

# LA CUENCA DEL RÍO QUIPAR (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 ACUIFEROS

*A. Romero Díaz, M. Martínez Lloris, F. Belmonte Serrato, E. Hernández Laguna  
Universidad de Murcia*

## RESUMEN

Se presenta un estudio de las características y de los elementos que dotan a la cuenca del río Quipar, situada en el Noroeste de la Región de Murcia, como una cuenca apta para el estudio de la función de los diques de retención de sedimentos en el control de la erosión y en la posibilidad de recarga de acuíferos en ambientes semiáridos. La cuenca del Quipar de 826 km<sup>2</sup> de superficie, posee una elevada degradación específica y aporta una gran cantidad de sedimentos al embalse construido en su desembocadura, antes de la confluencia con el río Segura. Por esta razón, en esta cuenca, la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) ha construido 425 diques, realizados en dos proyectos diferentes (1962 y 1996). La cuenca del río Quipar de variada litología, tipos y usos del suelo, topografía, y características climáticas, constituye un pequeño laboratorio en donde poder estudiar la eficacia de estas obras de hidrotécnica, tanto en el control de la erosión como en la recarga de acuíferos. Se analizan de manera preliminar la tipología, estado de los diques y nivel de colmatación; y de igual modo se realiza un análisis estadístico de algunas de las variables obtenidas en el campo.

**Palabras clave:** Diques, erosión, sedimentación, recarga de acuíferos, Región de Murcia.

## ABSTRACT

It is presented a study of the characteristics and of the elements that endow to the basin of the Quipar river, located in the Northwest of the Region of Murcia, as an able basin for the study of the function of the dikes of retention of sediments in the control of the erosion and in the possibility of recharge of aquifers in semi-arid environments. The Quipar basin of 826 km<sup>2</sup> of surface, have a high specific

degradation and provides a whole slew of sediments to the dam built in his outlet, before the confluence with the Segura river. For this reason, in this basin, the CHS has built 425 dikes, building in two different projects (1962 and 1996). The basin of the Quipar river of assorted lithology, types and uses of the soil, topography, and climatic characteristics, constitutes a small laboratory in which be able to study the efficiency of these constructions, in the control of the erosion as well as in the recharge of aquifers. They are analysed of preliminary way the typology, state of the dikes and filling level; and of equal manner is accomplished a statistic analysis of some of the variables obtained in the field.

**Key word:** Dikes, erosion, sedimentation, aquifer recharge, Region of Murcia.

## INTRODUCCIÓN

Los 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 (Martínez de Azagra et al., 2002). 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 embalses de Puentes y de Alfonso XIII, contabilizan mas de 1.300 diques (Sánchez Fuster, 1996). Simplemente el costo que supone la construcción de este elevadísimo numero de diques, justificaría un estudio de idoneidad de estas obras de hidrotécnia.

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 acarrees, 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, y que produce su aterramiento paulatino.

En los “Proyectos de corrección hidrológico forestal”, en donde se suelen enmarcan estas obras de hidrotecnia, no siempre se realiza la segunda parte, es decir, la repoblación forestal. La función principal de los diques es estabilizar los cauces y reducir los sedimentos que llegarían al embalse, hasta que esta vegetación tenga el suficiente porte, como para poder proteger el suelo. Sin embargo, si la estabilización del suelo por la vegetación no se produce (al no haberse realizado las repoblaciones), los diques terminan aterrándose, la erosión no se reduce, los diques ya no sirven para nada y a los embalses llegan todos los sedimentos arrastrados. En este caso, con la construcción de los diques sólo se ha conseguido el retraso de unos cuantos años en la llegada de sedimentos a los embalses.

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. Ahora,

transcurrido un tiempo más que suficiente (más de 40 o 50 años en algunas cuencas) desde el inicio de estas actuaciones, repartidas por toda España, se han realizado diversos estudios referidos a: los efectos que los diques producen en la corrección de torrentes (López Cadenas, 1988), en la morfología de los cauces aguas abajo de las presas (García Ruiz & Puigdefabregas, 1985; Arnaez Vadillo & Gómez Villar, 1990; Martínez Castroviejo et al., 1990), su utilidad sobre los efectos hidrológicos y geomorfológicos (Armas, et al., 1998; Castillo Sánchez, et al., 2002), la influencia de la litología en la sedimentación de los diques (Martínez Lloris et al., 2001; Alonso Sarriá et al., 2003), la contribución de los diques en la recarga de acuíferos (Pulido Bosch et al., 1993, 1994; Rodríguez Estrella, 1994), y trabajos de inventariación del estado de algunos diques en un pequeño sector de la cuenca del río Duero (Martínez de Azagra, et al., 2002).

