

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

COMPORTAMIENTO HIDROMORFOLÓGICO DE LOS MICROAMBIENTES DE CAMPOS ABANDONADOS CON LLUVIAS INTENSAS: EXPERIENCIAS EN EL VALLE DE AISA (PIRINEO ARAGONÉS)

Arnáez Vadillo, J.¹, Ruiz Flaño, P.² y Lasanta Martínez, T.³

¹ Area de Geografía Física. Universidad de La Rioja. Edificio Vives. 26004-Logroño

² Area de Geografía Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

³ Instituto Pirenaico de Ecología. Campus Aula Dei. Apdo. 202. 50080- Zaragoza

RESUMEN

A partir de pruebas de simulación de lluvia se estudia la respuesta hidromorfológica de diferentes microambientes de campos abandonados en pendiente del Pirineo (valle de Aisa). Los resultados muestran pérdidas de suelo moderadas en los microambientes con buen cubrimiento vegetal, tanto si es de matorral como de herbáceas, y relativamente más elevadas en el enlosado de piedras. La disminución de la vegetación implica incrementos considerables en el coeficiente de escorrentía y en las pérdidas de suelo.

Palabras clave: simulación de lluvia, escorrentía, erosión, campos abandonados, Pirineos

ABSTRACT

Using a rainfall simulator the authors have studied the hydromorphological response of different micro-environments of abandoned sloping fields (Aisa Valley, Pyrenees). The results show moderate sediment losses in micro-environments with a good vegetable cover of shrub or meadows. The erosion is more important in fields with a stone pavement. The diminution of the vegetation involves considerable increments of the runoff coefficients and the erosion rates.

Key words: rainfall simulation, runoff, erosion, abandoned fields, Pyrenees

INTRODUCCIÓN

En los campos abandonados en pendiente del Pirineo Central se han definido varios microambientes geomorfológicos, en función de la densidad y estructura de la cubierta vegetal, la presencia de diferentes procesos de erosión y el porcentaje de piedras en superficie (RUIZ FLAÑO, *et al.*, 1990). La

heterogeneidad paisajística detectada se explica por la compleja combinación de algunas variables: topografía, forma de la ladera, tiempo transcurrido desde el abandono y gestión antrópica tras el cese del cultivo. No obstante, los resultados obtenidos a partir de transectos geomorfológicos demuestran que la edad de abandono y el tipo de sucesión vegetal, en relación con la gestión antrópica, son los factores más determinantes para explicar la distribución espacio-temporal de estos microambientes (RUIZ FLAÑO, *et al.*, 1991a).

Se conoce ya, mediante pequeñas parcelas experimentales, la respuesta hidromorfológica de cada microambiente a las lluvias registradas durante un corto periodo de tiempo. Los resultados ponen de manifiesto que un cubrimiento vegetal denso, con estructura de matorral y estrato herbáceo debajo, da lugar a elevadas tasas de infiltración y escasas pérdidas de suelo. Por el contrario, si la vegetación es poco densa y existen claros, el volumen de escorrentía es elevado y la concentración de sedimentos alta, produciéndose elevadas pérdidas de suelo (RUIZ FLAÑO, 1993; RUIZ FLAÑO, *et al.*, 1991b).

Estos datos tienen gran interés de cara a la gestión del territorio, al informar sobre las fuentes de sedimentos y la producción de agua en cada microambiente de campos abandonados, uno de los usos de mayor amplitud superficial del Pirineo Central (LASANTA, 1989). Pero sobre todo porque permiten aconsejar sobre el control de la vegetación para aumentar la estabilidad de las laderas y la complejidad paisajística, reduciendo a la vez las tasas de erosión (LASANTA, 1989; GARCÍA-RUIZ & LASANTA, 1993).

