

IV Reunión de Geomorfología  
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.  
1996, Sociedad Española de Geomorfología  
O Castro (A Coruña)

## **RÉGIMEN HÍDRICO DE LOS SUELOS EN ZONAS ACARCAVADAS. ALGUNOS EJEMPLOS EN LA CUENCA EXPERIMENTAL DE PETRER. ALICANTE**

Cerdà, A.

Departament de Geografia. Universitat de València. Apartado de Correos 22060,  
46080. València

### **RESUMEN**

La humedad del suelo determina la actividad biológica, los procesos físicos y químicos, y la hidrología de los suelos. Así, los procesos de erosión, sus tasas, y las formas terrestres dependen indirectamente del régimen hídrico de los suelos. A pesar de ello, son poco conocidas las variaciones espaciales y la evolución temporal de la humedad del suelo y la influencia que sobre ella ejerce la vegetación. El desconocimiento del régimen hídrico de los suelos y de los procesos de erosión es aún más patente en aquellos ambientes con escaso aprovechamiento agrícola y forestal como son las zonas acarcavadas o badlands. Mediante el muestreo periódico de la humedad del suelo (método gravimétrico) en distintos puntos de una ladera se comprobó que la humedad del suelo es muy variable espacial y temporalmente. Este comportamiento se debe a que la vegetación favorece mayores contenidos de agua en el suelo frente a zonas desnudas donde la evaporación es muy rápida. El régimen hídrico de los suelos en los badlands reduce las posibilidades de revegetación natural por la rápida pérdida de humedad tras las lluvias.

**Palabras clave:** Régimen hídrico, badland, pediment, vegetación, precipitación

### **ABSTRACT**

The soil moisture determines the biological activity, the physical and chemical processes and the soil hydrology. Therefore, the erosion processes, its rates, and the landforms relates indirectly to the soil water regime. Even though, little is known on the spatial variability and temporal evolution of the soil moisture and the influence of vegetation. The ignorance of the soil water regime and the erosional processes is still more obvious on the environments with scarce agricultural and forestry use as the gullied landscape or badlands. By means of a periodical sampling of soil moisture (gravimetric method) in different sites of a slope is found that the soil moisture is very variable spatially and temporally. This behaviour is due to the vegetation, which favours greater soil moisture content than on the bare zone where the evaporation is very fast. The soil water regime on the badlands reduces the vegetation recovery possibilities because the quick soil dissection after the rains.

**Key words:** Water regime, badland, pediment, vegetation, precipitation

## INTRODUCCIÓN

El agua en sus distintos estados es el principal agente meteorizador y erosionador, es por ello un agente geomorfológico de especial importancia. La humedad almacenada en el suelo gestiona el ciclo hidrológico y determina la dinámica de las poblaciones vegetales y animales, y los procesos físicos y químicos (BIRKELAND, 1974). Conocer el comportamiento del agua en el suelo es por lo tanto básico para entender los procesos geomorfológicos relacionados con la acción superficial y subsuperficial de las aguas.

Las zonas afectadas por procesos de degradación que implican la pérdida de vegetación y la compactación de los suelos, presentan escorrentías superficiales abundantes que dan lugar a tasas de erosión muy elevadas (MORGAN, 1986; NICOLAU y PUIGDEFABREGAS, 1990). En estos casos, la humedad del suelo es esencial para explicar el proceso de generación de escorrentía debido a su influencia directa sobre las tasas de infiltración (CERDÀ, 1995). Conocer la dinámica estacional y las diferencias espaciales de la humedad del suelo pueden dar algunas de las claves de los procesos hidrológicos superficiales y de la erosión por escorrentía superficial. En otro sentido, conocer el régimen hídrico de los suelos es fundamental para poder aplicar políticas de regeneración de la vegetación y de los suelos en zonas degradadas. Estos conocimientos se pueden aplicar a la reforestación ya sea mediante procedimientos tradicionales o bien por la siembra de semillas en aquellas zonas más favorables.

