

ALGUNOS EFECTOS GEOMORFOLOGICOS DE LAS REPOBLACIONES FORESTALES : CAMBIOS EN LA DINAMICA DE CAUCES EN PEQUEÑAS CUENCAS DEL PIRINEO CENTRAL ESPAÑOL

GARCIA RUIZ, J. M^a.* y ORTIGOSA, L. M.**

*Instituto Pirenaico de Ecología. Apdo. 64, Jaca (Huesca).

**Dpto. de Geografía. Colegio Universitario de la Rioja. (Logroño)

RESUMEN

Se estudian algunas características indicadoras de la actividad hidrológica de los cauces y de sus taludes en cuencas repobladas y en cuencas no repobladas del Pirineo Central. Mediante Análisis de Varianza los autores demuestran que los cauces de cuencas repobladas tienen una menor actividad hidromorfológica, especialmente los de segundo orden. Los taludes muestran una tendencia similar, lo que se explica en ambos casos porque la cubierta forestal reduce la producción de escorrentía y de sedimentos gruesos.

Palabras clave: cuencas, erosión, reforestación.

ABSTRACT

Geomorphological effects of afforestation: changes in the channel dynamics. Some characteristics related to the geomorphic activity of channels and of their banks in afforested and non afforested basins of Central Pyrenees are studied. By means of Analysis of Variance, the authors show that channels in afforested basins, especially those of second order have a smaller hydromorphological activity. Stream banks show a similar behaviour, in both cases because forest cover reduces runoff and coarse sediment yield.

Key words: watersheds, erosion, afforestation.

Las repoblaciones forestales representan una fuerte alteración del paisaje y del funcionamiento hidromorfológico de laderas. Algunos trabajos (por ej. BINNS, 1979; PAINTER *et al*, 1974) insisten en el incremento de la exportación de sedimentos provocado por la reforestación, al menos en sus momentos iniciales, como consecuencia de la apertura de pistas y la remoción general del suelo con maquinaria pesada; esos efectos parecen atenuarse con el tiempo, a medida que se recupera la cubierta vegetal y el ambiente pasa a ser progresivamente más forestal. Otros autores (MURGATROYD and TERNAN, 1983) señalan el desencadenamiento de efectos secundarios si la cubierta

vegetal anterior a la repoblación aseguraba un correcto funcionamiento hidromorfológico y un predominio de la infiltración sobre la escorrentía.

En un informe reciente (PUIGDEFABREGAS *et al*, 1989) indicábamos la complejidad del problema, pues las consecuencias geomorfológicas de las repoblaciones forestales dependen de muchos factores ambientales y, especialmente, topográficos y geomórficos: posición en la ladera, orientación y forma de la ladera. La técnica empleada en la reforestación se ha revelado también como un factor muy influyente, de manera que podemos encontrar una gama variadísima de situaciones, en función de los proce-

sos que intervienen y en función también de la capacidad para producir sedimentos. A partir del citado estudio cabe deducir que la técnica de repoblación en surcos representa una alteración menor de la dinámica geomorfológica, hasta el punto de que gran parte de las parcelas estudiadas mantienen una dinámica similar y muchas reducen la intensidad de los procesos geomórficos. En la técnica de terrazas se remueve un mayor volumen de materiales y el caballón construido en el borde externo de la faja muestra una mayor tendencia a la inestabilidad. De los resultados obtenidos parece probado que cuanto menos dure sea la técnica empleada, menos posibilidades hay de reactivación geomórfica y ello es especialmente cierto para los lugares que se encontraban en las mejores condiciones antes de la repoblación.

Dada la diversidad ambiental de los perímetros repoblados, los impactos de las reforestaciones sobre la dinámica geomorfológica de laderas presentan una gran variabilidad. En ambientes muy próximos los efectos pueden ser incluso opuestos, desde una óptima restauración hidromorfológica a una reactivación de procesos. En esas condiciones, el estudio de puntos concretos permite deducir las consecuencias de los diferentes factores ambientales en el comportamiento geomorfológico o de crecimiento de las repoblaciones, pero es difícil realizar una valoración global. Debe esperarse, sin embargo, una respuesta más general a escala de cuencas, que dé una idea de posibles cambios en el comportamiento del territorio. Tales cambios pueden apreciarse en los cauces, que en un sistema en cascada (VAN ASCH, 1980) concentran la información recibida desde las vertientes y detectan los cambios de dinámica en el tiempo y en el espacio. En el presente trabajo aportamos información sobre determinados rasgos -que pueden ser indicadores de dinámica geomorfológica- en cauces de cuencas repobladas y no repobladas. La existencia de diferencias significativas explica la intensidad y el sentido de los cambios hidromorfológicos introducidos por las repoblaciones forestales.