Evidentemente, para alcanzar un conocimiento suficiente y útil, sobre la función de los diques y sus consecuencias, es necesario el estudio de un número elevado de diques, situados en una gran variedad de ambientes. Para ello, se ha elegido la cuenca del río Quipar, (afluente del río Segura) que por la cantidad de diques construidos en ella y su gran variedad litológica y de usos del suelo, puede servir de modelo para este tipo de estudios.

En relación a la cuenca del Segura, la cuenca del río Quipar, es la segunda en importancia en aporte de sedimentos a su embalse y una de las de mayor degradación específica (Sanz Montero et al., 1998), estimada en 367 t/km<sup>2</sup>/año (3,67 t/ha/año). El embalse de Alfonso XIII, construido en su desembocadura, antes de la confluencia con el Segura, ha perdido gran parte de su capacidad, pasando de 42 Hm<sup>3</sup> en 1916 a 21,6 en 1976 (Romero Díaz, et al., 1992).

Ante la magnitud de los sedimentos aportados y la velocidad de colmatación del vaso, que dejaría inservible el embalse en pocos años, la Confederación Hidrográfica del Segura acomete en 1962 un proyecto de corrección hidrológica y forestal en el que se realizan trabajos en 40 ramblas y barrancos, construyendo 348 diques y un gran número de albardas de piedra en seco. En 1996 (CHS, 1992), un nuevo proyecto, repara 58 diques, recrece 101 y construye 77 diques nuevos, lo que supone un total de 425 diques construidos en el conjunto de la cuenca.

Este trabajo se enmarca en un amplio proyecto de investigación. Aquí tan solo se presentan las características principales de la cuenca, por las cuales se ha elegido para su estudio y algunos datos referidos a los elementos de estudio, los diques en ella construidos.

## 1. AREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Quipar con una superficie de 826.4 km<sup>2</sup>, es afluente del Segura por su margen derecha y se sitúa en el centro occidental de la Región de Murcia (figura 1).

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 por repoblaciones forestales de pino carrasco (*Pinus halepensis*) en el que aparecen dispersos ejemplares de encinas (*Quercus rotundifolia*) y un sotobosque en el que figuran arbustos típicos del matorral mediterráneo como enebros (*Juniperus oxicedrus*), sabinas (*Juniperus sabinia*), encina coscoja (*Quercus coccifera*), algunos maholetos (*Crataegus monogyna*), romero (*Rosmarinus officinalis*), jaras (*Cistus albidus*), esparto (*Stipa tenassissima*) y albardín (*Lygeum spartum*) entre diversas gramíneas. La cuña de sedimentos de los diques tiene características de humedal (criptohumedal) por retener agua y situarse en el cauce de los barrancos (incluso se ha observado la presencia de láminas de agua al pie de algunos escarpes situados en el cauce de los barrancos) por lo que aparecen plantas típicas de zonas húmedas como sauces (*Salix sp.*), taray (*Tamarix sp.*), juncos (*Juncus sp.*, *Scirpus sp.*), rosales silvestres (*Rosa, sp.*), zarzas (*Robur sp.*), y carrizos (*Phragmites communis*). Estas zonas húmedas constituyen refugios para la fauna en los rigurosos veranos y épocas de sequía. Todo esto hace de los diques, estructuras antrópicas conservadoras de biodiversidad.

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 (115 y 88 mm). Las temperaturas medias anuales varían entre los 12 y los 16 °C . Según la clasificación de Turc, toda la cuenca posee un clima semiárido.

