

APROXIMACION AL EFECTO DE LA LONGITUD DE PARCELA Y PENDIENTE EN LA PRODUCCION DE FLUJO SUPERFICIAL Y SEDIMENTO EN MICROPARCELAS DEL BAJO VALLE DEL HUERVA (Provincia de Zaragoza, España)

J. C. GONZÁLEZ HIDALGO (1); M. T. ECHEVERRÍA (2);
M. A. VICENTE (2) & G. DOMÍNGUEZ(2)

(1) Departamento de Ecología, Universidad de Alicante

(2) Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza

Resumen: Se analizan las relaciones entre la longitud de ladera y pendiente con el flujo superficial y los sedimento producidos en microparcels de erosión en el Bajo Valle del Huerva. Los resultados no indican la esperada relación positiva entre sedimento y flujo con ambas variables. Se discuten las posibles causas y las condiciones bajo las que operan los procesos de erosión hídrica en superficie.

Palabras Clave: Flujo; Sedimento; Longitud; Pendiente; Semiárido; Valle del Huerva

Abstract: Slope length and declivity effects on overland flow and sediment production are analyzed in the Low Huerva Valley (NE Spain, Zaragoza province). Results do not show the expected positive relationship. The relationships between runoff and sediment, and the general conditions under wich operate the hydric surface erosion processes, are discussed.

Key Words: Overlandflow; Sediment; Slope Lenght; Slope Declivity; Semiarid; Valle del Huerva.

1. Introducción

Se suele aceptar que la cuantía del flujo y el valor de la pendiente son las variables que definen principalmente la producción de sedimentos (Carson & Kirkby, 1972; Van Asch, 1983; Morgan, 1986 a y b, etc), incrementándose el material movilizado con el aumento de aquellas. La relación propuesta en la bibliografía es doblemente logarítmica, $S = Q^m P^n$, donde S es el sedimento, Q el flujo en superficie y P la pendiente. Los valores del exponente de Q son >1 cuando la tasa de producción del sedimento excede la capacidad de transporte de la arroyada (condiciones de transporte limitado, *transport limited control*), resultando por lo general valores entre 1.5 y 1.8. Cuando la producción de sedimentos no excede dicha

capacidad de transporte (condiciones de erosión limitada por disgregación, *detachment limited transport*), el exponente del flujo es <1 . Así, los valores del exponente señalan las condiciones generales bajo las que se desarrolla la movilización del sedimento sobre la superficie, a la vez que permiten especular sobre la naturaleza e importancia de los procesos erosivos involucrados. Los valores <1 indican que la remoción del sedimento está controlada por la salpicadura (Van Asch, 1983; Abrahams et al, 1988), incrementándose su valor hasta los señalados previamente en función de la importancia de la capacidad erosiva de la arroyada. La presencia de la vegetación se reconoce que es un factor fundamental sobre tales variaciones principalmente por sus efectos sobre la salpicadura (véase Morgan, 1986 b). Por su parte las referencias a los cambios dados en los valores del exponente de la pendiente se encuentran asociadas a la presencia de vegetación y cambios de forma de la ladera (Morgan, 1986 b), variaciones texturales (Band, 1985), etc.

No obstante, dicha relación subyace en el incremento del flujo con la distancia según la clásica asunción de Horton, situación que puede verse modificada cuando las condiciones de infiltración no son homogéneas (véase Mathier et al, 1989; Poesen & Bryan, 1990), o se producen variaciones en la hidráulica del flujo (Abrahams et al, 1991).

