

## EROSIÓN EN CAUCES AFECTADOS POR OBRAS DE CORRECCIÓN HIDROLÓGICA (CUENCA DEL RÍO QUÍPAR, MURCIA)

*F. Belmonte Serrato\**, *A. Romero Díaz\** y *M. Martínez Lloris\**  
Universidad de Murcia

### RESUMEN

Se presenta un estudio sobre las consecuencias erosivas en los cauces, aguas abajo de los diques de retención de sedimentos, como consecuencia de la ruptura de pendiente que estos provocan. Se evalúa el volumen de sedimentos erosionados en los cauces a consecuencia de este proceso y se trata de determinar su importancia en la disminución de la vida útil de los diques. La longitud de los tramos encajados por erosión, aguas abajo de los diques en los cauces estudiados, oscila entre 50 y 150 m desde el pie del dique. Se ha calculado que los sedimentos evacuados en estos tramos suponen entre un 10% y un 15% de los depósitos acumulados en los diques situados más abajo, llegando en algún caso, al 50%.

**Palabras clave:** Obras de corrección hidrológica, diques de retención de sedimentos, erosión, cauces, sedimentos, vida útil, Sureste de España.

### ABSTRACT

This paper studies the erosive consequences in the river channels, downstream the sediment retention dikes, as a consequence of the slope modification that these provoke. The volume of erosive sediments in the river channels as consequence of this process is evaluated and the importance of the decreasing useful life in the dikes is tried to be determined. The length of the sections inserted by erosion, downstream the sediment retention dikes studied, has a range between 50-150 m from the dikes foot. The sediments evacuated in these sections have been calculated giving a result between 10-50% of the accumulated deposits in the dikes situated downstream, reaching in some cases the 50%.

**Key word:** Hydrological correction works, sediments accumulated dikes, erosion, river channels, sediments, useful life, Southeast of Spain.

---

Fecha de recepción: 26 de octubre de 2005. Fecha de aceptación: 10 de noviembre de 2005.

\* Departamento de Geografía. Facultad de Letras. Universidad de Murcia. Campus de La Merced, 30001 MURCIA (España). E-mail: franbel@um.es

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La construcción de diques de retención de sedimentos, como elementos de corrección hidrológica, en especial en cuencas de gran aporte de sedimentos a los embalses, son unas construcciones bastante usuales en España (Romero Díaz, *et al*, 2004a). No obstante, estos trabajos se hacen especialmente necesarios en zonas semiáridas, debido al grado de degradación de la cubierta vegetal y la torrencialidad de las precipitaciones, que las convierte en áreas gravemente afectas por procesos erosivos. En la cuenca del Segura, se estima que el número de estas construcciones supera los dos millares. Tan solo dos subcuencas vertientes a los embalse de Puentes y de Alfonso XIII contabilizan mas de 1.300 diques (Sánchez Fuster, 1996).

El objetivo principal de la construcción de los diques transversales a los cauces, en las cuencas vertientes a los embalses, es controlar y disminuir el aporte de sólidos. Tras su instalación, se estabilizan las laderas, se retienen los acarreo, se disminuye la velocidad del agua, y por tanto su capacidad erosiva, reduciéndose de este modo la cantidad de elementos sólidos que llegan a los embalses, retrasando así su aterramiento paulatino (Romero Díaz *et al*, 2004b).

En ocasiones, y debido a la urgente necesidad de frenar o disminuir los efectos sobre los embalses de los procesos erosivos, estos trabajos se realizaron, casi siempre, sin llevar a cabo estudios prospectivos de las consecuencias hidrogeológicas, geomorfológicas o erosivas, que dichos trabajos podrían tener en los cauces y en su entorno inmediato, y, mucho menos, estudios del impacto ambiental generado por los trabajos necesarios para la construcción de dichos diques.

En la cuenca que aquí se estudia, la del río Quípar, los primeros trabajos de construcción de diques se realizaron por la Confederación Hidrográfica del Segura en 1962. En este proyecto, de corrección hidrológica y forestal, se realizan trabajos en 40 ramblas y barrancos, construyéndose 349 diques y un gran número de albarradas de piedra en seco. En esta época, los estudios de impacto ambiental no eran obligatorios, por tanto, los trabajos se lleva a cabo sin estudios previos de impacto ambiental.

