

IMPLICACIONES DE LOS ESTUDIOS DE EROSIÓN DE SUELOS EN LA GEOMORFOLOGÍA DE LADERAS

A. CALVO-CASES¹, M.J. ROXO²

¹Departament de Geografia, Universitat de València. E.mail: AdolfoCalvo.Cases@uv.es

²Departamento de Geografia e Planeamento Regional, FCSH-Universidade Nova de Lisboa

RESUMEN

Los estudios sobre los procesos de erosión se han desarrollado considerablemente durante las últimas décadas, generando una importante cantidad de datos, que se centran fundamentalmente en las tasas de erosión de los suelos. Dicha información necesita ser ponderada y filtrada de modo que los resultados de las investigaciones puedan ser incorporados al estudio de las formas, dinámica y evolución de las laderas. Este capítulo pretende organizar ideas sobre cómo incorporar al conocimiento geomorfológico los elementos relevantes del estudio de la erosión de suelos.

Palabras clave: *Geomorfología de laderas, procesos de erosión, medida de la erosión de suelos*

ABSTRACT

Erosion processes study has been developed increasingly during the last decades, giving a large amount of data, mainly focused in soil erosion rates. Such information need to be analysed and filtered in order to incorporate the research results to the study of landforms dynamics and evolution. This paper pretends to organise ideas about the elements to be incorporated from the soil erosion field to the geomorphological knowledge.

Key words: *Hillslope geomorphology, erosion processes, soil erosion measurement*

1. INTRODUCCIÓN

La geomorfología de laderas alcanzó un gran desarrollo a finales del siglo pasado con la publicación de diversos manuales de síntesis y referencia (p.e. Young, 1972; Carson & Kirkby, 1972; Parsons, 1988) y en la última década fue transfiriendo su atención hacia los procesos y, dentro de éstos especialmente, a su modo de acción o tasas de actuación.

El estudio de los procesos de erosión comenzó a ser relevante en la década de

los 50 (s. XX) cuando el Soil Conservation Service del USDA (EE. UU.) inició el desarrollo de la llamada *Universal Soil Loss Equation*, aunque en aquella época una publicación como la de Schumm (1956) era pionera en intentar averiguar la evolución de la ladera a partir del rebajamiento superficial.

Los procesos de erosión del suelo han interesado a diversos campos de las ciencias naturales, sociales y aplicadas y, por tanto, se han realizado estudios dirigidos

a abordar el problema de la erosión de los suelos desde distintas perspectivas y con varias finalidades; impulsados por la demanda social en el estudio de las consecuencias de la degradación de los ecosistemas.

En la península Ibérica hubo un temprano despertar del interés y, en Portugal, comenzó a funcionar la estación experimental de Vale Formoso, ya en 1960, con un completo dispositivo de parcelas como las del USDA sobre diferentes rotaciones de cultivo y otros usos (Roxo & Cortesão Casimiro, 2004).

En las décadas pasadas se han desarrollado numerosos estudios que han generado un importante cuerpo de información y análisis, hasta el punto que se han podido publicar, por ejemplo en España, una completa base de datos bibliográfica (Año Vidal *et al.*, 2000) y diversas compilaciones sintéticas (p.e. López Bermúdez, 2002; García-Ruiz & López Bermúdez, 2009). La diversidad de instalaciones de medida, acorde con sus objetivos, obliga a considerar, cuando se pretende una interpretación geomorfológica de los datos, cómo se han realizado las mediciones y la interpretación de los resultados.

Este trabajo pretende ordenar ideas sobre los elementos a considerar a la hora de aportar al conocimiento geomorfológico información desde el campo del estudio de la erosión de suelos. Más allá de los valores de las tasas de erosión importa la consideración de las escalas espacio-temporales, de las magnitudes y frecuencia de los eventos, los procesos que interactúan, los umbrales que reflejan las tasas, la conectividad a lo largo de las laderas y la interacción o acoplamiento entre las laderas y los cauces, entre otros.

2. ESCALAS ESPACIO-TEMPORALES

Las ciencias naturales, las de la Tierra y en particular la Geomorfología manejan un espectro amplio de escalas espaciales y temporales y la relación de las medidas in situ de la pérdida de suelo con la evolución de las formas puede ser directa o tener que pasar por multitud de filtros temporales. Al mismo tiempo la evolución de las formas del relieve, aunque siempre resultado de una compleja interacción de procesos, no necesariamente está comandada por las mismas circunstancias ni en todos los tiempos de evolución ni en todos los sistemas.

