

ANÁLISIS DE LA ESCORRENTÍA Y LA EROSION ESTIMADA MEDIANTE SIMULACIÓN DE LLUVIA EN VARIOS USOS DEL SUELO (NE ESPAÑA)

Analysing runoff and erosion assessment by means rainfall simulation in some land uses (NE Spain)

D. Regüés¹, J. Arnáez², D. Badía³, A. Cerdà⁴, M.T. Echeverría⁵, M. Gisbert⁶, N. Lana-Renault², T. Lasanta¹, J. León⁵, E. Nadal-Romero⁵ y G. Pardini⁶

1 Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Campus Aula Dei. Apdo. 202. Zaragoza. dregues@ipe.csic.es.

2 Departamento de Ciencias Humanas, Universidad de La Rioja.

3 Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza.

4 Departament de Geografia, Universitat de València.

5 Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, IUCA. Universidad de Zaragoza

6 Departament de Enginyeria Química, Agrària y Tecnologia Agroalimentària, Universitat de Girona.

Abstract: Information from 152 experiments of rainfall simulation was jointly analysed. The study was done in 17 land uses with contrasted vegetation cover situations from 4 geographic contexts (NE Catalonia, high and medium lands from the Ebro Valley and Southern range of Central Pyrenees). Experiments were done using similar rainfall simulators, with the same spray nozzle, spraying components and plot size, with a wide spectrum of precipitation intensities. Results showed significant differences in runoff amounts and erosion rates, which were mostly associated with land uses, even more than precipitation differences. In fact, even though the highest rainfall intensities were applied in the most natural areas with dense vegetation cover, the most intense responses were produced in the most altered environments. These results agreed with the caused-effect relationships observed in some antecedent studies. Likewise, this analysis has provided comparable information between environments, allowing estimate proportionally factors and favouring their classification.

Palabras clave: Erosión, Escorrentía, Simulación lluvia, NE Península, Usos del Suelo.

Key words: Erosion, Runoff, Rainfall simulation, NE Peninsula, Land Uses.

1. INTRODUCCIÓN

La simulación de lluvia es una herramienta muy utilizada por edafólogos, geomorfólogos e hidrólogos, que ha permitido estudiar procesos de generación de escorrentía y erosión en distintos usos del suelo y tipos de cubierta vegetal (Cerdà et al., 2009; Nadal-Romero et al., 2011; Martínez-Murillo et al., 2013; León et al., 2014).

Estudios previos sobre la respuesta hidrológica y erosión en distintos usos del suelo y cubierta vegetal, han revelado diferencias importantes, atribuidas principalmente al estado del suelo y la vegetación (Badía et al., 2008; García-Ruiz et al., 2008; García-Ruiz y Lana-Renault, 2011). El objetivo de este estudio es analizar la escorrentía y la erosión en varias situaciones de uso del suelo y cubierta vegetal, mediante

ensayos de simulación de lluvia con equipos similares.

2. ÁREA DE ESTUDIO

Los experimentos se han realizado en cuatro áreas del NE de la Península Ibérica (Figura 1), que incluyen 17 situaciones de uso del suelo y tipo de cubierta vegetal: costa N de Cataluña (matorral brezo y cistáceas, prado, plantaciones de pino y olivo, cultivo de alcornoque y viñedo), zona media del Valle del Ebro (bosque quemado en monte bajo), alto Valle del Ebro (viñedos) y montaña media en el Pirineo central (cárcava, prado sur, pasto norte, matorral sur y norte, bosque sur y suelo pedregoso norte). Son un conjunto de ambientes contrastados, pero en un marco climático relativamente homogéneo de tipo Mediterráneo, pero con influencias

asociadas a la altitud y la distancia a la costa. Así, en la costa N de Cataluña (Cap de Creus, Girona) el clima está marcado por la cercanía a la costa (90-260 m s.n.m) y al Pirineo oriental (viento de Tramuntana de más de 90 km h^{-1}), la precipitación media anual es 450 mm y la temperatura 16°C . El sector central del Valle del Ebro (montes de Zuera, Zaragoza) se sitúa entre 475 y 700 m s.n.m. y el clima es Mediterráneo Continental, la precipitación media es 400 mm y la temperatura media de 12°C . La zona del alto Valle del Ebro (Villamediana, La Rioja) se sitúa entre 425 y 450 m s.n.m., el clima es Mediterráneo Continental, la precipitación media es 400 mm y la temperatura media 13°C . Por último, la zona de montaña media del Pirineo Central (Huesca) en sitúa entre 800 y 1050 m s.n.m., el clima es Submediterráneo de montaña, la precipitación media es 900 ± 250 mm y la temperatura media de 10°C .