En 1996 (CHS, 1992), un nuevo proyecto para la misma cuenca, repara 58 diques, recrece 101 de los anteriormente construidos (que se encontraban colmatados) y construye 76 diques nuevos. En este caso, el proyecto correspondiente si va acompañado de un Estudio de Impacto Ambiental, aunque en el mismo, se resalta la no obligatoriedad de su elaboración, en cuanto a la construcción de los diques, basándose en el Real Decreto Ley 1302/86 de 28 de Junio.

Las investigaciones que desde hace algunos años se vienen realizando sobre cuencas afectadas por trabajos de corrección hidrológica (García Ruíz y Puigdefábregas, 1985; Martínez Castroviejo *et al.*, 1990; Brandt, 2000; Conesa García *et al.*, 2004), han puesto de manifiesto que la consecuencia primera de la construcción de diques transversales a los cauces es la ruptura de la pendiente de equilibrio del cauce, como resultado del progresivo cambio de nivel de base local, a medida que va aumentando la altura de la cuña de sedimentos. Esa búsqueda del nuevo perfil de equilibrio se prolonga durante todo el tiempo de vida útil del dique, ya que mientras el dique va acumulando sedimentos, produce un cambio continuo del nivel de base local. Esto se traduce en que la disminución de la

pendiente del cauce en el área de la cuña de sedimentos, provoca una erosión o incisión en el cauce aguas abajo del dique (figura 1) que se continua centenares de metros hasta llegar incluso a la cuña de sedimentos del dique situado más abajo.

Como en un mismo cauce suelen construirse varios diques, evidentemente, los sedimentos evacuados por erosión en el cauce acaban contribuyendo al aterramiento del dique situado más abajo y, en consecuencia, disminuyendo su vida útil. Evaluar el volumen de sedimentos erosionados en los cauces a consecuencia de este proceso y determinar su importancia en la disminución de la vida útil de los diques es el objetivo de este trabajo.



FIGURA 1

Situación de un dique de retención de sedimentos con indicación de las áreas de sedimentación y erosión. Nótese que la magnitud de la incisión del cauce aguas abajo está propiciando la ruptura de la propia obra.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Quípar con una superficie de 826.4 km<sup>2</sup>, es afluente del río Segura por su margen derecha y se sitúa en el centro occidental de la Región de Murcia (figura 2).

Su altitud va de los 200 a los 1.900 m, si bien, el 50% de su superficie se sitúa por encima de los 800 m. Las calizas y dolomías dominan la parte alta de la cuenca, mientras

que la parte media y baja está caracterizada por una gran variedad litológica en donde aparecen calizas, margas, margocalizas, margas yesíferas, yesos, arenas, areniscas, y formaciones cuaternarias. Los suelos predominantes, desarrollados sobre esas litologías son diferentes tipos de regosoles, leptosoles, calcisoles y fluvisoles.

La vegetación está constituida principalmente por bosques de coníferas xerófilas de *Pinus halepensis*, y diversos matorrales de distintos porte como: coscojares, enebrares, romerales, garrigas, albadales, espartizales y tomillares. La protección del suelo por la vegetación suele ser menor en los suelos que más lo necesitan, como son los suelos de litología margosa, en los cuales la vegetación suele estar constituida por matorrales de escaso porte y baja densidad.

La precipitación media anual es de 287 mm en la parte baja de la cuenca y en torno a los 400 mm en cabecera, con una elevada irregularidad interanual. Las temperaturas medias anuales varían entre los 12 y los 16 °C. Según la clasificación de Turc, toda la cuenca posee un clima semiárido.

