Procesos de erosión acelerada en la cuenca alta del río Monachil (Granada)

Accelerated erosion processes in the upper basin of river Monachil (Granada)

J. Gisbert[1], A. Vallejos[1], A. Pulido-Bosch[1] y W. Martín Rosales[2]

[1]Departamento de Hidrogeología y Q.A., Universidad de Almería, 04120 La Cañada (Almería)
[2]Departamento de Geodinámica, Universidad de Ganada, Avda. Fuentenueva, s/n, 18071 Granada

ABSTRACT

The conditioning of the Skiing Station of Sierra Nevada (1990-1996) produced a high impact on river Monachil headwaters, mainly on geomorphology and surface waters. Protecting and correcting measures applied during station repairs have made very good results. Such measures succeeded in decreasing total sediment load, generated when former balance broke; the drainage of the slopes also avoided the formation of landslides.

Key words: high mountain catchment, accelerated erosion, erosive forms, correction measures.

Geogaceta, 31 (2002), 151-154
ISSN:0213683X

Introducción

La Estación de Esquí de Sierra Nevada ha sufrido un profundo e intenso cambio desde su designación como sede de los Campeonatos del Mundo de Esquí Alpino hasta la fecha de su realización, en Enero de 1996. Las acciones principales fueron las siguientes: Ampliación de la "Pista del Río"; acondicionamiento y mejora de la mayor parte de las pistas restantes; entubación del río Monachil en aquellos tramos en los que la pista discurre sobre el cauce; construcción de una balsa para el almacenamiento de agua que abastezca a los sistemas de innivación, así como dotar a la mayoría de las pistas de dichos sistemas; instalación de varios remontes modernos y rápidos (telecabina y telesillas); construcción de nuevos accesos y mejora de los ya existentes a la Estación de Pradollano. Este trabajo tiene como objetivo principal describir los procesos y efectos que estas obras desencadenaron en el medio, desde el punto de vista geomorfológico, así como enumerar las medidas correctoras propuestas para reducir la erosión. Asimismo, se hace una valoración de su eficiencia, transcurridos cinco años de la celebración del evento.

La Estación está situada casi en su totalidad en la cabecera del río el Monachil, a una altitud comprendida entre los 2100

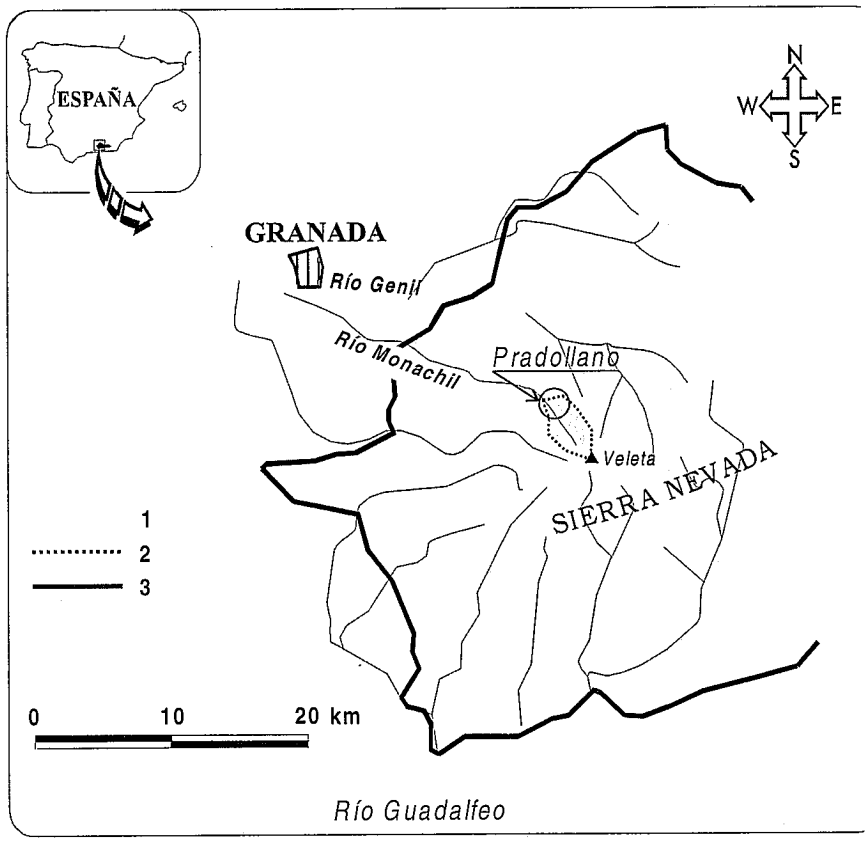

Fig. 1.- Localización de la cuenca alta del río Monachil. 1: ríos; 2: divisoria del río Monachil; 3: límite del borde occidental de Sierra Nevada.

