

# RESPUESTA HIDROLOGICA Y EROSIVA DE SUELOS CON ENMIENDAS EN CONDICIONES CLIMÁTICAS MEDITERRÁNEAS

*Hydrological response generated by different amendments under the same climatic condition.*

Autores: P. Hueso-González<sup>1</sup>, J.F. Martínez-Murillo<sup>1</sup>, A. Romero Diaz<sup>2</sup>, J.D. Ruiz-Sinoga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Málaga, Andalucía Tech, Grupo de Investigación Geografía Física y Territorio-RNM279, Departamento de Geografía, Campus de Teatinos s/n, 29071 Málaga, España; [phueso@uma.es](mailto:phueso@uma.es).

<sup>2</sup> Departamento de Geografía. Universidad de Murcia, Campus de La Merced. Murcia (España).

**Abstract:** This study deals with the impact of some amendments on runoff and soil loss under dry-Mediterranean climate with afforestation purposes. Four organic amendments under the same rainfall regime were studied over two year period: i) straw mulching (SM); ii) mulch with chipped branches of Aleppo Pine (*Pinus halepensis* L.) (PM); iii) sheep manure compost (SH); iv) sewage sludge (RU). The aim of the study was to evaluate the role played by different soil organic amendments in runoff generation and soil loss from closed and afforested plots. The results denote that PM, SM and RU resulted very effective methods to control runoff and sediments. Moreover, the polymers were effective when  $I_{30}$  was low. However, these effect disappeared as rainfall intensity increased.

**Palabras clave:** enmiendas, erosión, escorrentía, reforestación, clima mediterráneo.

**Key words:** soil amendment, soil erosion, runoff, afforestation, Mediterranean climate.

## 1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de suelo por erosión hídrica constituye un problema grave en zonas mediterráneas (Lal, 1999). Por este motivo, nuevas estrategias están siendo implementadas con el fin de disminuir las pérdidas de suelo y mantener la funcionalidad de los sistemas ecogeomorfológicos (Macci et al., 2012). Así mismo, el uso de enmiendas con fines forestales, podrían constituir un método efectivo para favorecer el proceso de restauración natural en ecosistemas degradados. Se ha demostrado para zonas agrícolas, que la aplicación de mulching de residuos orgánicos resulta efectiva como medida de control de la erosión, a la vez que favorece el desarrollo de la cubierta vegetal (Ress et al., 2002). Además, Mulumba (2008) demostró un efecto positivo en la porosidad de los suelo tras su aplicación. Otros estudios muestran cómo tras la aplicación de la enmienda se produce una estabilización de los macroagregados del suelo, que se justifica por el incremento en el contenido de materia orgánica tras el proceso de humificación de la enmienda (Saora y Lal., 2003). Del mismo modo, los mulch contribuyen a reducir el efecto splash (Fauts et al., 2008). La adición de esta enmienda sobre la superficie del suelo, se asocia con un aumento la rugosidad superficial lo que disminuirá la velocidad del

flujo favoreciendo todos los procesos de infiltración (Jordan et al., 2010). Así mismo, Adekalu et al. (2007) probaron que la evapotranspiración se reducía en aquellos suelos que fueron cubiertos por la enmienda. Otro tipo de residuos orgánicos también han sido objeto de estudio. Ojeda (2003) demostró un descenso en la escorrentía de un 32 por ciento cuando los lodos de depuradora eran aplicados a un suelo agrícola. Por otro lado, diferentes estudios han probado como añadiendo al suelo un compuesto de yesos con poliácridamida (PAM) se podía prevenir el sellado superficial del suelos. Además contribuían a reducir la escorrentía. Del mismo modo, Chen et al. (2013) demostraron que la adición de polímeros hidroabsorbentes conseguía reducir las pérdidas de suelo, aunque manifestaron que este efecto se hacía más débil a medida que la intensidad de precipitación aumentaba. Esta literatura pone de manifiesto la efectividad de los mulch, lodos y polímeros como medidas de control de la erosión y escorrentía. Sin embargo, no existen muchos estudios comparativos bajo la misma condición climática y con un fin forestal. El objetivo de este estudio es evaluar la influencia de estas enmiendas en la respuesta hidrológica y pérdida de suelo en parcelas cerradas.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