En el siguiente trabajo se presentan los primeros resultados de las relaciones flujo-sedimentos afectados por la longitud y valor de pendiente obtenidos en condiciones semiáridas del Valle del Ebro. La interpretación de los resultados asume el conocido modelo conceptual de Meyer y Wischmeier para los procesos de erosión hídrica superficial. En el citado modelo se considera que el material finalmente erosionado es producto de la conjunción de la salpicadura y arroyada en su doble opción de control por disgregación y transporte, así como la presencia del mecanismo denominado "rainwash" o conjunción de salpicadura y arroyada (Van Asch, 1983; Morgan, 1986 a). Paralelamente se discute su previsible proyección espacial según el modelo propuesto por Gilley et al. (Abrahams et al. 1991) en el que se señala una relación negativa entre la producción de sedimentos y la longitud de ladera debido al incremento de la profundidad de la escorrentía que previene del efecto directo de la salpicadura.

2. Area de estudio

El área de trabajo se localiza en la Val de las Lenas, situada en la margen derecha del río Huerva a 12 Km de Zaragoza capital (Fig. 1). El espacio es representativo de las condiciones ambientales del sector central del Valle del Ebro, caracterizado por un relieve de cerros yesíferos en cuyas laderas se asienta una rala vegetación natural de porte herbáceo y arbustivo (*Ligum spartum*, *Rosmarinus officinalis*, etc) sobre suelos poco potentes.

Las condiciones climáticas presentan precipitaciones inferiores a 350 mm/año, un señalado carácter estacional, y concentraciones en los equinoccios; la temperatura media mensual de enero es de 5.8 °C y en julio de 24.2°C. El régimen térmico y pluvial asegura una elevada evapotranspiración con valores superiores a los 1000 mm/año, de manera que a la ausencia de precipitaciones se une una marcada aridez.

3. Metodología

Para el estudio de los efectos de la longitud y pendiente se han construido tres conjuntos de parcelas cerradas de dimensiones 1x2 m, 1x4 m, y 1x8 m. Cada conjunto se localizó a su vez en diferentes valores de pendiente (8°, 10°, 14°). Especificaciones sobre los métodos de construcción se encuentran en González Hidalgo & Echeverría (1990).

El pequeño tamaño de las parcelas se debe a los propios objetivos de la investigación, centrada en el estudio de mecanismos y procesos, y nunca los resultados deben entenderse como tasas extrapolables. Advertencias sobre estos aspectos se pueden consultar en Mitchell & Budenzer (1980), Albadalejo (1993), García Ruiz (1992), etc.

La estación cuenta además con pluviómetros totalizadores y pluviógrafo de registro continuo para el análisis de la energía cinética y rachas de precipitación.