El objetivo de este estudio es determinar el régimen hídrico de los suelos en zonas acarcavadas e investigar cuales son las implicaciones para los procesos geomorfológicos. Este trabajo destaca la influencia de la vegetación en el régimen hídrico de los suelos y las diferencias dentro de los badlands entre pediments (zonas llanas donde domina el transporte) y las laderas (zonas productoras de sedimentos y de elevada pendiente), ambas con insignificantes cubiertas vegetales. Todos los puntos de muestreo fueron seleccionados en una ladera norte con el fin de eliminar la influencia de la exposición en la evolución de la humedad del suelo.

## ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en una cuenca experimental en el sudeste de la Península Ibérica, Petrer, en la cual se ha investigado la morfología de los badlands, los procesos de erosión y generación de escorrentía y los balances hidrológicos a distintas escalas desde 1986 (HARVEY y CALVO, 1989; CALVO *et al.*, 1991; HARVEY y CALVO, 1991; CERDÀ, 1993; CERDÀ, 1995).

Las cárcavas de Petrer se han desarrollado sobre margas Cretácicas a partir de la incisión del anterior valle pleistoceno debido al diapirismo de la zona. También muy relacionado con el desarrollo de las cárcavas están los usos del suelo, concretamente la puesta en cultivo de los fondos de valle con la consiguiente zapa basal y el abandono posterior de los campos de cultivo (RODRÍGUEZ AIZPEOLEA, 1992). La escasa cubierta vegetal y la existencia de regueros y suelos muy erosionados está también relacionado con las condiciones climatológicas. Las precipitaciones son muy reducidas, con medias anuales que varían entre 296 y 339

mm según los autores consultados (GEIGER, 1970; PAYÀ y CERDÀ, 1992). La temperatura media anual es de 16 °C, con un máximo de 25,7 °C en agosto y 11,4 °C en enero. La media anual de días de lluvia es de 33.

La tres unidades de suelo más representativas son: i) Badland, ii) Pediment, y iii) Vegetado (ver figuras 1 y 2).

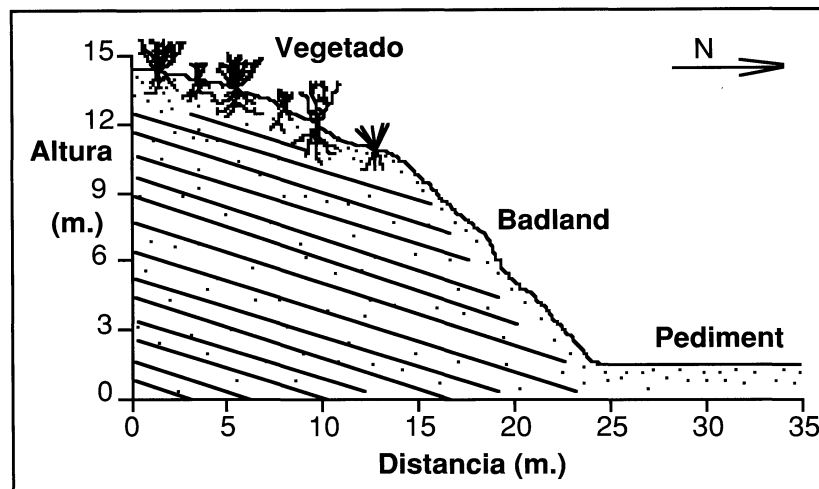


Figura 1. Perfil de la ladera estudiada distinguiendo entre las tres unidades de suelo estudiadas. Vegetado (ladera vegetada), Badland (ladera desnuda) y Pediment (fondo de valle, zona llana desnuda)

