

# MEDITERRANEA

## SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS

2005 Época II N° 18



COMITÉ EDITORIAL:

Ch. P. BLANC

G.U. CARAVELLO

S.G. CONARD



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias

COMITÉ CIENTÍFICO:

Ch. P. BLANC. Lab. Zoogéographie. Université Montpellier III. Francia.  
S.G. CONARD. USDA Forest Service. Riverside. U.S.A.  
A. FARINA. Lab. Ecologia del Paisaje. Museo Historia Natural. Aulla. Italia.  
A. FERCHICHI. I.R.A. Medenine. Túnez.  
G.U.CARAVELLO. Istituto di Igiene. Università di Padova. Italia.

COMITÉ EDITORIAL:

V. Peiró, J. Martín, G. López, E. Seva.

DIRECCIÓN:

Eduardo Seva. Dep. Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.

SECRETARÍA:

Germán López. Dep. Ecología. Universidad de Alicante.

EDITA:

Servicio de Publicaciones. Universidad de Alicante.  
<http://publicaciones.ua.es>

CORRESPONDENCIA:

Departamento de Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.  
Ap. 99 - 03080 Alicante. España.  
Teléfono de Secretaría: 96/5909520  
Fax: Rev. Mediterránea. Dep. Ecología. 96/5903464

I.S.S.N.: 0210-5004  
Depósito Legal: A-1059-1984

Edición electrónica:



# Índice

---

## Portada

## Créditos

### **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística.**

#### **Una revisión bibliográfica. . . . . 8**

GUERRERO-CAMPO, JOAQUÍN

#### Resumen . . . . . 8

#### Abstract . . . . . 10

#### Résumé . . . . . 11

#### Introducción. . . . . 12

#### La influencia de la vegetación en la disminución de la erosión del suelo . . . . . 13

#### Cómo afecta la erosión a la vegetación . . . . . 17

#### La aproximación florística . . . . . 19

#### La influencia de la topografía y las geoformas . . . . . 25

#### El uso de atributos y tipos de plantas . . . . . 27

#### Conclusión. . . . . 29

#### Agradecimientos . . . . . 30

#### Referencias bibliográficas . . . . . 31

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

GUERRERO-CAMPO, JOAQUÍN

Instituto Pirenaico de Ecología (C.S.I.C.). Apto. 202 50080

Zaragoza. Tel: 976 575883, Fax: 976 575884,

E-mail: [jguerr@ipe.csic.es](mailto:jguerr@ipe.csic.es)

### **Resumen**

En este artículo se revisan los estudios realizados sobre la influencia que tienen los procesos erosivos sobre la vegetación. Fundamentalmente se revisan las tendencias generales en la composición florística de las comunidades vegetales sometidas a fuertes procesos erosivos, así como las tendencias de los patrones de la vegetación y, en menor medida, de los atributos y tipos de plantas.

Este campo de trabajo presenta pocos precedentes, siendo escasos los estudios de la influencia de la erosión sobre la vegetación desde un punto de vista ecológico-botánico. Por otro lado, algunos de los

## Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica

---

resultados parecen a primera vista contradictorios, por lo que es difícil extraer tendencias generales y más o menos universales.

Algunas de las generalidades observadas son que el incremento de la erosión del suelo produce un descenso muy claro y mantenido en la cobertura vegetal y en el número de especies. El proceso erosivo no suele acarrear una sustitución de especies vegetales y comunidades, sino solamente la pérdida paulatina de especies, al menos en los estadíos más degradados. Por otro lado, se ha observado en ocasiones que la flora de los terrenos más erosionados depende muy fuertemente de las características de la roca madre, variando más entre litologías que la flora de terrenos menos erosionados. Los hemicriptófitos y los caméfitos son las formas vitales de Raunkiaer más frecuentes en estos ambientes.

Se discute el papel que pueden tener las diferencias de clima, procesos y tasas erosivas para explicar la gran diversidad de tendencias observadas.

**Palabras clave:** Degradación, sustitución de comunidades, cárcavas, plantas.

## **Abstract**

### **Soil erosion effects on vegetation patterns and floristic composition. A review.**

This article reviews the current knowledge about the effects of soil erosion on vegetation. I mainly focus on the floristic composition of the plant communities living in very eroded areas, and the effects of soil erosion to plant community patterns and to morpho-functional attributes of plant species.

The literature about the relationships between vegetation and erosion is scarce, specially regarding the botanical and ecological aspects. Some of the studies show contradictory results and it is difficult to find universal trends.

As a general rule, an increase in soil erosion decreases the vegetation cover and the number of plant species, but does not produce a plant species or community substitution. There is a gradual disappearance of plant species, especially in the most degraded stages. Also sometimes it is shown that the flora of the most eroded areas depends strongly on the lithology: plant communities from eroded areas of different lithologies show more differences than plant communities from areas without intense erosion. The more frequent life forms in the strongly eroded areas are hemicryptophytes and chamaephytes.

Climate, different erosion processes and erosion rates are the most important causes to explain the different responses of vegetation to soil erosion.

**Key words:** Degradation, vegetation patterns, floristic composition, soil erosion, gullies, badlands, plants, vegetation substitution.

# **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

## **Résumé**

### **Effets de l'érosion du sol sur les patrons de la végétation et la composition floristique. Une révision de la bibliographie.**

Cet article est une récompilation des études réalisées sur l'influence de l'érosion sur la végétation. La composition floristique des communautés de végétaux qui ont souffert de forts degrés d'érosion sera tout particulièrement étudiée, ainsi que les effets de l'érosion du sol sur les patrons de la végétation, sur les attributs fonctionnels et sur les types des plantes.

Il n'existe presque aucune étude concernant les relations entre l'érosion et la végétation, considérées sur le plan écologique-botanique. D'autre part, quelques résultats semblent contradictoires; il est difficile, par conséquent, d'obtenir des tendances universelles.

L'augmentation de l'érosion du sol provoque souvent une diminution du couvert végétal et du nombre d'espèces. Bien que le processus d'érosion n'entraîne pas une substitution des espèces ou des types de peuplements, il provoque la diminution du nombre d'espèces, au moins dans les cas les plus graves. D'autre part, la forte dépendance de la flore qui se trouve sur les lieux les plus érodés, en ce qui concerne la lithologie, a pu être observée fréquemment. Les communautés de végétaux situées sur des lieux très érodés, où il existe différentes lithologies, sont plus diverses que celles des lieux peu érodés. Dans les zones très érodées, les hémicryptophytes et les chaméphytes sont les formes biologiques de Raunkiaer les plus communes. Le climat, ainsi que les différents processus et degrés d'érosion sont utilisés afin

de mieux comprendre les différentes réponses de la végétation à l'érosion du sol.

**Mots clés:** Dégradation, patrons de la végétation, érosion du sol, substitution des communautés, composition floristique, plantes.