AREA DE ESTUDIO

En general las áreas afectadas por repoblaciones forestales coinciden con laderas reforestadas, ocupadas por comunidades más o menos abiertas de matorrales y por campos abandonados. Son ambientes sometidos históricamente a una fuerte presión humana, lo que ha alterado profundamente las condiciones de la cubierta vegetal original y ha provocado la implantación de procesos erosivos muy variados e intensos. En no pocos casos la propia política repobladora tiende a frenar la producción y exportación de sedimentos, en un intento por restaurar el funcionamiento hidromorfológico de las vertientes.

En el Pirineo Aragonés las áreas más afectadas por las

reforestaciones coinciden con el sector meridional, donde llegan a ocupar prácticamente el 25% de la superficie total (GARCIA-RUIZ, 1976), y con el flysch eoceno, inmediatamente al Norte de la Depresión Interior Altoaragonesa. Ocupan sobre todo laderas solanas, donde se ha actuado con *Pinus laricio*; en umbría se ha repoblado con *Pinus sylvestris*. En todo caso se trata de ambientes submediterráneos con precipitaciones que oscilan entre 700-800 mm de media anual para los sectores más bajos y más de 1300 mm para las repoblaciones más altas, con una punta de sequía estival que es tanto más acusada cuanto más al Sur.

El relieve sobre el que se han efectuado las reforestaciones presenta escasos contrastes topográficos. En el flysch la estructura en divisorias suaves y alargadas que conectan con los talwegs mediante laderas rectilíneas y con fuerte pendiente (20-50%) generalmente cubiertas por un coluvión pedregoso. En el Prepirineo el paisaje se halla dominado por una sucesión de relieves en cuesta que reflejan la alternancia litológica entre areniscas y arcillas o margas.

Movimientos en masa y diversos procesos de arroyamiento superficial dominan en estos ambientes más degradados, en los que - como muestran los cauces - hay una gran producción de sedimentos (GARCIA-RUIZ y PUIGDEFABREGAS, 1982 Y 1985). En las áreas de matorral el arroyamiento difuso de las zonas próximas a las divisorias se convierte pronto en pequeñas incisiones que evolucionan finalmente a cárcavas profundas hacia la base de la ladera (GARCIA-RUIZ, ORTIGOSA y MARTINEZ CASTROVIEJO, 1988). En campos abandonados los procesos son menos intensos, aunque son evidentes las pruebas de arroyamiento difuso y de inicio de rigolización. En estas condiciones cabe esperar que una repoblación extensa tenga repercusiones en el balance global de sedimentos y en la capacidad de transporte de los ejes de drenaje.