En la ladera norte estudiada, los **Badland** ocupan la parte baja de la ladera. En ella, los suelos están desnudos, abundan los regueros y en algunos casos las tubificaciones, la costra superficial está muy desarrollada, las grietas superan los 10 mm de anchura y el espesor de la regolita no supera los 10 cm, aunque sólo los 2-3 cm superficiales están totalmente meteorizados. La pendiente de las laderas oscila entre 20° y 40° y los procesos erosivos en ellas son muy activos (PAYÀ y CERDÀ, 1992). La textura de los suelos está dominada por los limos (50-60 %), las arcillas son menos abundantes (30-40 %) y las arenas son insignificantes (< 10%). El contenido en materia orgánica es muy bajo (< 1 %) y el carbonato cálcico supera el 60 %. Por la abundancia en limos y arcillas, y la falta de materia orgánica, los suelos son muy densos (1,5 g cm<sup>-3</sup>) y su capacidad de infiltración es muy baja (CERDÀ, 1993a).

Los **Pediments** tienen muy baja pendiente (0-2°) y se encuentran al pie de las laderas conformando junto a éstas la unidad geomorfológica denominada badland en la literatura geomorfológica (BRYAN y YAIR, 1982; CAMPBELL, 1989). Los pediments son zonas llanas de muy baja pendiente (0-2°) que han sido clasificadas como zonas de sedimentación o transporte, son por lo tanto zonas de transferencia de los sedimentos arrancados de las laderas hacia los cauces fluviales. En ellos, a corto plazo pueden medirse tasas de sedimentación o erosión, pero a largo plazo hay un equilibrio entre ambos procesos que identifican al transporte

como la resultante final. Los suelos desarrollados sobre los pediments presentan cubiertas vegetales reducidas o nulas, aunque en las zonas más alejadas de la ladera se produce una incipiente colonización vegetal. Los pediments estudiados son los colindantes con el pie de la ladera, es decir los más activos geomorfológicamente y en los que la vegetación es menor. La textura de estos suelos se caracteriza por una mayor abundancia de arenas (30-40 %), el menor contenido en arcilla (20-30 %) y la reducción de los limos (30-40 %) en relación a los suelos de las laderas, origen de los sedimentos de los pediments. La materia orgánica también es muy baja ( $< 1\%$ ) y el carbonato cálcico mantiene niveles semejantes al de la ladera de los badlands (50-60 %). La densidad aparente de los suelos es  $1,40\text{ g cm}^{-3}$  y su capacidad de infiltración final estable es incluso menor a la encontrada en las laderas debido a la inexistencia de grietas y al encostramiento de los dos primeros centímetros del suelo (CERDÀ, 1993a).