## Introducción

**L**os procesos de erosión y degradación del suelo tienen una gran importancia no sólo en un ámbito científico, sino también ambiental, social y económico. Ello ha conllevado que, en los últimos años, se haya realizado un considerable esfuerzo para conocer la naturaleza de la erosión y la degradación del suelo, así como la importante influencia que ejerce la cubierta vegetal en la disminución de la erosión. Sin embargo, no menos importante y útil desde un punto de vista social y económico podría ser estudiar el problema desde un punto de vista inverso: es decir, de qué manera influye la erosión sobre la vegetación, las especies de plantas y sus características. Sobre este punto, mucho menos abordado en la bibliografía, es donde va a focalizarse la presente revisión bibliográfica.

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

### **La influencia de la vegetación en la disminución de la erosión del suelo**

La cubierta vegetal ejerce una evidente y fuerte influencia sobre la erosión del suelo y, de esta manera, los primeros intentos para evaluar y entender la pérdida de suelo ya asumen el importante papel de la vegetación en la disminución de la erosión. Así, la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, MITCHELL and BUBENZER, 1984) evalúa la pérdida anual de suelo en campos agrícolas, teniendo en cuenta la erosividad de la lluvia, la erodibilidad del suelo, la longitud y pendiente de la parcela, el método de control de la erosión y el manejo de los cultivos (HUDSON, 1982; MITCHELL and BUBENZER, 1984). Es precisamente en el último factor donde se considera la función protectora que proporciona la vegetación al suelo. Muchos autores consideran que el factor que proporciona una mayor protección al suelo es la cubierta vegetal situada en la superficie del suelo o muy cercana a él (ALMOROX *et al.*, 1994; STOCKING and ELWELL, 1976). Según ELWELL and STOCKING (1976), este papel protector suele ser altamente determinante, de modo que el aumento de cubierta vegetal condiciona una disminución exponencial de la tasa de erosión. Sin embargo, otros autores consideran que la relación erosión-vegetación tiene un comporta-

miento complejo, fuera de la linealidad o la exponencialidad (ROGERS and SCHUMM, 1991). Algunos científicos como BROWN (1990) sugieren que las diferencias de estructura y formas de crecimiento de las distintas especies de plantas pueden ser parcialmente responsables de la falta de linealidad, mientras que otros (GALLART *et al.*, 1993; PUIGDEFÁBREGAS, 1996) lo explican por los modos de organización espacial de las plantas en las laderas.

Un elevado número de estudios y modelos se han ocupado de las relaciones que se establecen entre la cubierta de la vegetación y las tasas de erosión (por ejemplo: DUNAWAY *et al.*, 1994; MORGAN and RICKSON, 1995; THORNES, 1985; THORNES, 1990). Se ha intentado predecir el efecto de la cubierta vegetal sobre las tasas erosivas en diferentes ambientes y situaciones, añadiendo a dicha predicción algunas características de la vegetación como son la cobertura, estructura, tipología, etc. (ALMOROX *et al.*, 1994; DISSMEYER AND FOSTER, 1981; THORNES, 1990; WISCHMEIER and SMITH, 1965).

A un nivel más detallado y desde el punto de vista de la bioingeniería, algunos estudios se han dirigido a conocer la influencia de la estructura de las plantas en los diferentes tipos de erosión. Se ha puesto de manifiesto la importante función

## Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica

---

que tiene la morfología de la raíz para frenar movimientos en masa y aumentar la estabilidad del suelo (COPPIN and RICHARDS, 1990; GREENWAY, 1987; WU, 1995), además de mejorar la infiltración y la estructura del mismo (TERWILLIGER and WALDRON, 1990). De igual manera, se ha investigado el papel que desempeña la estructura aérea de la planta en los fenómenos erosivos, ya que modifica la hidrología y frena la energía cinética de la lluvia y la escorrentía (BELMONTE SERRATO and ROMERO DÍAZ, 1992; CABEZAS *et al.*, 1991; COPPIN and RICHARDS, 1990; MORGAN and RICKSON, 1995; STYCZEN and MORGAN, 1995).

Bajo perspectivas muy distintas, encaminadas a una aplicación práctica inmediata para frenar la degradación del suelo, se han realizado recientemente algunos estudios en áreas muy erosionadas. Dichos trabajos se basan en la revegetación, generalmente acompañada de enmiendas orgánicas y geotextiles para aumentar la estabilidad ("mulch", ALBALADEJO *et al.*, 1996; ALBALADEJO *et al.*, 1994; BAUTISTA and BELLOT, 1994; MORGAN *et al.*, 1990; RAMOS *et al.*, 1983; RUIZ DE LA TORRE *et al.*, 1996; VALLEJO, 1997; VILAGROSA *et al.*, 1997).

Los estudios científicos de las relaciones entre vegetación y erosión en tierras no agrícolas, dentro y fuera de la región

mediterránea, se han venido realizando casi siempre desde una perspectiva geomorfológica. Estos trabajos han investigado y comparado las tasas de erosión que se producen en diversos tipos de cubiertas vegetales: arbóreas, arbustivas o herbáceas (BLACKBURN *et al.*, 1992; FRANCIS and THORNES, 1990; FRANCIS and THORNES, 1990; QUINE *et al.*, 1994; RUIZ-FLAÑO, 1993; WICHEREK, 1988; WILCOX and WOOD, 1989; WILLIAMS *et al.*, 1995). En otros casos, se ha estudiado el efecto de la distribución espacial de cada especie sobre las características erosivas e hidrológicas (SPAETH *et al.*, 1994). Desde un punto de vista más florístico, se han comparado las pérdidas de suelo en distintas comunidades vegetales (BLACKBURN, 1975; DESIR *et al.*, 1995; GONZÁLEZ DEL TANAGO *et al.*, 1994; LÓPEZ-BERMÚDEZ *et al.*, 1996; SALA and CALVO, 1990). También se han concretado las pérdidas de suelo en relación con especies vegetales concretas, generalmente abundantes o características en amplias áreas de la Península Ibérica (ANDREU *et al.*, 1995; BOCHET *et al.*, 1995; GONZÁLEZ HIDALGO *et al.*, 1997; PUIGDEFÁBREGAS *et al.*, 1996; QUINTON *et al.*, 1997).

Como resultado de la visión geomorfológica de las relaciones de la vegetación con la erosión, hasta hace poco tiempo se ha considerado especialmente el papel de la vegetación en

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

la limitación de la erosión, ignorando el efecto de esta última sobre la primera (PUIGDEFÁBREGAS, 1996). Sin embargo, en los últimos años han comenzado a reconocerse los mecanismos de retroalimentación, modelizando en algunos casos los factores por los cuales erosión y vegetación interactúan competitivamente por el recurso suelo (KIRKBY *et al.*, 1996; THORNES, 1985; THORNES, 1990; THORNES and BRANDT, 1994).