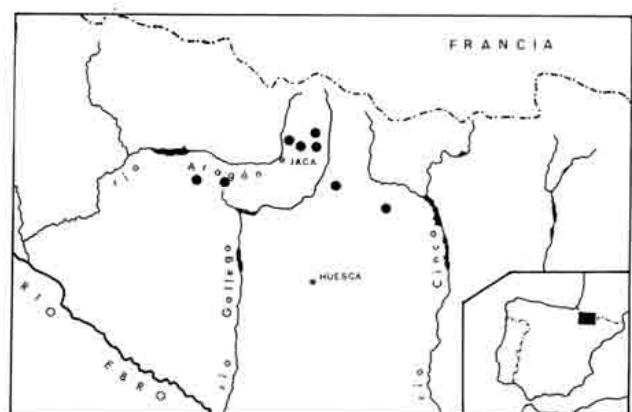


Fig. 1. Distribución de las áreas muestreadas

TABLA 1.- CARACTERISTICAS DE LOS CAUCES SELECCIONADOS

Area de muestreo.	Sector	Nivel	Sustrato	% Vege- tación.	% Suelo desnudo,	% Gravas	% Sedim. finos.	% Sus- trato.
CASTIELLO	1	1	1	65,7	38,0	7,5	62,4	30,1
CASTIELLO	1	1	1	95,4	10,4	12,3	87,7	0,0
CASTIELLO	1	1	1	75,8	26,7	22,5	77,5	0,0
CASTIELLO	2	1	2	37,7	81,3	30,4	42,3	27,3
CASTIELLO	2	2	2	64,3	51,0	17,0	65,0	18,0
CASTIELLO	2	1	2	60,0	52,7	27,4	53,3	19,3
CASTIELLO	2	1	2	45,5	86,8	33,6	25,5	40,9
ASUN	1	1	1	22,1	96,1	93,6	6,4	0,0
ASUN	1	1	1	0,4	100,0	66,1	12,5	21,4
BESCOS	1	1	1	29,2	90,4	94,6	5,4	0,0
BESCOS	1	1	1	21,1	96,7	88,3	11,7	0,0
BESCOS	1	1	1	21,3	91,3	77,7	13,0	9,3
FANLO	2	2	2	23,1	83,4	67,6	32,4	0,0
FANLO	2	1	2	35,7	85,0	46,7	19,7	33,6
FANLO	1	1	2	12,0	94,3	34,3	19,7	46,0
FANLO	1	1	2	57,0	58,3	18,7	81,3	0,0
FANLO	1	1	2	21,5	96,1	32,4	50,0	17,6
URRIES	1	1	1	78,5	33,8	62,3	32,3	5,4
URRIES	2	2	1	55,0	63,7	65,7	16,0	18,3
URRIES	2	1	1	72,9	45,0	40,2	48,8	11,0
URRIES	2	1	1	33,9	73,9	73,6	21,1	5,3
URRIES	1	2	1	99,0	0,0	20,0	75,0	5,0
URRIES	1	1	1	76,0	33,0	56,0	44,0	0,0
LARRES	1	1	1	57,5	72,5	93,3	6,7	0,0
LARRES	1	1	1	52,1	63,6	55,0	45,0	0,0
LARRES	1	1	1	64,5	73,0	94,0	2,0	4,0
LARRES	1	1	1	31,5	85,8	89,5	10,0	0,5
LARRES	2	1	1	45,0	70,8	78,3	21,7	0,0
LARRES	2	1	1	56,3	73,1	64,4	35,6	0,0
BAGUES	2	1	1	41,7	72,2	27,2	67,2	5,6
BAGUES	2	2	1	25,6	92,4	75,0	15,0	10,0
BAGUES	2	1	1	51,7	55,6	44,4	55,6	0,0
BAGUES	1	1	1	78,2	25,9	19,1	71,8	9,1
BAGUES	1	1	1	95,8	5,8	4,2	95,8	0,0
BAGUES	1	1	1	75,3	34,3	66,0	30,7	3,3
BAGUES	1	2	1	60,4	41,9	27,7	46,9	25,4
CAMPODARBE	1	1	1	21,0	90,0	19,0	23,5	57,5
CAMPODARBE	1	1	1	3,2	99,1	20,9	16,4	62,7
CAMPODARBE	1	1	1	63,0	60,5	21,5	62,5	16,0
CAMPODARBE	2	1	1	28,3	94,6	35,8	32,5	31,7
CAMPODARBE	2	1	1	25,3	86,7	21,0	74,3	4,7
CAMPODARBE	2	1	1	84,5	24,5	17,9	73,0	9,1

NOTAS

Sector : (1) Repoblado . (2) Testigo.

Nivel : Orden 1 o 2

Sustrato : (1) rocas incoherentes (Margas y arcillas, predominantemente).

(2) rocas coherentes (Molasas, conglomerados y areniscas).

El porcentaje de gravas, sedimentos finos y sustrato se refiere al total de suelo desnudo.

