

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

LA AGRICULTURA MARGINAL COMO FUENTE DE SEDIMENTOS EN EL PIRINEO CENTRAL

García Ruiz, J.M., Lasanta, T., González, C., Martí, C., White, S.,
Errea, M.P. y Maestro, M.

Instituto Pirenaico de Ecología, Campus de Aula Dei, Apartado 202, 50.080
Zaragoza

RESUMEN

La agricultura cerealista ha ocupado grandes extensiones en los valles pirenaicos, en exposiciones solanas por debajo de 1600 m de altitud. En este artículo se estudia el papel de la agricultura tradicional en la producción de sedimentos y la degradación del paisaje. Por medio de parcelas experimentales puede afirmarse que la agricultura itinerante y el barbecho han dado lugar a pérdidas de suelo muy elevadas y explican la pedregosidad superficial de muchas laderas. En el caso de la agricultura itinerante (articas), la quema de matorral y la incorporación de cenizas al suelo como fertilizante no contribuía a mejorar sustancialmente la calidad de los suelos.

Palabras clave: Agricultura nómada, Erosión, Parcelas experimentales, Pirineo Central

ABSTRACT

Cereal cropping has occupied large extent in the Pyrenean valleys, on sunny aspects under 1.600 m a.s.l. In this paper the role of traditional farming on sediment yield and landscape degradation is studied. By means of experimental plots the authors conclude than shifting agriculture an fallow land have caused great soil losses and explain the surface stoniness in many hillslopes. In the case of shifting agriculture, the burning of the shrub cover and the use of ashes as fertilizer did not contribute to improve the quality of soils.

Key-words: Shifting agriculture, Erosion, Experimental plots, Central Pyrenees

INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que las cordilleras españolas han sufrido intensos procesos de erosión como consecuencia de las actividades humanas: la deforestación, el cultivo de laderas, los incendios periódicos para mejorar temporalmente la calidad de los pastos y el pisoteo del ganado han favorecido la erosión del suelo por medio de potentes mecanismos de erosión y transporte de sedimentos: movimientos en masa superficiales (los profundos estarían más bien ligados a factores estructurales) y procesos de arroyamiento han

desmantelado los horizontes superiores del suelo, han deteriorado la vegetación y han generado nuevos balances hídricos y de sedimentos. El resultado de esa actividad ha sido el cambio de la estructura y la dinámica del paisaje en las áreas afectadas, por un lado, y el relleno de llanuras aluviales, el desarrollo de conos de deyección o el crecimiento de deltas, por otro.

En el Pirineo Central español tanto el piso subalpino como la montaña media han sufrido los efectos de la presión humana. En el primer caso se eliminó gran parte del piso superior del bosque para la ampliación de los pastos de verano. La consecuencia fue una aceleración de los movimientos en masa (GARCÍA RUIZ *et al.*, 1990), un descenso del nivel de la soliflucción activa (HÖLLERMANN, 1985) y un aumento de la producción de sedimentos, como comprobó MONTSERRAT (1991) al estudiar la sedimentación en lagos de montaña. En el segundo caso los bosques situados en solanas por debajo de 1600 m se sustituyeron por campos de cultivo, a veces en pendientes muy fuertes, y por comunidades de matorrales submediterráneos afectados periódicamente por incendios. El resultado fue la instalación de cabeceras activas de torrentes y de redes de incisiones poco marcadas y escasamente integradas, así como la formación de coladas de piedras con ocasión de lluvias más intensas (GARCÍA RUIZ & PUIGDEFÁBREGAS, 1982). Las huellas de esta presión se dejan sentir en el paisaje, si bien el abandono reciente de las laderas favorecen la recuperación del matorral y del bosque.

Una de las cuestiones más importantes para explicar la evolución histórica del paisaje y su situación actual es definir el papel de la agricultura tradicional, pero se dispone de escasa información cuantitativa, al menos en los Pirineos. Estudios recientes se han centrado en el análisis de los efectos hidromorfológicos de los cambios de uso del suelo, entre los que se discutía el efecto de la agricultura cerealista (GARCÍA RUIZ *et al.*, 1995 a y b). Los trabajos de SOTO *et al.* (1995) referidos a la agricultura itinerante en Galicia son de gran utilidad a efectos comparativos.

El objetivo de este artículo es estudiar la importancia de la agricultura tradicional como fuente de sedimentos en un área de montaña y explicar, en función de los resultados, algunos rasgos de la dinámica geomorfológica global del territorio.

