

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

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

Guerrero-Campo, J. y Montserrat Martí, G.

Instituto Pirenaico de Ecología, Avda. Montañana 177, Apto. 202, 50080 Zaragoza.

RESUMEN

Se han analizado 732 inventarios de vegetación en zonas sometidas a procesos erosivo-sedimentarios de un área del NE de la Península Ibérica, muy diversa climática y litológicamente (yesos, arcillas, margas y flysch). El objetivo del estudio es determinar cómo afectan dichos procesos a la composición florística de las comunidades vegetales de los diferentes sustratos.

El tipo de sustrato ejerció una gran influencia sobre los procesos estudiados, siendo la cobertura de las fanerógamas el parámetro que mejor se asoció con el grado de erosión. En las zonas más secas con bajas tasas de erosión (yesos), las características topográficas controlaron la distribución de las comunidades vegetales, mientras que en las zonas más húmedas, sometidas a procesos erosivos más dinámicos (margas), la composición florística fué más homogénea y menos dependiente de la topografía y del grado de erosión. Los procesos erosivo-sedimentarios explicaron mejor la composición florística cuanto menor era la escala espacial de análisis.

Palabras clave: Vegetación, erosión, composición florística, topografía

ABSTRACT

We have analysed 732 relevés of plant communities taken from eroded lands in the NE Iberian Peninsula. This diverse area has very different climates and substrata: gypsum, clays, marls and flysch. The aim of the study was to explore how erosion and sedimentation processes affect floristic composition of plant communities in such different substrata.

Substratum had a high influence on the studied processes, the cover of fanerogams being the best correlated parameter with erosion grade. In the driest lands, with low erosion rates (gypsum), plant community distribution was mostly affected by topography, but in the wettest areas, with strong and more dynamic erosional processes (marls), the floristic composition was more homogeneous and depended less on the topography and the erosion grade. The erosion-sedimentation processes better explained the floristic composition when the scale

of analysis was reduced.

Key words: Vegetation, erosion, floristic composition, topography

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha realizado un considerable esfuerzo para comprender las relaciones que se establecen entre la vegetación y los procesos erosivos (MORGAN & RICKSON, 1995; SALA *et al.*, 1991; THORNES, 1990). La mayoría de estos estudios se han dirigido a predecir o modelizar el efecto de la vegetación sobre la erosión (ALMOROX *et al.*, 1994; THORNES, 1990; WISCHMEIER & SMITH, 1965), sin que se haya dedicado el mismo esfuerzo a investigar los efectos de dichos procesos erosivos sobre las comunidades vegetales (ver por ejemplo, GUARDIA, 1995; HODGSON *et al.*, 1994; LÁZARO SUAU, 1995). Se ha observado que la degradación de la comunidad por erosión del suelo conduce a una simplificación florística y a la pérdida de especies características (BRAUN-BLANQUET, 1979; GUARDIA & NINOT, 1992). Dicha simplificación genera grandes dificultades para la segregación fitosociológica de las comunidades vegetales (BUTLER *et al.*, 1986; CHIARUCCI *et al.*, 1995; GUARDIA & NINOT, 1992). En un contexto ecológico, la disminución de diversidad florística asociada a la pérdida de suelo, es consecuencia tanto de la perturbación implicada en el proceso erosivo, como del estrés que provoca en las plantas un suelo con menor capacidad para retener agua y nutrientes. En estas condiciones de alta perturbación y estrés, la vida vegetal resulta prácticamente imposible (GRIME, 1979).

Las características geomorfológicas del propio proceso erosivo-sedimentario pueden añadir dificultades adicionales al estudio de sus relaciones con la vegetación. Una de ellas es la alta diversidad de procesos erosivos (erosión laminar, subsuperficial, por regueros, por cárcavas, movimientos en masa o erosión química por disolución, HUDSON, 1982) que, previsiblemente, originarán diferentes efectos sobre las plantas y sus comunidades.

El objetivo del estudio es determinar cómo afectan los fenómenos erosivo-sedimentarios a la composición florística de las comunidades vegetales de colinas y laderas degradadas por pastoreo secular en un amplio territorio del NE peninsular. Además, pretendemos analizar las diferencias encontradas entre sustratos y el efecto de la topografía sobre las variables consideradas.

ÁREA DE ESTUDIO

Se ubica en el noreste de la Península Ibérica, en la zona comprendida entre el centro de la Depresión del Ebro y el Prepirineo (provincias de Zaragoza y Huesca). Dentro de esta extensa área, hemos estudiado los sustratos de litología más extendida que son, de sur a norte, yesos puros, yesos mezclados, arcillas, margas y flysch (fig.1).

Los yesos que denominamos "puros" están masivamente constituidos por yeso con finas intercalaciones de arcillas y margas. Son yesos miocenos que pertenecen a la Formación Zaragoza (QUIRANTES, 1977), ubicada en el sector central de la Depresión del Ebro. Las áreas inventariadas se sitúan entre los 200-440 m de altitud, con precipitaciones medias anuales de 300-350 mm.