### **Cómo afecta la erosión a la vegetación**

No son abundantes los estudios que han abordado las relaciones vegetación-erosión desde una perspectiva ecológica o botánica, investigando las consecuencias que produce la erosión del suelo sobre las plantas (BUTLER *et al.*, 1986; CHIARUCCI *et al.*, 1995; GUARDIA, 1995; LÁZARO SUAU, 1995).

Entre los estudios multidisciplinarios relativos a los aspectos ecológico-botánicos en el ámbito de la erosión, cabe señalar algunos de los generados en el proyecto MEDALUS (DIAMANTOPOULOS *et al.*, 1996; LÓPEZ-BERMÚDEZ *et al.*, 1996; PUIGDEFÁBREGAS *et al.*, 1996). Dichos estudios se realizan en áreas muy concretas, de modo que su monitorización permite verificar modelos de erosión, así como hipótesis y estudios diversos sobre aspectos geomorfológicos y eco-

lógicos, muchos de ellos en el marco de las relaciones de la vegetación con la erosión.

En un ámbito más concreto, otro de los aspectos estudiados en relación con las interacciones mutuas entre erosión y vegetación, es el de la medición y modelización del crecimiento de las macollas vegetales, aisladas y rodeadas de áreas desprovistas de vegetación. Tales estudios se han realizado tanto en ambientes semiáridos (ROSTAGNO and DEL VALLE, 1988; SÁNCHEZ and PUIGDEFÁBREGAS, 1994), como en alpinos (GALLART *et al.*, 1993). En las áreas semiáridas, se han reseñado los estudios de islas de fertilidad, áreas vegetadas que en cierta manera aprovechan el agua y los sedimentos que les aportan las zonas desnudas. En estos ambientes se producen mosaicos de áreas desnudas y vegetadas, generando procesos de retroalimentación que favorecen la erosión y la edafogénesis respectivamente (HAASE *et al.*, 1996; PUIGDEFÁBREGAS, 1996). También se han analizado diversos caracteres funcionales y ecofisiológicos (PUGNAIRE and HAASE, 1996), así como el comportamiento ecológico de las especies y comunidades que constituyen islas de fertilidad (PUGNAIRE *et al.*, 1996; PUGNAIRE *et al.*, 1996). Fundamentalmente, se han estudiado las respuestas

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

ecológicas y ecofisiológicas al aumento del estrés en áreas desertificadas del sureste español.

Una de las consecuencias más claras que produce el aumento de la erosión es la disminución de la cubierta vegetal (GUERRERO-CAMPO, 1998; THORNES y BRANDT, 1994). Se trata, en cualquier caso, de una influencia recíproca, tal como señala THORNES, (1985) ya que esta disminución de la cubierta vegetal favorece asimismo un incremento todavía mayor de la erosión del suelo.

### **La aproximación florística**

El análisis florístico constituye una aproximación clásica en los estudios botánicos y ecológicos y ha sido empleada también en el estudio de las relaciones de la vegetación con la erosión. Dicha aproximación se basa, esencialmente, en el conocimiento taxonómico de cada una de las especies vegetales y ha resultado útil para iniciar los estudios sobre la problemática de los terrenos erosionados. Los estudios florísticos y fitosociológicos de las comunidades vegetales de estos lugares son escasos, tal vez porque se les considera simplificaciones de las comunidades originales mejor conservadas. De este modo, se desconocen muchos aspectos de la dinámica regresiva de las comunidades vegetales en las áreas sometidas a fuertes procesos erosivos. Ocasionalmente, se

han investigado las tendencias generales de la vegetación de las zonas proclives a sufrir una intensa erosión, como son los taludes de carretera (ESTALRICH MELERO, 1994; HEINDL and ULLMANN, 1991; HOLZAPFEL and SCHMIDT, 1990), (BORGEGARD, 1990) o las minas no restauradas (GIBSON *et al.*, 1985). Estos ambientes están sometidos a una fuerte remoción del suelo. Sin embargo, las zonas acarreadas están sometidas además a una pérdida de suelo intensa y prolongada, que acarrea una pérdida de fertilidad, de modo que las respuestas de la vegetación son muy diferentes en unas y otras áreas (BUTLER *et al.*, 1986; CHIARUCCI *et al.*, 1995).

Desde una perspectiva florística y fitosociológica, se ha observado que la degradación de la comunidad debida a procesos erosivos ocasiona una simplificación florística, así como una pérdida de muchas de las especies características de la comunidad (BRAUN-BLANQUET, 1979; GUARDIA and NINOT, 1992). Es decir, al menos en los estadíos más degradados, se trata de un proceso regresivo que no conduce a la sustitución de una comunidad por otra, sino a un simple empobrecimiento de la comunidad original (GUARDIA and NINOT, 1992; GUERRERO-CAMPO, 1998). Así, si consideramos que estos tipos de procesos acarrearán únicamente una desaparición paulatina de especies, habría que pensar que

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

en las zonas más degradadas se encuentran únicamente las especies más resistentes de entre aquellas que habitaron las comunidades originales poco degradadas. En relación a ello, algunos autores han observado que las diferencias entre la vegetación de las diversas zonas acarreadas son debidas, fundamentalmente, a la heterogeneidad existente entre las comunidades originales. De esta manera, las especies que habitan un lugar degradado reflejan la composición de las áreas adyacentes mejor conservadas (GUARDIA and NINOT, 1992; UMBANHOWAR, 1995).

En algunos estudios (GUERRERO-CAMPO, 1998; GUERRERO-CAMPO and MONTSERRAT MARTÍ, 1997), se ha visto que la no sustitución de especies a medida que la comunidad se degrada, así como la inexistencia de especies características de las áreas más degradadas, se produce principalmente en zonas con procesos erosivos muy intensos (margas eocenas prepirenaicas y arcillas miocenas en el caso estudiado). Por el contrario, existen más especies características de lo más degradado en aquellos ambientes que, aún estando muy degradados y desertificados, tienen una gran estabilidad y bajas tasas de erosión, como ocurre en los yesos del Valle del Ebro.

En consecuencia, el proceso erosivo implica una fuerte disminución del número de especies de plantas a medida que la vegetación se degrada, tal como se ha observado, por ejemplo, en las cárcavas producidas tras la erupción del monte St. Helens (TSUYUZAKI and TITUS, 1996). Habría que citar, sin embargo, que algunas zonas acarcavadas como las de Orcia, en el centro de Italia, presentan una gran riqueza de especies (CHIARUCCI *et al.*, 1995), si bien otras áreas acarcavadas de este mismo país no muestran la misma riqueza (ALLEGREZZA *et al.*, 1993). La diversidad florística no siempre es menor en las áreas acarcavadas, ya que la erosión puede incidir, esencialmente, en la cobertura de las especies dominantes (TSUYUZAKI and TITUS, 1996).