TABLA 2.- CARACTERISTICAS DE TALUDES DE CAUCES SELECCIONADOS

Area de muestreo	Sector	Nivel	Sustrato	% Vegetación	Incisión por canales	Erosión moderada o nula	Desprendimiento	Arroyam. difuso severo
CASTIELLO	1	1	1	70,0	7,5	70,0	5,0	17,5
CASTIELLO	1	1	1	80,0	10,0	75,0	0,0	15,0
CASTIELLO	2	1	2	77,5	16,3	61,1	11,3	11,3
CASTIELLO	2	2	2	93,8	0,0	87,5	10,0	2,5
CASTIELLO	2	1	2	70,0	0,0	61,3	2,4	36,3
CASTIELLO	2	1	2	62,5	2,5	57,5	7,5	32,5
ASUN	1	1	1	32,5	15,0	21,6	56,7	6,7
ASUN	1	1	1	27,5	28,3	0,0	61,7	10,0
BESCOS	1	1	1	43,8	25,0	28,7	12,5	33,8
BESCOS	1	1	1	57,5	15,0	48,7	13,8	22,5
FANLO	2	2	2	80,8	0,9	75,8	3,3	20,0
FANLO	2	1	2	58,0	6,0	48,0	4,0	42,0
FANLO	1	1	2	20,0	30,0	5,0	0,0	65,0
FANLO	1	1	2	77,5	11,2	65,0	10,0	13,8
FANLO	1	1	2	68,3	6,7	63,3	6,7	23,3
URRIES	1	1	1	64,0	10,0	59,0	19,0	12,0
URRIES	2	2	1	67,5	22,5	48,3	22,5	6,7
URRIES	2	1	1	72,5	3,0	58,2	15,0	23,8
URRIES	2	1	1	37,5	2,5	35,0	20,0	42,5
URRIES	1	2	1	97,5	0,0	90,0	5,0	5,0
URRIES	1	1	1	77,5	22,0	48,0	23,0	7,0
LARRES	1	1	1	76,3	15,0	57,5	27,5	0,0
LARRES	1	1	1	43,8	35,0	25,0	20,0	20,0
LARRES	1	1	1	82,5	17,5	57,5	5,0	20,0
LARRES	1	1	1	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LARRES	2	1	1	50,0	0,0	30,0	30,0	40,0
LARRES	2	1	1	53,8	0,0	51,2	5,0	43,8
LARRES	2	1	1	60,0	7,4	45,0	23,8	23,8
BAGUES	2	2	1	56,3	5,0	51,2	18,8	25,0
BAGUES	2	1	1	72,5	18,8	62,4	10,0	8,8
BAGUES	1	1	1	85,0	6,7	66,6	26,7	0,0
BAGUES	1	1	1	92,5	5,0	60,0	35,0	0,0
BAGUES	1	1	1	86,0	5,0	68,0	27,0	0,0
BAGUES	1	1	1	86,0	5,0	68,0	27,0	0,0
BAGUES	1	2	1	90,0	2,5	65,0	30,0	2,5
CAMPODARBE	1	1	1	70,0	0,0	60,0	0,0	40,0
CAMPODARBE	1	1	1	32,5	15,0	12,5	0,0	72,5
CAMPODARBE	2	1	1	45,0	25,0	30,0	0,0	45,0
CAMPODARBE	2	1	1	67,5	11,3	68,7	5,0	15,0
CAMPODARBE	2	1	1	95,0	0,0	95,0	5,0	0,0

NOTAS

Sector: (1) Repoblado. (2) Testigo

Nivel: Orden 1 o 2.

Sustrato: (1) rocas incoherentes (Margas y arcillas, predominantemente)
(2) rocas coherentes (Molasas, conglomerados y areniscas)

MÉTODOS

Se seleccionaron ocho perímetros repoblados, con edades comprendidas entre 18 y 25 años, tres de ellos localizados sobre sustrato de flysch y los cinco restantes sobre molasas (areniscas, arcillas y margas) prepirenaica (Fig. 1). En cada uno de tales perímetros se seleccionaron varias cuencas, procurando que entre ellas las hubiera de primer y segundo orden, con el fin de comprobar la posible influencia de la jerarquía de drenaje en el comportamiento de los canales. Al lado de los perímetros repoblados se escogieron también cuencas no repobladas, que harían las veces de testigos, con características similares de pendiente, sustrato y tamaño que las repobladas. Todo hacía suponer que las características geomorfológicas, biogeográficas y de uso del suelo eran similares en todas ellas antes de que algunas se vieran afectadas por la repoblación forestal. De esta forma, si los resultados finales son significativos, es posible deducir el efecto de la reforestación desde un punto de vista geomorfológico y de la exportación de sedimentos.

Sobre el terreno se realizó un muestreo mediante el cual se obtuvo información sobre diferentes características del lecho actual y de los taludes que lo limitan. Dicho muestreo consistía en la obtención de información sobre rasgos geomorfológicos y florísticos de cauce y taludes, iniciando la toma de datos en un punto tomado al azar y, a partir de ahí, en veinte puntos distanciados 5 metros entre sí cada uno.

En el lecho actual se tomaron los siguientes datos para cada punto de cada una de las cuencas seleccionadas:

- Cubrimiento vegetal (en %) e importancia relativa de cada especie.
- Proporción de suelo desnudo (%).
- Proporción que ocupa cada tipo de material en el lecho, distinguiendo tres tipos posibles: gravas, materiales finos (arcillas, limos, arenas e incluso gravilla fina) y sustrato rocoso. (Los tres tipos suman el 100%).