AREA DE ESTUDIO

La Cordillera Pirenaica se organiza en bandas paralelas en sentido oeste-este, atravesadas por la red fluvial que sigue una dirección norte-sur. Históricamente, la Depresión Interior Altoaragonesa, elaborada sobre margas, y el sector del flysch eoceno, inmediatamente al norte, han sido los espacios más utilizados por el hombre. Por razones obvias, en este trabajo nos centramos en el sector del flysch, pues la Depresión Interior, con amplias superficies de suave pendiente, no ha presentado problemas especiales a la ocupación humana.

El flysch se caracteriza por divisorias amplias que descienden progresivamente hacia el sur, las pendientes oscilan entre el 20 y el 40 por ciento, recubiertas por suelos pedregosos pardo forestales de textura franca, con elevado contenido en carbonatos y pobres en nutrientes. El clima es

submediterráneo de montaña, con una precipitación media anual que oscila entre 800 mm en las laderas más bajas y 2.000 mm en las divisorias, concentrándose en la estación fría. Los bosques de *Pinus sylvestris* dominan en las umbrías, mientras las solanas han sido cultivadas durante siglos y abandonadas en los últimos 50 años. Entre los antiguos campos de cultivo -sometidos a diferentes fases de colonización vegetal- sobreviven pequeños quejigales (*Quercus gr. faginea*) y matorrales.

La mayor parte de la información se ha obtenido en el valle de Aísa (Fig.1), que se localiza al noroeste de la ciudad de Jaca, aunque los cambios experimentados por la agricultura y el proceso de abandono de tierras han sido estudiados también en otros valles pirenaicos (Lasanta, 1989).

MÉTODOS

La cartografía de las zonas cultivadas durante el sistema tradicional de gestión se elaboró mediante fotografía aérea. Posteriormente se elaboraron tablas cruzadas y análisis de contingencia para obtener información sobre los factores que explican la distribución espacial de los diferentes modelos de campos. En la "Estación Experimental Valle de Aísa" se han podido comprobar los rasgos fundamentales del funcionamiento hidromorfológico en parcelas sometidas a usos muy diferentes, entre ellos la agricultura cerealista en sus diferentes variantes. Las parcelas, de 10x3 m, son cerradas y cuentan con una caja Gerlach en su parte inferior; desde la caja el agua de escorrentía es dirigida a un sistema de balancines cuya señal es registrada en un *data logger*, con lo que se obtiene un registro continuo del caudal durante cada evento pluviométrico. Una parte de la escorrentía es desviada hacia un depósito para el análisis posterior de solutos y del sedimento en suspensión. La precipitación se controla mediante un pluviógrafo de balancines conectado también a un *data logger*.

Con el fin de estudiar un aspecto clave para comprender los efectos de cierta agricultura tradicional (ver apartado de Resultados) se tomaron varios ejemplares de *Genista scorpius* que posteriormente fueron secados y molidos para su análisis de contenido en nutrientes.

RESULTADOS

El límite superior del espacio cultivado en el Pirineo Central está, por razones climáticas, en torno a 1.600 m s.n.m. Por debajo de ese umbral los campos de cultivo llegaron a ocupar grandes superficies, a pesar de las dificultades topográficas, centrándose sobre todo en los fondos de valle y más aún, en laderas soleadas. El dato medio para el Pirineo Central es el 28.1%, con pequeñas diferencias entre los valles: Hecho, 30.2%, Aragüés, 22.1%, Aísa, 32.8%, Broto, 30.9%. La característica más sobresaliente del espacio agrícola es la ocupación de laderas muy pendientes, alejadas de los núcleos de población, a medida que se incrementa la presión demográfica. La Tabla 1 refleja la distribución de los modelos de campo de cultivo durante el sistema tradicional (LASANTA, 1989). Los campos llanos representaron sólo el 22.5%, con un máximo en el valle de Tena (26.3%) y un mínimo en el valle de Broto (10.7%). Los bancales alcanzaron el 36.4% de la superficie cultivada (máximo en el

valle de Broto, con un 69.7%). El resto del espacio cultivado ocupó laderas muy pendientes (entre el 20 y el 40%), sin apenas acondicionamiento. Los campos en pendiente, adaptados directamente a la topografía de la ladera supusieron el 18.3% del espacio cultivado, mientras que las llamadas articas representaron un 22.8% de la superficie agrícola.