La carencia de especies características de las áreas más degradadas por erosión del suelo, hace previsible la dificultad de distinción de comunidades (BUTLER *et al.*, 1986; CHIARUCCI *et al.*, 1995; GUARDIA, 1995). Sin embargo, algunos fitosociólogos italianos han constatado la existencia de una serie de asociaciones vegetales que caracterizan la vegetación de algunas zonas de Italia, que incluyen desde áreas débilmente acarcavadas (localmente *biancane*) hasta las que lo están más intensamente (*calanchi*) (ALLEGREZZA *et al.*, 1993; BIONDI *et al.*, 1988; BIONDI *et al.*, 1990; BIONDI *et al.*,

## Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica

---

1992; FERRARI and GERDOL, 1987). Fuera de Italia y también desde un punto de vista fitosociológico, se han estudiado algunas comunidades vegetales propias de los “badlans”. Por ejemplo en Norteamérica (BROWN, 1971; BUTLER *et al.*, 1986), en la Península de Crimea (antigua Unión Soviética, KORZGEBEVSKII and KLYUKIN, 1990) o en el Pirineo Catalán (GUARDIA and NINOT, 1992).

A pesar de todo ello, hemos de pensar que la rápida pérdida de especies y su escasa sustitución a medida que la comunidad se degrada, acarrea una gran homogeneidad entre las comunidades de los diferentes estadios de degradación, que sólo se diferenciarían por la presencia o la ausencia de las especies más sensibles a los procesos erosivos. **En estos casos, las especies componentes de las comunidades de áreas acarcavadas aparecen bastante “mezcladas” y desorganizadas espacialmente, lo que genera dificultades para analizar diferencias ambientales o definir las especies características de cada comunidad** (BROWN, 1971; CHIARUCCI *et al.*, 1995). Esta elevada “mezcla florística” se ha observado principalmente en los estadios más degradados de áreas donde los procesos erosivos son muy dinámicos y las perturbaciones elevadas (sensu GRIME 1979, GUERRERO-CAMPO and MONTSERRAT MARTÍ, 1996;

GUERRERO-CAMPO and MONTSERRAT MARTÍ, 1997). En consonancia con ello, (CHIARUCCI *et al.*, 1995) observa una fuerte homogeneidad de la vegetación de algunas zonas del centro de Italia, con 650-700 mm de precipitación anual media y seguramente afectadas por intensas perturbaciones. Sin embargo, existen notables diferencias florísticas en los “badlands” de Montana (USA), con precipitación de 350 a 400 mm y sometidos a elevadas intensidades de estrés y bajas de perturbación (BROWN, 1971), así como en los desiertos de Almería, con 250-300 mm de precipitación (LÁZARO SUAU, 1995). Por otro lado, GUARDIA and NINOT (1992) encuentran bastantes diferencias en la vegetación de áreas acaravadas en las margas eocenas y arcillas garumnianas del prepirineo catalán que, sin embargo, tienen una precipitación anual comprendida entre 850 y 1100 mm e intensas perturbaciones.

Según las observaciones e ideas generadas por los estudios fitosociológicos, la vegetación de las zonas degradadas depende mucho más de las características de la roca madre que la de las áreas poco degradadas, de modo que es más heterogénea la primera si existen cambios de litología (BRAUN-BLANQUET, 1979; GUERRERO-CAMPO, 1998). Por contra, en otras condiciones se ha hallado una mayor homogeneidad

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

en la vegetación de los lugares más erosionados respecto a la de los mejor conservados (RIVERO MARTÍN *et al.*, 1982). De manera similar, se ha observado que en ambientes de clima seco perturbados por la acción del hombre, la degradación reduce las grandes diferencias iniciales que poseían las comunidades vegetales bien conservadas (HOLZAPFEL *et al.*, 1992).

### **La influencia de la topografía y las geoformas**

Las pautas de la vegetación de lugares acarcavados se relacionan con la topografía y las geoformas. La influencia de los factores topográficos no sólo se manifiesta en variaciones de la cobertura vegetal total o la de sus distintos componentes: conjunto de especies fanerógamas, líquenes, briófitos, etc. (GUERRERO-CAMPO and MONTSERRAT MARTÍ, 1996), sino que también afecta a la composición florística y a la distribución de comunidades vegetales, tal como han afirmado algunos autores (GUARDIA *et al.*, 1992; KIKUCHI and MIURA, 1993). BROWN, (1971) encuentra en los “badlans” semiáridos de Montana (Estados Unidos), que los principales determinantes de la distribución de las comunidades vegetales son los factores topográficos y las condiciones edáficas. Asimismo, GUARDIA *et al.*, (1992) concluyen que la topografía es el factor más influyente en la composición florística de

las comunidades estudiadas de las cárcavas del Pirineo Catalán, ya que también determina el tipo de procesos erosivos que se producen. GUERRERO-CAMPO and MONTSERRAT MARTÍ, (1996) concluyen que la influencia de la topografía sobre la vegetación es mayor en los yesos casi puros del Valle del Ebro que en otros sustratos como las margas eocenas del Prepirineo. Ello posiblemente se deba a que, en los yesos casi puros, los procesos erosivos son menos dinámicos, las tasas erosivas más bajas y el clima más árido que en la primera litología (GUERRERO-CAMPO, 1997). Algo similar encuentran GUARDIA and NINOT, (1992) comparando colinas de yesos con colinas calizas del Prepirineo y el Somontano del Valle del Ebro, viendo que la influencia de la topografía sobre la vegetación es mayor en las zonas de yesos. En las áreas acarcavadas almerienses, LÁZARO and PUIGDEFÁBREGAS, (1994) y LÁZARO SUAU, (1995) muestran que las especies anuales se distribuyen claramente según la geomorfología de cada punto. No obstante, otros autores encuentran que los terófitos no se relacionan estrechamente con las formas, si bien otras formas vitales -como los caméfitos- sí que están relacionados con éstas y con el régimen de humedad de cada área (GURREA GUERRERO *et al.*, 1995).

# Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica

---

## El uso de atributos y tipos de plantas

Otras aproximaciones al estudio de la vegetación se basan en el uso de caracteres y atributos vegetales, o bien tipos morfológicos o formas de crecimiento. En muchas ocasiones, estos caracteres tienen un sentido funcional manifiesto, por lo que se puede hablar de atributos, tipos e incluso estrategias funcionales (BARKMAN, 1988).

Los estudios realizados en áreas erosionadas siguiendo tales métodos son más escasos que los estudios florísticos. En ocasiones, las tipologías de plantas utilizadas han sido las estrategias anuales vs. perennes o las formas vitales de Raunkiaer (FERRARI and GERDOL, 1987; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 1992; LÁZARO SUAU, 1995). En otros casos, se ha investigado la respuesta de diversos tipos y atributos vegetales a la pérdida de suelo (DANIN, 1996; GUARDIA, 1995; GUERRERO-CAMPO, 1998) e, incluso, se ha intentado analizar la variación de estrategias funcionales de las plantas al aumento de la erosión (HODGSON *et al.*, 1994).