Los yesos que denominamos "mezclados" incluyen los terrenos yesíferos en los que predominan calizas o margas. Se extienden desde la vertiente meridional de la sierra de Alcubierre hacia el norte. La altitud media es de 500 m y la precipitación media anual de unos 400 mm.

Las denominadas arcillas incluyen materiales arcillosos y margosos miocenos, escasamente consolidados, entre los que se interponen bandas de arenisca. Se extienden por un amplio territorio al norte de la Sierra de Alcubierre, desde Sariñena hasta Ayerbe. La altitud media es de 510 m y la precipitación media anual de unos 500 mm.

Las margas grises y azuladas eocénicas ocupan la Depresión Media o Intrapirenaica. Se han inventariado las comprendidas entre las cercanías de L'Ainsa y el embalse de Yesa. La altitud media es de 732 m y la precipitación media anual de unos 730 mm.

El flysch se sitúa en las Sierras Interiores Pirenaicas, inmediatamente al norte de la Depresión Intrapirenaica. Nuestros inventarios se localizan en el valle de Aísa, cerca de Jaca. La altitud media es de 980 m y la precipitación media anual de unos 930 mm.

CARACTERÍSTICAS EROSIVAS

La alta infiltración y permeabilidad de los yesos originan que las tasas de erosión sean bajas (DESIR *et al.*, 1992) y no superen las 0.8 t/ha/año en laderas pendientes con escasa cobertura vegetal. En años de precipitaciones máximas pueden alcanzar hasta 5 t/ha/año (GUTIÉRREZ ELORZA *et al.*, 1995). Frente a esta escasa erosión de partículas, el lavado, la disolución y la erosión química son muy elevados (NAVAS, 1989).

En las arcillas, las tasas de erosión varían altamente según su estructura, la existencia de areniscas intercaladas y la concentración de sodio. La sodicidad del suelo hace que las arcillas sean muy dispersivas (BENITO *et al.*, 1991) y puedan provocar tasas de erosión muy altas, del orden de 100 a 200 t/ha/año (GUTIÉRREZ ELORZA *et al.*, 1995).

En las margas eocenas, las áreas erosionadas suelen localizarse en zonas pendientes que propician la existencia de procesos muy dinámicos. Las tasas de erosión pueden ser altas en algunos puntos (CERVERA *et al.*, 1991) y se originan como consecuencia de incisiones en la red de drenaje y erosiones remontantes. El comienzo de estos procesos origina autoalimentaciones que hacen perpetuar los fenómenos erosivos (HUDSON, 1982). También son frecuentes las denudaciones más veloces, como los movimientos en masa (CALVO-CASES *et al.*, 1991). Estos mismos procesos ocurren en el flysch, aunque su incidencia en la degradación del territorio es claramente inferior.

LAS COMUNIDADES VEGETALES

La mayoría de las zonas estudiadas se han degradado por efecto de la intensa acción antrópica ejercida durante muchos siglos. Sus comunidades vegetales difieren mucho de las climáticas que existieron en el pasado. Se han inventariado zonas de un cierto relieve topográfico dedicadas al pastoreo, cuya cobertura vegetal oscila entre el 100 % y menos del 10 %. Son pastos ricos en matas y arbustos leñosos de la clase *Ononido-Rosmarinetea*, concretamente de sus alianzas *Rosmarino-Ericion* (zona meridional) y *Aphyllanthion*. En las áreas más húmedas, es muy común la introgresión de especies de la clase *Festuco-Brometea* (alianza *Mesobromion erecti*) en una clara tendencia hacia los pastos predominantemente herbáceos, densos y productivos que caracterizan las montañas húmedas.

MATERIAL Y MÉTODOS

TOMA DE DATOS

Entre 1991 y 1994 se realizaron 732 inventarios de vegetación: 108 en los yesos puros, 155 en los yesos mezclados, 147 en las arcillas, 201 en las margas eocénicas y 46 en el flysch, además de 66 inventarios en sustratos de menor importancia. Los inventarios del flysch y de los sustratos menos relevantes sólo se han utilizado en pocos análisis al carecer de un número suficiente de los mismos.

En cada punto de muestreo se inventarió una superficie cuadrada de 3 m². La cobertura de cada fanerógama se estimó visualmente con la ayuda de patrones de referencia. El resto de coberturas utilizadas: vegetación total, fanerógamas, líquenes, briófitos y pedregosidad, se valoraron con el mismo método. El grado de erosión se definió con 12 categorías que se estimaron según las características geomorfológicas de la superficie inventariada: descalamientos, pináculos, regueros, porcentajes de zonas erosivas y sedimentarias, etc. La inclinación se midió en grados así como la exposición que, para su tratamiento estadístico, se transformó en cinco clases crecientes, desde la exposición sur a la norte. Asimismo, se asignaron cinco clases para determinar la posición en la ladera: inferior, inferior-media, media, media-superior y superior. La forma del perfil y del contorno de la ladera se dividió en otras cinco clases: claramente convexo, ligeramente convexo, recto, ligeramente cóncavo y claramente cóncavo.