Si pensamos en términos de evolución de las laderas, como en cambio de la forma, es limitada la aplicación directa de las mediciones de campo, incluso en subsistemas de evolución acelerada como los *badlands*, pero en todo caso debemos considerar que hasta las medidas de procesos que aparentemente están más alejadas de las interpretaciones sobre la evolución de las laderas pueden ser, normalmente vía modelos conceptuales, de gran ayuda para ese fin último del estudio geomorfológico.

El cambio de escala espacial, o del tamaño de los sistemas estudiados, tal como esquematiza Holling (1992), lleva parejo un incremento exponencial de la escala temporal para que los cambios en el sistema sean relevantes. Las laderas, aunque a veces son consideradas la célula menor del relieve, son formas de evolución lenta o muy lenta. Dentro de ellas caben elementos, que considerados con resolución espacial fina, se retroalimentan en cambios de forma con resoluciones temporales (ver Puigdefábregas, 2005) que para la geomorfología pueden ser fi-

nas o muy finas, pero que son responsables de los cambios a largo plazo, aunque sujetos en el tiempo a variaciones en las especificaciones del sistema, derivadas de los cambios internos, o de los externos (ver Brunsdén, 2001). Es decir, evolucionan en condiciones de equilibrio dinámico meta-estable.

El estudio de los procesos a partir de medidas directas sobre la realidad implica pues la consideración de una alta resolución espacio-temporal, aunque variable según ambientes. Para su enlace con los cambios a largo plazo y en el conjunto del relieve es necesaria una extrapolación espacio-temporal, que está sujeta a errores y a una difícil validación.

En la extrapolación espacial se asume habitualmente la semejanza entre medios como elemento a considerar y, siendo cierto, no es exclusivo, pues en pequeñas variaciones espaciales pueden intervenir umbrales de cambio que condicionen la respuesta. El escalado hacia arriba más habitual es la anidación de subsistemas desde laderas a pequeñas cuencas, pero esto conlleva, por ejemplo, el cambio de procesos de ladera a procesos fluviales y la necesidad de conocer el grado de acoplamiento ladera-cauce, cuando llegamos a la resolución de cuenca. De Vente & Poesen (2005) han mostrado posibles umbrales de respuesta existentes entre las resoluciones espaciales. Incluso dentro de una misma ladera lo que en la escala de pocos metros cuadrados puede producir una remoción de suelo importante, en el conjunto de la ladera puede no implicar la misma magnitud de exportación de sedimentos, quedando los recursos en esta misma ladera, lo que es relevante en un enfoque eco-geomorfológico, pero impli-

cando un determinado estilo de evolución de la forma.

La extrapolación temporal está sujeta al conocimiento de la **frecuencia y magnitud** de los eventos que sean responsables de una respuesta importante en el sistema. Lo que implica conocer los umbrales de magnitud significativos en el caso de los procesos que son capaces de desencadenar dichas respuestas. Pero también es necesario el conocimiento de las tasas de actividad de los procesos de actividad frecuente y de cuyas medidas conocemos menos, por ejemplo la meteorización.

Si bien extrapolando temporalmente a partir de la probabilidad de la ocurrencia de magnitudes es posible obtener una imagen de tasas de erosión a largo plazo (ver Calvo-Cases & La Roca Cervigón, 1988), son convenientes estudios que sirvan de puente entre las escalas, aportando magnitudes a largo plazo al modo de acción de los procesos y contexto cronológico (p.e. Wise *et al.*, 1982; Fumanal & Calvo, 1981; Burillo *et al.*, 1981) o perspectivas ergódicas de los cambios de forma (p.e. Savigear, 1952; Calvo Cases, 1987) o reconstrucciones de las formas antiguas a partir del relieve actual (p.e. Gutiérrez *et al.*, 1998; Alexander *et al.*, 2008).

3. MEDIDA Y EXPERIMENTACIÓN EN CAMPO E INTERACCIÓN DE PROCESOS

Las tasas de erosión obtenidas por medida de campo o simulación de procesos están sujetas a diferencias importantes según los métodos empleados.

La experimentación más habitual se realiza con simuladores de lluvia, con baja energía cinética y pequeñas parcelas (ver

Boix *et al.*, 2005) pero las tasas de erosión y la concentración de sedimentos son buenos indicadores de la erodibilidad relativa y las tasas de escorrentía de la capacidad de infiltración de los suelos.

