua (Fig. 1) y tiene varias implicaciones hidrológicas y geomorfológicas, la disponibilidad de agua y la nutrición de las plantas, y ha sido objeto de creciente interés de la comunidad científica en las últimas décadas. Hasta la fecha, las investigaciones han demostrado que la repelencia al agua del suelo es una propiedad mucho más extendida de lo que inicialmente se sospechaba (Fig. 2), presente en suelos con diferente contenido de materia orgánica o textura y origen mineralógico, bajo una variedad de climas desde tropical a sub-ártico, en todos los continentes excepto la Antártida, y en una amplia variedad de tipos de vegetación y manejo agrícola.

La RA del suelo persiste durante períodos de tiempo que van desde unos pocos segundos a horas, días o semanas en función de la interacción entre el agua y las moléculas orgánicas del suelo (Fig. 3), el ambiente y las propiedades del suelo.

Figura 1. Una capa de suelo repelente al agua ofrece resistencia a la infiltración del agua acumulada en la superficie o en la capa superior hidrofílica.

Figura 2. Lugares donde se ha reportado RA del suelo (Scopus).

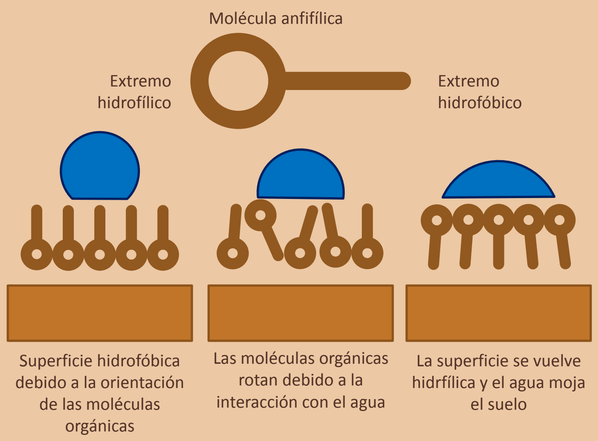

Figura 3. Representación esquemática de una molécula de carácter anfifílico (parte superior) y secuencia de cambios en la orientación de moléculas anfifílicas sobre una superficie mineral en contacto con el agua.

2. Relación con la materia orgánica

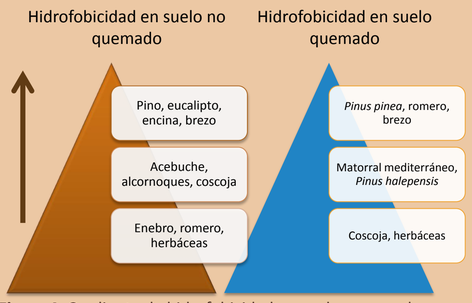

Figura 4. Gradiente de hidrofobicidad en suelos quemados y no quemados en función de las especies vegetales.

La RA del suelo puede ser inducida por ciertas especies, como pinos, eucaliptos, alcornoques, brezos y otras especies de matorral mediterráneo. (Figs. 4 y 5) a causa de resinas, ceras y compuestos aromáticos contenidos en sus tejidos. Incluso en el caso de los suelos quemados, la destrucción de la RA puede ser causada por la degradación selectiva de compuestos orgánicos, más que por la destrucción de la materia orgánica.

En trabajos recientes hemos observado fuertes correlaciones entre ergosterol, glomalina, lípidos extraíbles, contenido de materia orgánica y RA. La fracción lipídica parece ser el factor principal, ya que su extracción destruye la RA. Por otra parte, determinados ác. grasos de cadena larga (como el palmítico; Fig. 6) pueden utilizarse como trazadores de la RA en el suelo. Compuestos orgánicos heredados o migrados por escorrentía pueden inducir hidrofobicidad incluso cuando la vegetación actual no lo hace.

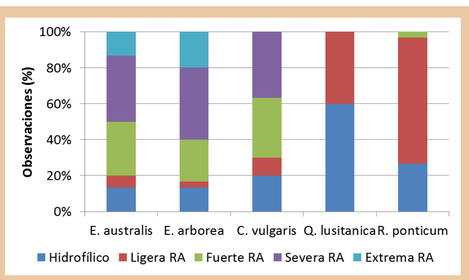

Figura 5. Proporción de muestras de suelo con diferente grado de RA bajo diferentes especies vegetales (Sierra de Cádiz).