### 1.1. Área experimental

El área experimental El Pinarillo, se encuentra ubicada a 470 m.s.n.m. en la parte alta de un abanico aluvial (conglomerados calcáreos) dentro del Parque Natural Sierra Tejeda y Almirajara, al sur de España. El clima predominante es seco mediterráneo (temperatura media de 18°C, precipitación media 589 mm año<sup>-1</sup>). La vegetación consiste en un bosque de pino abierto con el típico matorral mediterráneo. Las parcelas se encuentran ubicadas en una zona agrícola abandonada en los años 1950 y recolonizada por matorral y herbáceas. Los suelos se han clasificado como Leptosoles líticos y eútricos de acuerdo a la FAO-WRB (2006) y se caracterizan por la presencia de elevada pedregosidad superficial (> 50%) con textura franco-arenosa.

### 1.2. Parcelas, enmiendas y reforestación

El área experimental incluye siete conjuntos de parcelas experimentales (24 m<sup>2</sup> = 2 m ancho x 12 m de largo; pendiente: 7.5%; orientación: N170°). Cada parcela tiene una réplica y están conectadas a un depósito (250 l) para la medida de la escorrentía y erosión. Además, en el área experimental se ha instalado una estación meteorológica para la medida de la precipitación. El periodo de estudio fue de veintiséis meses (Nov-2011 a Ene-2014).

Previamente, la vegetación inicial fue eliminada con el fin de homogenizar el sistema, excepto en dos parcelas que se usaron como referencia de las condiciones naturales (NC). Diferentes tratamientos de manejo del suelo basado en la adición de enmiendas, fueron aplicados en Mayo 2011. Cuatro enmiendas fueron añadidas al suelo (dosis de 10 Mg ha<sup>-1</sup>): i) mulch de paja (SM); ii) mulch de restos de poda (*Pinus halepensis* L.) (PM); iii) polímeros hidroabsorbentes (Terracottem) (HP); iv) lodos de depuradora (RU). Seis meses después, Noviembre 2011; las parcelas fueron reforestadas siguiendo el mismo patrón espacial. Las especies usadas fueron: *Chamaerops humilis* L., *Lavandula stoechas* Lam., *Lavandula dentatae* L., *Lavandula multifida* L., *Rhamnus alaternus* L., *Rhamnus oleoides* L., *Pistacea lentiscus* L., *Rosmarinus*

*officinalis* L. and *Thymus capitatus* L. Durante el proceso de reforestación el suelo fue arado afectando a los primeros 25 cm. El control (C) fue seleccionado usando dos parcelas aradas y reforestadas, pero no enmendadas. Del mismo modo el suelo desnudo sin arar ni reforestar (BS), se controló usando dos parcelas donde se eliminó la cubierta vegetal.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1.3. Incidencia del manejo en la respuesta hidrológica

En la figura 1, se representa la correlación encontrada entre la I<sub>30</sub> y los cada uno de los eventos de escorrentía para los conjuntos NC, BS y C. En general, la correlación resultó alta con independencia del manejo del suelo. Los conjuntos C y NC presentaron  $r^2 = 0.62$  y  $r^2 = 0.48$ , respectivamente. Sin embargo, la correlación encontrada fue inferior a la mostrada para el conjunto BS ( $r^2 = 1$ ). Estos resultados sugieren que bajo esta condición climática, la escorrentía no es completamente dependiente de las características del evento, sino que tal como otros autores han manifestado (Cerdà y Lasanta, 2005), varía en función de las características del suelo, del manejo o del grado de recubrimiento vegetal. Así mismo, pese a que la respuesta hidrológica del sistema se amortiguó cuando el suelo fue arado, para I<sub>30</sub> inferiores a 4 mm h<sup>-1</sup>, no se observó diferencia en el comportamiento hidrológico entre parcelas.