Es más abundante la información publicada sobre tasas obtenidas en parcelas experimentales que está, como muestran Boix *et al.* (2006 y 2007), afectada por la escala de medida y por el tipo de parcelas, especialmente en su condición de abiertas o no a la cumbre de una ladera. Este tema, clásico en la discusión sobre procesos, condiciona la durabilidad de las medidas, pero también su aplicabilidad al conocimiento geomorfológico. Los datos de parcelas cerradas sobre suelos naturales son a partir del segundo evento un artefacto, aunque lo suelen manifestar tras varios años de medida cuando los incrementos en la pedregosidad superficial, u otros cambios, alcanzan los metros inmediatos al colector; en cambio son muy adecuados para el estudio de la erosión en campos de cultivo en los que la labranza renueva el suelo disponible.

Las medidas directas del rebajamiento de la superficie por diferentes métodos (varillas, perfiladores de varillas o láser y laser-scanner) son ciertamente las que mejor se pueden combinar con los cambios de forma. No obstante son limitadas en el tiempo y puntuales en el espacio, y solo aplicables a laderas desprovistas de vegetación y con tasas anuales de retroceso de elevada magnitud (p.e. 0,5 cm año⁻¹). Con la introducción del láser-scanner la limitación espacial será menor pero se mantiene la de espacios desnudos de vegetación y con tasas altas o, al menos, superiores al error de medida. Un interesante ejemplo de las discrepancias de re-

sultados entre métodos lo muestran Desir & Marín (2007).

Las medidas de erosión obtenidas en parcelas situadas en una misma ladera o en laderas de características similares, no suelen mostrar ninguna dependencia de la inclinación porque usualmente se encuentran dentro de un rango pequeño que no contiene un valor umbral que marque diferencias en la respuesta. En ocasiones, aunque exista este umbral otros factores en los componentes de la superficie del suelo atenúan dicha influencia. En cambio, como muestran Cantón *et al.* (2004) si existe relación entre tipos de componentes superficiales y la pendiente, estos responden a una pendiente característica, y entre estos rangos sí podemos encontrar los umbrales que delimitan la actividad erosiva.

En muchas de las medidas de procesos se asume que es un único mecanismo el responsable del modo de acción, pero suelen ser las interacciones entre un conjunto de procesos lo que conduce al resultado (Harvey & Calvo-Cases, 1991). En laderas como las de los badlands es sencilla la identificación de procesos a partir de las formas, aun así, por ejemplo, las laderas de los badlands de Tabernas, que entre 1980 y 1988 mostraban una persistente red de *rills* (Calvo-Cases & Harvey, 1996) sin aparente intervención de otros procesos, mostraban en 2000 la huella de coladas de barro que habían removido todo el regolito y meses después volvían a mostrar solo los *rills*. La interacción se complica cuando aumenta la escala temporal y eventos de magnitudes diferentes actúan sobre sistemas cuyas especificaciones han cambiado temporalmente, disparando umbrales de respuesta a veces ligados a

la participación de nuevos procesos. Los puntos dispersos que muchas veces encontramos en la búsqueda de relaciones entre factores y respuesta, delatan estas circunstancias.

En sistemas altamente sensibles a los cambios, como son los badlands, es más factible encontrar las influencias de dichos cambios, por ejemplo en las propiedades del regolito tras periodos de mayor actividad de la meteorización respecto a la remoción, o viceversa, en periodos relativamente cortos y ligados a las secuencias de eventos; en medios de cambios más lentos en las especificaciones del sistema es más complejo determinar las interacciones entre procesos a partir de las medidas de campo o de las observaciones.

La meteorización, sus tasas y sus lugares de actuación en el perfil del suelo siguen siendo la asignatura pendiente para la geomorfología de laderas.

4. CONECTIVIDAD Y ACOPLAMIENTO

Los mayores cambios en la respuesta erosiva de las laderas suelen estar asociados a cambios en la conectividad o continuidad de los procesos a lo largo de las laderas y especialmente en el acoplamiento entre ladera y cauce.