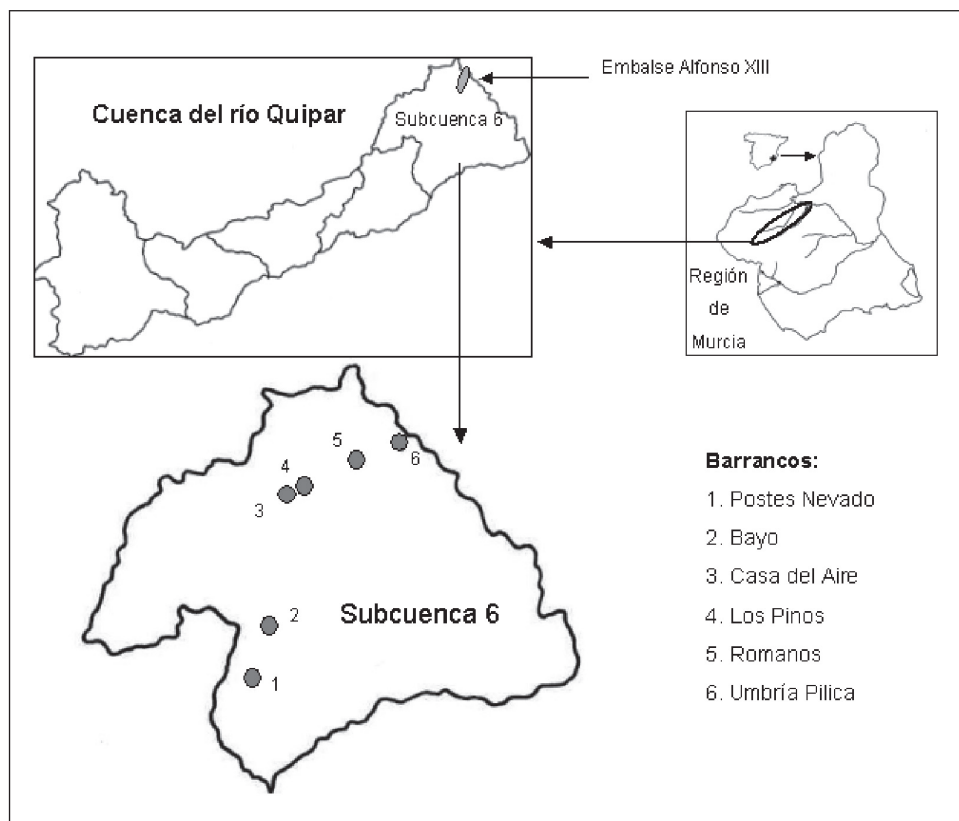


FIGURA 2

Localización de la cuenca del río Quípar, la subcuenca seis y los barrancos sobre los que se ha realizado el estudio.

### 3. METODOLOGÍA

El trabajo se ha llevado a cabo en seis barrancos de la subcuenca 6 (ver figura 2), la más cercana al embalse y la que tiene un mayor número de diques.

En estos barrancos se ha medido, aguas abajo de cada dique, la longitud del tramo modificado por erosión en el cauce a consecuencia de la ruptura de pendiente que supone la construcción de un dique transversal al cauce. La identificación de estos tramos ha sido posible gracias a la presencia de depósitos laterales (pequeñas terrazas), correspondientes al nivel de base anterior a la construcción del dique (figura 3). En algún caso, en tramos estrechos, la erosión ha afectado a toda la sección transversal, de modo que no se han podido identificar los depósitos del nivel de base anterior, por lo que estos diques no se han tenido en cuenta.

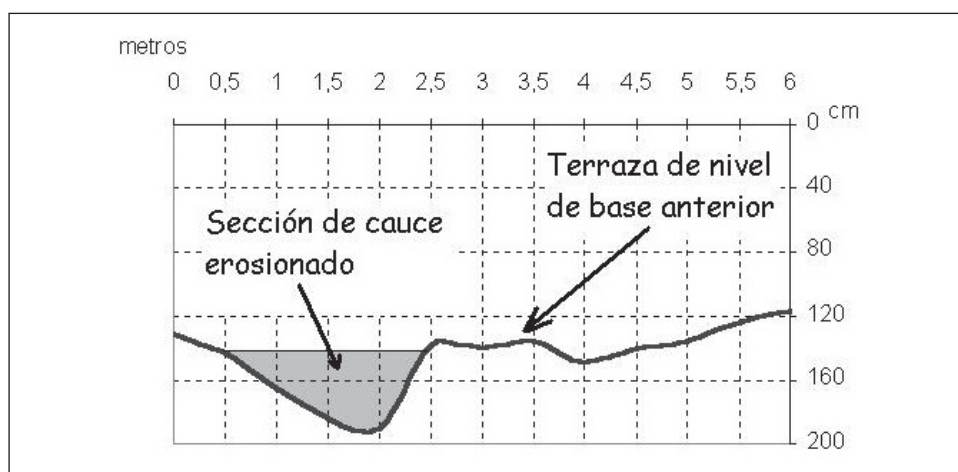


FIGURA 3

Sección de cauce erosionado aguas abajo y nivel de base anterior a la construcción de un dique en el barranco de Los Romanos. El transecto se encuentra a 35 m aguas abajo del dique, y el 0 corresponde al nivel de la base del mismo.