Tabla 1. Distribución de los modelos de campos durante el sistema tradicional en varios valles pirenaicos

	Campos llanos	Bancales	Campos en pendiente	Articas
Valle de Hecho	14.7	9.0	29.4	46.9
Valle de Aragón	17.9	17.0	41.9	23.2
Valle de Aísa	12.5	6.0	44.7	36.8
Valle de Tena	26.3	33.3	39.9	0.5
Valle de Broto	10.7	69.7	1.7	17.9
Pirineo aragonés	22.5	36.4	18.3	22.8

Fuente: Lasanta (1989)

Las articas eran en realidad campos en pendiente, localizados en peores condiciones, fundamentalmente sobre laderas convexas y sin ningún tipo de precaución por la conservación del suelo. Se cultivaban de manera ocasional, tras la roturación y quema del matorral y arbolado joven; las cenizas se extendían por el campo a modo de abono y el cultivo duraba 2 ó 3 años, al cabo de los cuales se abandonaba para volver a reacondicionar el campo 25 ó 30 años más tarde, según un sistema típico de agricultura itinerante. Los campos en pendiente, en cambio, se cultivaban de manera permanente, con periodos de descanso en barbecho, abonado orgánico y derivación, mediante drenes, de las aguas de escorrentía superficial.

Articas y campos en pendiente ocuparon, pues, una gran extensión, especialmente en el sector noroccidental del Pirineo Central. Así, ambos modelos de campos llegaron a representar el 76.3% de la superficie cultivada en el valle de Hecho y el 81.5% en el valle de Aísa. Interesa conocer ahora algunos rasgos de su funcionamiento hidromorfológico para explicar la evolución y dinámica global del paisaje.

La Fig. 2 muestra la concentración media de sedimentos en usos agrícolas tradicionales, a partir de parcelas de la "Estación Experimental Valle de Aísa". Los valores más extremos han sido eliminados para evitar distorsiones provocadas por errores derivados de la propia experimentación. Las mayores pérdidas se dan en el barbecho, seguido por la artica y a mucha distancia por el cereal con abono. La artica, con una concentración media de 700 mg.l⁻¹, y sobre todo el barbecho, que se acerca a 2 g.l⁻¹, constituyen los usos agrícolas con mayores efectos erosivos. En cambio, el cereal abonado no presenta especiales problemas salvo por el hecho de que se ha cultivado siempre en alternancia con el barbecho. La diferencia entre la artica y el cereal fertilizado se debe, sobre todo, a su muy diferente productividad, pues el rendimiento medio en el primer caso está en torno a 700 Kg. Ha⁻¹ y en el segundo está en unos 2,800 Kg. Ha⁻¹. La Tabla 2 indica los coeficientes de escorrentía y la pérdida de suelo durante el periodo de un año en artica,

barbecho, cereal fertilizado y matorral denso, que sirve de testigo. Los coeficientes de escorrentía son bastante moderados, lo que resulta lógico si tenemos en cuenta que salvo en la parcela de matorral denso se trata de un suelo removido con un elevado coeficiente de rugosidad, a lo que hay que añadir un buen cubrimiento vegetal, sobre todo en el cereal con abono. Los valores más bajos tienen lugar en la parcela de matorral denso, seguida por la de cereal con abono químico. El barbecho, debido a su escasa vegetación, y la artica presentan, por el contrario, coeficientes sensiblemente más altos. Las diferencias entre los usos en pérdida de suelo son muy elevadas, al coincidir la magnitud de la concentración con la del coeficiente de escorrentía. De ahí, que el barbecho alcance 13,5 T/Ha y la artica las 10 T/Ha, superando en 10 veces al matorral denso y duplicando al cereal con abono.

Tabla 2. Coeficientes de escorrentía y pérdida de sedimentos en los usos agrícolas tradicionales durante 1 año

Uso	Coefficiente de escorrentía	Pérdida total de sedimentos (T/Ha)
Artica	3,9	10
Cereal fertilizado	3,1	5,2
Barbecho	4,5	15,5
Matorral denso	1,4	1,1

La baja productividad de la artica -a lo que debería sumarse en condiciones naturales la falta de estructuras de conservación- explica, pues, su elevada producción de sedimentos. Esa baja productividad está relacionada con la pobreza en nutrientes de los suelos en ladera sobre flysch y con el bajo aporte procedente de las cenizas del matorral. Los análisis efectuados por LASANTA (1989, pp. 31-37) demuestran que los suelos cultivados tienen un contenido muy bajo en fósforo asimilable, en potasio asimilable y en magnesio, con una capacidad total de cambio de baja a muy baja en el 80% de los suelos analizados. Esta pobreza se compensa mediante la adición de fertilizantes orgánicos o químicos y de ahí su excelente productividad y el control de la erosión en la parcela abonada. Sin embargo, el añadido de las cenizas en las articas representaba bien poco como entrada real de nutrientes.