Fig. 1. Zonas de estudio (estrella amarillas).
Fig.1. Study areas (yellow stars).

El suelo en el Cap de Creus es un Xerorthent lítico y el substrato son granitos y esquistos del Neógeno (Emran et al., 2012). El substrato en el sector central del Valle de Ebro lo forman evaporitas y carbonatos del Mioceno, los suelos son Phaeozem réndzico y Gipsisol háplico (León et al., 2013). En el alto Valle del Ebro el suelo es Cambisol calcárico y Calcisol, el substrato son areniscas y arcillas del Mioceno (Arnáez et al., 2012). En el Pirineo central los suelos son Kastanozem, Phaeozem, Regosol cálcico, Leptosol y Cambisol, sobre un substrato de turbiditas y margas marinas del Eoceno (Lana-Renault et al., 2011).

3. METODOLOGÍA

Se realizaron 152 ensayos de simulación de lluvia con sistemas portátiles equipados con boquilla pulverizadora Lechler 460.728 y

460.848, situada a unos 2,25 metros de altura, y sobre una parcela circular de $0,24 \text{ m}^2$ cerrada con un aro metálico. La duración de los ensayo (9 a 145 min.) se ajustó al tiempo de inicio y estabilización de la escorrentía superficial. La intensidad de precipitación (estimada mediante pequeños pluviómetros totalizadores) también fue variable, pero la más utilizada osciló entre 40 y 60 mm.h^{-1} , aunque el rango de valores utilizado fue amplio ($22,9$ - 132 mm.h^{-1}) dependiendo del uso del suelo y el tipo de cubierta vegetal. Los valores de escorrentía y de sedimento exportado se calcularon a partir de muestras manuales tomadas regularmente.

4. RESULTADOS.

El análisis de resultados se ha realizado con los valores promedio de intensidad de precipitación (I_p), porcentaje de escorrentía (Esc), infiltración (Inf) y erosión (Er), calculados para los ensayos realizados en cada uno de los 17 usos del suelo. La Figura 2 muestra que la relación I_p - Inf es lineal, directa y significativa ($p < 0,01$). Esta dependencia entre Inf e I_p podría sugerir que la intensidad de la Esc también debería presentar una relación significativa con la I_p .

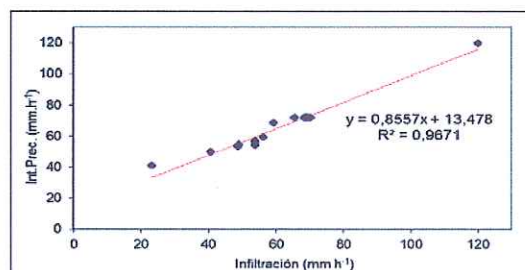


Fig. 2. Relación entre los valores promedio de I_p e Inf .
Fig. 2. Relationship between average values of I_p and Inf .

Sin embargo, la relación entre I_p y Esc es inversa, exponencial e inferior a la observada entre Inf e I_p , aunque también significativa (Figura 3), lo cual indica que la respuesta hidrológica superficial podría depender más del uso del suelo que de la I_p . Al contrario de lo que sucede en ambientes donde predomina la escorrentía por exceso de infiltración (Ziadat y Taimeh, 2013).

La Figura 4 muestra en orden decreciente el valor de Esc relacionado con cada uso del suelo y se puede constatar que existen diferencias significativas entre algunos de los ambientes estudiados. Los valores máximo y mínimo

corresponden a las cárcavas del Pirineo y al bosque natural del Pirineo respectivamente.

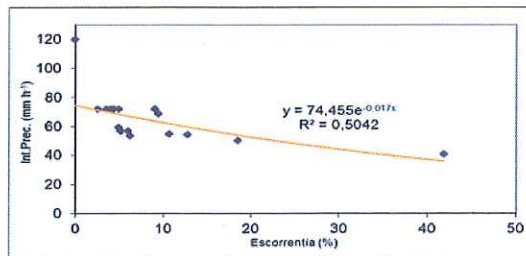


Fig. 3. Relación entre los valores promedio de I_p y Esc .
Fig. 3. Relationship between average values of I_p and Esc .