Fig. 1.- Location of the river Monachil upper basin. 1: streams; 2: River Monachil watershed; 3: easterly limit of the Sierra Nevada.

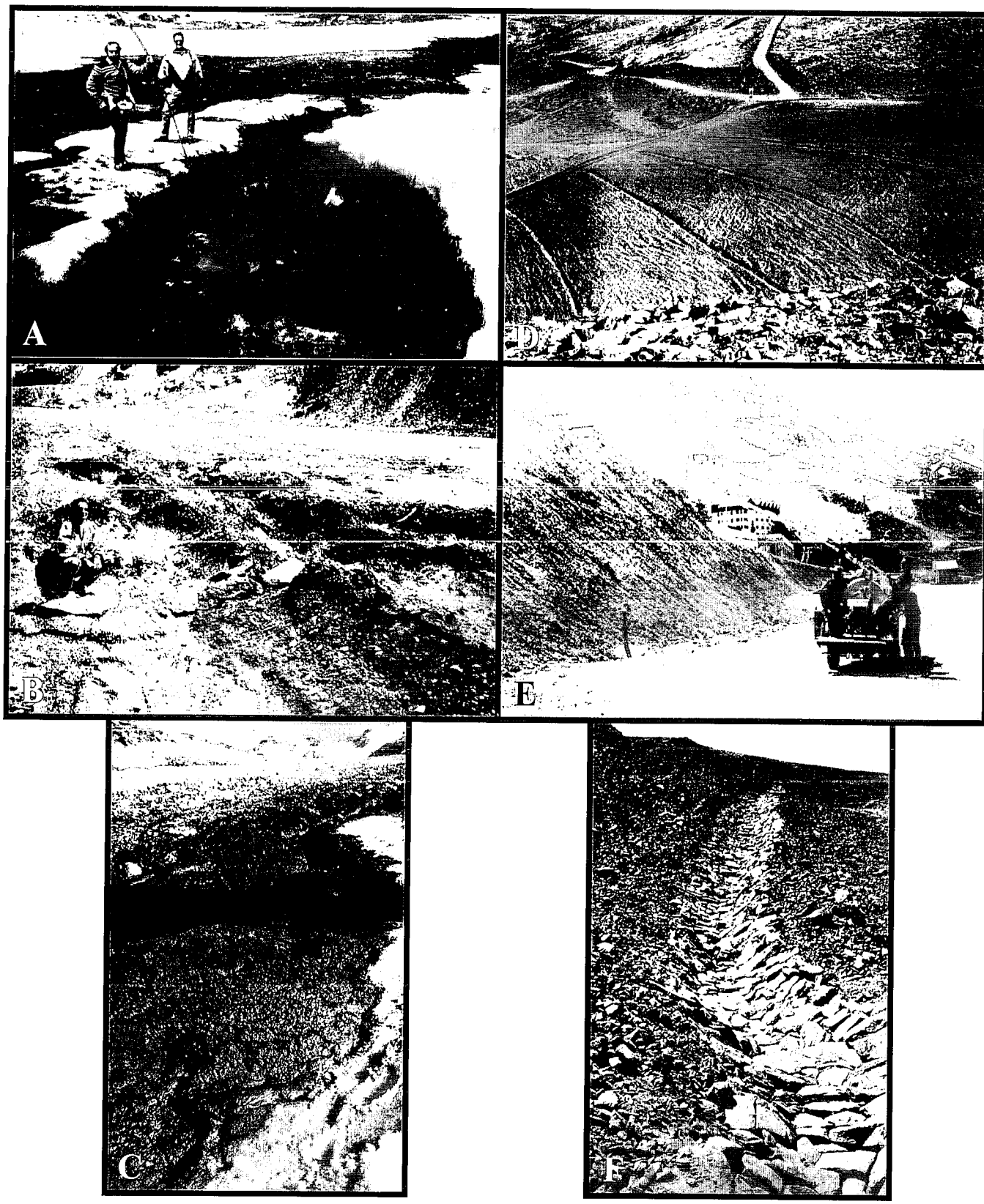

Fig. 2.- A: Colada de barro; B: erosión en cárcavas y regueros; C: cono de deyección; D: zanjas colectoras transversales; E: regeneración de la cubierta vegetal mediante la "hidrosiembra"; F: canales marginales.