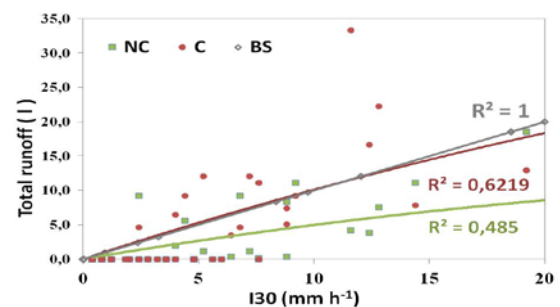


Fig. 1. Correlación entre los datos de intensidad máxima en 30 minutos (I<sub>30</sub>) (mm h<sup>-1</sup>) y el total de escorrentía generada para cada evento (I). NC, condición natural; C, control; BS, suelo desnudo.

Fig. 1. Correlation between rainfall intensity in 30 minutes and total runoff in every event. NC, natural condition; C, control; BS, bare soil.

En relación a la emisión de sedimentos (Figura 2), se observó que las mayores tasas de erosión se asociaban a las parcelas BS para  $I_{30}$  medias y bajas. Por otro lado, para  $I_{30} \leq 8 \text{ mm h}^{-1}$  la tasa de erosión fue similar en los conjuntos C y NC. Sin embargo, ante eventos extremos, la respuesta erosiva del sistema se homogenizaba con independencia del tratamiento.

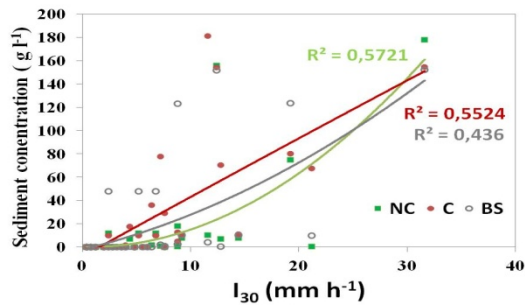


Fig. 2. Correlación entre los datos de intensidad máxima en 30 minutos ( $I_{30}$ ) ( $\text{mm h}^{-1}$ ) y el concentración de sedimentos ( $\text{g l}^{-1}$ ) para cada evento. NC, condición natural; C, control; BS, suelo desnudo.

Fig. 2. Correlation between rainfall intensity in 30 minutes and sediment concentration in every event. NC, natural condition; C, control; BS, bare soil.

#### 1.4. Incidencia de las enmiendas en la respuesta hidrológica

Nuestros resultados (Figura 3 y 4) muestran como los conjuntos PM y SM resultaron ser efectivos para el control de la escorrentía y erosión frente a la propuesta forestal donde no se adicionó ninguna enmienda (C). Las cubiertas de mulch son capaces de interceptar la gota de agua en la superficie del suelo (Faust et al., 2008). Del mismo modo, incrementan la rugosidad superficial lo que se traduce en una reducción tanto de la escorrentía como de los sedimentos generados (Gholami et al., 2013). Por otro lado, la relación entre la adición de mulch y pérdida de suelo no es única, sino que puede variar de forma negativa o positiva dependiendo de la intensidad de lluvia. Nuestros resultados demuestran para PM y SM, menor correlación entre la escorrentía y la  $I_{30}$  ( $r^2 = 0.16$  y  $0.18$  respectivamente) que la encontrada para el conjunto C ( $r^2 = 0.62$ ). Este hecho pone de manifiesto una reducción de la tasa de infiltración conforme se incrementa la intensidad de la precipitación. Así mismo, SM y PM parecen tener la misma incidencia en el comportamiento hidrológico, resultando ser

además muy efectivos para disminuir las pérdidas de suelo ante eventos extremos.