En el talud anotamos la proporción de cubrimiento vegetal y de las especies presentes, y a la vez tomamos información sobre procesos de erosión. En este último caso distinguimos cuatro categorías según las características del talud:

Talud estable (erosión moderada o nula), caracterizado por un abundante recubrimiento vegetal y ausencia de procesos de erosión visibles.

Talud sometido a arroyamiento difuso, con predominio del arroyamiento laminar.

Talud con desprendimientos, formado por pequeños movimientos en masa, generalmente con plano rotacional muy poco profundo.

Talud con canales y rigolas, es decir con predominio del arroyamiento concentrado.

Para determinar la proporción ocupada por cada una de estas categorías se tendió una cinta métrica en 25 m. de talud y se midió el segmento en que aparecían.

Con esta información tratamos de establecer las diferencias entre los perímetros repoblados y los testigos, para lo que nos servimos esencialmente del Análisis de Varianza (ANOVA) de una y dos vías, que permite obtener los factores que en mayor medida inciden en los contrastes de una variable.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en el muestreo de cauces. Veinticinco de las áreas seleccionadas corresponden a sectores repoblados y las restantes hacen el papel de testigos. La mayor parte de los cauces son de orden 1 y se localizan sobre sustratos relativamente incoherentes. La proporción de suelo cubierto por la vegetación y de suelo desnudo muestra una gran variabilidad, fruto de la diversidad de situaciones geomorfológicas y topográficas en las que se encuentran las cuencas. Esa misma diversidad puede apreciarse en el porcentaje de gravas y sedimentos finos que se observa en la superficie de los cauces, mientras que la proporción de sustrato rocoso visible es, en general, baja y, en muchos casos, inexistente.

En la tabla 2 se incluye información sobre las características de los taludes de cauces, en los mismos puntos en los que estos últimos han sido muestreados. Se observa una menor variabilidad del porcentaje de cubierta vegetal, pues los taludes presentan una mayor protección; este resultado entra dentro de lo esperado pues las márgenes de los cauces se hallan menos intensamente sometidas a la actividad geomorfológica. Ello no excluye la presencia de procesos, a veces muy dinámicos, pues en algunos casos la incisión en canales alcanza una notable proporción, como asimismo la formación de pequeños desprendimientos, por zapamiento de las orillas en momentos de avenida. En no pocos casos los taludes se hallan afectados por arroyamiento severo y en otros predomina la erosión moderada o nula; en este último caso, se da una marcada coincidencia con la presencia de abundante cubierta vegetal.

En la tabla 3 pueden consultarse los resultados obtenidos una vez aplicado el Análisis de Varianza a datos de los cauces. Se incluyen solamente los resultados con cierto nivel de significación, después de haber establecido todo tipo de combinaciones de doble vía entre los diferentes factores. Los valores de significación no son siempre muy altos (ver también la tabla 4), pero se han considerado porque apuntan en el mismo sentido.

Resulta evidente que la combinación entre el nivel del barranco (primer y segundo orden) y el sector en que se encuentra (repoblado o no repoblado) explica una parte

TABLA 3.- ANALISIS DE VARIANZA DE LOS CAUCES EN CUENCAS REPOBLADAS Y CUENCAS TESTIGO, CONSIDERANDO DIVERSAS CARACTERISTICAS COMO FACTORES.

ORDEN DE BARRANCO y SECTOR
Nivel de significación : 0,198

Categorías	Promedio del % de vegetación
Primario y Repoblado	48,61
Primario y Testigo	47,57
Secundario y Repoblado	79,70
Secundario y Testigo	42,00

ORDEN DE BARRANCO y SECTOR
Nivel de significación : 0,089

Categorías	Promedio del % de suelo desnudo
Primario y Repoblado	64,15
Primario y Testigo	69,40
Secundario y Repoblado	20,95
Secundario y Testigo	72,62

ORDEN DE BARRANCO y SECTOR
Nivel de significación : 0,077

Categorías	Promedio del % de gravas
Primario y Repoblado	49,94
Primario y Testigo	41,60
Secundario y Repoblado	23,85
Secundario y Testigo	56,32

ORDEN DE BARRANCO y SECTOR
Nivel de significación : 0,052

Categorías	Promedio del % de finos
Primario y Repoblado	37,75
Primario y Testigo	43,89
Secundario y Repoblado	60,95
Secundario y Testigo	32,10

TIPO DE SUSTRATO
Nivel de significación : 0,053

Categorías	Promedio del % de sustrato en el cauce
Incoherentes	10,46
Coherentes	22,52