Fig. 2.- A: Mud flow; B: gully and rills erosion; C: alluvial fan; D: transverse ditches; E: plant cover regeneration by means of «water-sowing»; F: lateral channels.

m s.n.m. de Pradollano y los 3398 m s.n.m. del Pico del Veleta (figura 1). En este sector de alta montaña, las características de las precipitaciones así como el estado fitolitológico del suelo condicionan más que en otros ambientes los procesos erosivos. Las precipitaciones son superiores a los 1000 mm de media anual (Gisbert, 2000), siendo más del 90 % de carácter nival por encima de 2 900 m s.n.m. (Rodríguez, 1985). Por otro lado, hay que resaltar la importancia de las tormentas, frecuentes en la época estival y de deshielo, que producen, por sí solas o al fundir la nieve existente, las avenidas del río, así como la mayor parte de la erosión, prácticamente inexistente durante un deshielo normal (Gisbert et al., 1998).

La litología de este área está compuesta por materiales metapelíticos; en general, son micasquistos grafitosos con niveles subsidiarios de cuarcitas feldespáticas, anfibolitas y gneises pertenecientes al Complejo Nevado-Filábride de las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas (Puga y Díaz de Federico, 1978). Estas "rocas cristalinas" se caracterizan por poseer cierta permeabilidad debido a su alto grado de fracturación y a la esquistosidad, además de haber desarrollado una franja de alteración y de acumulación de materiales sueltos de espesor variables, más potente en las zonas bajas con menor pendiente; este «suelo» puede llegar a tapizar algo más del 85 % de la superficie de este sector.

Impactos en el medio y principales procesos generados

Los mayores impactos son los producidos por la entubación del río, con una longitud de 1.5 km y diámetro 3.6 m, y la excavación y relleno de taludes para la adecuación y ampliación de las pistas. Asimismo, la infraestructura creada para la nieve producida (balsa, bombeos) acarrea graves problemas, especialmente en los años de escasas precipitaciones (temporada 1994/95), llegando a secar el río.

Uno de los procesos que se han visto acelerados por las actividades humanas sobre este sistema tan frágil de alta montaña es la erosión. En efecto, la falta de protección del suelo por la vegetación que tapizaba este entorno, así como los desmontes y movimientos de tierra realizados y muy especialmente la remoción de los materiales finos -normalmente ausentes en las áreas periglaciares-, han propiciado una fuente de material extra para ser arrastrados por la escorrentía. Las pistas y los alrededores de las obras son, por tanto, las zonas más afectadas por los procesos erosivos. Esto se debe a que la vegetación (pastizales, piornales y borreguiles) y los suelos naturales de la Sierra desempeñan un papel fundamental en la interceptación, infiltración y escorrentía. Pruebas recientes con simuladores de lluvia (Simón et al., 1996) han puesto de manifiesto la alta tasa de infiltración y baja capacidad de retención de este tipo de suelos, propiedades que limitan bastante la escorrentía superficial y la erosión laminar. De este modo se explica que un deshielo "normal" no provoque una erosión apreciable (ligera turbidez en el agua que eventualmente llega a 1 $g.l^{-1}$), ya que el agua percola y circula por el suelo y zona superior alterada de la roca carente de finos antes de incorporarse al río, sin producir una escorrentía directa importante (Pulido Bosch et al., 1997).