Llegados a este punto, cabe preguntarse si el comportamiento hidromorfológico de cada microambiente se mantiene con lluvias de mayor intensidad a las registradas durante el periodo de experimentación en las parcelas. Desde esta perspectiva, el objetivo de este trabajo es aportar información, mediante pruebas de simulación de lluvias, sobre la respuesta de los microambientes de campos abandonados a elevados volúmenes de precipitación en cortos periodos de tiempo. El tema tiene gran interés porque, como es sabido, muy pocas lluvias, generalmente las más intensas, causan las mayores pérdidas de suelo.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se ha llevado a cabo en el valle de Aísa (Fig. 1). Abarca una superficie total de 8154 Ha. de las que aproximadamente un 14 % corresponde a campos abandonados. Estos se concentran en laderas de litología flysch, en exposición solana -la más cultivada por razones climáticas- y en pendientes entre el 20 y el 40 % (75 % de la superficie del valle). El modelo tradicional utilizado fue el de campos en pendiente que, ocasionalmente, disponen de un pequeño rellano al final. Los bancales sólo representaban el 6 % de la superficie cultivada tradicionalmente (LASANTA, 1989).

El clima es submediterráneo de montaña con matices continentalizados. Los inviernos son largos y fríos (hiela el 22 % de los días del año) y los veranos cortos y cálidos, aunque con noches frescas. Las precipitaciones superan los 900 mm anuales en todo el valle, distribuyéndose de manera muy uniforme a lo largo del año. Sólo en los meses centrales del verano y en las partes bajas del valle se acusa un ligero déficit hídrico. Las lluvias de mayor intensidad se

concentran a finales del verano y principios de otoño, planteando serios problemas de drenaje en los suelos.

Los suelos son pardos, muy pedregosos y presentan escasa potencia. Se trata de regosoles cuyo horizonte superior ha sido, en muchos casos, decapitado. De textura franca y franco-arcillosa muestran deficiencias en nutrientes básicos como el potasio y fósforo y se sitúan en torno al 1.5 % de materia orgánica. Son, por el contrario, ricos en carbonatos y poseen unas condiciones de estabilidad relativamente aceptables (PARDINI *et al.*, 1991).

La intensa utilización del espacio del valle se manifiesta, de manera muy clara, en la vegetación. Tan sólo los pinares de *Pinus sylvestris* conforman bosques de cierta entidad en las umbrías. Las solanas, en cambio, aparecen ocupadas mayoritariamente por campos abandonados que se encuentran en distintas fases de la sucesión secundaria. *Genista scorpius* y, en menor medida, *Rosa sp.*, *Buxus sempervirens*, *Echinopartum horridum* y *Juniperus communis* son las especies más representativas de la colonización vegetal, dando lugar a un matorral submediterráneo que alterna con bosquetes de *Quercus faginea*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de la escorrentía y pérdidas de sedimentos en los campos abandonados se ha apoyado en la simulación de lluvia, método que permite el control temporal y volumétrico de la precipitación. El simulador de lluvia empleado está configurado por un depósito de 100 litros de capacidad, un motor y una hidrosfera para minimizar las variaciones en la intensidad de la lluvia de cada una de las pruebas. El agua es conducida a través de un tubo de goma a la parte superior de una estructura trapezoidal, donde una boquilla permite la salida regulada del agua tanto por lo que respecta a la anchura del cono de lluvia como a las intensidades. En este trabajo hemos aplicado una intensidad media de 58.2 mm/h (desviación estándar: 11.8). En el 54 % de las pruebas la intensidad ha sido de 56.5 mm/h. Estos registros corresponden en el área de estudio a precipitaciones con un periodo de retorno del orden de 5 a 10 años. La duración de las pruebas osciló entre los 30 y los 60 minutos, si bien la mayor parte de los experimentos fueron de 45 minutos.

La lluvia cae en un anillo de acero de 42 cms de diámetro, con una salida entubada, colocada en el sentido de la máxima pendiente, donde se recoge el agua de escorrentía con la carga de sedimentos. Las muestras son posteriormente analizadas en el laboratorio.