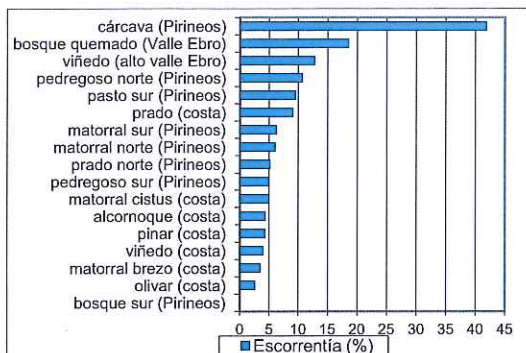


Fig. 4. Valor de Esc para cada uso del suelo.
Fig. 4. Values of Esc for each land use.

La Figura 5 muestra los valores promedio de Er obtenidos en cada uso del suelo en orden decreciente. En este caso, al igual que sucede con la Esc , los valores extremos están asociados con los escenarios más degradado y más natural, aunque las diferencias son mayores y el orden que ocupan el resto de usos del suelo es algo distinto.

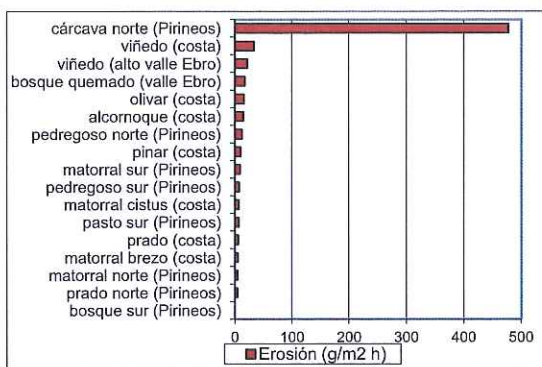


Fig. 5. Valor de Er para cada uso del suelo.
Fig. 5. Values of Er for each land use.

A partir del orden establecido con los valores de Esc y Er se ha obtenido un coeficiente de

degradación del terreno ($CoefD$), expresado mediante la ecuación:

$$CoefD = (ordenEsc * ordenEr) / I_p$$

Siendo $ordenEsc$ y $ordenEr$ un número entre 0 y 16, asignado conforme el valor de Esc y Er . La división por el valor de I_p es para minimizar el efecto de las diferencias entre ensayos.

La Figura 6 muestra los usos del suelo clasificados respecto al $CoefD$, asociando los valores más altos con la respuesta más intensa de Esc y Er , que en teoría corresponde a los ambientes más degradados (menor cubierta vegetal y suelos menos desarrollados).

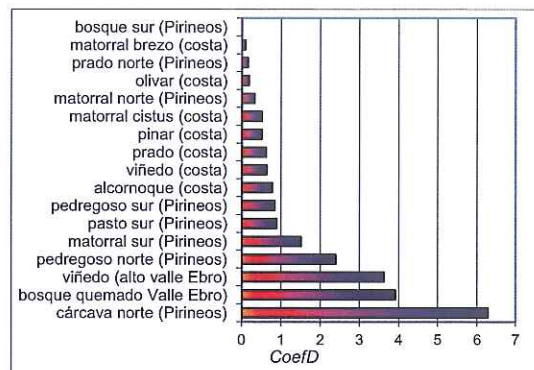


Fig. 6. Clasificación de los usos de suelo con el $CoefD$.
Fig. 6. Classification of land uses with $CoefD$.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Las diferencias observadas de Esc y Er en 17 usos del suelo no se deben solo a las características de la precipitación, sino que el uso del suelo puede ser un factor muy determinante. Esto coincide con estudios previos, que muestran un incremento de la frecuencia e intensidad de la respuesta hidrológica en los ambientes más degradados (García-Ruiz et al., 2008; García-Ruiz y Lana-Renault, 2011). Las variaciones físico-químicas derivadas de los cambios de uso del suelo (Pardini et al., 2004; Emran et al., 2012) afectan sus propiedades hidrológicas (Zhou et al., 2008; Germer et al., 2010) y capacidad de infiltración (Regüés et al., 2012). Asimismo, la recuperación de la cubierta vegetal puede mejorar las propiedades del suelo (Badía et al., 2008).

La Figura 7 muestra que la relación $CoefD-Esc$ es lineal y directa, confirmando que el efecto del uso del suelo en la Esc es mayor que el

asociado a la I_p (Figura 3), dado el mayor coeficiente de significación estadística.

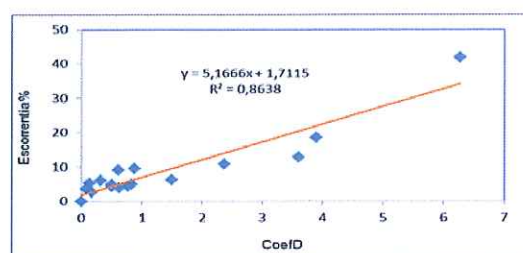


Fig. 7. Relación CoefD-Esorrentía.
Fig. 7. Relationship CoefD-Runoff.