En cada inventario se tomó una muestra de suelo a la profundidad de 0-3 cm y otra a la de 9-12 cm para medir pH y conductividad.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para estimar las relaciones entre las variables climáticas, topográficas y de vegetación, se realizaron correlaciones entre los distintos parámetros utilizando el coeficiente de Spearman. Además, se realizó un análisis de regresión múltiple por el método Stepwise para saber qué variables físicas determinan los cambios de cobertura de las fanerógamas. El primer análisis sólo añade al modelo las variables que, progresivamente, van explicando una cantidad considerable de la varianza.

Se realizaron varias ordenaciones multivariantes de los inventarios en función de su composición florística. Dichas ordenaciones tenían en cuenta la cobertura de las fanerógamas presentes al menos en un 5 % de los inventarios. El

método realizado fué el análisis de correspondencias con SYNTAX (PODANI 1993).

El análisis se repitió con seis subconjuntos del total de los inventarios. En el primero se seleccionaron al azar 75 inventarios del conjunto total. Posteriormente, comprobamos los resultados con una repetición realizada en otra muestra similar. El segundo análisis se realizó sobre el subconjunto de los inventarios tomados en las margas eocenas. El tercero sobre la parte de los inventarios correspondientes a las arcillas miocenas. El cuarto con el total de los inventarios realizados sobre los yesos puros. Los análisis quinto y sexto se planificaron para estudiar subconjuntos de zonas muy concretas en los sustratos que presentaron mayor diversidad de ambientes (figura 1), es decir, en las margas y arcillas. El quinto se realizó sólo con los inventarios de las margas de la zona de Jaca y Sabiñánigo. El sexto incluyó los inventarios tomados en las arcillas próximas a Huesca. En los dos últimos análisis, los inventarios se ciñen a un cuadrado geográfico de unos 15 x 15 Km aproximadamente, que presenta escasa variación litológica y climática. En los yesos puros no se realizó esta partición, ya que todos los inventarios están tomados en una superficie reducida y relativamente homogénea.

Los tres primeros ejes del análisis, es decir, aquellos que explicaban la máxima variabilidad florística, se correlacionaron con las variables físicas de los inventarios mediante el coeficiente de Spearman. Estos resultados nos permiten interpretar los factores físicos que más importancia tienen para determinar la variabilidad florística.

RESULTADOS

RELACIONES ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y DE VEGETACIÓN

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 1 y 2. La cobertura de fanerógamas es el parámetro que mejor se asocia al grado de erosión, siendo sus correlaciones mayores de 0.8 en todos los casos. Por tanto, en el área de estudio, puede utilizarse este parámetro como un estimador del grado de degradación de la superficie considerada. El número de especies por superficie inventariada también disminuye de manera muy regular al aumentar el grado de erosión edáfica, presentando siempre correlaciones mayores de 0.7.

Los factores topográficos parecen tener una gran influencia sobre la vegetación de los yesos puros, menor influencia en las arcillas y todavía menor en las margas. El análisis Stepwise de correlación múltiple muestra que, en los yesos puros, los parámetros topográficos, como son la posición en la colina y la exposición, afectan a la cobertura de fanerógamas mientras que, en las arcillas y en las margas, tales parámetros no llegan a tener una influencia apreciable. En las margas, la pluviosidad tiene una relación positiva con la cobertura de fanerógamas, debido a la fuerte variación climática del área muestreada. En los yesos la variación en pluviosidad es menor, aunque presenta suficiente influencia como para ser incorporada al modelo.

	Faneró- gamas	Briófitos	Líquenes	Número de especies	Anuales	Herbáceas perennes	Plantas leñosas
YESOS PUROS							
Exposición	0,384 ***	0,417 ***	-0,138	0,350 ***	0,249 **	0,509 ***	0,291 **