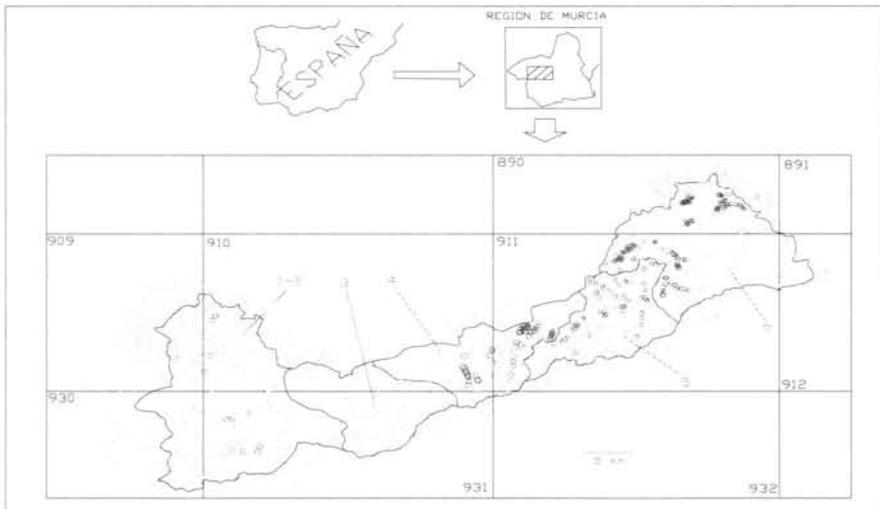


Figura 1: Localización de la cuenca del río Quipar y subcuencas delimitadas.

## 2. METODOLOGÍA

Para la realización de este estudio se hace necesario la caracterización física detallada de toda la cuenca, analizando los parámetros referidos a: topografía, geomorfología, litología, suelos, vegetación, usos del suelo, red de drenaje superficial, hidrogeología, elementos climáticos, etc. Se pretende poder relacionar todos estos parámetros con las características observadas en los diferentes diques.

La metodología utilizada es muy variada, a modo de resumen se puede esquematizar en:

- Análisis cartográfico. Explotación, análisis y estudio de las diferentes cartografías existentes. Elaboración de cartografía propia. Digitalización de diferentes mapas.
- Trabajo de campo. Localización y reconocimiento de diques. Instalación de elementos de medida, controles periódicos del nivel de sedimentación y estado de los diques.
- Muestreos de campo.
- Trabajo de laboratorio. Análisis de muestras de suelos, sedimentos y aguas.
- Elaboración de un Sistema de Información Geográfico y modelización.

Para el trabajo de campo de inventario y seguimiento de diques se ha elaborado una ficha, en donde se recogen datos de: identificación, localización, tipología, estado de la construcción, nivel de sedimentación, medidas de los controles instalados, tipo de vegetación en los alrededores y en la cuña de sedimentos, litología, presencia de agua y otras observaciones relevantes.

### 3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

Para facilitar el estudio de una cuenca con más de 800 Km<sup>2</sup>, esta se ha dividido en 6 subcuencas, numeradas por orden desde la cabecera hasta la desembocadura en el embalse de Alfonso XIII. La numeración adoptada es la utilizada por la CHS en el proyecto de 1996. Algunas de sus características figuran en la tabla 1.

Subcuenca número	Altitud Máxima (m)	Altitud mínima (m)	Altitud media (m)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Pendiente media (%)	Longitud cauces principales	Densidad de drenaje
1	1949	949	1235	110,6	15,7	49,1	0,44
2	1435	909	1101	169,9	8,4	34,1	0,20
3	1605	774	946	124,0	11,9	12,8	0,10
4	1147	460	784	114,3	13,1	72,5	0,63
5	1184	362	613	111,2	12,9	119,0	1,07
6	829	262	428	196,4	8,1	107,7	0,54
<b>Cuenca</b>	<b>1949</b>	<b>262</b>	<b>825</b>	<b>826,4</b>	<b>11,7</b>	<b>395,2</b>	<b>0,47</b>

Tabla 1: Características de las subcuencas del río Quipar. Fuente: CHS (1996)

#### 3.1. Relieve

Se trata de un área de relieve accidentado, que en dirección Suroeste, va desde el extremo Noroeste de la región (en los límites de Murcia con Granada y Almería), hasta el río Segura. En su cabecera se encuentran algunos de los picos de mayor altitud de la región, por el Norte: Revolcadores (2065 m), Los Odres (1877 m), El Calar Blanco (1678 m) y por el Sur, en la divisoria con las provincias de Granada y Almería, La Sierra de la Zarza (1500 m) y La Sierra Áspera (1200 m).

La altitud media es de 824.7 m pero es bastante irregular desde el punto de vista orográfico, como se aprecia en la curva hipsométrica representada en la figura 2.