Se realizaron un total de 47 pruebas válidas en campos abandonados en pendiente con microambientes geomorfológicos contrastados (Tabla 1):

a) 24 simulaciones se efectuaron en parcelas sometidas a erosión débil o moderada. Se trata de campos abandonados con un importante cubrimiento vegetal (80-100 %) y escasa pedregosidad (11 %). La actividad erosiva se manifiesta por medio del arroyamiento difuso débil a partir de pequeños rodales desnudos. Para el trabajo se han diferenciado parcelas cubiertas por matorral (*Genista scorpius*) y pastos (género *Mesobromion*).

b) 14 simulaciones fueron llevadas a cabo en campos afectados por erosión severa. El cubrimiento vegetal medio de estos ambientes es del 31.4 %. Tres son los procesos de erosión más representativos: el impacto de las gotas de lluvia, el arroyamiento difuso severo, que se manifiesta por medio de

microcanales trenzados y huellas de la evacuación de materiales, y los descalzamientos de los pies del matorral que dejan al descubierto las raíces. En estos ambientes tan degradados el porcentaje de piedras en superficie es del 57.1 %.

c) 9 simulaciones corresponden a parcelas con enlosado de piedras. Aquí los cantos y piedras cubren prácticamente la totalidad de la superficie del campo (94.2 %). La vegetación es escasa (13.3 %). Los procesos de erosión se han encargado de transportar el particulado fino a lo largo del tiempo.

Tabla 1. Características generales de los microambientes geomorfológicos

Nº Pruebas	M. Geomorfológ.	Pendiente (%)	Pedregosidad (%)	Cob. vegetal (%)
16	E. Moderada (m)	16.1	11.5	90.9
8	E. Moderada (p)	29.7	11.2	83.1
14	E. Severa	29.8	57.1	31.4
9	Enlosado	21	94.2	13.3
Anova		8.3	68.9	114.5
niv. signif.		0.000	0.000	0.000

RESULTADOS

La Figura 2 y las Tablas 2 y 3 permiten conocer el volumen y coeficiente de escorrentía, la concentración de sedimentos y la tasa de erosión en los distintos ambientes geomorfológicos de los campos en pendiente. Además se incluye el tiempo transcurrido, o tiempo de respuesta, entre el inicio de la lluvia simulada y el comienzo de la escorrentía. Finalmente, se han calculado los correspondientes análisis de varianza, comprobándose, a través del nivel de significación, las diferencias de los cuatro modelos, sobre todo en lo que respecta a la respuesta erosiva de la simulación de lluvia.

Como era de esperar, de los cuatro modelos analizados son los campos sometidos a erosión severa los que manifiestan unos coeficientes de escorrentía más elevados (58.8 %). Son en estos ambientes donde también se detectan las mayores concentraciones de sedimentos (3.8 gr/l) y las más altas tasas de erosión, con 208 gr/m²/h. Este funcionamiento obedece a las propias características de las parcelas, con una escasa vegetación incapaz de interceptar las gotas de lluvia y de favorecer unos suelos estructurados.

Tabla 2. Respuesta hidrológica a la lluvia simulada

M. Geomorfológico	T. respuesta	Escorrentía (mm/h)	Coef. escorrentía (%)
E. Moderada (matorral)	14'14"	44.2	33.8
E. Moderada (pastos)	18'15"	32.8	31.5
E. Severa	5'8"	55.5	58.8
Enlosado	6'4"	56.5	48.0
Anova	2.7	12	2.9
niv. signif.	0.051	0.295	0.043

Tabla 3. Respuesta erosiva a la lluvia simulada

Microambiente Geomorfológico	Concentr. de sedimentos (gr/l)	Tasa de erosión (gr/m ² /h)
E. Moderada (matorral)	0.6	183
E. moderada (pastos)	0.7	11.7
E. severa	3.8	208
Enlosado	0.8	74.0
Anova	6.8	5.6
Niv. signif.	0.000	0.002

Los campos con enlosado de piedras también presentan unos altos coeficientes de escorrentía (48 %). Las piedras interceptan las gotas de lluvia, reducen la cantidad de agua disponible para la infiltración y favorecen, con una ligera pendiente, el escurrimiento y circulación del agua sobre su superficie. No obstante, su capacidad para erosionar y transportar materiales es inferior al caso anterior. En concreto, la concentración media de sedimentos se sitúa en los 0.8 gr/l y las tasas de erosión descienden hasta los 74 gr/m²/h. Para explicar este comportamiento hay que recurrir al aludido papel protector que ejercen los cantos con respecto al impacto de las gotas de lluvia y, sobre todo, a la escasa disponibilidad de sedimentos finos. Estos ya han sido evacuados con anterioridad como pone de manifiesto el alto porcentaje de cantos sueltos.