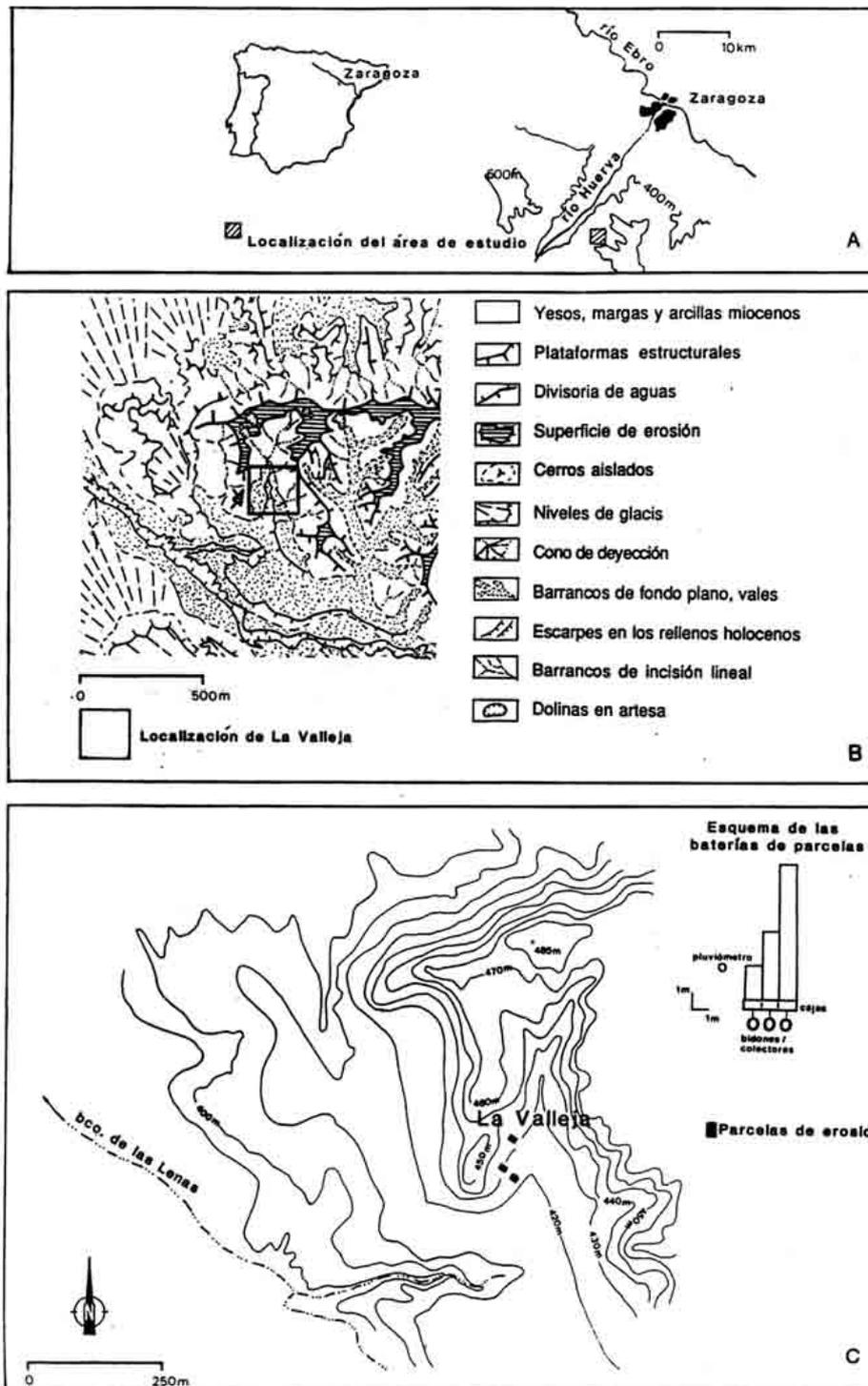


Fig. 1. Area de Estudio. A, Localización; B, Esquema Geomorfológico (PEÑA et al, 1994); C, Disposición de parcelas para el estudio de la erosión en la Valleja.
Study area. A, Location; B, Geomorphological Scheme; C, Plot scheme.

4. Resultados

Durante los 24 meses de funcionamiento de las instalaciones los días de precipitación han sido 47, el flujo se ha producido en 11 ocasiones, y el sedimento en 8, aunque no en todas las parcelas. En la Tabla 1 se muestran los valores de flujo y sedimento totales y por unidad de área recogidos en cada parcela.

Los valores de producción de escorrentía oscilan entre 4.15 litros (parcela 2a) y 113.7 litros (2c) respectivamente ubicadas en parcelas de 2 m con valores de pendiente mínimo y máximo. No se observa una relación clara en función de la longitud de parcela en ninguno de los tres conjuntos. En el grupo de menor pendiente el máximo se localiza con 4 m de longitud; en los otros dos conjuntos el flujo producido en estas circunstancias es el menor de las tres parcelas y el máximo oscila entre 2 m y 8 m. Una pauta semejante se descubre en relación al sedimento producido (Tabla 1).

Tabla 1. Flujo y sedimento por parcela. Valores expresados en totales y m^2 . En el texto se indican las parcelas según longitud (2, 4, 8) y pendiente (a, b, c), p.e. 2c es la parcela de 2 m de longitud y pendiente 14° . Overland flow and sediment by plot. Value are expressed in total and per m^2 . In text plots are referred by length (2, 4, 8) and slope value (a, b, c): i.e. 2c is 2 m in length and 14° slope plot.