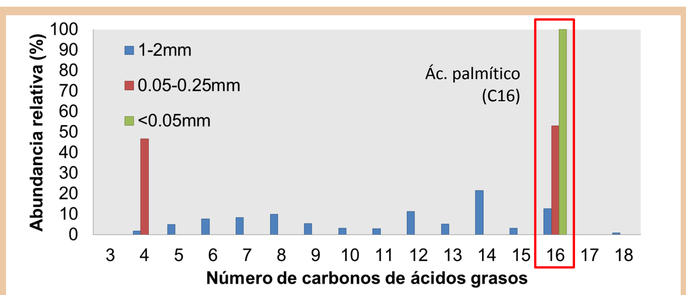

Figura 6. Presencia de ác. grasos en fracciones de agregado (<0.25, 0.05-0.25 y 1.2 mm) de suelo hidrofóbicas bajo *Pinus pinea* (P.N. de Doñana, Huelva).

3. Relación con las propiedades del suelo

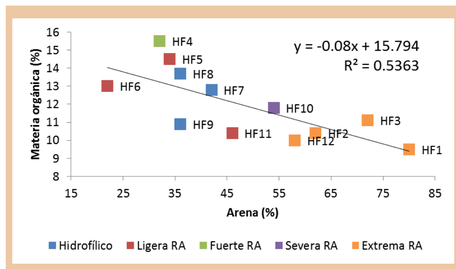

Figura 7. RA y relación entre el contenido en materia orgánica y la proporción de arena en muestras de suelo bajo distintas especies. P.N. Los Alcornocales (Cádiz): HF1, *Erica australis*; HF2, *P. pinaster*; HF3, *Q. suber*; HF4, *P. lentiscus*; ; HF5, *O. europaea*. Sierra de la Taja, Alicante: HF6, *P. halepensis*; HF7, *Q. coccifera*; HF8, *J. oxycedrus*; HF9, *R. officinalis*. Sierra de la Grana, Alicante: HF10, *Q. coccifera*; HF11, *J. oxycedrus*; HF12, *P. halepensis*.

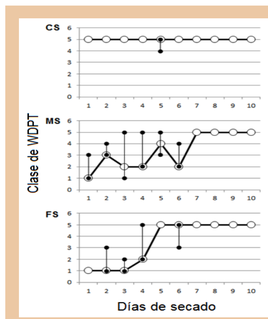

Figura 8. Relación entre la RA y el tiempo de secado en fracciones de arena gruesa (CS), media (MS) y fina (FS) en muestras de arena con 0.5 g/kg de ác. esteárico bajo condiciones de laboratorio.

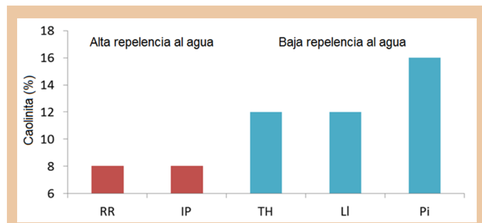

Figura 9. Variación de la RA en función del contenido en caolinita del suelo.

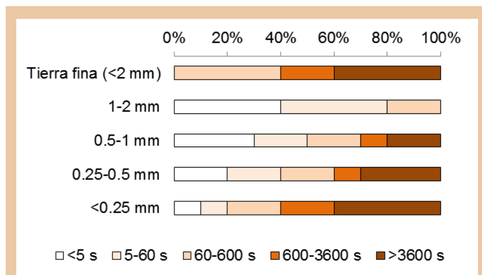

Figura 10. Clases de RA (test WDPT) en la fracción de tierra fina (<2 mm) y en fracciones de tamaño de agregados (<0.25, 0.25-0.5, 0.5-1 y 1-2 mm) en suelos volcánicos (centro de México).