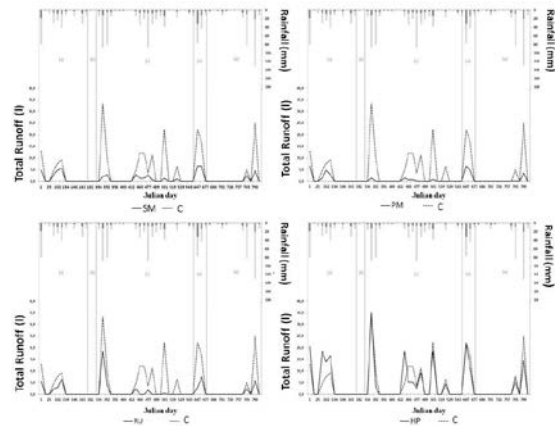


Fig. 3. Variabilidad temporal de la escorrentía total (l). (a) periodo húmedo 2011-2012; (b) periodo seco 2011-2012; (c) periodo húmedo 2012-2013; (d) periodo seco 2012-2013; (e) periodo húmedo 2013-2014; SM, mulch de paja; PM, mulch de poda; HP, polímeros hidroabsorbentes; RU, lodos de depuradora; C, Control.

Fig. 3. Temporal variability of runoff (l). (a) 2011-12 wet period; (b) 2011-12 dry period; (c) 2012-13 wet period; (d) 2012-13 dry period; (e) 2013-14 wet period; SM, straw mulch; PM, mulch with chipped branches of Aleppo Pine; HP, terracottem hydroabsorbent polymers; RU, sewage sludge; C, Control.

Del mismo modo, RU resultan ser efectivos en el control de la erosión y la escorrentía (Figura 3 y 4). Resultados similares fueron encontrados por Ojeda et al. (2003). La correlación  $I_{30}$ -Escorrentía fue también menor que la encontrada en C ( $r^2 = 0.28$ ), lo que indicaría que existen otros factores que condicionan la respuesta hidrológica de la parcela.

Asimismo se observó que seis meses después de la aplicación de la enmienda se había desarrollado una cubierta de herbáceas del 100 por cien en ambas parcelas. Entre las especies desarrolladas, fue la *Carlina Corymbosa L.* la especie dominante, además sin encontrar evidencias de regueros en las parcelas. Por esta razón, no es posible distinguir entre el efecto protector de la vegetación y el efecto directo de los lodos en la producción de escorrentía. Resultados similares han sido descritos por Ojeda (2003) quien probó que cuando un suelo se trataba con lodos de depuradora a una dosis de  $10 \text{ Mg ha}^{-1}$ , era la vegetación desarrollada tras la aplicación, el factor principal controlador de la escorrentía.

Los resultados demuestran como ante intensidades bajas, HP pueden reducir la escorrentía y sedimentos respecto a la condición control (C) (Figura 3). Sin embargo, este efecto se hizo débil a medida que la intensidad de la precipitación aumentó. Este hecho enfatizó el efecto del sellado superficial debido a la rápida hidratación del polímero ante intensidades de precipitación medias o altas (Abrol et al., 2013). Chen Shu yue et al (2011) demostraron que cuando se incrementaban las dosis de polímero (0-5 cm), la permeabilidad decrecía. Además indicaron que este efecto sellado podría ser mitigado con una reducción de la cantidad de polímero aplicado. Así mismo, dosis de aplicación de 10-20 Kg ha<sup>-1</sup> son recomendadas (Tang et al, 2006).

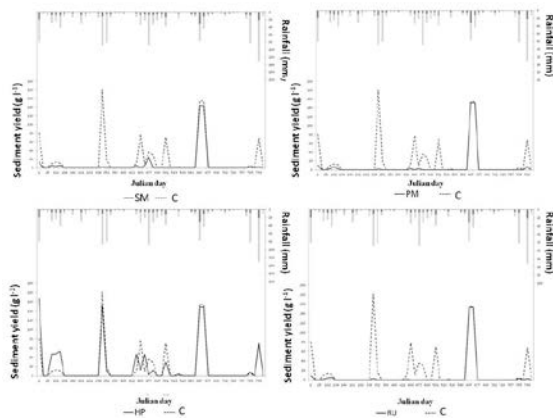


Fig. 4. Evolución temporal de la emisión de sedimentos ( $g l^{-1}$ ). SM, mulch de paja; PM, mulch de poda; HP, polímeros hidroabsorbentes; RU, lodos de depuradora; C, Control.