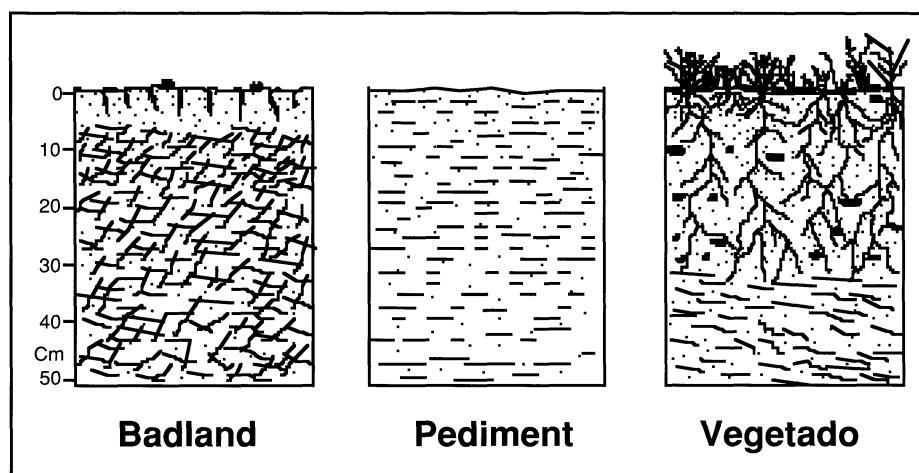


Figura 2. Perfil de suelo de las tres unidades estudiadas

Los **Vegetados** ocupan la parte alta de la ladera y se conservan como retazos de lo que pudo ser una ladera totalmente cubierta de vegetación. En estos suelos la cubierta vegetal es del 60 % y está compuesta por especies como *Coronilla minima*, *Dorycnium pentaphilum*, *Bupleurum subfruticosum*, *Polygala calcaria*, *Centaurea scariosa*, *Helichrisum stoechas*, *Fumana ericoides*, *Astragalus hispanicus* y *Brachypodium retusum*. Los suelos vegetados contienen más materia orgánica (5 %) y menos carbonato cálcico (50 %), la textura se caracteriza por la abundancia de limos (50 %) y por niveles semejantes de arcilla y arena (25 %). La densidad aparente de los suelos vegetados es de  $1,10\text{ g cm}^{-3}$ , y su capacidad de infiltración es muy elevada (CERDÀ, 1993a).

## MÉTODOS

La medición de la humedad del suelo se realizó mediante el método gravimétrico. El muestreo se llevó a cabo sobre las tres unidades seleccionadas (Badland, Pediment y Vegetado), a distintas profundidades, y prestando especial

atención a los horizontes superficiales. Se diseñó una sonda que permitía extraer muestras de suelo a distintas profundidades, hasta un máximo de 120 cm. La toma de muestras se realizó en 17 ocasiones entre enero y agosto de 1992. Los intervalos de muestreo estuvieron determinados por las precipitaciones (Fig. 3). Los datos pluviométricos proceden del cercano observatorio de Monòver (10 Km al SW de la estación experimental de Petrer).

## RESULTADOS

### PRECIPITACIÓN

Entre enero y agosto de 1992 las lluvias caídas en la zona de estudio totalizaron 176 mm, lo que supone un volumen semejante a la media de ese mismo periodo en los últimos 30 años: 182,2 mm. Su distribución se restringe a unos pocos días de lluvia de los que destacan los 66 mm precipitados entre el 18 y 20 de febrero. Otra tanda de lluvias destacable es la de 15 mm caídos entre el 2 y el 5 de marzo y finalmente los 64 mm precipitados en el mes de junio en varios días de lluvia (Fig. 3).

De los 31 días de lluvias, 13 fueron menores a 1 mm, 8 oscilaron entre 1 y 5 mm y en 10 superaron los 5 mm día<sup>-1</sup>, con un máximo de 32,5 mm el 20 de febrero de 1992. Las precipitaciones mayores a 5 mm día<sup>-1</sup> son las que han sido tenidas en cuenta a la hora de realizar el muestreo. Sólo los tres eventos antes comentados (a, b y c en la figura 3) dieron lugar a un aumento efectivo de la humedad del suelo, mientras que en los restantes casos los reducidos volúmenes precipitados debieron alterar el contenido de agua de los suelos de forma inapreciable. El muestreo fue especialmente intensivo entre el 15.02.92 y el 22.03.92 (36 días), periodo en el cual se muestreo en 10 ocasiones para determinar la evolución de la humedad después de dos eventos lluviosos importantes.

La respuesta de los suelos ante la lluvia supuso un aumento muy rápido de la humedad en el horizonte superficial (0-2 cm) (Fig. 3). Cinco días después del evento a la humedad del suelo era del 19,45 % en el Badland, 18,89 % en el Pediment y 23,13 % en el Vegetado. Después del evento b (un día después de la lluvia) se alcanzaron 25,29 %, 22,41 % y 24,43 %, y un día después del evento c los niveles fueron de 25,3 %, 29,53 % y 20,02 % respectivamente. Las diferencias en humedad entre eventos se debe principalmente a que el tiempo transcurrido entre la lluvia y el muestreo es distinto en cada caso. Tanto durante periodos secos como húmedos la humedad del suelo en superficie (0-2 cm) ha sido mayor en el suelo Vegetado (17,5 % de media) que para el Badland (10,89 %) y el Pediment (9,85 %).