Perfil	-0,552 ***	-0,296 **	0,462 ***	-0,621 ***	-0,493 ***	-0,295 *	-0,630 ***
Contorno	-0,613 ***	-0,247 *	0,627 ***	-0,670 ***	-0,515 ***	-0,394 ***	-0,659 ***
Posición en ladera	-0,594 ***	-0,292 **	0,554 ***	-0,534 ***	-0,448 ***	-0,385 ***	-0,606 ***
Inclinación	-0,206 *	-0,139	0,010	-0,389 ***	-0,343 ***	-0,094	-0,236 *
Pedregosidad	-0,312 ***	-0,347 ***	0,081	-0,425 ***	-0,554 ***	-0,174	-0,275 **
Grado de erosión	-0,817 ***	-0,510 ***	0,319 **	-0,727 ***	0,660 ***	-0,605 ***	-0,751 ***
ARCILLAS							
Exposición	0,140	0,262 ***	0,186 *	0,360 ***	0,109	0,253 **	0,081
Perfil	-0,100	-0,029	0,088	-0,007	0,056	-0,039	-0,119
Contorno	-0,301 **	-0,213	0,071	-0,374 ***	-0,109	-0,261 *	-0,255 *
Posición en ladera	0,005	0,123	0,040	0,135	0,001	0,038	0,024
Inclinación	-0,084	-0,049	-0,122	-0,225 **	-0,115	-0,100	-0,202 *
Pedregosidad	-0,189 *	-0,227 **	-0,210 **	-0,077	0,049	-0,147	-0,111
Grado de erosión	-0,814 ***	-0,486 ***	-0,279 ***	-0,765 ***	-0,468 ***	-0,716 ***	-0,515 ***
MARGAS							
Exposición	0,049	0,118	0,036	0,046	0,257 ***	0,044	-0,139
Perfil	-0,016	0,043	0,051	-0,053	-0,146 *	-0,097	0,047
Contorno	-0,075	-0,178	0,087	-0,350 **	-0,281 *	-0,228	-0,012
Posición en ladera	0,277 ***	0,083	0,203 **	0,254 ***	0,124	0,229 ***	0,156 *
Inclinación	-0,151 *	-0,217 **	-0,113	-0,227 ***	0,090	-0,109	-0,165 *
Pedregosidad	-0,158 *	-0,033	-0,058	0,079	-0,157 *	-0,045	-0,086
Grado de erosión	-0,869 ***	-0,391 ***	-0,260 ***	-0,839 ***	-0,371 ***	-0,742 ***	-0,691 ***

* 0.05≥p>0.01, ** 0.01≥p>0.001, ***p≤0.001

Tabla 1. Relación dos a dos entre las variables topográficas y de vegetación. Se muestra el coeficiente de correlación de Spearman y la significación de la relación ¹.

		r (múltiple)	r ² (ajustada)	F	Significación ¹
YESOS	Posición en la ladera	0,692	0,472	71,56	***
PUROS	Exposición	0,829	0,679	84,81	***
	Altitud	0,840	0,698	60,93	***
ARCILLAS	Ninguna variable				
MARGAS	Pluviosidad	0,368	0,108	5,017	*

* 0.05≥p>0.01, ** 0.01≥p>0.001, ***p≤0.001

Tabla 2. Regresión múltiple con el método Stepwise de las variables que afectan a la cobertura de fanerógamas. Las variables consideradas en el modelo fueron: altitud, pluviosidad, inclinación, grado de exposición, perfil, contorno, posición en la colina, pH y conductividad.

ANÁLISIS FLORÍSTICO

El primer análisis florístico de correspondencias, que incluye inventarios de todos los sustratos, mostró que los dos ejes principales segregan claramente los inventarios florísticos de cada sustrato (fig. 2). Asimismo, se observó que los inventarios realizados sobre margas y flysch eran mucho más homogéneos en su composición florística que los ubicados en los yesos puros. Los inventarios de las arcillas eran menos heterogéneos que estos últimos, mientras que los de los yesos mezclados presentaron valores intermedios entre los de los yesos puros y las arcillas.

En la tabla 3 se exponen las correlaciones halladas entre algunas variables y los dos ejes principales de los seis análisis de correspondencias. Mediante estas

relaciones, podemos interpretar los factores físicos que gobiernan la composición florística de los inventarios.

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Spearman y nivel de significación¹ entre los dos primeros ejes de seis análisis florísticos de correspondencias y variables climáticas, topográficas y de vegetación.

	EJE 1					
	1-Total invent.	2-Total margas	3-Total arcillas	4-Yesos puros	5-Margas Jaca	6-Arcillas Huesca
Altitud	0,83 ***	0,52 ***	0,17	0,05	-0,52 ***	-0,37 **
Pluviosidad	0,84 ***	-0,42 ***	0,01	0,07	0,1	-0,31 *
Cobertura total	0,48 ***	-0,18	-0,33**	0,38***	-0,21	-0,53 ***
Fanerógamas	-0,08	-0,18	0,34***	0,43***	-0,21	-0,52 ***
Líquenes	-0,64 ***	-0,1	0,11	0,33***	-0,29 *	-0,35**
Pedregosidad	0,13	0,2	0,04	-0,58***	-0,69 ***	0,08
Inclinación	0,21	-0,04	0,18	0,25*	0,39 ***	0,12
Exposición	0,41 ***	-0,37 ***	0,19	0,07	-0,02	-0,36 **
pH 9-12cm	0,72 ***	0,37 *	0,01	0,03	0,39 *	0,28
Conduct.9-12cm	-0,74 ***	0,18	0,54***	-0,1	0,51 ***	0,51 **
Grado de erosión	0,30 *	0,21	0,33**	-0,45***	0,32 **	0,54 ***
Perfil	0,07	-0,02	-0,1	-0,31**	-0,25*	-0,38**
Contorno	-0,39	-0,11	0,07	-0,37***	0,36	-0,19
Posición en ladera	-0,26	-0,08	-0,43***	-0,41***	-0,14	-0,24