La conectividad influye en la resolución temporal fina y está especialmente ligada a la dinámica de los componentes de la superficie del suelo, que son propiedades de forma susceptibles de cambio en el plazo corto y medio, normalmente regidas por interacciones muy ligadas a la actividad biológica (ver Puigdefábregas, 2005) que repercuten sobre cambios más allá de la dinámica de los seres vivos y la materia orgánica en el suelo (ver Kirkby *et*

al., 1998). Los cambios en la conectividad, muy asociados a cambios ambientales (ver Lavee *et al.*, 1998), albergan consecuencias sobre la dinámica erosiva y en el largo plazo pueden afectar al estilo de evolución de las laderas.

El acoplamiento o no de las laderas al cauce (Brunsden & Thornes, 1979) tiene importantes repercusiones sobre la forma y evolución de las laderas (ver Faulkner, 2008). Harvey (2001) y Faulkner *et al.* (2008) evidencian en dos tipos de sistemas, de propiedades y condiciones ambientales muy diferentes, un cambio rápido de la sensibilidad de las laderas con el incremento de tasas y cambio de los procesos erosivos en las áreas acopladas al cauce o descenso de la actividad cuando se produce el desacoplamiento.

Los acoples pueden ocurrir, entre otros, como consecuencia de (i) importantes cambios en la red de drenaje; una captura en el caso de la cuenca del Río Aguas en Almería (ver Mather, 2000; Faulkner *et al.*, 2008). (ii) Cambios históricos en los controles del sistema fluvial, fundamentalmente en la cobertura vegetal y magnitud de los eventos erosivos, como en el caso de Howgill Fells en Reino Unido (Harvey, 2001). O (iii) cambios a corta escala temporal en los usos del suelo y la dinámica erosiva, como los descritos por Roxo & Calvo-Cases (2009) en el relieve morfológicamente muy estable del SE de Portugal.

Los desacoples obedecen a estabilización del sistema, usualmente a largo plazo, aunque un desacople parcial de la parte baja de la ladera no conlleva estabilidad hasta que las ondas de agresión generadas por el acoplamiento anterior no se transfieren a toda la ladera. Hecho que difícilmente ocurre en laderas grandes,

pues un nuevo acoplamiento suele ocurrir antes que la onda de agresión alcance la cumbre. De ahí la complejidad de las laderas polisecuenciales o poligénicas.

La consecuencia inmediata para el estudio de la evolución de las laderas en relación al de los procesos es la necesidad de establecer en qué situación están las laderas, en relación a los cauces, durante los periodos de medida.

5. LOS MODELOS DE EROSIÓN

La aplicación de estimaciones sobre la erosión a partir de determinadas propiedades de los suelos y sus componentes superficiales, junto con los parámetros topográficos, de partida es de difícil ajuste si pretendemos una aplicación directa de las tasas. De hecho los resultados de modelos de erosión existentes, salvo que estén calibrados con medidas de campo, suele desviarse de las magnitudes de erosión. Boix *et al.* (2005) muestran como diversas aplicaciones de la USLE exageran notablemente las tasas de erosión y la revisión de modelos realizada por De Vente *et al.* (2013) muestra las dificultades de predicción en escalas de ladera frente a mejores resultados en resoluciones más bajas.

Parece, por el momento, mejor acudir a **modelos conceptuales** basados en experiencia de medida de procesos. Así, por ejemplo, Lavee *et al.* (1998) han aportado al conocimiento del funcionamiento hidrológico de las laderas mediterráneas y áridas la conveniencia de considerar, al menos tres tipos de conducta hidrológica, que en términos de evolución de las formas puede tener consecuencias relevantes. Mientras que en los medios subhúmedos con alta capacidad de infiltración en toda la ladera, si las cubiertas vegetal y

edáfica no están degradadas, son esperables bajas tasas de erosión superficial. En medio árido la parte alta de la ladera contribuye en escorrentía y sedimentos que se infiltran en el talud. Y en las situaciones intermedias un patrón disperso de sumideros y áreas generadoras de escorrentía mantiene la desconexión de la ladera.

Si transformamos este esquema y lo adaptamos pensando en la evolución de las formas tendríamos que en las zonas mediterráneas más húmedas y con componentes de la superficie del suelo en equilibrio con ese clima, el predominio de la escorrentía subsuperficial y la mayor meteorización permitirían, en condiciones de desacoplamiento al sistema fluvial, que puedan darse condiciones para una evolución por declinación. En cambio si se da el acoplamiento entre laderas y cauces es mucho más probable el retroceso paralelo por remoción de la capa de regolito en la base. En condiciones más secas, donde los espesores de regolito/suelo son menores, incluso en condiciones de equilibrio con el clima, y la profundidad del frente húmedo es escasa, con un patrón de vegetación disperso, podemos asumir que todos los puntos de la ladera tienen la misma probabilidad de erosión, lo que conduce a un retroceso en paralelo o forma independiente del tiempo. Por último, ya en el árido es esperable el retroceso paralelo de la parte alta, rocosa, que funciona a modo de fuente de escorrentía y sedimentos, apenas cambios de forma en el talud, donde el agua se filtra y se retienen los sedimentos, si no hay acoplamiento con el cauce.