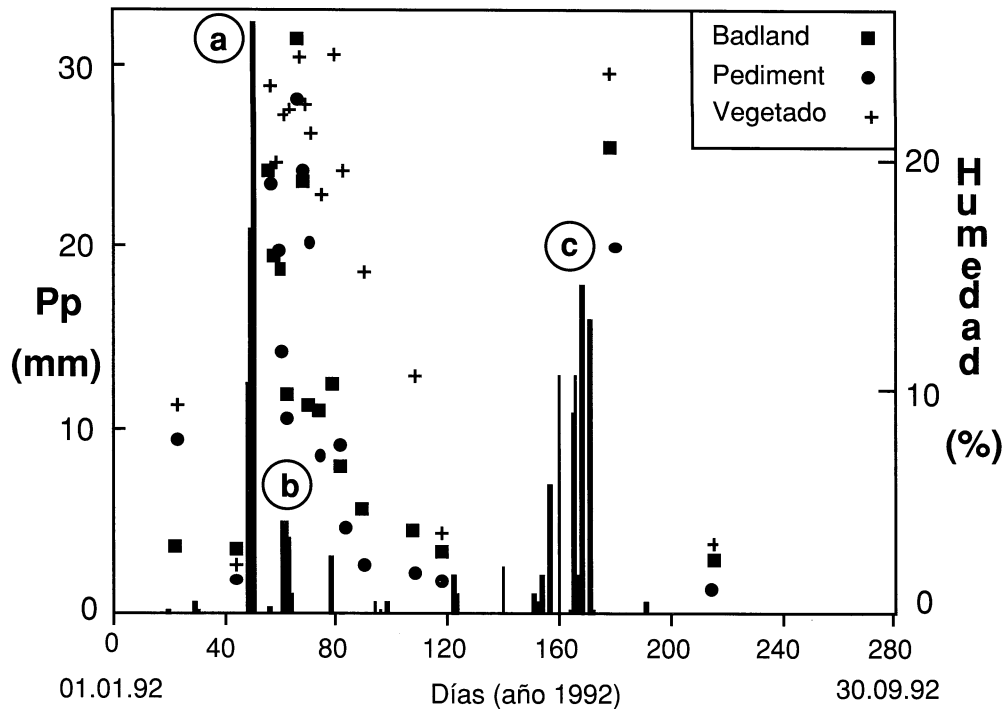


Figura 3. Evolución de la humedad de los suelos distinguiendo entre los tres unidades de suelos seleccionados: Pediment, Badland y Vegetado. Muestra superficial (0-2 cm). a, b y c corresponden a las tres tandas de lluvia más importantes

Estas diferencias están directamente relacionadas con la textura del suelo y su cubierta vegetal. El suelo desnudo y con mayor proporción de arenas, el Pediment, se seca rápidamente; el suelo Vegetado y con más arcilla, se mantiene más húmedo, mientras que el Badland (desnudo pero con textura menos grosera que el Pediment) presenta una situación intermedia. La posición geomorfológica que ocupan los suelos en la ladera no influye en el nivel de humedad a pesar que se generó escorrentía en el evento a (febrero de 1992), y el Pediment recibió un aporte hídrico importante desde la ladera.

#### EVOLUCIÓN DE LA HUMEDAD A DISTINTAS PROFUNDIDADES

Los perfiles de humedad son distintos en cada uno de los tres tipos de suelo estudiados y además varían según la época del año. Una de las situaciones típicas en la zona estudiada es la del invierno seco o con muy reducidas precipitaciones. Ésta era la situación a principios de 1992 tras un periodo de sequía de dos años que se refleja en que en los tres meses anteriores al evento lluvioso del 18 al 20 de febrero (evento a) la precipitación fue de tan sólo 8 mm cuando la media de los últimos 30 años fue de 80 mm. En esta situación los tres tipos de suelo

presentaban en superficie menos del 3 % de humedad y en profundidad nunca superaban el 6 %, incluso en el suelo vegetado donde se muestro hasta 50 cm de profundidad la humedad del suelo era muy reducida (Fig. 4).