Tras la medida del tramo modificado se realizaron tres perfiles transversales, en el inicio, en la mitad y al final de cada tramo. Los perfiles se nivelaron tomando como base la del propio dique, que aproximadamente se corresponde con el nivel de base en ese punto del cauce antes de construirse el dique.

Los perfiles se realizan colocando dos varillas metálicas, una a cada lado del cauce, en las que se instala una marca que corresponde con el nivel de la base del dique, y a la que se le da el valor cero. Después entre ambas varillas se tensa una cuerda en la que previamente se han colocado marcas longitudinales cada 50 cm, y por último se mide la longitud vertical entre cada marca longitudinal y el suelo (figura 4). De este modo, se obtiene una sección transversal del cauce con resolución de 50 cm. (la resolución puede variar en función de la precisión con la que se quiera obtener la sección transversal).

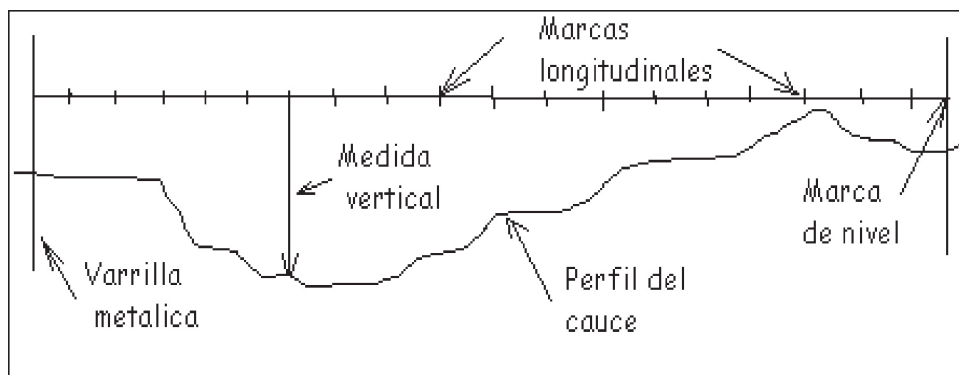


FIGURA 4

Esquema del procedimiento de obtención del perfil de un cauce.

La sección media de vaciado obtenida de los tres perfiles por la longitud del tramo modificado, proporciona un volumen muy aproximado de los sedimentos exportados por erosión en el cauce aguas abajo de cada dique.

Al mismo tiempo se ha medido la superficie de la cuña de sedimentos de cada dique y se ha estimado el volumen de los mismos según la forma geométrica más adecuada para su cálculo (Hernández Laguna *et al*, 2004). El objetivo de esta medida es comparar el volumen de sedimentos contenidos en los diques con aquellos exportados por erosión aguas arriba, que limitan la capacidad del dique.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Sedimentos en los diques

En los barrancos estudiados se han seleccionado un total de 57 diques no colmatados y todos con los mismos años de funcionamiento. Los sedimentos acumulados en conjunto ascienden a 69.140 m<sup>3</sup> (tabla 1), para una superficie total de 3.042 ha. Aunque, separadamente, no se aprecia ninguna relación entre el tamaño de cuenca y los sedimentos retenidos, y esto se debe a la enorme disparidad entre la gran cantidad de sedimentos retenidos en los 19 diques del barranco de Los Romanos y los retenidos en el barranco Postes del Nevado que cuenta con una superficie de cuenca tres veces superior. Ni siquiera la relación entre el número de hectáreas por dique y los sedimentos acumulados resulta significativa. Sin embargo, si se observa una relación muy significativa entre el volumen de sedimentos acumulados y el número de diques existente en cada barranco (figura 5). Esta relación, lógica por otra parte, no dice nada respecto a la producción de sedimentos en los barrancos. Únicamente indica que la cantidad de sedimentos contenida en los diques es muy similar en todos ellos, y puesto que todos tienen el mismo periodo de funcionamiento, puede decirse que la tasa de acumulación es también muy parecida.