Total	Flujo (litros)			Sedimento (gramos)		
	2 m	4 m	8 m	2 m	4 m	8 m
8°	4.15	53.04	29.45	22.96	111.42	72.77
10°	29.29	21.23	51.95	50.30	39.56	43.46
14°	113.70	82.07	111.40	270.38	137.02	262.50
m^2						
8°	2.08	13.26	3.68	11.48	27.86	9.10
10°	14.65	5.31	6.49	25.15	9.89	5.43
14°	56.85	20.52	13.93	135.19	34.26	32.81

Respecto a la pendiente se observa un aumento del flujo total con el incremento de gradiente en distancias de 2 y 8 m. A 4 m la relación no se cumple. En el sedimento el aumento del material exportado con la pendiente solamente tiene lugar con 2 m.

En las Figuras 2 y 3 se muestran en valores por unidad de superficie las relaciones flujo y sedimento con la pendiente y longitud. Tanto en flujo como en sedimento ambas figuras señalan que la esperada relación positiva entre la longitud y el flujo no existe. En parcelas con pendiente más baja la mayor producción de escorrentía se localiza en la longitud de 4 m; en las de pendiente intermedia la mayor producción se produce con 2 m de longitud. Únicamente se observa una pauta clara con pendientes de 14° , en donde la relación además es negativa.

Más clara es aún la relación con respecto al sedimento, en el que en las parcelas de los grupos de pendiente media y alta se confirma la relación negativa con la distancia. En la situación de baja pendiente nuevamente el máximo se encuentra en la parcela de 4 m de longitud.

Por lo que respecta a la pendiente se aprecia un incremento generalizado en la producción de flujo salvo en las parcelas de 4 m; el sedimento se incrementa con la pendiente solamente en las parcelas de 2 m; a 4 m y a 8 m la menor cuantía de sedimento se produce en valores de pendiente intermedios.

La Figura 4 muestra la relación flujo (Q) y sedimento (S) de las nueve parcelas analizadas, con notación

$$S = 2.93 Q^{0.85}$$

siendo el coeficiente de determinación $r^2 = 0.76$ ($n = 9$, $p < 0.01$), con valores de flujo y sedimento en litros y $g \cdot m^{-2}$ respectivamente.

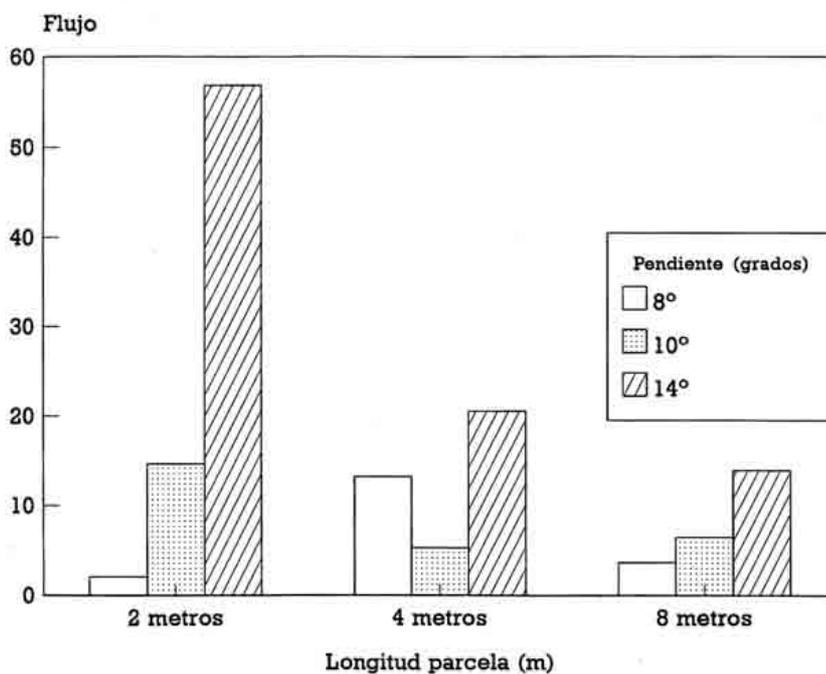


Fig. 2. Relaciones flujo, pendiente y longitud de parcela. Valores expresados en $l.m^{-2}$
Overland flow, slope value and plot length. Values in $l. m^{-2}$