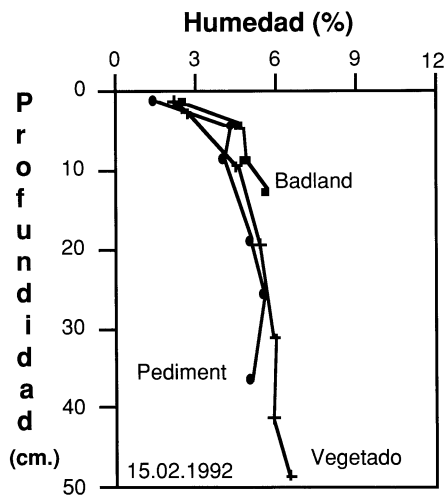


Figura 4. Perfil de humedad típico durante un periodo seco invernal (8 mm de precipitación en los tres meses anteriores al muestreo)

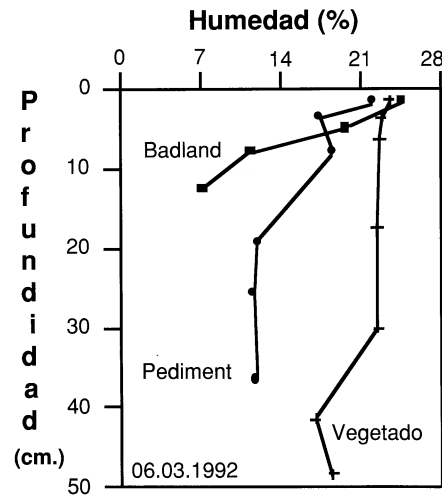


Figura 5. Perfil de humedad típico después de un periodo de lluvias abundantes (81,2 mm de precipitación en los 17 días anteriores al muestreo)

Un perfil de humedad muy distinto se encontró 20 días después tras dos eventos lluviosos que sumaron 81 mm de precipitación (Fig. 5). La humedad del suelo en los tres suelos superó el 20 % en superficie. Pero en profundidad, sólo el Vegetado alcanzó valores semejantes, mientras que en el Pediment y especialmente en el Badland la humedad subsuperficial fue muy baja. Si en el Pediment fue mayor en profundidad es por que la escorrentía generada en los badlands debió pasar por ellos y pudo favorecer la infiltración más profunda.

Tras 19 días con sólo 8 mm de lluvia en el mes de marzo los frentes de humedad fueron muy distintos en las tres unidades de suelo estudiadas. El Badland y el Pediment sufrieron una reducción drástica del agua en superficie, y sólo en profundidad (5 cm) se alcanzaron niveles de humedad del suelo del 10 %. El Vegetado por el contrario mantiene niveles altos de humedad (superior al 15 % en todas las profundidades) y además la humedad decrece en profundidad, lo que es típico de periodos muy húmedos (Fig. 6).

Tras este periodo de lluvias invernales y primaverales se produjo la desecación de los suelos de una forma muy rápida, especialmente los pediments y los badlands. Durante los periodos extremadamente secos de julio y agosto de 1992 el volumen de lluvia fue insignificante: 0,5 mm en julio y 10,6 mm en agosto de 1992 (7 y 0 mm de media respectivamente en los últimos 30 años). En este periodo el perfil de humedad mostró valores similares a los medidos durante el periodo seco del otoño de 1991 y principios del invierno de 1992. Los Pediments y los

Badlands presentan valores del agua del suelo muy reducidos, incluso en profundidad (Fig. 7). En cambio, el Vegetado, a pesar de que en superficie la humedad es reducida, en profundidad alcanza niveles superiores incluso al 10 %, mayores a los medidos en el mes de enero después de tres meses sin lluvia (Fig. 5).