TABLA 1

Características de los barrancos estudiados y sedimentos acumulados en el conjunto de los diques de cada barranco

Barrancos	Tamaño cuenca (ha)	Nº diques	Años funciona.	Años para colmatarse	Sedimentos (m <sup>3</sup> )
<b>P. del Nevado</b>	1860	17	41	6	23847.4
<b>El Bayo</b>	427	5	41	20	3818.7
<b>Casa del Aire</b>	50	7	41	17	2634.9
<b>Los Pinos</b>	53	4	41	15	2322.0
<b>Los Romanos</b>	593	19	41	30	30557.9
<b>La Pilica</b>	59	5	41	14	5959.3
<b>Total</b>	3042	57	41	17	69140.2

Esto nos hace pensar que puesto que la acumulación de sedimentos en los diques no tiene relación con el tamaño de la cuenca, al menos parte de estos sedimentos tienen que tener una procedencia más localizada en el entorno de cada dique. Presumiblemente el área de cauce comprendida entre un dique y el siguiente aguas arriba. Es decir, parte de los sedimentos en los diques proceden de la erosión que se produce en el cauce aguas abajo de cada dique.

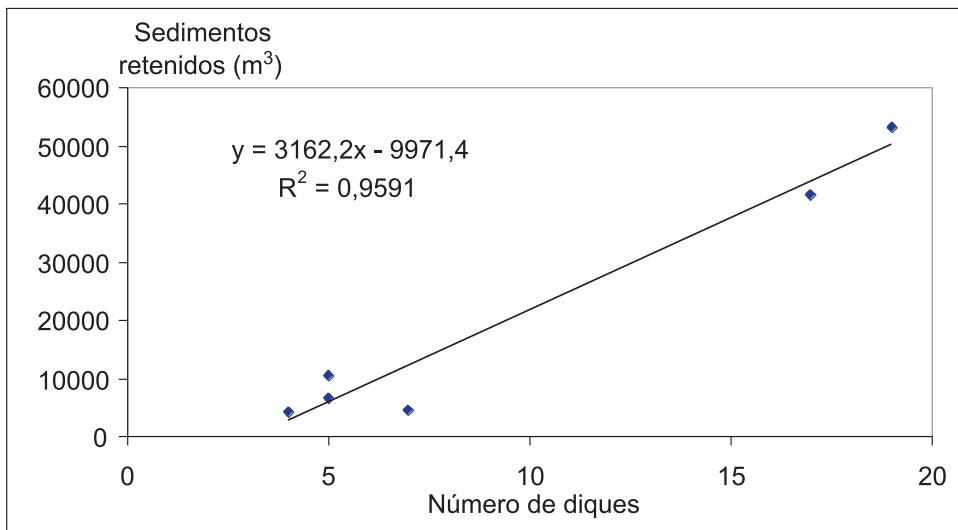


FIGURA 5

Relación entre el número de diques y los sedimentos retenidos en cada barranco.

#### 4.2. Erosión en los cauces

Efectivamente, la erosión en el cauce aguas abajo de los diques es, en todos los tramos estudiados, bastante importante y en muchos, constituyen la causa de la rotura del propio dique por descalzamiento de la base de hormigón, como se aprecia en el ejemplo de la figura 6, dónde la incisión alcanza ya los 65 cm de profundidad y amenaza la estabilidad de la base del dique.

En la tabla 2 se recogen la longitud media de los tramos erosionados en cada barranco que oscila entre los 100 y los 200 m, la sección media comprendida entre 1 y 1.5 m<sup>2</sup>, los m<sup>3</sup> de sedimentos evacuados en los tramos modificados de cada barranco y el porcentaje de este respecto al total de sedimentos retenidos en los diques.



FIGURA 6

Incisión en el cauce aguas abajo de un dique en el barranco de Los postes del Nevado amenazando la estabilidad de la base del dique.



TABLA 2

Parámetros medios de los tramos erosionados, volumen de suelo erosionado en el conjunto de tramos de cada barranco y porcentaje respecto al total retenido por los diques

Barrancos	Long. media tramo erosionado (m)	Sección media (m <sup>2</sup> )	Sedimentos evacuados (m <sup>3</sup> )	% respecto al suelo retenido
<b>P. del Nevado</b>	152	1.5	3876	16.3
<b>El Bayo</b>	135	1	675	17.7
<b>Casa del Aire</b>	105	1.4	1029	39.1
<b>Los Pinos</b>	130	1.2	624	26.9
<b>Los Romanos</b>	198	1.6	6019.2	19.7
<b>La Pilica</b>	115	1.3	745.5	12.5
<b>Total /media</b>	139.2	1.3	10576.7	15.3

La aportación de los sedimentos evacuados en los tramos modificados aguas abajo de los diques al volumen de sedimentos retenidos es bastante importante. En el caso del barranco de la Casa del Aire, los sedimentos aportados por la erosión aguas abajo alcanzan casi el 40% de los depositados en los diques. En el barranco de Los Pinos suponen un 27% y en el resto oscilan entre el 12% y el 20%. La media para el conjunto de los barrancos estudiados es del 15%.