Por lo tanto, el $CoefD$ ha resultado ser una herramienta eficaz para clasificar los usos del suelo que presentan mayor susceptibilidad a la erosión y la generación de escorrentía superficial. Los resultados indican que el uso del suelo es un factor más determinante que la I_p en la generación de escorrentía y erosión.

Agradecimientos

El estudio se ha realizado mediante fondos de los proyectos CETSUS (CGL2007-666-44-C04-01/HID), HIDROCAES (CGL2011-27574-C02-01 y 02) e INDICA (CGL2011-27753-C02-01 y 02).

REFERENCIAS

- Arnáez, J., Ruiz-Flaño, P., Lasanta, T., Ortigosa, L., Llorente, J.A., Pascual, N, Lana-Renault, N. 2012. Efecto de las rodadas de los tractores en la escorrentía erosión de suelos en laderas cultivadas por viñedos. Cuadernos de Investigación Geográfica 38(1), 115-130.
- Badía, D., Martí, C., Aguirre, J. Echeverría, M.T., Ibarra, P. 2008. Erodibility and hydrology of arid burned soils: soil type and revegetation effects. Arid Land Research and Management 22, 286-295.
- Cerdà, A., Giménez-Morera, A., Bodí, M.B. 2009. Soil and water losses from new citrus orchards growing on sloped soils in the western Mediterranean basin. Earth Surface Processes and Landforms 34, 1822-1830.
- Emran, M. Gispert, M., Pardini, G. 2012. Comparing measurements method of carbon dioxide fluxes in a soil sequence under land cover changes in North Eastern Spain. Geoderma 170, 245-260.
- García-Ruíz, J.M., Regüés, D., Alvera, B., Lana-Renault, N., Serrano-Muela, P., Nadal-Romero, E., Navas, A., Latron, J., Martí-Bono, C., Arnáez, J. 2008. Flood generation and sediment transport in experimental catchments affected by land use

changes in the central Pyrenees. J. Hydrology 359, 245-260.

- García-Ruíz, J.M., Lana-Renault, N. 2011. Hydrology and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region: A review. Agriculture, Ecosystems and Environment 140, 317-338.
- Germer, S., Neill, Ch, Krusche, A.V., Elsenbeer, H. 2010. Influence of land-use changes on near-surface hydrological processes: Undisturbed forest to pasture. J. Hydrology 380 (3-4), 473-480.
- Lana-Renault, N., Latron, J., Karszenberg, D., Serrano-Muela, P., Regüés, D., Bierkens M.F.P. 2011. Differences in stream flow in relation to changes in land cover: comparative study in two sub-Mediterranean mountain catchments. J. Hydrology 411, 366-378.
- León, J., Echeverría, M.T., Badía, D., Martí, C., Álvarez, C. 2013. Effectiveness of Wood chips cover at reducing erosion in two contrasted burnt soils. Zeitschrift für Geomorphologie, Sup. Issues, 57, 27-37.
- León J., Cerdà, A., Seeger M., Badía, D. 2014. Applications of rainfall simulators to study areas affected by forest fires. Flamma 5 (3), 116-120.
- Martínez-Murillo, J.F., Nadal-Romero, E., Regüés, D., Cerdà, A., Poesen, J. 2013. Soil erosion and hydrology of western Mediterranean badlands throughout rainfall simulation experiments: A review. Catena 106, 101-112.
- Nadal-Romero, E., Lasanta, T., Regüés, D., Lana-Renault, N., Cerdà, A. 2011. Hydrological response and sediment production under different land cover in abandoned farmland fields in a Mediterranean mountain environment. Boletín de Asociación de Geógrafos Españoles 55, 303-323.
- Pardini, G., Gispert, M., Dunjó, G. 2004. Study of soil properties distribution patterns in a rural Mediterranean area of NE Spain. Mountain Research and Development 24 (1), 44-51.
- Regüés, D., Serrano-Muela, P., Nada-Romero, E., Lana-Renault, N. 2012. Análisis de la variabilidad temporal de la infiltración en un gradiente de usos del suelo en el Pirineo central. Cuaternario y Geomorfología 26 (1-2), 9-28.
- Ziadat G.M., Taimeh A.Y. 2013. Effect of rainfall intensity, slope, land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. Land Degradation and Development 24 (6), 582-590.
- Zhou, X., Lin, H.S., White, E.A. 2008. Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land uses and their temporal changes. Catena, 73 (1), 180-188.