TABLA 4.- ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TALUDES DE CAUCES EN DIVERSAS CUENCAS REPOBLADAS Y CUENCAS TESTIGO CONSIDERANDO DIVERSAS CARACTERISTICAS COMO FACTORES

ORDEN DE BARRANCO

Nivel de significación : 0,043

Categorías	Promedio del % de vegetación
Primario	62,80
Secundario	81,00

ORDEN DE BARRANCO y SECTOR

Nivel de significación : 0,171

Categorías	Promedio del % de vegetación
Primario y Repoblado	62,43
Primario y Testigo	63,21
Secundario y Repoblado	93,75
Secundario y Testigo	74,60

ORDEN DE BARRANCO y SECTOR

Nivel de significación : 0,081

Categorías	Promedio del % de incisión en canales.
Primario y Repoblado	13,56
Primario y Testigo	7,13
Secundario y Repoblado	1,25
Secundario y Testigo	7,10

ORDEN DE BARRANCO

Nivel de significación : 0,074

Categorías	Promedio del % de erosión moderada o nula
Primario	48,90
Secundario	69,63

ORDEN DE BARRANCO y SECTOR

Nivel de significación : 0,163

Categorías	Promedio del % de erosión moderada o nula
Primario y Repoblado	45,68
Primario y Testigo	54,10
Secundario y Repoblado	77,50
Secundario y Testigo	65,70

TIPO DE SUSTRATO

Nivel de significación : 0,070

Categorías	Promedio del % de desprendimientos
Incoherentes	17,74
Coherentes	6,13

ORDEN DEL BARRANCO

Nivel de significación : 0,072

Categorías	Promedio del % de arroyamiento difuso fuerte
Primario	21,87
Secundario	10,28

importante de la variabilidad de resultados. Los cauces de segundo orden en cuencas repobladas son los que tienen un comportamiento más claro: cuentan con el porcentaje más elevado de cubierta vegetal (79.7%), con el promedio más bajo de suelo desnudo (20.9%) y de gravas en superficie (23.8%) y con la proporción más alta de finos (60.9%), siempre con resultados claramente diferenciados del resto.

En el extremo opuesto, los barrancos de segundo orden en cuencas no repobladas (es decir, testigos) tienen la menor protección vegetal, la mayor proporción de suelo desnudo y de gravas y la menor de finos, aunque las diferencias respecto a las restantes combinaciones no son muy marcadas. Con menor interés para nuestros objetivos, aunque sus resultados tienen un alto nivel de significación, los cauces sobre sustratos resistentes muestran una mayor proporción de sustrato en superficie que aquellos localizados sobre rocas incoherentes.

El Análisis de Varianza aplicado a los taludes (Tabla 4) insiste, por un lado, en la importancia del orden de cauce por sí solo, pues los taludes adyacentes a cauces de segundo orden tienen un cubrimiento vegetal más elevado que los de primer orden y son también los que cuentan con mayor porcentaje de erosión nula y menor proporción de erosión fuerte. Por otro lado, los taludes de cauces secundarios en áreas repobladas son los que tienen mayor protección vegetal y son los que se hallan menos afectados por arroyamiento superficial (tanto concentrado como difuso); por ello no es extraño que tengan también la mayor proporción de erosión moderada o nula. Es interesante comprobar además que, en el caso de los taludes, los de primer orden y repoblados son los que presentan el comportamiento más negativo: elevada proporción de canales incididos y bajo promedio de erosión moderada o nula. No resulta sorprendente el que los taludes sobre rocas incoherentes sean los más afectados por movimientos en masa de pequeña envergadura.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las características de los cauces y de sus taludes son un buen criterio para definir los cambios geomorfológicos más importantes producidos por una cuenca por la alteración de su cubierta vegetal. Sin embargo, ese criterio sólo es verdaderamente válido si se tiene en cuenta además el orden del cauce. Los resultados obtenidos insisten en que los cauces de segundo orden en cuencas repobladas tienen un funcionamiento más regulado, como lo prueba su cubrimiento vegetal y los bajos porcentajes de suelos desnudo o de gravas en superficie (ver fig.2). Esto demuestra que son cauces que soportan crecidas fluviales menos intensas, al permitir el desarrollo relativamente denso de vegetación; por otro lado, la pérdida de energía de transporte se ve reflejada en la