Esto significa que en la evaluación de la erosión natural en los barrancos afectados por obras de corrección hidrológica, usando como indicadores lo sedimentos retenidos en los diques, deben tenerse en cuenta los sedimentos evacuados del cauce aguas abajo de los diques generados por la ruptura de pendiente derivada de la construcción de dichas obras.

De hecho, si descontamos esta aportación de sedimentos suplementarios (no naturales), la relación entre los sedimentos restantes retenidos en los diques y el tamaño de la cuenca resulta mucho más significativa (figura 7).

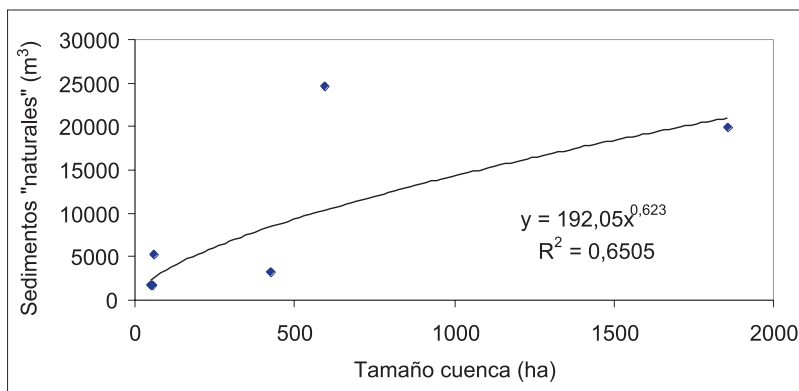


FIGURA 7

Relación entre el tamaño de la cuenca y los sedimentos «naturales» retenidos en los diques.

Evidentemente los sedimentos (no provocados por erosión de los tramos modificados), que se acumulan en los diques, no sólo tienen relación con el tamaño de la cuenca, otros parámetros como la pendiente, la litología, o el tipo y porcentaje de cubierta vegetal, son básicos en esta aportación.

#### 4.3. Erosión en los cauces en relación a los parámetros dimensionales de los tramos modificados

Se ha encontrado una relación bastante significativa entre el volumen de sedimentos evacuados por erosión en el cauce aguas abajo de los diques y la longitud y sección media de los tramos modificados.

En el caso de la longitud de los tramos (figura 8), el mejor nivel de significación se obtiene mediante un ajuste lineal ( $R^2 = 0.87$ ), aunque hay que resaltar que el número de puntos es escaso para dar validez estadística, y de hecho si se considera el intervalo de longitud de entre 100 y 150 m, el nivel de significación es muy pequeño, por lo que se hace necesario completar el muestreo con valores de longitud por encima de 150 m, e incluso por debajo de 100.

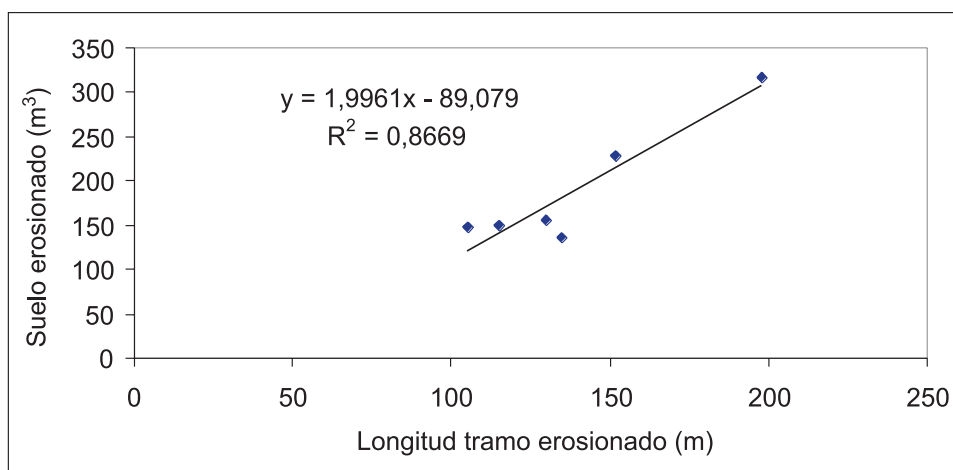


FIGURA 8

Relación entre la longitud del tramo modificado y el volumen de suelo erosionado en m<sup>3</sup>

En cuanto a la relación entre la sección media de los tramos modificados y el volumen de suelo movilizado (figura 9), el nivel de significación ( $R^2 = 0.64$ ), aunque relativamente bajo, permite constatar una relación que puede mejorar aumentando el número de puntos de muestreo.