Las pistas y las obras, por el contrario, representan áreas desnudas, muy pendientes y con escasa capacidad de infiltración, en las que las escorrentías incontroladas (algunos cauces naturales han sido entubados) erosionan y ponen en suspensión los materiales removidos de estas superficies. Esta es la razón por la que los primeros deshielos durante y después de las obras, las intensas tormentas de verano y primavera y los deshielos súbitos (intensa lluvia sobre nieve existente) han incrementado de forma alarmante la erosión en los últimos 5 años, cuyos efectos principales son los siguientes:

1.- Aparición de *coladas de barro* sobre las pistas durante los deshielos y lluvias intensas (figura 2A). 2.- *Erosión laminar, en regueros y cárcavas* en las áreas de mayor pendiente. Los surcos llegaron a alcanzar profundidades de 1 m y anchuras de más de 1.5 m (figura 2B).
3.- Numerosos *conos de deyección* al pie de taludes o al final de las cárcavas (figura 2C). Todo tipo de arrastres se depositaban en distintos lugares de las pistas donde las pendientes eran más suaves.
4.- *Enturbiamiento de las aguas* por los sedimentos en suspensión, principalmente tras los eventos citados anteriormente.
5.- *Colmatación* de arquetas, drenes y canalizaciones.
6.- Generación de *desprendimientos de rocas y deslizamientos en los taludes* que interceptaban el flujo superficial y aumentaban la carga de sedimentos de las aguas.

Corrección y protección contra la erosión

Las medidas correctoras y protectoras llevadas a cabo fueron encaminadas principalmente a reducir la erosión, y entre ellas se pueden enumerar las siguientes:

1.- Construcción en todas las pistas de *zanjas colectoras transversales* (20 cm de profundidad y 30 cm de ancho) con pendientes comprendidas entre 3 y 10° que conducen de modo ordenado la escorrentía superficial generada hacia canales marginales; su densidad es directamente proporcional al valor de la pendiente (figura 2D).
2.- Construcción de *canales marginales* en los laterales de las pistas (figura 2F).
3.- Emplazamiento de *sumideros laterales* adecuadamente dimensionados y con un sistema de enrejado que detenga los aportes sólidos.
4.- *Protección artificial de tramos de taludes vulnerables*, así como de los puntos de confluencia de los barrancos.
5.- Protección adecuada de los taludes escarpados a fin de evitar su erosión por arroyada y el inicio de procesos de erosión remontante.
6.- *Drenaje de taludes* inestables mediante sondeos horizontales de pequeño diámetro.
7.- *Regeneración de la cobertera vegetal* (figura 2E) en todo el área afectada, con objeto de reducir la erosión en el futuro y devolver al paisaje su estado natural.

Discusión

Se puede observar que, después de cinco años de la finalización de las obras, las medidas puestas en práctica han mantenido las propiedades físicas del medio y disminuido las tasas de erosión. En este sentido, es necesario mencionar el gran esfuerzo realizado para la regeneración de la cubierta vegetal, siendo plantadas unas 160 ha de terreno con especies autóctonas. Esto va a constituir la clave imprescindible para frenar la erosión y recuperar el equilibrio del medio, que se establecerá en un período de tiempo no inferior a 10 años.

El seguimiento sistemático de la eficacia de las medidas correctoras ha permitido deducir que los procesos erosivos -acelerados por las obras realizadas- actúan a manera de impulsos, de forma que existe un umbral en las precipitaciones

que hace aumentar notablemente el poder de arrastre; lluvias de intensidad comprendidas entre 10 y 20 mm/h pueden llegar a provocar auténticos desastres, especialmente si éstas tienen lugar en período de deshielo.

También se ha constatado que tras cada deshielo se reducen los riegos de coladas de barro como consecuencia de la disminución de la fracción fina que quedó en la superficie tras los grandes movimientos de tierra; la ocupación de la superficie por lajas -como proceso resultante de la eliminación de los finos- termina reduciendo o eliminando la erosión en las nuevas pistas.

Agradecimientos

A CETURSA, por las facilidades dadas en la elaboración de este artículo.

Referencias

Gisbert, J. (2000). Tesis de Doctorado. Univ. Granada. 310 p.

Gisbert, J., Pulido Bosch, A. y Al Alwani, G. (1998). Proc. 3rd International Workshop. Münchner Geol. Hefte B8: 29-34.

Puga, E. y Díaz de Federico, A. (1978). Proc. Reun. Geod. Cord. Béticas y Mar de Alborán: 79-112.

Pulido Bosch, A., Gisbert, J. y Al Alwani, G. (1997). Human Impact in Erosion and Sedimentation. IAHS Publ. nº 245: 49-56. UK.

Rodríguez, F. (1985). Inst. Desarrollo Regional-Granada Univ. Granada.

Simón, M., García, I., Iriarte, A., Barahona, E. y Guardiola, J.L. (1996). Proc. 1st Inter. Conf. Sierra Nevada. Vol. II: 75-86.