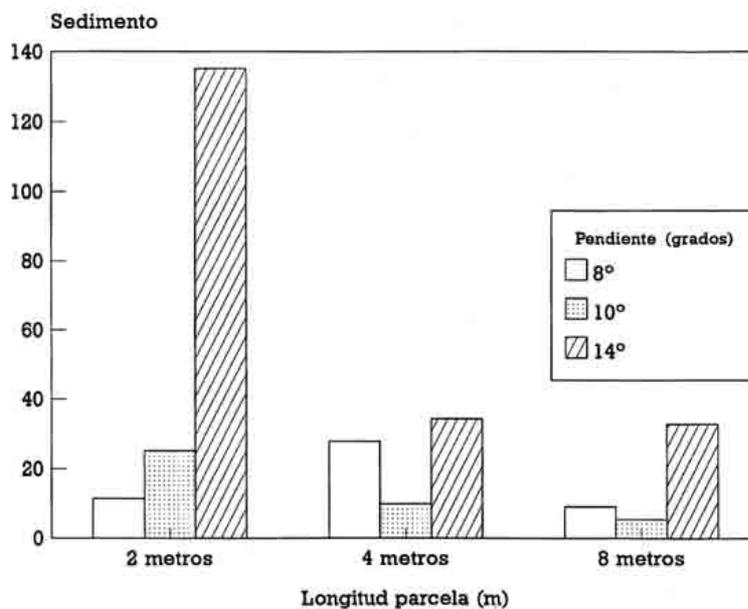


Fig. 3. Relaciones flujo, pendiente y sedimento. Valores expresados en $g.m^{-2}$.
Sediment, slope value and plot length. Values in $g.m^{-2}$.

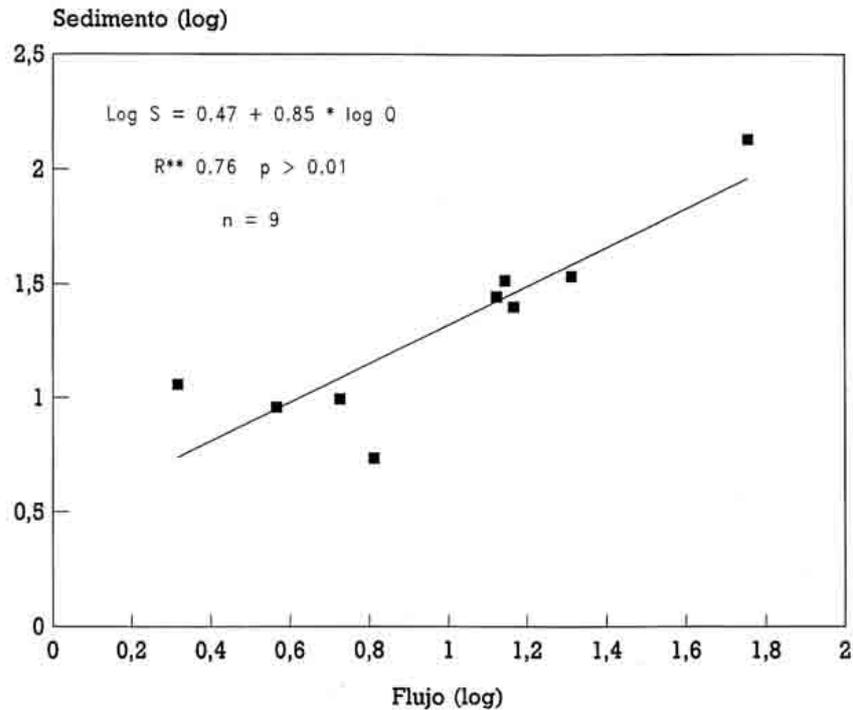


Fig. 4. Relaciones flujo (Q) y sedimento (S). Valores expresados en l.m^{-2} (log) y gr.m^{-2} (log).
Overland flow (Q) and sediment (S) relationship. Values expressed as l.m^{-2} (log) y gr.m^{-2} (log).