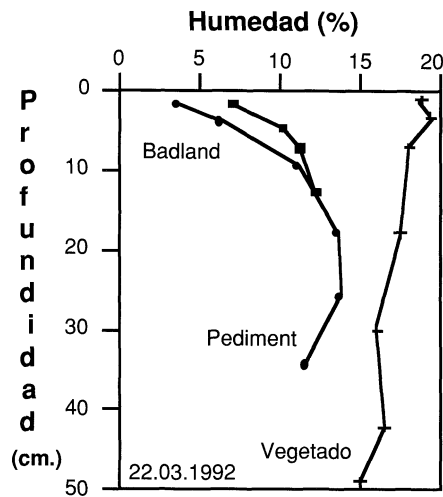


Figura 6. Perfil de humedad típico durante la estación húmeda. Medición después de 19 días sin eventos de lluvia importantes (sólo 8 mm)

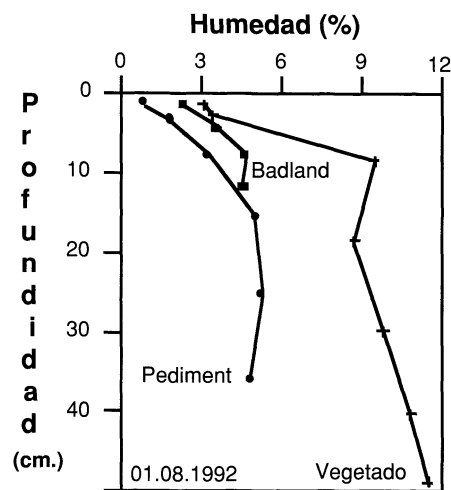


Figura 7. Perfil de humedad típico durante la estación seca (verano).

## DISCUSIÓN

En las zonas acarcavadas o badlands, la humedad del suelo es muy variable espacialmente por la presencia de zonas vegetadas y por las diferencias morfológicas (Pediment - ladera). También es muy variable la evolución temporal de la humedad del suelo, debido a la irregularidad de las lluvias. Son normales cambios drásticos y la existencia de periodos de reducida humedad. Este comportamiento se debe a la práctica inexistencia de vegetación y hojarasca, lo que favorece la rápida evaporación. Durante las estaciones húmedas como lo son el otoño, el invierno y el verano, existen periodos secos que afectan a los horizontes profundos de los suelos vegetados. Estos periodos pueden ser incluso más secos que los propiamente estivales (comparar figuras 5 y 7). La influencia de la vegetación produce perfiles de humedad muy distintos. En el verano de 1992 cuando los suelos desnudos se habían secado totalmente, los vegetados mantenían contenidos de agua mucho mayores en profundidad. A pesar de haberse estudiado una umbría, los suelos desnudos se secan rápidamente, lo que reduce las posibilidades de revegetación y favorece cambios en su morfología superficial de forma muy rápida (HARVEY y CALVO, 1991; PAYÁ y CERDÀ, 1992). Esta dinámica evolución de la humedad en las zonas de badlands da lugar a variaciones estacionales muy fuertes en las tasas de escorrentía y erosión al modificarse la infiltrabilidad de los suelos (CERDÀ, 1995).