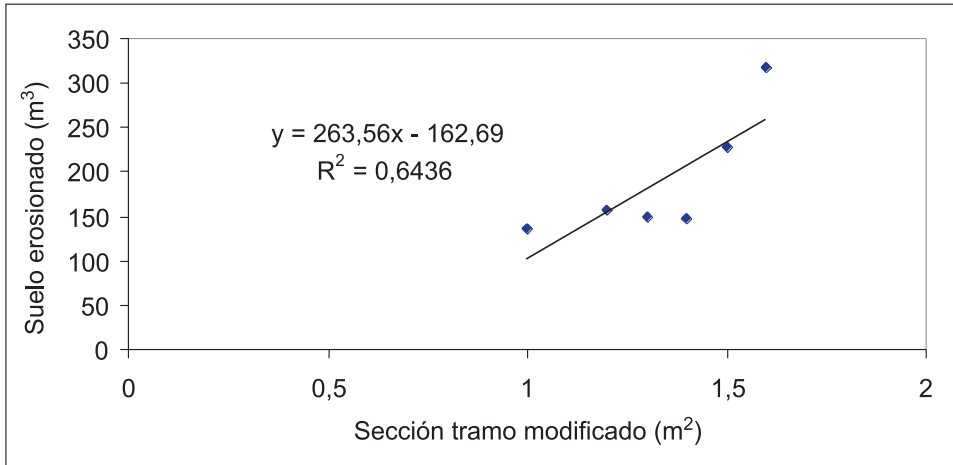


FIGURA 9

Relación entre la sección media del tramo modificado y el volumen de suelo erosionado en m<sup>3</sup>

## 5. CONCLUSIONES

El volumen de sedimentos acumulados en los 41 años de funcionamiento de los 57 diques estudiados asciende en conjunto a 70.000 m<sup>3</sup>, aún así, los diques no se han colmatado, y los cálculos estiman una prolongación de la vida útil de entre 6 y 30 años.

En un primer análisis, el volumen de sedimentos acumulados en los diques de cada cuenca está directamente relacionado con el número de diques construidos en cada una de ellas, y no se aprecia una relación significativa entre esos sedimentos y el tamaño de las cuencas. Por ello, la acumulación de sedimentos en los diques no nos sirve como indicador de la tasa de erosión en esas cuencas.

Aguas abajo de los diques, se aprecia una incisión en todos los cauces estudiados como consecuencia de la ruptura de pendiente que provocan en el cauce y el establecimiento de varios niveles de base locales en cada barranco.

La longitud media de los tramos incididos o erosionados se sitúa en 140 m desde la base de cada dique, con un intervalo de longitudes de entre 100 y 200 m. La sección media en esos mismos tramos es de 1.3 m<sup>2</sup>

En el conjunto de los barrancos estudiados, el volumen de sedimentos evacuados en esos tramos erosionados alcanza los 10.600 m<sup>3</sup>, y puesto que los sedimentos evacuados en el cauce se acumulan en la cuña de sedimentos del dique situado más abajo, esto significa que el 15% de los sedimentos retenidos por los diques proceden de la erosión en los cauces provocada por la propia construcción de los diques.

En cuatro de los seis barrancos, ese porcentaje oscila entre el 12 y el 18%, pero en el barranco de Los Pinos alcanza el 27% y en el barranco Casa del Aire suponen el 39%. Esto significa que gran parte de la capacidad de los diques debe emplearse en retener la erosión ocasionada por la propia construcción de estas obras transversales a los barrancos.

Eliminando esta aportación de sedimentos suplementarios «no natural», la relación entre el volumen de sedimentos retenidos por los diques y el tamaño de las cuencas si aparece ya como aceptablemente significativa. Es decir, el uso del volumen de sedimentos retenidos en los diques como indicador de la erosión natural, en las cuencas afectadas por obras de restauración hidrológico forestal, debe tener en cuenta el porcentaje de sedimentos provocados por erosión en el cauce a consecuencia de la construcción de los diques.