La RA está fuertemente relacionada con otras propiedades del suelo. De modo general, la acidez, el contenido en materia orgánica y las fracciones gruesas incrementan la RA (Fig. 7). Generalmente, las partículas más gruesas muestran mayor RA al agua debido a que, por su menor superficie específica, son recubiertos más eficientemente por los restos orgánicos (Fig. 8). En el caso de suelos más arcillosos y calcáreos, la caolinita limita la aparición de la RA (Fig. 9).

A pesar de la influencia de la fracción gruesa en el desarrollo y severidad de la RA, en el caso de suelos con estructura bien desarrollada, se ha comprobado que los agregados más finos son los que contribuyen más eficientemente a la aparición y severidad de la RA en la fracción de tierra fina (Fig. 10).

4. Relación con el fuego

Figura 11. Hidrofobicidad inducida por un incendio forestal en un suelo calcáreo bajo pinar en la sierra sur de Sevilla (izquierda) y por tratamiento térmico en laboratorio en una muestra de suelo ácido recogida bajo brezal en la sierra de Cádiz (derecha).

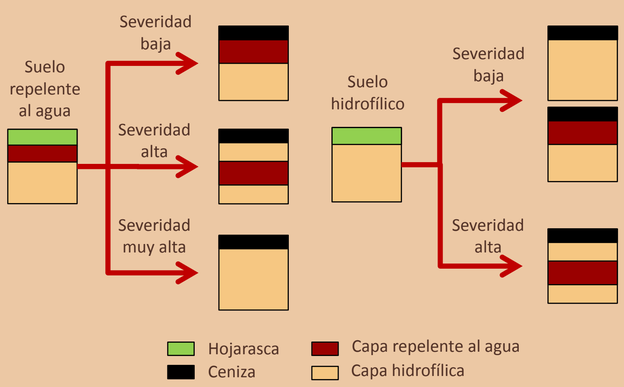

Figura 12. Efectos del fuego en la repelencia al agua del suelo dependiendo de la severidad del incendio y las condiciones previas.

Se ha comprobado que, en algunos casos, el fuego puede inducir o potenciar la RA del suelo (Fig. 11). Durante el fuego, los compuestos orgánicos volatilizados pueden concentrarse en capas profundas del suelo, condensándose sobre la superficie de agregados y partículas minerales. Cuando la severidad del fuego es elevada y la combustión de la materia orgánica es intensa, la RA puede desaparecer. En este caso, la actividad microbiológica, los aportes de nuevos residuos o la llegada de sedimentos ricos en materia orgánica por escorrentía superficial pueden restablecer el grado de RA original del suelo.

La Fig. 12 muestra un esquema general del impacto del fuego sobre la RA del suelo en función de la severidad del fuego y de la presencia o no de un horizonte hidrofóbico previo a la combustión. En función de la intensidad de los cambios y de la recurrencia del fuego, los impactos pueden tener una duración variable o llegar a ser permanentes si se sobrepasa la capacidad de recuperación del suelo o se alcanza un nuevo equilibrio con las condiciones del medio.

A su vez, la RA puede modular otros impactos del fuego en el suelo, como en el caso de la estabilidad estructural. La Fig. 13 muestra una síntesis del impacto del fuego en el suelo en función de la severidad del fuego, la presencia de RA, la textura y los principales agentes cementantes.

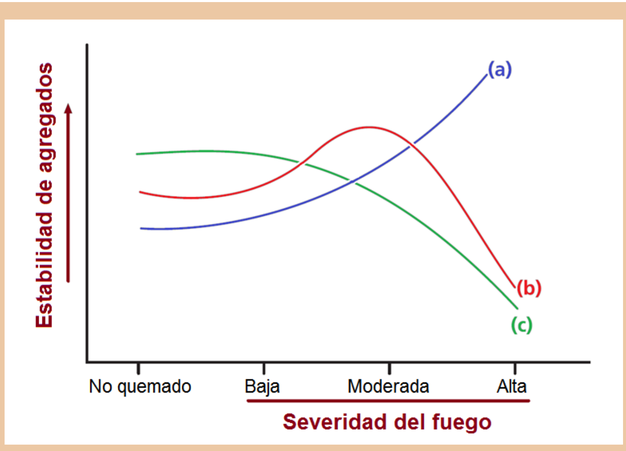

Figura 13. Efectos del fuego en la estabilidad de agregados: a) suelo arcilloso con CO_3Ca, óxidos de Fe y Al y materia orgánica como cementantes; b) suelo hidrofílico con materia orgánica como cementante; c) suelo arenoso hidrofóbico con materia orgánica como cementante.