En los badlands, la falta de vegetación hace que las posibilidades de



revegetación pasen por la germinación de las semillas y el enraizamiento definitivo de las plántulas. Las elevadas tasas de erosión de los badlands hace inviable la mejora del suelo ya que toda la capa de regolita generada durante años es erosionada en un solo evento de elevada intensidad (CERDÀ, 1993a). En cuanto a la regeneración vegetal a partir de las semillas, estudios previos han demostrado que en la superficie de los badlands existe un banco de semillas abundante (GARCÍA FAYOS y RECATALÀ, 1995), el cual no es erosionado incluso con chaparrones de elevadas intensidades (GARCÍA FAYOS *et al.*, 1995; CERDÀ y GARCÍA FAYOS, 1996a; 1996b). La razón de la recuperación de la vegetación de los suelos debe estar relacionada con la inexistencia de condiciones que aseguren la viabilidad de las plántulas germinadas durante los periodos de lluvias. Ello se debe a que los suelos se secan rápidamente y las plántulas pueden morir. Trabajos en este sentido deben dar la explicación de la difícil regeneración de los badlands por procesos naturales.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Mario Payà y a toda su familia la ayuda prestada durante la realización del trabajo de campo, y al Instituto Nacional de Meteorología la información pluviométrica suministrada. La Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología financió parte del trabajo de campo (proyectos AMB93-0844-C06-04 y NAT91-0741).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIRKELAND, P.W. (1974): *Pedology, Weathering, and Geomorphological Research*. Oxford University Press, Nueva York, 285 pp.
- BRYAN, R. y YAIR, A. (1982): *Badland geomorphology and piping*. Goebooks, Norwich, 409 pp.
- CALVO CASES, A., HARVEY, A.M. y PAYÀ SERRANO, J. (1991). Process interactions and badland development in SE Spain. En Sala, M., Rubio, J.L. y García-Ruiz, J.M. (Eds.): *Soil Erosion Studies in Spain*, 75-96, Logroño, Ediciones Geoforma.
- CAMPBELL, I.A. (1989): Badland and Badland Gullies. En Thomas, D.S.G. (Ed.): *Arid Zone geomorphology*, 159-186.
- CERDÀ, A. (1993): *La Infiltración en los Suelos del País Valenciano. Factores y Variaciones Espacio-Temporales*. Tesis Doctoral Inédita. Universitat de València. 357 pp + apéndices.
- CERDÀ, A. (1995): *Factores y variaciones espacio-temporales de la infiltración en los ecosistemas mediterráneos*. Ediciones Geoforma. Logroño, 151 pp.
- CERDÀ, A. y GARCÍA-FAYOS, P. (1996a): Relaciones entre las pérdidas de agua, suelo y semillas en zonas acaravadas. Influencia de la pendiente. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. En prensa.
- CERDÀ, A. y GARCÍA-FAYOS, P. (1996b): *The influence of slope angle on sediment, water and seed losses on badland landscapes*. *Geomorphology*. En prensa.
- GARCÍA FAYOS, P. y RECATALÀ, R.M. (1992): La reserva de semillas en una cuenca de "badlands" (Petrer, Alicante). *Pirineos*, 140, 29-36.
- GARCÍA-FAYOS, P., RECATALÀ, T.M., CERDÀ, A. y CALVO, A. (1995): Seed population dynamics on badland slopes in SE Spain. *Journal of Vegetation Science*, 6, 691-696.
- GEIGER, F. (1970): Die Ariditat in Sudostspanien. *Stuttgarter Geographische Studien*, Band 77.
- HARVEY, A.M. y CALVO, A. (1989): Distribution of badlands in Southeast Spain: Implications of climatic change. En Imeson, A.C. and De Groot, R.S. (Eds.): *Landscape-ecological Impact of Climatic Change*, 14 pp.

- HARVEY, A.M. y CALVO, A. (1991): Process interactions and rill development on badlands and gully slopes. *Z. Geomorph. N. F. Suppl.-Bd.*, 83, 175-194.
- MORGAN, R.P.C. (1986): *Soil Erosion and Conservation*. Longman, New York, 298 pp.
- NICOLAU, J.M. y PUIGDEFÁBREGAS, J. (1990): Erosión hídrica superficial en los taludes restaurados de la minería a cielo abierto turolense. *Actas de la 1ª Reunión Nacional de Geomorfología*, 629-639.
- PAYÀ, J. y CERDÀ, A. (1992): Cambios morfológicos y respuesta a la lluvia simulada de tres superficies de Badland. Petrer. Alacant. En López Bermúdez, F., Conesa García, C. y Romero Díaz, M.A. (Eds.): *Estudios de Geomorfología en España*, 161-170.
- RODRÍGUEZ AIZPEOLEA, J. (1992): Un ejemplo de la Influencia del uso y abandono de bancales de fondo de canal en la evolución de Badlands (Petrer-Alacant). En López Bermúdez, F., Conesa García, C. y Romero Díaz, M.A. (Eds.): *Estudios de Geomorfología en España*, 211-220.