6. PERSPECTIVAS

La pervivencia de estaciones de medida de tasas de erosión aumentará el co-

nocimiento de umbrales de respuesta y de procesos dominantes en las interacciones.

La mejora de la resolución espacial en los Modelos Digitales de Elevaciones ha de permitir un mayor y mejor análisis de las formas de las laderas y de la reconstrucción de formas pasadas, ayudando a mejorar los conocimientos sobre el marco temporal de la evolución de las laderas y sistemas fluviales.

La mayor y mejor disponibilidad de imágenes aéreas de resolución fina permite la mejora de la información sobre los componentes de la superficie del suelo, sus cambios y, en consecuencia, sobre los procesos, aplicando el bagaje de conocimientos sobre las tasas de actuación de estos en relación con los componentes de la superficie.

Combinando estas herramientas es posible una rápida y eficiente cuantificación del grado de acoplamiento entre los subsistemas de ladera y cauce. Vía la conceptualización la interpretación evolutiva de las formas de las laderas será sólida.

7. REFERENCIAS

- Alexander, R.W., Calvo-Cases, A., Arnau-Rosalén, E., Mather, A.E. & Lázaro-Suau, R., (2008): Erosion and stabilisation sequences in relation to base level changes in the El Cautivo badlands, SE Spain. *Geomorphology*, 100: 83–90.
- Añó Vidal, C., Peris Mendoza, M. & Sánchez Díaz, J. (2000): BIB-ERON: Base de datos bibliográfica sobre erosión del suelo. *Edafología*, 7-2: 1-8.
- Boix-Fayos, C., Martínez-Mena, M., Calvo-Cases, A., Castillo, V. & Albaladejo, J. (2005): Concise review of interrill erosion studies in SE Spain (Alicante and Murcia). Erosion rates and progress of knowledge in the last two decades. *Land Degradation and Development*, 16: 517–528.
- Boix-Fayos, C., Martínez-Mena, M., Arnau-Rosalén, E., Calvo-Cases, A., Castillo, V. & Albaladejo, J. (2006): Measuring soil erosion by field plots: understanding the sources of variation. *Earth-Science Reviews*, 78: 267–285.
- Boix-Fayos, C., Martínez-Mena, M., Calvo-Cases, A., Arnau-Rosalén, E., Albaladejo, J. & Castillo, V. (2007): Causes and underlying processes of measurement variability in field erosion plots in Mediterranean conditions. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 85–101.
- Brunsden, D. & Thornes, J.B. (1979): Landscape sensitivity and change. *Trans. Inst. Brit. Geogr., New Ser.*, 4: 463-484.
- Brunsden, D. (2001): A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology. *Catena*, 42: 225–250.
- Burillo Mozota, F., Gutierrez Elorza, M. & Peña Monné, J.L. (1981): El Cerro del castillo de Alfambra (Teruel). Estudio interdisciplinar de geomorfología y arqueología. *Kalathos*, 1: 7-63.
- Calvo Cases, A. (1987): *Geomorfología de laderas en la montaña del País Valenciano*. I. V.E.I. Colección Politécnica. 301 pp. Valencia.
- Calvo-Cases, A. & Harvey, A. (1996): Morphology and development of selected badlands in southeast Spain: implications of climatic change. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 725-735.
- Calvo-Cases, A. & La Roca Cervigon, N. (1988): Slope form and soil erosion on calcareous slopes. En: Imeson, A.C. Imeson y Sala, M. (eds.): *Geomorphic Processes in environments with strong seasonal contrasts. Catena Suppl.*, 12: 103-112.
- Canton, Y., Del Barrio, G., Solé-Benet, A. & Lázaro, R. (2004): Topographic controls on the spatial distribution of ground cover in the Tabernas badlands of SE Spain. *Catena*, 55: 341-365.
- Carson, M. A. & Kirkby, M. J. (1972): *Hillslope Form and Processes*. Cambridge University Press. 484 pp. London