5. Discusión y conclusiones

Los resultados se comentarán en función de dos aspectos. En primer lugar las relaciones del flujo y sedimento con la distancia y pendiente. En segundo lugar las relaciones flujo y sedimento.

Respecto a la relación flujo y distancia, los resultados ofrecidos coinciden con los señalados en diferentes estudios en los que se ha observado que el flujo no sigue la asunción Hortoniana (flujo = distancia x intensidad, véase Mathier et al, 1989), e incluso es notable señalar que presenta un carácter negativo en valores de pendiente de 14°. Entre los factores causantes de este descenso del flujo con el aumento de la distancia, se pueden citar las variaciones dadas en el proceso de infiltración a lo largo de la ladera (Govers 1991; Poesen & Bryan, 1990). El escaso desarrollo de las parcelas sugiere considerar que en cada conjunto de las mismas estos cambios en la infiltración estén producidos fundamentalmente por el efecto de la cubierta vegetal, presente en todas ellas con porcentajes de cubrimiento en torno al 50% de media, los agrietamientos de superficie, y quizá, ocasionalmente, también la actividad animal (fundamentalmente de lombrices). En lógica consecuencia al descenso del flujo, se explicaría el descenso generalizado del sedimento con el aumento de la longitud de parcela (véase más adelante).

Sobreimpuesto al efecto de la longitud, el efecto de la pendiente parece sugerir un aumento tanto de flujo como de sedimento, a excepción de parcelas de 4 m de longitud.

Sus efectos parecen señalar además umbrales por determinar, en la medida que flujo y sedimento se incrementan en distancias pequeñas al aumentar la pendiente, pero su efecto a mayores longitudes no es claro. Así, en pequeñas distancias pareciera posible atribuir el incremento de la producción de sedimentos parejo al aumento de la pendiente a un aumento de la fuerza de cizalla del flujo, pero el incremento de la longitud de parcela difuminaría el efecto. Se entiende que nuevamente la cubierta vegetal, controlando a su vez los mecanismos de reinfiltración, propiedades hidráulicas del flujo y disgregación es el factor determinante en dicha relación, variando sus efectos en la proyección espacial. Esto ayudaría a explicar la

variación observada entre los valores totales y por unidad de superficie, aunque se reconoce la necesidad de proseguir los estudios de dicha relación.

Aparentemente, los resultados ofrecidos muestran una concordancia con el modelo propuesto por Gilley et al. (Abrahams et al, 1991) en el que se señala que la relación entre la distancia y el sedimento no es positiva, debido a que el incremento de la distancia modificaría los controles de la erosión: se comenzaría bajo un control por transporte en distancias pequeñas, para pasar a situaciones de control por disgregación al aumentar aquella. No obstante el modelo propuesto supondría un incremento del flujo con la distancia que los resultados obtenidos no parecen indicar. A este respecto Abrahams et al. (1991) han sugerido que la relación no positiva entre el sedimento con la longitud de ladera, se debe a variaciones dadas en la profundidad y velocidad del flujo. Los citados autores además, han señalado un umbral a 12 m a partir del cual se produce un descenso del sedimento. En tanto esta conclusión se obtuvo con valores de pendiente $< 4^\circ$ y semejantes cubrimientos de vegetación a los de las parcelas de trabajo (44 %), los resultados aquí presentados quizá permitan sugerir que, manteniéndose dicha pauta global, el incremento de la pendiente hace disminuir el umbral de longitud para que aparezca la relación negativa con los sedimentos, así como el incremento de la longitud suaviza el propio efecto de la pendiente en la producción de los mismos.