Tabla 3. Contenido de nutrientes de *Genista scorpius*. (Resultados sobre materia seca)

	%
Cenizas	2,25
Nitrógeno	1,24
Fósforo	0,05
Potasio	0,29
Calcio	0,53
Magnesio	0,08
Sodio	33 ppm.

La Tabla 3 confirma que *Genista scorpius*, la especie dominante entre las roturadas para su quema y distribución en las articas, aporta cantidades extremadamente bajas de nutrientes. Las cenizas representan sólo el 2.25% de la planta y su contenido en P, Mg y Na es insignificante. Este análisis permite concluir que la quema de matorral no contribuía a enriquecer el suelo, por lo que la productividad era muy baja y la recuperación de la vegetación, una vez abandonada la parcela, era muy lenta; los resultados obtenidos demuestran que *Genista scorpius* es una planta de necesidades muy modestas en nutrientes y de ahí su persistencia durante décadas en los campos abandonados, sin que apenas avance la sucesión vegetal (MONTSERRAT, 1990; MOLINILLO *et al.*, 1994).

En comparación con el matorral denso, las articas y el barbecho se convertían en las fuentes de sedimentos más importantes del sistema tradicional junto con los matorrales abiertos (GARCÍA-RUIZ *et al.*, 1995 a y b), producidos por incendios periódicos. En todo caso, los resultados confirman que la agricultura cerealista en laderas pendientes -especialmente en el caso de las articas- es responsable de la erosión y deterioro de los suelos en muchas laderas de montaña. La cartografía geomorfológica del área de flysch (GARCÍA RUIZ & PUIGDEFÁBREGAS, 1982) muestra que en las laderas afectadas por cultivos cerealistas en el pasado predominan los procesos de arroyamiento difuso con algunas incisiones poco marcadas pero eficaces en el transporte de materiales finos (RUIZ FLAÑO & GARCÍA RUIZ, 1990), coladas de piedras y cabeceras activas de torrentes. Frecuentemente, algunos slumps y deslizamientos profundos pueden alcanzar los cauces fluviales, aunque no están relacionados con actividades humanas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Durante el llamado sistema tradicional, la agricultura cerealista se convirtió en una fuente muy importante de sedimentos en las laderas más pendientes y con menos estructuras de conservación. Esta agricultura afectó fundamentalmente a las vertientes solanas, que hoy muestran signos de notable deterioro, con suelos muy erosionados, abundante pedregosidad superficial y un matorral submediterráneo que sólo alcanza gran densidad en las laderas cóncavas y pies de vertiente. La agricultura itinerante, que representa una reincorporación de nutrientes al suelo por la quema de la vegetación, da lugar a una pérdida de materiales particulados y disueltos y a un deterioro de las condiciones productivas de las laderas afectadas, como también comprobaron

SOTO *et al.* (1995). El abandono de tierras, la reforestación y la sustitución de cereales por prados han contribuido notablemente a reducir los aportes de sedimentos desde las laderas a los cauces.