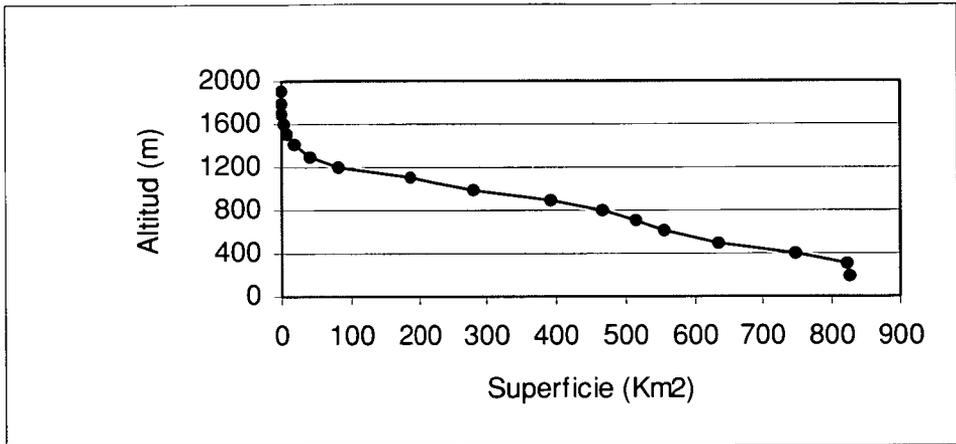


Figura 2: Curva hipsométrica de la cuenca del río Quipar.

Se trata de un territorio de pendientes apreciables: 16% en la cuenca 1 (cabecera), 9% en la cuenca 2, 12% en la 3, 13% en la cuenca 4 y 5 y 8% en la cuenca 6. Además, el alto índice de erosionabilidad de las litologías de margas y yesos, acentúa las pendientes a nivel local en las proximidades de los barrancos.

### 3.2. Litología y suelos

La variedad de litologías es muy amplia en todas las subcuencas (tabla 2), lo que permite disponer de un buen número de diques en cada una de ellas. Lo mismo sucede con la tipología de suelos, la variedad de tipos edáficos que se encuentran a lo largo de toda la cuenca (tabla 3), facilita poder hacer una caracterización de los diques en función de una gran gama de tipos de suelos.

Subcuenca	Litologías predominantes
1	Calizas y dolomías
2	Calizas, margas y formaciones cuaternarias
3	Calizas, margas, arenas y formaciones cuaternarias
4	Margas, margocalizas y calizas
5	Arenas, calizas y formaciones cuaternarias
6	Margas, margocalizas, margas yesíferas, yesos, areniscas y calizas.

Tabla 2: Litologías predominantes en las diferentes subcuencas.

Subcuenca	Tipos de suelos predominantes
1	Litosoles, Cambisoles cálcicos y petrocalcicos, Rendsinas órticas y áridicas, Regosoles margálicos y Xerosoles petrocálcicos.
2	Litosoles con Cambisoles cálcicos y petrocalcicos, Fluvisoles cálcicos, Regosoles calcáricos y Xerosoles petrocálcicos.
3	Litosoles con inclusiones de Xerosoles cálcicos y Cambisoles cálcicos, Xerosoles petrocálcicos, Fluvisoles y Regosoles calcáricos.
4	Litosoles con Xerosoles petrocálcicos, Cambisoles cálcicos, Regosoles margálicos y Fluvisoles calcáricos.
5	Cambisoles y Xerosoles calcicos, Xerosoles petrocálcico, Litosoles y Regosoles margálicos.
6	Litosoles, Xerosoles cálcicos, petrocálcicos y gípsicos, Fluvisoles calcáricos y Regosoles margálicos.

Tabla 3: Suelos predominantes en las diferentes subcuencas.

### 3.3. Red hidrográfica

La red de drenaje de la cuenca del río Quipar presenta una morfología de tipo dendrítico, típica de suelos desarrollados sobre rocas blandas, caracterizada porque sus tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos.

La mayor parte de los tributarios se localizan en la margen derecha, mientras que en la margen izquierda la mayoría de los afluentes están muy dispersos, son cortos y de bajo orden. Por otro lado, existen también zonas endorreicas, con cauces fluviales desconectados de la red principal, y que, en algún caso, se debe a la acción humana, como en el barranco del Bayo, donde la actividad minera ha aprovechado su parte baja para construir una balsa de lavado de mineral, dejando al resto del barranco sin conexión al cauce principal.

En una primera aproximación, se ha realizado un inventario de orden de corrientes, sobre un mapa a escala 1:100.000 (Strahler, 1964). El número total de cauces obtenido ha sido de 716 cauces, siendo el cauce principal de orden 5. Las densidades de drenaje a esta escala (tabla 1), como es lógico, son muy bajas, pero son ilustrativas en términos relativos. Se observa como la cuenca 5 es la que posee la mayor densidad, seguida de la cuenca 4 y la cuenca 6. No obstante, la mayor o menor densidad de drenaje de las cuencas, parece que no ha sido el criterio seguido para la construcción de los diques.