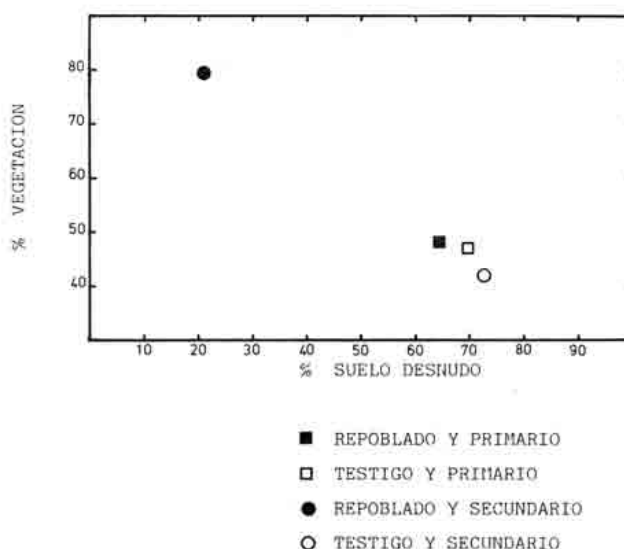


Fig. 2. Distribución de los promedios de vegetación y suelo desnudo en los distintos tipos de cauces.

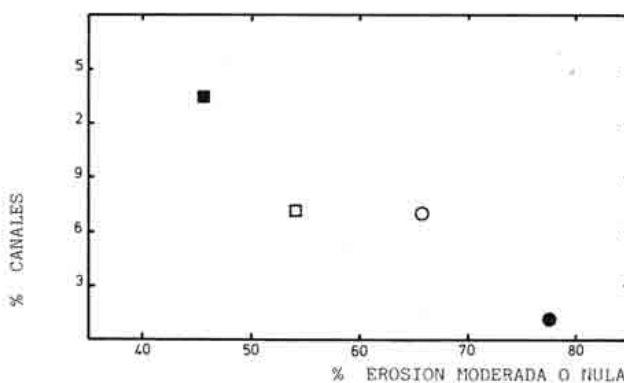


Fig. 3. Distribución de los promedios de erosión moderada e incisión en canales de los distintos tipos de taludes.

mayor proporción de sedimentos finos y la escasa importancia de las gravas. Sin duda, el comportamiento hidrológico de las cuencas testigo (no repobladas) es menos ponderado y todos los datos insisten en su mayor actividad geomorfológica.

En todo caso, los efectos de las repoblaciones forestales se dejan sentir más en los cauces de segundo orden que en los de primer orden, seguramente porque a éstos todavía les sigue llegando abundante agua de escorrentía a través de los sistemas de drenaje generados por la repoblación; por el contrario, muchas de las laderas que vierten directamente hacia los cauces de mayor entidad, han debido ver reducida su capacidad para producir escorrentía.

En el caso de los taludes, el orden de cauce tiene una gran importancia, pues los pertenecientes a cauces de segundo orden son los que presentan menor actividad geomorfológica. Este fenómeno se ve acentuado cuando

se trata de cuencas repobladas (ver Fig. 3). En realidad, esto no hace sino confirmar los resultados obtenidos para los cauces. Cuando estos últimos mejoran su funcionamiento hidrológico no se limitan a aumentar su porcentaje de vegetación o de sedimentos finos, sino que, al reducir sus picos de crecidas, favorecen una recuperación de la cubierta vegetal en las márgenes. No debe olvidarse que, en especial, los movimientos en masa de las márgenes fluviales se hallan en relación directa con la actividad del cauce y con la frecuencia e intensidad de sus crecidas.

Es importante tener en cuenta que los taludes de cauces de primer orden en cuencas repobladas son los que tienen una dinámica geomorfológica más activa, como lo prueba la frecuencia de canalillos o la menor presencia de tramos con erosión moderada o nula. Este dato puede parecer contradictorio con los restantes resultados, pero no lo es tanto si se analiza el contexto en que se produce. Las repoblaciones forestales se han efectuado siguiendo las curvas de nivel, mediante fajas de buey (surcos) y terrazas; su trazado suele ser, por lo tanto, perpendicular a la dirección de los cauces de primer orden, cuyos taludes reciben directamente la escorrentía drenada por los surcos y terrazas. Este problema no existe en los cauces de orden superior, generalmente casi paralelos al trazado de las líneas de repoblación.