Una de los aspectos más estudiados es la distribución e importancia de las formas vitales de Raunkiaer en las zonas erosionadas. Diversos trabajos (GUARDIA, 1995; GUERRERO-CAMPO, 1998; TSUYUZAKI y TITUS, 1996) han remarcado la escasez de especies anuales en los ambientes ero-

sionados, dominados fundamentalmente por hemicriptófitos y también por caméfitos, dependiendo de las características climáticas de cada área estudiada (BIONDI *et al.*, 1988; KORZGEBEVSKII and KLYUKIN, 1990). Por el contrario, otros estudios realizados en áreas de clima seco de Almería, muestran la importancia de las plantas anuales en las zonas acarcavadas (GURREA GUERRERO *et al.*, 1995; LÁZARO and PUIGDEFÁBREGAS, 1994; LÁZARO SUAU, 1995). Ello tal vez se deba a que en las áreas más áridas, el periodo propicio para el desarrollo vegetal es muy corto, lo cual perjudica a las especies perennes, disminuyendo su competencia sobre las anuales, las cuales se ven más favorecidas en este tipo de climas. A pesar de ello, también se ha señalado la importancia de las especies anuales en algunas áreas acarcavadas de Italia, mucho menos áridas que las de Almería (FERRARI and GERDOL, 1987).

Aparte de estas tipologías de Raunkiaer, se sabe poco del efecto que producen los procesos erosivos sobre los caracteres morfológicos y funcionales medios de las comunidades. GUARDIA (1995) estudió la distribución de 29 atributos de las plantas en comunidades de zonas acarcavadas del Prepirineo catalán. Entre ellos se encontraban la forma vital de Raunkiaer, el grado de lignificación, el tipo de reproducción

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

vegetativa, la disposición de los tallos y algunas características de los órganos subterráneos. NAVARRO *et al.*, (1993) estudiaron la fenomorfología de las plantas que viven en los badlands de Málaga; HODGSON *et al.*, (1994) diversos atributos funcionales de las especies de las colinas de yeso erosionadas de la Depresión del Ebro, concluyendo que en las áreas más degradadas predominan las especies de gran tolerancia al estrés. Por otro lado, GUERRERO-CAMPO, (1998) analizó las tendencias de tipos y atributos vegetales a medida que las comunidades se degradaban por erosión. Entre los atributos y tipos estudiados en este último trabajo destacan los relativos a la morfología radical, la relación raíz parte aérea y la capacidad de reproducción vegetativa.

### **Conclusión**

La escasez de estudios focalizados en la influencia de la erosión del suelo sobre la vegetación, está causando que todavía existan grandes lagunas de conocimiento sobre las tendencias generales. Por otro lado, los trabajos realizados sobre la vegetación de áreas sometidas a intensos procesos erosivos muestran resultados poco homogéneos e incluso bastante contradictorios. Por tanto, resulta difícil extraer conclusiones generales de las tendencias de la vegetación de estos ambientes, posiblemente por las diferencias existentes

entre condiciones climáticas y edáficas de cada área; entre factores de perturbación y tipos de procesos erosivos (pastoreo, pisoteo, erosión de origen geomorfológico, etc.); y entre perspectivas y metodologías de cada investigador. En consecuencia, en cuanto a pautas generales cabría comentar únicamente que la erosión del suelo produce una disminución evidente de la cobertura vegetal y del número de especies, no produciéndose una sustitución de comunidades, sino una pérdida paulatina de especies, al menos en los estadios más degradados.

En lo referente a atributos y tipos de plantas cabría señalarse que los hemicriptófitos y los caméfitos parecen ser las formas vitales de Raunkiaer más abundantes en los terrenos erosionados. Las especies anuales tienen mucha menor importancia, no siendo resistentes a la erosión en muchos tipos de ambientes, aunque en áreas bastante áridas sí que la resisten.

### **Agradecimientos**

Agradezco la gran ayuda de Gabriel Montserrat, mi director de tesis, sin cuyas ideas, trabajos y correcciones este estudio no hubiera sido posible. Gracias también a Mónica Bardají, Carmen Pérez y Blas Valero por sus correcciones. Este estudio se ha realizado gracias a una beca del Gobierno de

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

Aragón, BMA 15 / 93 concedida al autor, así como al proyecto de la CICYT: *Erosión de suelos tras el abandono de explotaciones agrícolas en montaña media*, AMB93-0806.

### **Referencias bibliográficas**

ALBALADEJO, J., CASTILLO, V. and ROLDAN, A. 1996. Rehabilitation of degraded soils by water erosion in semiarid environments. In: RUBIO, J. L. and CALVO, A. (eds.). Soil degradation and desertification in Mediterranean environments. Logroño: Geoforma Ediciones.

ALBALADEJO, J., STOCKING, M., DÍAZ, E. and CASTILLO, V. 1994. Land rehabilitation by urban refuse amendments in a semi-arid environment: effect on soil chemical properties. *Soil Technology* 7: 249-260.

ALMOROX, J., DE ANTONIO, R., CRUZ DÍAZ, M. and GASCÓ, J.M. 1994. Métodos de estimación de la erosión hídrica. Editorial Agrícola Española. Madrid.

ALLEGREZZA, M., BIONDI, E., BRILLI-CATTARINI, A.J.B. and GUBELLINI, L. 1993. Emergenze floristiche e caratteristiche vegetazionali dei calanchi della Val Marecchia. *Biogeographia* 17: 25-49.

ANDREU, V., RUBIO, J.L. and CERNÍ, R. 1995. Effect of mediterranean shrub on water erosion control. *Environmental Monitoring and Assessment* 37: 5-15.

BARKMAN, J.J. 1988. New systems of plant growth forms and phenological plant types. In: WERGER, M. J. A., AART, P. J. M. V. D.,

- DURING, H. J. and VERHOEVEN, J. T. A. (eds.). Plant form and vegetation structure, 9-44. The Hague: SPB Academic Pub.
- BAUTISTA, S. and BELLOT, J. 1994. Evaluación de la siembra de herbáceas como tratamiento de control de los procesos erosivos post-incendio en una zona semiárida: diseño experimental y primeros resultados. *Studia Oecologica* 10-11: 129-136.
- BELMONTE SERRATO, F. and ROMERO DÍAZ, M.A. 1992. Evaluación de la capacidad de interceptación de la lluvia por la vegetación y su relación con la erosión de los suelos en el SE semiárido español. Primeros resultados. In: LÓPEZ BERMÚDEZ, F., CONESA GARCÍA, C. and ROMERO DÍAZ, M. A. (eds.). *Estudios de Geomorfología en España*, 33-43. Murcia: Sociedad Española de Geomorfología.
- BIONDI, E., ALLEGREZZA, M., GUITIAN, J. and TAFFETANI, F. 1988. La vegetazione dei calanchi di Sasso Simone e Simoncello (Appennino tosco-marchigiano). *Braun-Blanquetia* 2: 105-115.
- BIONDI, E., BALLELLI, S., ALLEGREZZA, M. and MANZI, A. 1990. La vegetazione dei calanchi di Gessopalena (Abruzzo meridionale). *Documents phytosociologiques* 12: 257-263.
- BIONDI, E., BALLELLI, S. and TAFFETANI, F. 1992. La vegetazione di alcuni territori calanchivi in Basilicata (Italia meridionale). *Documents phytosociologiques* 14: 489-498.
- BLACKBURN, W.H. 1975. Factors influencing infiltration and sediment production of semiarid rangelands in Nevada. *Water Resources Research* 11: 929-937.