Se han encontrado relaciones significativas entre el volumen de suelo erosionado en los cauces y la longitud y la sección de los tramos modificados. Estas relaciones pueden resultar útiles en el futuro para el cálculo del suelo evacuado por incisión en cárcavas o barrancos, pero es necesario que se completen con un mayor número de muestras en diferentes ambientes.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación REN2002-03426/HID, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, y fondos FEDER. A ellos nuestro agradecimiento.

## 7. REFERENCIAS

- ALONSO SARRÍA, F., BELMONTE SERRATO, F., MARÍN SANLEANDRO, P., MARTÍNEZ LLORIS, M. ORTIZ SILLA, R., RODRÍGUEZ ESTRELLA, T., ROMERO DÍAZ, A. y SÁNCHEZ TORIBIO, M.I. (2003): «La función de los diques de retención de sedimentos y su relación con las características litológicas de sus cuencas. Cuenca del río Quípar, Región de Murcia». En R. Bienes y M.J. Marqués (Eds.) *Perspectivas de la degradación del suelo*. Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria. Madrid, 527-531.
- BRANDT, S.A. (2000): Classification of geomorphological effects downstream o dams. *Catena*, 40: 375-401.
- CONESA GARCÍA, C., BELMONTE SERATO, F. y GARCÍA LORENZO, R. (2004): Efectos de los diques de corrección hidrológico-forestal en la competencia y estabilidad de corrientes efímeras. Aplicación a la cuenca de la rambla de la Torrecilla (Murcia). En: *Territorio y medio Ambiente: Métodos cuantitativos y Técnicas de Información Geográfica*. C. Conesa García y J.B. Martínez Guevara (eds.). 69-83. Murcia.
- GARCÍA RUIZ, J.M. y PUIGDEFÁBREGAS, J. (1985): Efectos de la construcción de pequeñas presas en cauces anastomosados del Pirineo Central. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. 11: 91-102.
- HERNÁNDEZ LAGUNA, E., MARTÍNEZ LLORIS, M. & ROMERO DÍAZ, A. (2004): Determinación del volumen de sedimentos retenidos en diques de corrección hidrológica. *VIII Reunión Nacional de Geomorfología*. Toledo. Publicado en G. Benito & A. Díez Herrero (Eds.), *Riesgos Naturales y Antrópicos, en Geomorfología*. SEG y CSIC, Vol 1, 201-210.

- MARTÍNEZ CASTROVIEJO, R., INVAR., M., GÓMEZ-VILLAR, A. y GARCÍA RUIZ, J.M. (1990): Cambios en el cauce aguas debajo de una presa de retención de sedimentos. En: *Actas de la I Reunión Nacional de Geomorfología*. 457-468. Teruel.
- MARTÍNEZ LLORIS, M., ROMERO DÍAZ, A. y ALONSO SARRÍA, F. (2001): Respuesta erosiva de cuencas, corregidas mediante diques de retención de sedimentos, ante lluvias de alta intensidad. Cuenca del río Quípar, Sureste de España. *Papeles de Geografía*, 34: 191-203.
- ROMERO DÍAZ, A., MARTÍNEZ LLORIS, M., BELMONTE SERRATO, F. y HERNÁNDEZ LAGUNA, E. (2004a): La cuenca del río Quípar (Región de Murcia): una cuenca modelo para el estudio de utilidad de los diques de retención de sedimentos en el control de la erosión y en la recarga de acuíferos. *NIMBUS*, 11-12: 89-105
- ROMERO DÍAZ, A., MARTÍNEZ LLORIS, M., BELMONTE SERRATO, F. (2004b): The construction of dikes of hydrological correction as policy to retain the erosion and to avoid the silting up of dams in the Segura basin (Spain). En A. Faz, R. Ortiz & G. García (Eds), *Fourth International Conference on Land Degradation*. Topic 7: 646-651.
- SÁNCHEZ FUSTER, M.C. (1996): Actions des organismes publics tenant de freiner la perte de sol dans le bassin du Segura, Murcia (Espagne). En F. LÓPEZ BERMÚDEZ y P. GOGNON (Eds.) *Erosion hydrique, desertification et aménagement dans l'environnement Méditerranéen semi-aride*. Universidad de Murcia.