La relación entre sedimentos y flujo pudiera ser la clave que permitiera la explicación de la situación estudiada. Tal como se ha manifestado, el exponente del flujo es inferior a 1 y por tal razón se puede aceptar que las condiciones bajo las que se producen los procesos erosivos de naturaleza hídrica están controladas por la disgregación (Van Asch, 1983; Abrahams et al. 1988). En estas condiciones, las modificaciones dadas sobre los procesos erosivos se atribuyen preferentemente a la presencia de cubierta vegetal y sus efectos sobre las propiedades de la escorrentía (incluyendo su velocidad y profundidad) y la salpicadura (Van Asch, 1983; Morgan, 1986 a), siendo a su vez esta situación capaz de alterar las relaciones con la pendiente y la longitud. La bondad de la regresión obtenida permite sugerir esta interpretación bajo las condiciones de trabajo expuestas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Zaragoza la ayuda económica prestada para la realización del presente trabajo. Así mismo, expresan sus agradecimientos al Sr. de Val, propietario del terreno donde se localizan las instalaciones, por las facilidades otorgadas.

Referencias bibliográficas

- Abrahams, A., Parson, A. & Luk, S.** (1988): Hydrology and sediment responses to simulated rainfall on desert hillslopes in Southern Arizona. *Catena*, 15: 103-117.
- Abrahams, A., Parson, A. & Luk, S.** (1991): The effect of spatial variability in overland flow on the downslope pattern of soil loss on a semiarid hillslope, Southern Arizona. *Catena*, 18: 255-270.
- Albadalejo, J.** (1993): Methodologies for the experimental evaluation of soil loss. En *Seminario sobre desertificación en condiciones ambientales mediterráneas*. Comisión de las CC EE, Alicante. Texto mec.
- Band, L.** (1985): Field parametrization of an empirical sheetwash transport equation. *Catena*, 12: 281-290.
- Carson, M.A. & Kirkby, M. J.** (1972): *Hillslopes form and processes*. Cambridge Univ. Press, 475 p.
- García Ruiz, J.M.** (1992): Medidas de flujo de agua y sedimento a escala de parcela. *Sem. Métodos y Técnicas para el estudio de procesos de erosión*, CSIC, C.CCMMMA, Madrid (t.m.)
- González Hidalgo, J.C. & Echeverría, M.T.** (1990): Cuantificación de procesos de erosión en el semiárido aragonés. Conceptualización e instalación de una estación experimental. *Azara*, 2: 21-32.
- Govers, G.** (1991): A field study on topographical and topsoil effects on runoff generation. *Catena*, 18: 91-111.
- Mathier, L., Roy, A. & Pare, J.** (1989): The effect of slope gradient and length on the parameters of a sediment transport equation for sheetwash. *Catena*, 16: 565-576

- Mitchell, J.K. & Bubenzer, G.D.** (1980): Soil loss estimation. En Kirkby, M.J. & Morgan, R.P.C. (Eds.). *Soil Erosion*: 18-62. J & W and Sons, Norwich.
- Morgan, R.C.P.** (1986 a): The relative significance of splash, rainwash and wash as processes of soil erosion. *Zet. für Geom.*, 30, (3): 329-337.
- Morgan, R.C.P.** (1986 b): *Soil erosion and conservation*. Longman, Harlow, 298 p.
- Poesen, J & Bryan, R.B.** (1990): Influence de la longueur de pente sur le ruissellement: rôle de la formation de rigoles et de croûtes de sédimentation. *Cah. ORSTOM Ser. Ped. XXV*: (1-2): 71-80.
- Van Asch, Th. W.J.** (1983): Water erosion on slopes in some land units in a mediterranean area. *Catena Sup*, 4: 129-140.