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

- BLACKBURN, W.H., PIERSON, F.B., HANSON, C.L., THUROW, T.L. and HANSON, A.L. 1992. The spatial and temporal influence of vegetation on surface soil factors in semiarid rangelands. *Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers)* 35: 479-486.
- BOCHET, E., POESEN, J. and RUBIO, J.L. 1995. Influence of three Mediterranean plant species on the spatial and temporal variation of water erosion (Valencia, Spain): experimental set up and preliminary results. In: FANTECHI, R., PETER, D., BALABANIS, P. and RUBIO, J. L. (eds.). *Desertification in a European context: physical and socio-economic aspects*, 377-388. Brussels. Luxembourg: European Commission.
- BORGEARD, S.O. 1990. Vegetation development in abandoned gravel pits: effects of surrounding vegetation, substrate and regionality. *Journal of Vegetation Science* 1: 675-682.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume Eds. Madrid.
- BROWN, A.G. 1990. Soil erosion and fire in areas of mediterranean type vegetation: results from chaparral in Southern California, USA and matorral in Andalucía, Southern Spain. In: THORNES, J. B. (eds.). *Vegetation and erosion*, 269-288. Chichester: John Wiley & Sons.
- BROWN, R.W. 1971. Distribution of plant communities in south-eastern Montana badlands. *American Midland Naturalist* 85: 458-477.

- BUTLER, J., GOETZ, H. and RICHARDSON, J.L. 1986. Vegetation and soil-landscape relationships in the North-Dakota badlands. *American Midland Naturalist* 116: 378-386.
- CABEZAS, J., VAQUERO, P. and ESCUDERO, J.C. 1991. Valoración de las lluvias interceptadas por especies de matorral dotadas de distintas estrategias estructurales. *Ecología* 5: 163-171.
- COPPIN, N.J. and RICHARDS, I.G. 1990. Use of vegetation in civil engineering. CIRIA, Butterworths. London.
- CHIARUCCI, A., DE DOMINICIS, V., RISTORI, J. and CALZOLARI, C. 1995. Biancana badland vegetation in relation to morphology and soil in Orcia valley, central Italy. *Phytocoenologia* 6: 69-87.
- DANIN, A. 1996. Plants of desert dunes. Springer. Berlin.
- DESIR, G., SIRVENT, J., GUTIÉRREZ, M. and SANCHO, C. 1995. Sediment yield from gypsiferous degraded areas in the Middle Ebro Basin (NE, Spain). *Phys. Chem. Earth* 20: 385-393.
- DIAMANTOPOULOS, J., PANTIS, J., SGARDELIS, S., IATROU, G., TIRINTSOS, S., PAPTAEODOROU, E., DALAKA, A., STAMOU, G.P., CAMMERAAT, J.H. and KOSMAS, C. 1996. The Petralona and Hortiatia field sites (Thessaloniki, Greece). In: BRANDT, C. J. and THORNES, J. B. (eds.). *Mediterranean desertification and land use*, 229-246. Chichester: John Wiley & Sons.
- DISSMEYER, G.E. and FOSTER, G.R. 1981. Estimating the cover-management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. *Journal of Soil and Water Conservation* 235-240.

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

- DUNAWAY, D., SWANSON, R.S., WENDEL, J. and CLARY, W. 1994. The effect of herbaceous plant communities and soil textures on particle erosion of alluvial streambanks. *Geomorphology* 9: 47-56.
- ELWELL, H.A. and STOCKING, M.A. 1976. Vegetative cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia. *Geoderma* 15: 61-70.
- ESTALRICH MELERO, E. 1994. Estudio ecológico de taludes de carretera. Tesis Doctoral Universidad de Alcalá de Henares.
- FERRARI, C. and GERDOL, R. 1987. Numerical syntaxonomy of bald vegetation in the Apennines (Italy). *Phytocoenologia* 15: 21-37.
- FRANCIS, C.F. and THORNES, J.B. 1990. Matorral: erosion and reclamation. In: ALBALADEJO, J., STOCKING, M. A. and DÍAZ, E. (eds.). *Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas. Soil degradation and rehabilitation in mediterranean environmental conditions*, 87-116. Murcia: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- FRANCIS, C.F. and THORNES, J.B. 1990. Runoff hydrographs from three mediterranean vegetation cover types. In: THORNES, J. B. (eds.). *Vegetation and erosion*, 363-384. Chichester: John Wiley & Sons.
- GALLART, F., PUIGDEFÁBREGAS, J. and DEL BARRIO, G. 1993. Computer simulation of high mountain terracettes as interaction between vegetation growth and sediment movement. *Catena* 20: 529-542.

- GIBSON, D.J., JOHNSON, F.L. and RISSER, P.G. 1985. Revegetation of unreclaimed coal strip mines in Oklahoma. II. Plant communities. *Reclamation and Revegetation Research* 4: 31-47.
- GONZÁLEZ DEL TANAGO, M., CAÑADAS, N., BLANCO, R. and TERNA, L. 1994. Erosión bajo diferentes cubiertas vegetales en un suelo de rañas de Guadalajara. In: ARNÁEZ, J., GARCÍA RUIZ, J. M. and GÓMEZ VILLAR, A. (eds.). *Geomorfología en España*, 227-238. Logroño: Sociedad Española de Geomorfología.
- GONZÁLEZ HIDALGO, J.C., RAVENTOS, J. and ECHEVARRIA, M.T. 1997. Comparison of sediment ratio curves for plants with different architectures. *Catena* 29: 333-340.
- GREENWAY, D.R. 1987. Vegetation and slope stability. In: ANDERSON, M. G. and RICHARDS, K. S. (eds.). *Slope stability*, 187-230. London: John Wiley & Sons.
- GUARDIA, R. 1995. La colonització vegetal de les àrees erosionades de la conca de la Baells (Alt Llobregat). Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- GUARDIA, R. and NINOT, J.M. 1992. Distribution of plant communities in the badlands of the upper Llobregat basin (Southeastern Pyrenees). *Studia Geobotanica* 12: 83-103.
- GUARDIA, R. and NINOT, J.M. 1992. Estructura de comunidades praterenses y subarbusivas en relación con gradientes topográficos en una área mediterránea continental. *Studia Oecologica* 9: 47-66.