En conclusión, el estudio de algunas características de cauces y sus márgenes en áreas repobladas y no repobladas permite comprobar de forma indirecta algunos de los efectos hidrológicos y geomorfológicos provocados por la instalación artificial de cubierta arbórea. Parece evidente que las repoblaciones -que inicialmente inducen a un aumento en la producción de sedimentos- mejoran el comportamiento hidrológico de las cuencas, sobre todo como consecuencia de la intercepción, del menor impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y de las condiciones nemorales que favorecen el desarrollo del sotobosque. Estos efectos positivos se manifiestan especialmente en los cauces de segundo orden y superiores y no tanto en los cauces de primer orden, receptores inmediatos de las escorrentías derivadas por las repoblaciones. Sin embargo, dada la elevada importancia del tamaño de la cuenca (controlada en parte por el orden de cauce), un análisis más estricto requeriría utilizar variables cuantitativas (superficie de cuenca) en lugar de ordinales.

De igual forma, BINNS (1979) demostró en Gran Bretaña que a medida que crecían los árboles, disminuía la escorrentía, con picos de crecida inferiores a los producidos en cuencas de aprovechamiento pastoral, aunque durante algún tiempo tales valores permanecían más altos que los de cuencas no repobladas. PAINTER et al (1974) comprobaron que los sólidos en suspensión estaban en una proporción tres veces superior durante los trabajos de repoblación hasta que pocos meses después comenzaron a disminuir. A escala local pueden darse

numerosas excepciones a este principio, sobre todo si la reforestación tiene lugar en áreas extraordinariamente degradadas o de difícil restauración o, más puntualmente, allí donde la propia repoblación incentiva al desencadenamiento de movimientos en masa. Pero, en general, en nuestras montañas medias, con campos abandonados y matorrales más o menos aclarados, sometidos a diversos procesos relacionados con el arroyamiento superficial y pequeños movimientos en masa, la repoblación forestal debe tender a producir volúmenes menores de agua y sedimentos. La técnica empleada no debe ser ajena a la mayor o menor bondad de los resultados, como se ha demostrado a escala de laderas en un estudio más general (PUIGDEFABREGAS et al, 1989), aunque aquí no se ha tenido en cuenta este factor. La influencia del tipo de especies introducidas es prácticamente imposible de comprobar dado que las coníferas son la masa fundamental de todas las repoblaciones efectuadas en el Pirineo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BINNS, O. (1979): The hydrological impact of afforestation in Great Britain. In *Man's impact on the hydrological cycle in the United Kingdom*. (G. E. Holis, edr.). Geo Abstracts, pp. 55-69, Norwich.
- GARCIA-RUIZ, J. M. (1976): *Modos de vida y niveles de renta en el prepirineo del Alto Aragón Occidental*. Instituto de Estudios Pirenaicos, 272 pp., Jaca.
- GARCIA-RUIZ, J.M. y PUIGDEFABREGAS, J. (1982): Formas de erosión en el flysch eoceno surpirenaico. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 8: 85-128. Logroño.
- GARCIA-RUIZ, J.M. y PUIGDEFABREGAS, J. (1985): Efectos de la construcción de pequeñas presas en cauces anastomosados del Pirineo Central. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 11: 91-102. Logroño.
- GARCIA-RUIZ, J.M., ORTIGOSA, L. y MARTINEZ CASTROVIEJO, R. (1988): Nota sobre la geomorfología de ambientes degradados del Pirineo Aragonés. *Homenaje a Pedro Montserrat*, 983-991, Jaca.
- GARCIA VIÑAO, A., ALVERA, B., PUIGDEFABREGAS, J., y MONTSERRAT, P. (1986): Sistemas de erosión en pastos del flysch eoceno surpirenaico. *XXVI Reunión Científica de la S.E.E.P.* 2: 233-248 pp., Oviedo.
- MURGATROYD, A.L. and TERNAN, J.L. (1983): The impact of afforestation on stream bank erosion and channel form. *Earth surface Processes*, 8: 357-369 pp.
- PAINTER, R.B., BLYTH, K., MOSEDALE, J.C. and KELLY, M. (1974): The effect of afforestation on erosion processes and sediment yield. In: *Effects of man on the interface of the hydrological cycle with the physical environment*. I.A.H.S.P., 113: 62-68 pp.
- PUIGDEFABREGAS, J. (coord) et al (1989): *Evolución ecológica de las áreas reforestadas en el Pirineo aragonés*. Instituto Pirenaico de Ecología y Estación Agrícola Experimental de Aula Dei, Informe para la Diputación General de Aragón, Jaca.
- VAN ASCH, T.W.J. (1980): Water erosion on slopes and landsliding in a mediterranean landscape. *Utrecht Geographische Studies*, 20: 1-238 pp.