- Desir, G. & Marín, C. (2007): Factors controlling the erosion rates in a semi-arid zone (Bardenas Reales, NE Spain). *Catena*, 71: 31–40.
- De Vente J. & Poesen J. (2005): Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale in Mediterranean environments: scale issues and semiquantitative models. *Earth Science Reviews*, 71: 95–125.
- De Vente, J., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G., Vanmaercke, M., Van Rompaey, A., Arabkhedri, M. & Boix-Fayos, C. (2013): Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: Where do we stand? *Earth-Science Reviews*, 127: 16–29.
- Faulkner, H. (2008): Connectivity as a crucial determinant of badland morphology and evolution. *Geomorphology*, 100: 91–103.
- Faulkner, H., Alexander, R. & Zukowskyj, P. (2008): Slope–channel coupling between pipes, gullies and tributary channels in the Mocatán catchment badlands, Southeast Spain. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33: 1242–1260.
- Fumanal García, M.P. & Calvo Cases, A. (1981): Estudio de la tasa de retroceso de una vertiente mediterránea en los últimos 5.000 años. (Serra del Benicadell. Sur del País Valencià). *Cuadernos de Geografía*, 29: 133–150.
- García-Ruiz, J. M. & López Bermúdez, F. (2009): *La erosión del suelo en España*. Sociedad Española de Geomorfología. 441 pp. Zaragoza.
- Gutiérrez, M., Sancho, C. & Arauzo, T. (1998): Scarp retreat rates in semiarid environments from talus flatirons (Ebro Basin, NE Spain). *Geomorphology*, 25: 111–121.
- Harvey, A.M. (2001): Coupling between hill slopes and channels in upland fluvial systems — implications for landscape sensitivity, illustrated from the Howgill Fells, Northwest England. *Catena*, 42: 227–252.
- Harvey, A.M. & Calvo-Cases, A. (1991): Process interactions and rill development on badland and gully slopes. *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Bd.* 83: 175–194.
- Holling C.S. (1992): Cross-Scale Morphology, Geometry, and Dynamics of Ecosystems. *Ecological Monographs*, 62 (4): 447–502.
- Kirkby, M.J., Abrahart, R., McMahon, M.D., Shao, J. & Thornes, J.B. (1998): MEDALUS soil erosion models for global change. *Geomorphology*, 24: 35–49.
- Lavee, H., Imeson, A.C. & Sarah, P. (1998): The impact of climate change on geomorphology and desertification along a Mediterranean arid transect. *Land Degradation and Development*, 9: 407–422.
- López Bermúdez, F. (2002): *Erosión y desertificación - Heridas de la tierra*, Nivola. 190 pp. Tres Cantos.
- Mather, A. E. (2000): Adjustment of a drainage network to capture induced base-level change. *Geomorphology*, 34: 271–89.
- Parsons, A.J. (1988): *Hillslope Form*. Routledge. 212 pp. London.
- Puigdefábregas, J. (2005): The role of vegetation patterns in structuring runoff and sediment fluxes in drylands. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30: 133–147.
- Roxo, M. J. & Cortesão Casimiro, P. (2004): Long term monitoring of soil erosion by water Vale Formoso Erosion Centre – Portugal. En van Asselen, S., Boix-Fayos, C. y Imeson, A. (eds.): *Briefing Papers of the second SCAPE workshop in Cinque Terre (IT)*: 37–48.
- Roxo, M.J. & Calvo-Cases, A. (2009): Analysing the factors affecting gully development and their relationships with land-use changes in the East Alentejo (Portugal). En Romero Díaz, A., Belmonte Serrano, F., Alonso Sarriá, F., López Bermúdez, F. (eds.): *Avances en estudios sobre desertificación*. EDITUM. 717–720.
- Savigear, R.A.G. (1952): Some observations on slope development in South Wales. *Inst. British Geogr. Trans.*, 18: 31–51.
- Schumm, S.A. (1956): The role of creep and rainwash on the retreat of Badland slopes. - *Am. J. Sci.*, 254: 693–700.
- Young, A. (1972): *Slopes*. Longman. 288 pp. London.
- Wise, S.M., Thornes, J.B. & Gilman, A. (1982): How old are the badlands? A case study from south-east Spain. En Bryan, R. y Yair, A. (eds.): *Badland Geomorphology and Piping*: 259–277.