	EJE 2					
	1-Total invent.	2-Total margas	3-Total arcillas	4-Yesos puros	5-Margas Jaca	6-Arcillas Huesca
Altitud	0	0,15	-0,26*	0,22	0,07	0,23
Pluviosidad	0,1	-0,45 ***	0,19	0,09	0,21	0,13
Cobertura total	0,34 **	-0,40 ***	0,47***	0,13	-0,1	0,35 **
Fanerógamas	0,07	-0,40 ***	0,43***	-0,37***	-0,1	0,34 **
Líquenes	-0,52 ***	-0,25 *	0,23*	0,30**	-0,01	-0,04
Pedregosidad	0,26 *	-0,07	0,05	0,35***	-0,12	-0,23
Inclinación	0	0,21 *	0,08	0,21*	0,17	0,12
Exposición	0,14	0,21	0,17	0,05	0,38 ***	0,22
pH 9-12cm	0,42 **	0,32	-0,24	0,20*	0,05	-0,29
Conduct.9-12cm	0,02	0,09	-0,23	0,02	0	-0,34 *
Grado de erosión	0,21 *	0,40 ***	-0,46***	0,28**	-0,04	-0,36 **
Perfil	0,33*	-0,18	-0,1	0,26**	-0,31**	0,09
Contorno	-0,26	0,23	0,12	0,28**	-0,37	-0,22
Posición en ladera	-0,17	-0,19	0,1	0,32***	-0,22	-0,18

¹ * 0.05≥p>0.01, ** 0.01≥p>0.001, ***p≤0.001

Nos referiremos, principalmente, a los resultados del primer eje, puesto que el segundo explicó una varianza sustancialmente menor. La figura 2 muestra los resultados del primer análisis, donde la pluviosidad, la altitud y el tipo de sustrato fueron los parámetros que mejor explicaron la variabilidad florística. Sin embargo, la intensidad de degradación (estimada por medio de la cobertura de fanerógamas) resultó ser poco determinante.

El grado de erosión explicó poca variabilidad florística en el conjunto de

todos los inventarios y en el de las margas. La correlación aumentó en las arcillas y en las margas de la zona de Jaca, siendo todavía mejores las que se obtuvieron en los yesos puros y en las arcillas de las cercanías de Huesca. La cobertura de fanerógamas presentó correlaciones similares, aunque ligeramente inferiores a las del grado de erosión. En el conjunto de las margas, la situación, pluviosidad y exposición tuvieron mucha influencia sobre la composición florística, mientras que el grado de erosión y la cobertura de fanerógamas jugaron un papel secundario. En los yesos puros, el grado de erosión y la cobertura de fanerógamas fueron los factores principales, aunque los parámetros topográficos también tuvieron bastante influencia sobre la composición florística. En el conjunto de todas las arcillas, la conductividad y la posición en la ladera explicaron una mayor variabilidad florística que la erosión y la cobertura de fanerógamas. En las arcillas de los alrededores de Huesca se invirtieron los factores principales: el grado de erosión y la cubierta de fanerógamas explicaron más variabilidad florística que la conductividad y las variables topográficas (tabla 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las variables climáticas, topográficas y geomorfológicas explicaron poca variabilidad florística en los inventarios analizados, como consecuencia de la implicación de múltiples factores en la disminución de la cubierta vegetal de áreas afectadas por fuertes procesos erosivos.

En los yesos puros, la escasa precipitación y la baja retención hídrica del suelo hacen que el estrés hídrico sea el principal factor limitante para el crecimiento de las plantas. Además, son áreas estables que soportan bajas tasas de erosión. Esos dos factores contribuyen a aumentar la influencia de los factores topográficos sobre los patrones de distribución de la vegetación (MONTAÑA, 1990). La gran regularidad de forma y dimensiones de las colinas, que conforman un paisaje muy homogéneo, tienden a acentuar este patrón topográfico. Sin embargo, en las arcillas miocenas y, sobre todo, en las margas eocenas, los fenómenos erosivos son mucho más intensos y dinámicos, por lo que impiden una clara estructuración topográfica de la vegetación.