Los campos encuadrados dentro de las categorías de erosión moderada son los que muestran una respuesta hidromorfológica más controlada. En concreto, los coeficientes de escorrentía oscilan entre el 31.5 % para las parcelas cubiertas de pastos y el 33.8 % para aquellas otras que se encuentran colonizadas por el matorral. Ambos casos presentan un tiempo de respuesta precipitación-escorrentía amplio en torno a los 15 minutos, indicándonos una mayor capacidad de infiltración de los suelos. Las tasas de erosión de este conjunto de campos también es baja, y al igual que con la escorrentía, los datos en la cubierta herbácea (11.7 gr/m²/h) son ligeramente inferiores a los registrados bajo el matorral (18.3 gr/m²/h).

En la Figura 3 se han relacionado los volúmenes de agua escurridos y

las tasas de erosión. La primera variable, para homogeneizar la información, ha sido evaluada a través del coeficiente de escorrentía. Los datos han sido transformados en sus correspondientes logaritmos. Las rectas de ajuste resultantes para cada uno de los microambientes manifiestan un aumento de la erosión a medida que el coeficiente de escorrentía se incrementa. Sin embargo, la disposición y pendientes de las rectas refuerzan las ideas ya expuestas con anterioridad. Las correspondientes a los campos de erosión moderada (tanto en matorral como en pastos) y enlosados de piedras, con inclinaciones muy semejantes (0.831, 0.729 y 0.693, respectivamente), ocupan el sector inferior del gráfico poniendo en evidencia el moderado incremento de la erosión con la escorrentía. En una posición superior se dibuja la recta representativa de los campos sometidos a erosión severa. Esta ofrece la máxima pendiente (1.645), indicativa de la alta tasa de erosión en relación al agua que circula por la ladera (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de las rectas de ajuste que relacionan las tasas de erosión con el coeficiente de escorrentía

Microambiente	Ecuación	coefic. correlación
E. Moderada (matorral)	$y = 0.831x - 0.059$	0.81*
E. Moderada (pastos)	$y = 0.729x - 0.006$	0.96*
E. Severa	$y = 1.645x - 0.711$	0.72*
Enlosado	$y = 0.693x + 0.575$	0.63

* significativas al 99.5 %

CONCLUSIONES

El comportamiento hidrogeomorfológico de los campos abandonados, a partir de la simulación de lluvia, en líneas generales, coincide con los resultados obtenidos en parcelas experimentales (RUIZ FLAÑO, 1993). Los campos, con escasa cubierta vegetal, donde actúa con intensidad la escorrentía superficial aportan volúmenes de escorrentía y tasas de erosión elevadas. En concreto, estas últimas son entre 3 y 19 veces superiores a los otros microambientes. Por el contrario, las parcelas que están protegidas por una densa cubierta vegetal (herbácea o matorral), e incluso por un alto porcentaje de piedras, presentan una respuesta hidrológica y geomorfológica mucho más moderada.

Los datos ofrecidos por la simulación de lluvia aportan en todos los microambientes volúmenes y coeficientes de escorrentía más elevados que los registrados en parcelas experimentales, lo que no es extraño dada la intensidad de las precipitaciones que se aplican. En concreto, mientras en las parcelas experimentales el coeficiente medio de escorrentía es del 13 %, en la simulación asciende al 42.8 %. Estas diferencias, sin embargo, no se detectan en la respuesta erosiva, ya que en las parcelas experimentales, y para el conjunto de los campos, la concentración de sedimentos media es del orden de los 2 gr/l, muy similar a la calculada para la simulación de lluvia (1.8 gr/l). Esta circunstancia puede estar relacionada con el escaso y limitado espacio al que se

aplica la precipitación. En este marco es imposible que las escorrentías logren alcanzar la suficiente velocidad para la erosión y arrastre de partículas. De hecho, como ya ha indicado LASANTA *et al* (1994), es muy probable que la mayor parte de los materiales removidos dentro de la arandela procedan del impacto de las gotas de lluvia (*splash*).