El número de barrancos o cauces en los que se ha hecho una regulación mediante diques de retención de sedimentos es de 103. Se dispone así de una amplia representación de cauces, para el análisis de la funcionalidad de los diques.

### 3.4. Cubierta vegetal y usos del suelo

La cobertura vegetal es un factor clave en la protección del suelo, ante los procesos de degradación y erosión. Por tanto, el análisis de la cubierta vegetal, tanto estable (cubiertas forestales) como variable (cultivos), se hace indispensable para entender la influencia de los procesos erosivos en la velocidad de colmatación de los diques, y por tanto, de su utilidad en el control de la erosión.

Para cubiertas variables (cultivos), en la cuenca se encuentran cultivos de secano herbáceo, cultivos de secano arbóreo y arbustivo, cultivos de secano herbáceo con arbolado, regadíos y campos temporalmente abandonados, en los que la posible instalación de una cubierta vegetal es sólo temporal.

En cuanto a vegetación permanente, existe también una gran variedad de tipos, fundamentalmente matorrales. En esta cuenca se encuentran abundantes *matorrales altos o subarbustivos* (coscojar, lentiscar, espinar, garriga alta y, sobre todo, repoblación reciente de pinos). Más abundantes son los *matorrales medios* (garriga degradada, erizal, sabinar negro, romeral, romero-albaidar, albaidar, atochar, romero-atochar y albaído-atochar) y *matorrales de talla baja* (bojar, tomillar, y lasto-matorrales bajos o rastreros). También se encuentran algunas zonas húmedas (dulces y saladas, con tarajal, sosar, cañaveral, cañotar, carrizal y junqueras), zonas salinas secas, yesares con cubierta baja donde pueden encontrarse matorrales gipsófilos claros. En algunos lugares pueden encontrarse también bosques relativamente densos de coníferas o repoblaciones antiguas de pino carrasco.

### 3.5. Climatología

En la cuenca y sus proximidades existen 19 estaciones meteorológicas que disponen de datos de precipitación, con series de años completos que van desde los 11 hasta los 52 años, y que permiten hacer una caracterización climática de la cuenca bastante aproximada.

Las precipitaciones anuales medias van desde los 529,3 mm a los 293,8 mm. La precipitación anual media es de 374 mm, sobrepasándose ese valor en 8 de las 14 estaciones, en tanto que otras 5 registran valores por encima de los 300 mm y sólo una no alcanza esa cantidad. En cualquier caso, estas precipitaciones medias esconden una gran variabilidad interanual y episódica, siendo frecuentes los episodios de carácter torrencial, que llegan a concentrar la mitad o más de la precipitación anual, como corresponde a un tipo de clima mediterráneo de carácter semiárido.

En cuanto a temperaturas, las estaciones próximas a la cuenca que disponen de datos de temperatura en años completos son 14, con series que van desde los 5 a los 22 años. En este caso, los valores de temperatura media anual, presentan grandes diferencias entre unas estaciones y otras, diferencia explicada por la variación de cota de 1700 m, entre la parte más baja y más elevada de la cuenca. Las temperaturas medias anuales pasan así, desde los 12,3 °C y 12,5 °C en las estaciones más elevadas, a los 19,1 °C. En cualquier caso, salvo estas tres estaciones con valores extremos, el resto queda comprendida en una franja que va desde los 14 °C a los 17 °C. El valor de temperatura media anual para el conjunto de la cuenca es de 15,5 °C.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de los diques

El total de diques construidos en la cuenca del río Quipar es de 425. De ellos, 348 se construyeron con el proyecto realizado en 1962 y 77 con el proyecto de 1996. Además, en este último proyecto se realizaron también trabajos de reparación y recrecido en 158 diques.

Por subcuencas, según se observa en la tabla 4, en las subcuencas 1-2-3 se han construido 13 diques (3% del total); en la subcuenca 4 existen 87 (20% del total); en la subcuenca 5, hay 112 (26% del total); y por último, en la subcuenca 6, la más cercana al Embalse de Alfonso XIII, se contabiliza el mayor número de diques construidos, 213 (51% del total).