El factor topográfico que más influye sobre la vegetación de los yesos puros es la posición en la ladera, que se encuentra muy ligada a los tipos de perfil y de contorno. Las zonas bajas poseen una mayor cobertura vegetal y un número de especies más alto, por ser zonas acumuladoras de agua y fertilidad (PUERTO & RICO, 1992). El segundo factor topográfico en valor discriminante es la exposición, que favorece un mayor desarrollo de la vegetación de las umbrías, al experimentar éstas una menor evapotranspiración (KUTIEL, 1992). La posición en la ladera también es el factor más influyente en las margas, aunque con efecto contrario al observado en los yesos puros, de modo que la cobertura vegetal suele ser mayor en las zonas altas. Ello se debe a que la degradación en las margas suele producirse por erosión hídrica originada por encajamiento de la red de drenaje o por erosión remontante (LÁZARO & PUIGDEFÁBREGAS, 1994).

La influencia de los factores topográficos no sólo se manifiesta en variaciones de la cobertura vegetal o en la de sus distintos componentes (fanerógamas, briófitos y líquenes), sino que también afecta a la composición florística, tal como han encontrado otros autores (GUARDIA *et al.*, 1992; KIKUCHI & MIURA, 1993). De nuevo son los yesos los que presentan mayor influencia de las

características topográficas sobre la composición florística de las comunidades vegetales.

La simplificación florística asociada a los procesos erosivos (BRAUN-BLANQUET, 1979; GUARDIA *et al.*, 1992) afecta primero a las plantas más exigentes en fertilidad, lo cual impide la supervivencia y colonización de las plantas típicamente ruderales que requieren abundante agua y nutrientes (GRIME, 1979; GUARDIA, 1995). Por otro lado, las plantas tolerantes al estrés no pueden resistir la perturbación generada por el arrastre del suelo. Así, el proceso erosivo conduce a la disminución de la cubierta vegetal sin que pueda llevarse a cabo un relevo de especies suficientemente rápido para reponer las especies perdidas, sustitución que permitiría a la comunidad derivar hacia otras diferentes. Por ello, no esperamos encontrar grandes diferencias florísticas ligadas al proceso erosivo.

Los resultados de los análisis de correspondencias se ajustan a esta interpretación ya que muestran la baja importancia del grado de erosión y de la cobertura de fanerógamas en la determinación de la composición florística de los inventarios, al menos cuando se considera un espacio geográfico suficientemente amplio. En tales casos, las diferencias florísticas que ocasionan otros factores, como son la pluviometría, altitud y tipo de suelo, son mucho mayores que las causadas por el propio fenómeno erosivo. Sin embargo, cuando los análisis se centran en áreas menores (15 x 15 Km), la degradación por erosión empieza a adquirir la suficiente importancia para llegar, incluso, a justificar buena parte de las diferencias florísticas halladas. Ello puede explicarse porque los factores principales, como son la precipitación, la altitud y el tipo de suelo, no varían grandemente en estas áreas, permitiendo a otros más secundarios, como es el grado de erosión del suelo, jugar un papel trascendente.

En los terrenos donde la erosión se produce de un modo muy dinámico, su influencia sobre la composición florística de las comunidades vegetales no es tan clara como en las zonas más estables. Así, en las margas eocenas, los procesos erosivo-sedimentarios se pueden producir de manera muy rápida y, además, las distancias que separan las áreas que se están erosionando de las que retienen sedimentos o de las que permanecen estables, pueden ser muy pequeñas. Este patrón espacio-temporal de erosión y sedimentación debería producir una gran heterogeneidad a un nivel espacial pequeño, lo que favorecería una cierta irregularidad florística. Dicha irregularidad florística se ha encontrado en los inventarios tomados en arcillas y margas, especialmente en las segundas. Estas observaciones confirman la hipótesis de que las comunidades de badlands suelen aparecer muy "mezcladas" y desorganizadas espacialmente, lo que suele generar dificultades para analizar diferencias topográficas o definir las especies características de cada comunidad (BROWN, 1971; CHIARUCCI *et al.*, 1995). Sin embargo, Guardia *et al.* (1992) pudieron diferenciar las comunidades vegetales según su posición topográfica y su grado de erosión edáfica en algunos badlands margosos.

Cuando la degradación está principalmente originada por un aumento de las condiciones de estrés (hídrico y nutricional) más que por perturbación erosiva, como ocurre en los yesos y en menor medida en las arcillas, la composición florística varía claramente con el grado de erosión y se relaciona con las características de tolerancia al estrés de las especies (HODGSON *et al.*, 1994).

Los resultados muestran que el efecto de de los procesos erosivo-sedimentarios en la composición florística de las comunidades estudiadas,

depende mucho del sustrato y de la escala espacial de análisis. Las características climáticas y edáficas son los factores decisivos cuando se consideran escalas espaciales grandes, mientras que el grado de erosión adquiere importancia cuando dicha escala se reduce. Las características topográficas determinan la composición florística en las áreas más secas y con menores tasas de erosión, cuando la vegetación está más limitada por factores de estrés que por las perturbaciones asociadas al proceso erosivo.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Francisco Alberto, Carmen Pérez y Blas Valero por su inestimable ayuda en la realización del presente estudio. Este trabajo se ha realizado gracias al proyecto de la CICYT: *Erosión de suelos tras el abandono de explotaciones agrícolas en montaña media.*, AMB93-0806 y a una beca concedida por el Gobierno de Aragón, BMA 15/93.