La deforestación y cultivo de las laderas se tradujo en una inestabilización de los cauces, en los torrentes que nacen o atraviesan el flysch. Por ejemplo, MARTÍNEZ CASTROVIEJO & GARCÍA RUÍZ (1990) comprobaron que hacia 1956 los ríos Ijuez y Aurín eran extremadamente torrenciales, con unas llanuras aluviales ocupadas por una gran acumulación de sedimentos gruesos. MARTÍ BONO *et al.* (en prensa) deducen que las grandes coladas de piedras que se han producido ocasionalmente desde la Edad Media (en San Adrián de Sasave y Espuëndolas, por ejemplo) están relacionadas con la agricultura cerealista en las laderas. Por último al estudiar la evolución del tamaño de sedimentos a lo largo del río Aurín se comprueba un incremento a partir del kilómetro 12, coincidiendo con la llegada de afluentes procedentes de los sectores tradicionalmente cultivados. Este anómalo cambio de tamaño, que no puede atribuirse a un cambio litológico o de pendiente en las cuencas de los afluentes, tiene que deberse a un aumento en la capacidad de transporte de sedimentos al drenar cuencas deforestadas con avenidas más intensas y mayor producción de materiales desde las laderas (GARCÍA RUÍZ *et al.*, en prensa).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo de los proyectos de investigación "Erosión del suelo tras el abandono agrícola en montaña media" (AMB93-0806), "Procesos hidrológicos en áreas mediterráneas de cabecera frágiles o degradadas" (AMB95-0986-CO2), ambos financiados por la CICYT, y "Validating hydrological models using process studies and internal data from research basins -VAMPHIRE" (PL-95-1587), financiado por la comisión europea.

REFERENCIAS

- GARCÍA RUÍZ, J.M. & PUIGDEFÁBREGAS, J. (1982): Formas de erosión en el flysch eoceno surpirenaico. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 8: 85-128.
- GARCÍA RUÍZ, J.M., ALVERA, B., DEL BARRIO, G., & PUIGDEFÁBREGAS, J. (1990): Geomorphic processes above the timberline in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 10(3): 201-214.
- GARCÍA RUÍZ, J.M., LASANTA, T., ORTIGOSA, L., RUÍZ FLAÑO, P., MARTÍ, C. & GONZÁLEZ, C. (1995 a): Sediment yield under different land uses in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 15 (3): 229-240.
- GARCÍA RUÍZ, J.M., LASANTA, T., MARTÍ, C., GONZÁLEZ, C. WHITE, S., ORTIGOSA, L. & RUÍZ FLAÑO, P. (1995 b): Changes in runoff and erosion as a consequence of land-use changes in the Central Spanish Pyrenees. *Physics and chemistry of the Earth*, 20(3-4): 301-307.
- GARCÍA RUÍZ, J.M., LASANTA, T., GONZÁLEZ, C., MARTÍ, C., WHITE, S. & ORTIGOSA, L. (en prensa): Sediment sources during the traditional land-use system in the Spanish Pyrenees. *Physics and chemistry of the Earth*.
- HÖLLERMANN, P. (1985): The periglacial belt of mid-latitude mountains from a geocological point of view. *Erkundung*, 39: 259-270
- LASANTA, T. (1989): *Evolución reciente de la agricultura de montaña: el Pirineo aragonés*. Geofoma Ediciones, 220 pp., Logroño.

- MARTÍ, C., VALERO, B. & GARCÍA RUÍZ, J.M. (en prensa): Large, historical debris flows in the Central Spanish Pyrenees. *Physics and chemistry of the Earth*.
- MARTÍNEZ CASTROVIEJO, R. & GARCÍA RUÍZ, J.M. (1990): Coladas de piedras (debris flows) y dinámica fluvial en ríos torrenciales del Pirineo Central: el caso del río Ijuez. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 16: 55-72.
- MOLINILLO, M., LASANTA, T. Y GARCÍA-RUIZ, J.M. (1994): Sucesión vegetal y recursos pastorales en campos abandonados como apoyo a la gestión agroganadera del Pirineo. *Actas del VIII Coloquio de Geografía Rural*: 236-241, Córdoba.
- MONTSERRAT, G. (1990): Estudio de la colonización vegetal de los campos abandonados del valle de Aísa (Jaca, Huesca). En: "Erosión y colonización vegetal en campos abandonados" (Informe contribución al proyecto LUCDEME).
- MONTSERRAT, J. (1991): *Evolución glaciár y postglaciár del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: Estudio palinológico*. Instituto Pirenaico de Ecología, 174 pp., Zaragoza.
- RUÍZ FLAÑO, P. & GARCÍA RUÍZ, J.M. (1990): Some remarks on rill evolution on abandoned fields. *Interaction between agricultural systems and soil conservation in Mediterranean belt*, pp.18-25, Lisboa.
- SOTO, B., BASANTA, R., PÉREZ, R. & DÍAZ-FIEIROS, F. (1995): An experimental study on the influence of traditional slash-and-burn practices on soil erosion. *Catena*, 24 (1): 13-23.

Pies de Figura

Fig. 1. Área de estudio

Fig. 2. Concentración media de sedimentos en suspensión en varios usos del suelo