5. Impactos hidrológicos y geomorfológicos

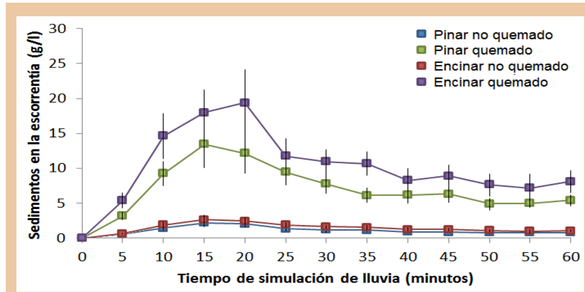

Figura 14. Concentración de sedimentos en la escorrentía tras lluvia simulada en suelos bajo distinto tipo de vegetación (pinar y encinar) antes y después del fuego (Sierra de Huelva).

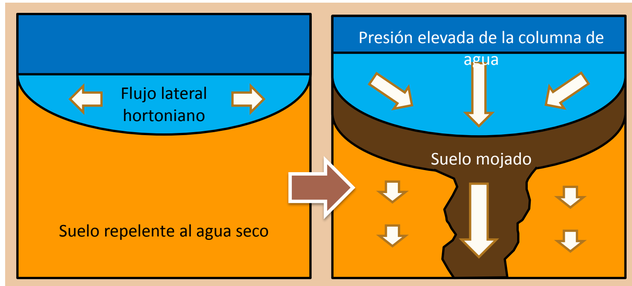

Figura 15. Infiltración por vías de flujo preferencial del agua acumulada en la superficie de un suelo repelente al agua. La mayor parte del suelo permanece seca mientras el agua se infiltra por grandes poros (grietas, huecos de raíces, etc.).

Uno de los efectos más importantes de la RA es el incremento de las tasas de escorrentía y, por lo tanto, de erosión (Fig. 14) y la aparición de frentes irregulares de infiltración (Figs. 15 y 16).

Aunque las tasas de erosión en suelos repelentes al agua tienden a ser pequeñas bajo una densa cobertura vegetal, sí pueden ser muy altas en áreas donde la cobertura es baja o ha disminuido como consecuencia de la presión antrópica mediante la tala, aclarado, sobrepastoreo, construcciones o por incendios forestales, como han puesto de manifiesto diversos autores (Fig. 14). Especialmente, al inicio de la estación de lluvias en climas con irregularidad estacional como el mediterráneo, cuando la humedad del suelo es muy baja y el grado de hidrofobicidad es muy alto, el riesgo de erosión del suelo se ve incrementado. Mediante experimentos de simulación de lluvia, se ha determinado una buena correlación entre la tasa de escorrentía y la pérdida de, comprobando que la distribución espacial de áreas repelentes e hidrófilas constituía un mosaico o patrón discontinuo que se mostraba efectivo a la hora de "recoger" e infiltrar el agua procedente de zonas hidrófobicas.

Recientemente, se ha comprobado que determinadas prácticas agrícolas como el bajo laboreo, la adición de residuos orgánicos o el mulching pueden inducir repelencia al agua en suelos agrícolas que normalmente no la presentan. Los efectos de la RA pueden ser importantes a escala de ladera o cuenca. En estos casos es necesario el estudio de las tasas de mulching o de adición de materia orgánica que favorecen la fertilidad física y química del suelo sin incrementar el riesgo de erosión.

Figura 16. Parches de suelo húmedo y seco durante la estación húmeda (Santiago de Compostela) y después de una simulación de lluvia sobre un perfil de suelo arenoso del P. N. de Doñana (Huelva).

gea Grupo de Edafología Ambiental
MED_Soil Research Group
FUEGORED Red temática nacional Efectos de los Incendios Forestales sobre los Suelos

HYDFIRE Project
HYDFIRE Project publications
HYDFIRE Project posters