*Fig. 4. Temporal variability of sediment concentration ( $g l^{-1}$ ). SM, straw mulch; PM, mulch with chipped branches of Aleppo Pine; HP, terracottem hydroabsorbent polymers; RU, sewage sludge; C, Control.*

#### 4. CONCLUSIONES

PM, SM Y RU resultaron métodos muy efectivos en el control de la escorrentía y sedimentos frente a los suelos reforestados o no enmendados. Asimismo, en RU no se ha podido distinguir entre el efecto protector de la vegetación o el efecto directo de los lodos. Por otro lado, los polímeros resultaron efectivos cuando la  $I_{30}$  fue baja. Sin embargo, el efecto desaparecía conforme la intensidad de precipitación aumentaba.

#### Agradecimientos

Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco del grupo de trabajo P09-RNM-5057, y ha sido financiada por el Gobierno Regional de Andalucía. También, ha contado con el apoyo de Campus Andalucía Tech.

#### REFERENCIAS

- Abrol, V., Shainberg, I., Lado, M., Ben-Hur, M. 2013. Efficacy of dry granular anionic polyacrylamide (PAM) on infiltration, runoff and erosion. *European journal of Soil Science* 64, 699 - 705.
- Adekalu, K., Olorunfemi, I.A., Osubitan, J.A. 2007. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresour. Technol* 98, 912 - 917.
- Cerda A, Lasanta T. 2005. Long term erosional response after fire in Central Spanish Pyrenees. *Catena* 60, 59 - 80.
- Chen, S., Gu, G., Dai, Q. 2003. Influence of Polymer mulch on the physical properties and stability of engineer spoil slope. *J. Mt. Sci* 10, 105 - 115.
- Gholami, L., Hamidreza, S., Manhdi, H. 2013. Straw mulching effect on splash erosion, runoff and sediment yield from eroded plots. *Soil Water Management & Conservation*. In press.
- FAO. 2007. IUSS Grupo de trabajo WRB. Base Referencial Mundial del Recurso 545 Suelo. Informe sobre Recursos Mundiales de suelo 546 No. 103. FAO, Roma.
- Faust, R. 2008. Aerial mulching techniques-Trough fire. 2002. Conference: Managing Fire and fuels. San Diego. 2-5. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-189.
- Jordan, A., Zavala, L.M., Gil, J. 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena* 81, 77 - 85.
- Lal, R. 1999. Soil quality and erosion. Soil Water Conservation Society. Boca Raton, FL.
- Ress, H.W., Chow, T.L., Loro, P.J., Lovoie, J., Monthein, J.O., Blaauw, A. 2002. Hay mulching to reduce runoff and soil loss under intensive potato production in Northwestern New Brunswick, Canada. *Canadian journal of science* 82, 253-261.
- Macci, C., Doni, S., Peruzzi, E., Masciandaro, G., Mennone, C. 2012. Almond tree and organic fertilization for soil quality improvement. *Journal of Environmental Management* 95, 215 - 222.
- Ojeda, G., Alcañiz, J.M., Ortiz, O. 2003. Runoff and losses by erosion in soil amended with sewage sludge. *Land Degradation and Development* 14, 563 - 573.
- Mulumba, L.N., Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil & Tillage Research* 98, 106 - 111.

Saora, G.S., Lal, R. 2003. Soil effective of mulching on aggregation carbon sequestration in a Miamian soil in Central Ohio. *Land degradation and development* 14, 481 - 493.

Tang, Z., Lei, T., Yu, T., Shainberg, I., Mamedov, A.I., Ben Hur, M. 2006. Runoff and interrill erosion in sidicsoil treated with dry PAM and phosfogypsum. *Soil Science of America* 70, 679 - 690.