En cualquier caso, de cara a la gestión del territorio los resultados obtenidos parecen sugerir que en campos abandonados en pendiente el desbroce de matorral para ampliar la superficie de pastos no supondría el aumento de las tasas de erosión, aún bajo lluvias intensas. De esta forma se conseguiría aumentar la disponibilidad de pasto en las laderas bajas para su aprovechamiento en primavera y otoño, estaciones en las que los valles pirenaicos son muy deficitarios (LASANTA *et al.*, 1994).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación: "Erosión del suelo tras el abandono de explotaciones agrícolas en montaña media: interacciones con las estrategias de colonización vegetal, los usos del suelo y la disponibilidad de nutrientes" (CICYT: AMB 93-0806).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARCÍA-RUIZ, J.M. & LASANTA, T. (1993): Land-use conflicts as a result of land-use changes in the Central Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 13 (3): 213-223.
- LASANTA, T. (1989): *Evolución reciente de la agricultura de montaña: el Pirineo aragonés*. Geofoma Ediciones, 220 pp., Logroño.
- LASANTA, T., RUIZ FLAÑO, P. & GARCÍA-RUIZ, J.M. (1994): El funcionamiento hidromorfológico de campos abandonados como apoyo a la gestión agroganadera en el Pirineo. *Actas del VII Coloquio de Geografía Rural*: 192-199. Córdoba.
- LASANTA, T., PÉREZ RONTOMÉ, M.C. & GARCÍA-RUIZ, J.M. (1994): Efectos hidromorfológicos de diferentes alternativas de retirada de tierras en ambientes semiáridos de la Depresión del Ebro. En: *Efectos geomorfológicos del abandono de tierras* (García Ruiz, J.M. & Lasanta, T., Edrs.). Sociedad Española de Geomorfología, 69-82 pp., Zaragoza
- PARDINI, G., ARINGHERI, R., PLANA, F. & GALLART, F. (1991): Soil properties relevant to land degradation in abandoned sloping fields in Aísa Valley, Central Pyrenees (Spain). *Pirineos*, 137: 79-93
- RUIZ FLAÑO, P. (1993): *Procesos de erosión en campos abandonados del Pirineo*. Geofoma Ediciones, 220 pp., Logroño.
- RUIZ FLAÑO, P., MARTÍNEZ RICA, J.P. & GARCÍA-RUIZ, J.M. (1990): Microambientes geomorfológicos en campos abandonados. *I Reunión Nacional de Geomorfología*: 641-651 pp., Teruel.
- RUIZ FLAÑO, P., ORTIGOSA, L. & GARCÍA-RUIZ, J.M. (1991a): Distribución espacio-temporal de los microambientes geomorfológicos en campos abandonados en pendiente (Valle de Aísa. Pirineo aragonés). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 17 (1-2): 89-101.
- RUIZ FLAÑO, P., LASANTA, T., GARCÍA-RUIZ, J.M. & ORTIGOSA, L.M. (1991b): The diversity of sediment yield from abandoned fields of the Central Spanish Pyrenees. *IAHS Publ.* nº 203: 103-110

Pies de Figura

Fig. 1. Area de estudio.

Fig. 2. Escorrentía, coeficiente de escorrentía, concentración de sedimentos y tasa de erosión en los distintos microambientes geomorfológicos de campos abandonados en pendiente (E.M.m: Erosión moderada-matorral; E.M.p: Erosión moderada pastos; E.S: Erosión severa; ENL: Enlosado).

Fig. 3. Relaciones entre coeficientes de escorrentía y tasas de erosión en cada uno de los microambientes estudiados.