BIBLIOGRAFÍA

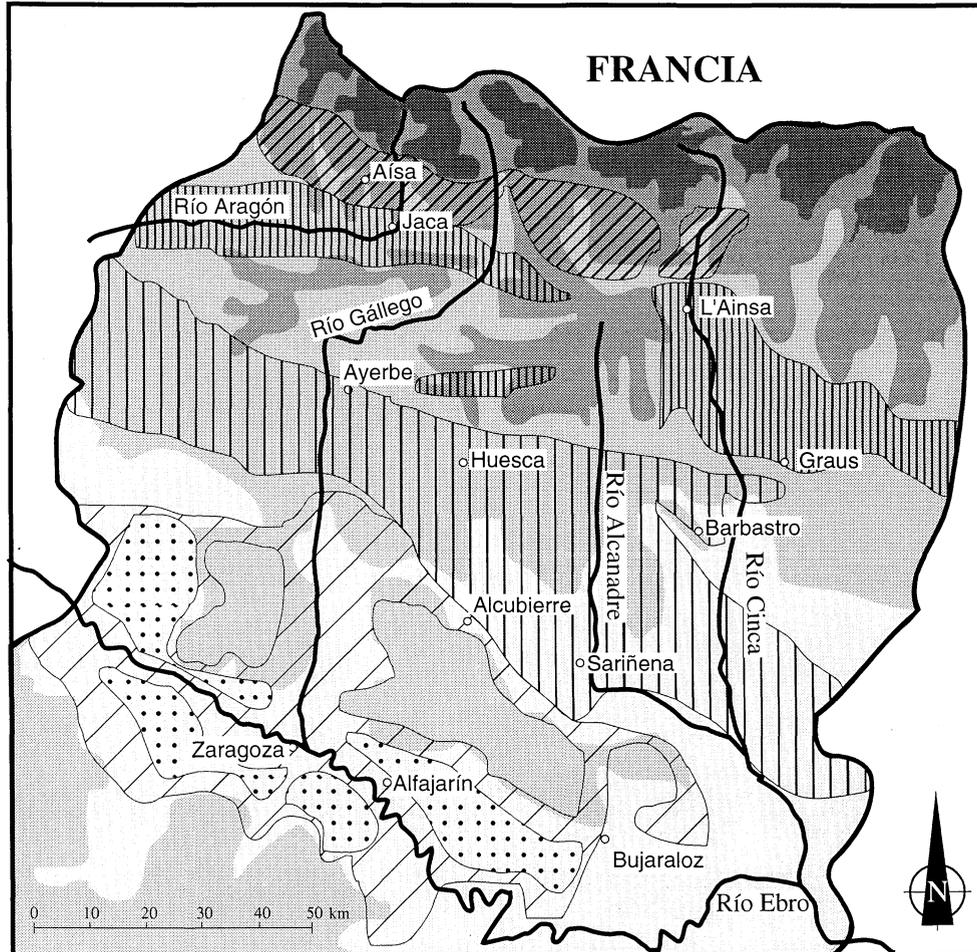
- ALMOROX, J., DE ANTONIO, R., SAA, A., CRUZ DÍAZ, M. & GASCÓ, J.M. (1994): *Métodos de estimación de la erosión hídrica*. Editorial Agrícola Española. Madrid, 151 pp.
- BENITO, G., GUTIÉRREZ, M. & SANCHO, C. (1991): Erosion patterns in rill and interrill areas in badland zones of the middle Ebro basin (NE-Spain). En: Sala, M., Rubio, J. L. & García-Ruiz, J. M. (eds.). *Soil Erosion Studies in Spain*. Geoforma Ediciones. Logroño, 41-54.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1979): *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume Eds. Madrid, 820 pp.
- BROWN, R.W. (1971): Distribution of Plant Communities in South-eastern Montana Badlands. *The American Midland Naturalist*, 85, 458-477.
- BUTLER, J., GOETZ, H. & RICHARDSON, J.L. (1986): Vegetation and soil-landscape relationships in the North-Dakota badlands. *The American Midland Naturalist*, 116, 378-386.
- CALVO-CASES, A., HARVEY, A.M. & PAYA-SERRANO, J. (1991): Process interactions and badland development in SE Spain. En: Sala, M., Rubio, J. L. & García-Ruiz, J. M. (eds.). *Soil Erosion Studies in Spain*. Geoforma Ediciones. Logroño, 75-90.
- CERVERA, M., CLOTET, N., GUARDIA, R. & SOLE-SUGRAÑES, L. (1991): Response to rainfall simulation from scarcely vegetated and non-vegetated badlands. *Catena suppl.*, 19, 39-56.
- CHIARUCCI, A., DE DOMINICIS, V., RISTORI, J. & CALZOLARI, C. (1995): Biancana badland vegetation in relation to morphology and soil in Orcia valley, central Italy. *Phytocoenologia*, 6, 69-87.
- DESIR, G., LIRVENT MIRA, J., GUTIÉRREZ ELORZA, M. & SANCHO MARCÉN, C. (1992): Primeros datos sobre procesos y tasas de erosión en laderas sobre materiales yesíferos, sector central de la Depresión del Ebro. *Estudios de Geomorfología en España*, 45-54.
- GRIME, J.P. (1979): *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley. Chichester, 222 pp.
- 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. & 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., NINOT, J.M. & CLOTET, N. (1992): On the vegetation-topography relationship in the badlands of the upper Lobregat basin (Southeastern Pyrenees). *Geoko plus*, 3, 45-54.