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

- GUARDIA, R., NINOT, J.M. and CLOTET, N. 1992. On the vegetation-topography relationship in the badlands of the upper Lobregat basin (Southeastern Pyrenees). *Geooko plus* 3: 45-54.
- GUERRERO-CAMPO, J. 1997. Procesos erosivos intensos en las áreas marginales de la Depresión del Ebro y el Pirineo. Interpretación de los patrones de la vegetación. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 22-23: 57-79.
- GUERRERO-CAMPO, J. 1998. Patrones de la vegetación y atributos morfo-funcionales de los terrenos erosionados de la Depresión del Ebro y del Prepirineo. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- GUERRERO-CAMPO, J. and MONTSERRAT MARTÍ, G. 1996. La vegetación de zonas erosionadas en la Depresión Media del Ebro y en el Prepirineo. Influencia de factores climáticos, topográficos y geomorfológicos en la composición florística de las comunidades vegetales. In: GRANDAL D'ANGLADE, A. and PAGÉS VALCARLOS, J. (eds.). IV Reunión de Geomorfología, 749-761. O Castro, A Coruña: Sociedad Española de Geomorfología. Publicacións do Seminario de Estudios Galegos.
- GUERRERO-CAMPO, J. and MONTSERRAT MARTÍ, G. 1997. Patrones de distribución de las plantas en relación con los procesos erosivos intensos de los yesos de la Depresión del Ebro y de las margas del Prepirineo. In: PUERTAS TRICAS, F. and RIVAS, M. (eds.). II Congreso Forestal Español. Irati 97. Vol. 2, 373-378. Pamplona: Gobierno de Navarra.

- GURREA GUERRERO, M.M., JIMÉNEZ MARTÍNEZ, M.A., BERRAD, F. and GARCÍA-ROSELL 1995. La vegetación en una zona de badlands (Albox-Almería). *Studia Oecologica* 12: 173-182.
- HAASE, P., PUGNAIRE, F.I., CLARK, S.C. and INCOLL, L.D. 1996. Spatial patterns in a two-tiered semi-arid shrubland in southeastern Spain. *Journal of Vegetation Science* 7: 527-534.
- HEINDL, B. and ULLMANN, I. 1991. Roadside vegetation in mediterranean France. *Phytocoenologia* 20: 111-141.
- HODGSON, J., MONTSERRAT, G., ALBERTO, F., GARCÍA RUIZ, J.M., GUERRERO, J. and COLASANTI, R. 1994. A comparison of the functional characteristics of plants from sedimenting and eroded areas with particular reference to the gypsum hills of the Ebro Depression. In: ARNÁEZ, J., GARCÍA RUIZ, J. M. and GÓMEZ VILLAR, A. (eds.). *Geomorfología en España*, 239-251. Logroño: Sociedad Española de Geomorfología.
- HOLZAPFEL, C. and SCHMIDT, W. 1990. Roadside vegetation along transects in the Judean Desert. *Israel Journal of Botany* 39: 263-270.
- HOLZAPFEL, C., SCHMIDT, W. and SHMIDA, A. 1992. Effects of human-caused disturbances on the flora along a mediterranean-desert gradient. *Flora* 186: 261-270.
- HUDSON, N. 1982. *Conservación del suelo*. Editorial Reverté. Barcelona.

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

- JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, M.A., BERRAD, F. and GURREA-GUERRE-RO, M.M. 1992. Distribución de la vegetación, microtopografía y humedad en relación con unidades geomorfológicas en una zona de badlands (Albox-Almería). In: LÓPEZ BERMÚDEZ, F., CONESA GARCÍA, C. and ROMERO DÍAZ, M. A. (eds.). Estudios de Geomorfología en España, 139-149. Murcia: Sociedad Española de Geomorfología.
- KIKUCHI, T. and MIURA, O. 1993. Vegetation patterns in relation to micro-scale landforms in hilly land regions. *Vegetatio* 106: 147-154.
- KIRKBY, M.J., BAIRD, A.J., DIAMOND, S.M., LOCKWOOD, J.G., MCMAHON, M.L., MITCHELL, P.L., SHAO, J., SHEENY, J.E., THORNES, J.B. and WOODWARD, F.I. 1996. The MEDALUS slope catena model: a physically based process model for hydrology, ecology and land degradation interactions. In: BRANDT, C. J. and THORNES, J. B. (eds.). Mediterranean desertification and land use, 303-354. Chichester: John Wiley & Sons.
- KORZGEBEVSKII, V.V. and KLYUKIN, A.A. 1990. Vegetation of Crimean badlands. *The Soviet Journal of Ecology* 20: 338-344.
- LÁZARO, R. and PUIGDEFÁBREGAS, J. 1994. Distribución de la vegetación terofítica en relación con la geomorfología en áreas acaravadas cerca de Tabernas, Almería. *Monogr. Fl. Veg. Béticas* 7-8: 127-154.
- LÁZARO SUAU, R. 1995. Relaciones entre vegetación y geomorfología en el área acaravada del Desierto de Tabernas. Tesis Doc-

toral. Universidad de Valencia. Estación Experimental de Zonas Áridas, Almería.

LÓPEZ-BERMÚDEZ, F., ROMERO-DÍAZ, A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J. and MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J. 1996. The El Ardal field site: soil and vegetation cover. In: BRANDT, C. J. and THORNES, J. B. (eds.). Mediterranean desertification and land use, 169-188. Chichester: John Wiley & Sons.

MITCHELL, J.K. and BUBENZER, G.D. 1984. Estimación de la pérdida del suelo. In: KIRKBY, M. J. and MORGAN, R. P. C. (eds.). Erosión de suelos, 35-88. Mexico: Editorial Limusa.

MORGAN, R.P.C. and RICKSON, R.J., (eds.) 1995. Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. E & FN Spon. London.

MORGAN, R.P.C., RICKSON, R.J. and WRIGHT, E. 1990. Regeneration of degraded soils. In: ALBALADEJO, J., STOCKING, M. A. and DÍAZ, E. (eds.). Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas. Soil degradation and rehabilitation in mediterranean environmental conditions, 69-86. Murcia: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

NAVARRO, T., NIETO CALDERA, J.M., PÉREZ LATORRE, A.V. and CABEZUDO, B. 1993. Estudios fenomorfológicos en la vegetación del sur de España. III. Comportamiento estacional de una comunidad de badlands (Tabernas, Almería. España). Acta Botanica Malacitana 18: 189-198.

## Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica

---

- PUGNAIRE, F.I. and HAASE, P. 1996. Comparative physiology and growth of two perennial tussock grass species in a semi-arid environment. *Annals of Botany* 77: 81-86.
- PUGNAIRE, F.I., HAASE, P. and PUIGDEFABREGAS, J. 1996. Facilitation between higher plant species in a semiarid environment. *Ecology* 77: 1420-1426.
- PUGNAIRE, F.I., HAASE, P., PUIGDEFÁBREGAS, J., CUETO, M., CLARK, S.C. and INCOLL, L.D. 1996. Facilitation and succession under the canopy of a leguminous shrub, *Retama sphaerocarpa*, in a semi-arid environment in south-east Spain. *Oikos* 76: 455-464.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. 1996. El papel de la vegetación en la conservación del suelo en ambientes semiáridos. In: LASANTA, T. and GARCÍA-RUIZ, J. M. (eds.). *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*, 79-87. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos. Sociedad Española de Geomorfología.
- PUIGDEFÁBREGAS, J., ALONSO, J.M., DELGADO, L., DOMINGO, F., CUETO, M., GUTIÉRREZ, L., LÁZARO, R., NICOLAU, J.M., SÁNCHEZ, G., SOLÉ, A., VIDAL, S., AGUILERA, C., BRENNER, A., CLARK, S. and INCOLL, L. 1996. The Rambla Honda field site: interactions of soil and vegetation along a catena in semi-arid southeast Spain. In: BRANDT, C. J. and THORNES, J. B. (eds.). *Mediterranean desertification and land use*, 137-168. Chichester: John Wiley & Sons.
- QUINE, T.A., NAVAS, A., WALLING, D.E. and MACHÍN, J. 1994. Soil erosion and redistribution on cultivated and uncultivated land near

Las Bardenas in the Central Ebro River Basin, Spain. *Land Degradation & Rehabilitation* 5: 41-55.

QUINTON, J.N., EDWARDS, G.M. and MORGAN, R.P.C. 1997. The influence of vegetation species and plant properties on runoff and soil erosion: results from a rainfall simulation study in south east Spain. *Soil Use and Management* 13: 143-148.

RAMOS, F., DOMÍNGUEZ YANES, M.L., JIMÉNEZ ALTAMIRANO, F. and SORIANO, C. 1983. Tratamiento funcional y paisajístico de taludes artificiales. *Trabajos de la Catedra de Planificación*. ETSIM. Universidad Politécnica. Madrid.

RIVERO MARTÍN, J.M., RICO RODRÍGUEZ, M. and PUERTO MARTÍN, A. 1982. Algunos aspectos sobre la degradación por erosión de pastizales. *Studia Oecologica* 3: 91-101.

ROGERS, R.D. and SCHUMM, S.A. 1991. The effect of sparse vegetative cover on erosion and sediment yield. *Journal of Hydrology* 123: 19-24.

ROSTAGNO, C.M. and DEL VALLE, H.F. 1988. Mounds associated with shrubs in aridic soils of Northeastern Patagonia: characteristics and probable genesis. *Catena* 15: 347-359.

RUIZ DE LA TORRE, J., CARRERAS EGAÑA, C., GARCÍA VIÑAS, J.I. and ORTÍ MORIS, M. 1996. Manual de la flora para la restauración de áreas críticas y diversificación en masas forestales. *Consejería de Medio Ambiente*. Junta de Andalucía. Sevilla.

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

- RUIZ-FLAÑO, P. 1993. Procesos de erosión en campos abandonados del Pirineo. Monografías Científicas, nº 4. Geofoma Ediciones. Logroño.
- SALA, M. and CALVO, A. 1990. Response of four different mediterranean vegetation types to runoff and erosion. In: THORNES, J. B. (eds.). *Vegetation and erosion*, 346-362. Chichester: John Wiley & Sons.
- SÁNCHEZ, G. and PUIGDEFÁBREGAS, J. 1994. Interactions of plant growth and sediment movement on slopes in a semi-arid environment. *Geomorphology* 9: 243-260.
- SPAETH, K.E., WELTZ, M.A., FOX, H.D. and PIERSON, F.B. 1994. Spatial pattern analysis of sagebrush vegetation and potential influences on hydrology and erosion. In: *Variability of rangeland water erosion processes*, 35-50. Madison: Soil Science Society of America.
- STOCKING, M. and ELWELL, H. 1976. Vegetation and erosion: a review. *Scottish Geographical Magazine* 92: 4-16.
- STYCZEN, M.E. and MORGAN, R.P.C. 1995. Engineering properties of vegetation. In: MORGAN, R. P. C. and RICKSON, R. J. (eds.). *Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach*, 5-58. London: E & FN Spon.
- TERWILLIGER, V.J. and WALDRON, L.J. 1990. Assessing the contribution of roots to the strenght of undisturbed, slip prone soils. *Catena* 17: 151-162.

- THORNES, J.B. 1985. The ecology of erosion. *Geography* 70: 222-235.
- THORNES, J.B. 1990. The interaction of erosional and vegetational dynamics in land degradation: spatial outcomes. In: THORNES, J. B. (eds.). *Vegetation and erosion*. Chichester: John Wiley & Sons.
- THORNES, J.B., (eds.) 1990. *Vegetation and erosion*. British Geomorphological Research Group. Symposia Series. John Wiley & Sons. Chichester.
- THORNES, J.B. and BRANDT, J. 1994. Erosion-vegetation competition in a stochastic environment undergoing climatic change. In: MILLINGTON, A. C. and PYE, K. (eds.). *Environmental change in drylands: biogeographical and geomorphological perspectives*, 305-320. Chichester: John Wiley & Sons.
- TSUYUZAKI, S. and TITUS, J. 1996. Vegetation development patterns in erosive areas on the Pumice Plains of Mount St. Helens. *Am. Midl. Nat.* 135: 172-177.
- UMBANHOWAR, C.E., JR. 1995. Revegetation of earthen mounds along a topographic-productivity gradient in a northern mixed prairie. *J. Veg. Sci.* 6: 637-646.
- VALLEJO, R., (eds.) 1997. *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), Generalitat Valenciana. Valencia.
- VILAGROSA, A., SEVA, J.P., VALDECANTOS, A., CORTINA, J., ALLOZA, J.A., SERRASOLSAS, I., DIEGO, V., ABRIL, M., BELLOT,

## **Efectos de la erosión del suelo sobre los patrones de la vegetación y su composición florística. Una revisión bibliográfica**

---

- J. and VALLEJO, V.R. 1997. Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. In: VALLEJO, V. R. (eds.). La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana, 435-548. Valencia: Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Generalitat Valenciana.
- WICHEREK, S. 1988. Les relations entre le couvert végétal et l'érosion en climat tempéré de plaines Ex: Cessières (Aisne, France). *Z. Geomorph.* 32: 339-350.
- WILCOX, B.P. and WOOD, M.K. 1989. Factors influencing interrill erosion from semiarid slopes in New Mexico. *Journal of Range Management* 42: 66-70.
- WILLIAMS, A.G., TERNAN, J.L., ELMES, A., GONZÁLEZ DEL TANA-GO, M. and BLANCO, R. 1995. A field study of the influence of land management and soil properties on runoff and soil loss in Central Spain. *Environmental Monitoring and Assessment* 35: 333-345.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. *Agriculture Handbook No. 282*. United States Department of Agriculture. Washington.
- WU, T.H. 1995. Slope stabilization. In: MORGAN, R. P. C. and RICKSON, R. J. (eds.). *Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach*. London: E & FN Spon.