- GUTIÉRREZ ELORZA, M., SANCHO MARCÉN, C., DESIR VALEN, G., SIRVENT MIRA, J., BENITO FERRÁNDEZ, G. & CALVO CASES, A. (1995): *Erosión hídrica en terrenos arcillosos y yesíferos de la Depresión del Ebro*. Universidad de Zaragoza. ICONA. Zaragoza, 375 pp.
- HODGSON, J., MONTSERRAT, G., ALBERTO, F., GARCÍA RUIZ, J.M., GUERRERO, J. & 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. En: Arnáez, J., García Ruiz, J. M. & Gómez Villar, A. (eds.). *Geomorfología en España*. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño, 239-251.
- HUDSON, N. (1982): *Conservación del suelo*. Editorial Reverté. Barcelona, 335 pp.
- KIKUCHI, T. & MIURA, O. (1993): Vegetation patterns in relation to micro-scale landforms in hilly land regions. *Vegetatio*, 106, 147-154.
- KUTIEL, P. (1992): Slope aspect effect on soil and vegetation in a Mediterranean ecosystem. *Israel J. Bot.*, 41, 243-250.
- LÁZARO, R. & PUIGDEFÁBREGAS, J. (1994): Distribución de la vegetación terofítica en relación con la geomorfología en áreas acarcavadas cerca de Tabernas, Almería. *Mongr. Fl. Veg. Béticas*, 7-8, 127-154.
- LÁZARO SUAU, R. (1995): *Relaciones entre vegetación y geomorfología en el área acarcavada del Desierto de Tabernas*. Tesis Doctoral, Estación Experimental de Zonas Áridas, Almería.
- MONTAÑA, C. (1990): A floristic-structural gradient related to land forms in the southern Chihuahuan Desert. *J. Veg. Sci.*, 1, 669-674.
- MORGAN, R.P.C. & RICKSON, R.J., eds. (1995): *Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach*. E & FN Spon. London.
- NAVAS, A. (1989): Incidencia de la erosión de suelos yesíferos en la salinidad de la escorrentía. *Cuaternario y Geomorfología*, 3, 17-25.
- PUERTO, A. & RICO, M. (1992): Spatial variability on slopes of Mediterranean grasslands: structural discontinuities in strongly contrasting topographic gradients. *Vegetatio*, 98, 23-31.
- QUIRANTES, J. (1977): *Estudio sedimentológico y estratigráfico del terciario continental de los Monegros*. Institución Fernando el Católico. C.S.I.C. Zaragoza, 200 pp.
- SALA, M., RUBIO, J.L. & GARCÍA-RUIZ, J.M., eds. (1991): *Soil erosion studies in Spain*. Geofoma Ediciones. Logroño, 228 pp.
- THORNES, J.B., eds. (1990): *Vegetation and erosion*. British Geomorphological Research Group. *Symposia Series*. John Wiley & Sons. Chichester, 518 pp.
- WISCHMEIER, W.H. & 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.

Pies de Figura

Fig. 1.- Área de estudio y litologías más importantes analizadas. No se han diferenciado los depósitos cuaternarios y las litologías han sido simplificadas a partir de mapas del IGME a escala 1:200.000.

Fig. 2.- Análisis florístico de correspondencias. Se representa la posición del subconjunto de inventarios analizados sobre los dos ejes que absorben la mayor variabilidad. Los números indican el tipo de sustrato: 1 = yesos puros, 2 = yesos mezclados, 3 = arcillas, 4 = margas, 5 = flysch. (Para más detalles ver área de estudio).



- | | | | |
|--|---------------------------------------|--|---------------|
| | Yesos puros del mioceno | | < 400 m |
| | Yesos mezclados del mioceno | | 400 - 1000 m |
| | Arcillas, margas y areniscas miocenas | | 1000 - 2000 m |
| | Margas eocenas | | > 2000 m |
| | Flysch eoceno | | |