Las obras de hidrotecnia son de dos tipos: gaviones y mampostería (figuras 3 y 4). Por su menor coste de construcción predominan los primeros, que representan el 91% de las obras (figura 5), pero se observa también como los diques de mampostería, sufren menos roturas y desperfectos.



Figura 3: Dique de cinco cuerpos de gaviones



Figura 4: Pequeño dique de mampostería

<b>PROYECTO DE 1962 y 1996</b>	<b>S. 1-2-3</b>	<b>S.4</b>	<b>S.5</b>	<b>S.6</b>	<b>Total</b>
Diques de gavión nuevos	10	13	13	25	61
Dique de mampostería nuevos	3	4	2	7	16
Diques de gavión reparados	0	11	18	27	56
Diques de mampostería reparados	0	2	0	0	2
Diques de gavión recrecidos	0	0	3	1	4
Diques de gavión reparados y recrecidos	0	20	16	60	96
Diques de gavión sin reparar (1962)	0	33	43	90	166
Diques de mampostería sin reparar (1962)	0	4	17	3	24
<b>Total diques</b>	<b>13</b>	<b>87</b>	<b>112</b>	<b>213</b>	<b>425</b>

Tabla 4: Diques construidos por subcuencas y obras realizadas en ellos.

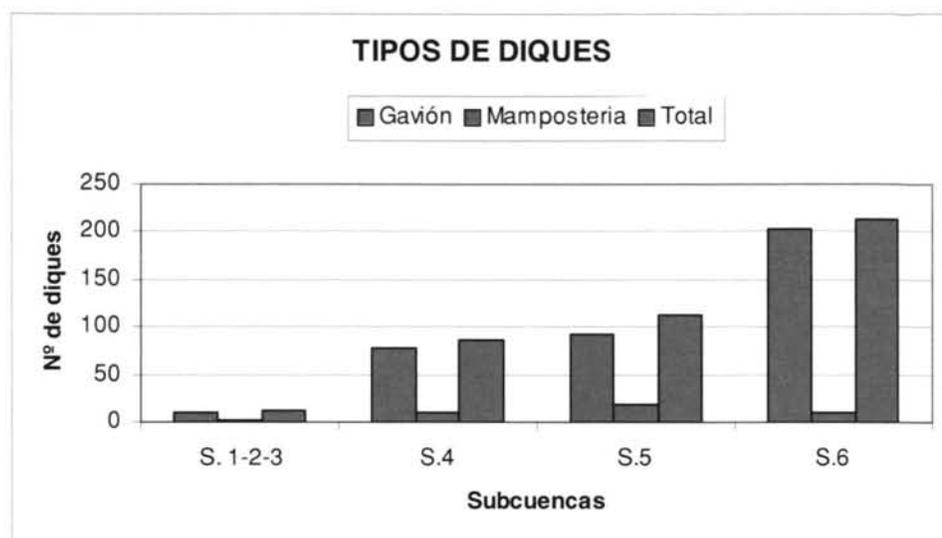


Figura 5: Diques construidos por subcuencas

Mediante trabajo de campo se ha constatado el estado actual de los diques, y se han establecido tres categorías:

1. *Diques funcionales*. Son aquellos que cumplen la función principal para la que fueron construidos, es decir, retener sedimentos y laminar caudales punta de avenidas.
2. *Diques colmatados de 1962*. Son los diques construidos en el Proyecto de Corrección Hidrológica de 1962 y que en la actualidad se encuentran totalmente colmatados, pero que conservan su estructura en buenas condiciones.
3. *Diques colmatados de 1996*. Son aquellos diques que han sido recrecidos o construidos nuevos en el Proyecto de Corrección Hidrológica de 1996 y que en la actualidad ya se encuentran colmatados.

Los diques colmatados, aunque ya no pueden seguir reteniendo sedimentos, sin embargo, los materiales acumulados en su cuña, sirven para estabilizar las laderas adyacentes, siempre que conserven su estructura.

Por el momento, se han localizado y estudiado el 78% de los diques construidos en la cuenca del río Quipar. De ellos, se ha observado que el 28% se encuentran totalmente colmatados. Un 12% de los diques colmatados se construyeron en 1962, pero un 16% se corresponden con diques construidos nuevos en 1996, o que ya estaban colmatados, se han recrecido y en un periodo tan sólo de 5-6 años se han vuelto a colmatar (figura 6). El 6% de los diques ha sido imposible de localizar, bien porque ya no existen restos de ellos, o porque el acceso estaba prohibido.

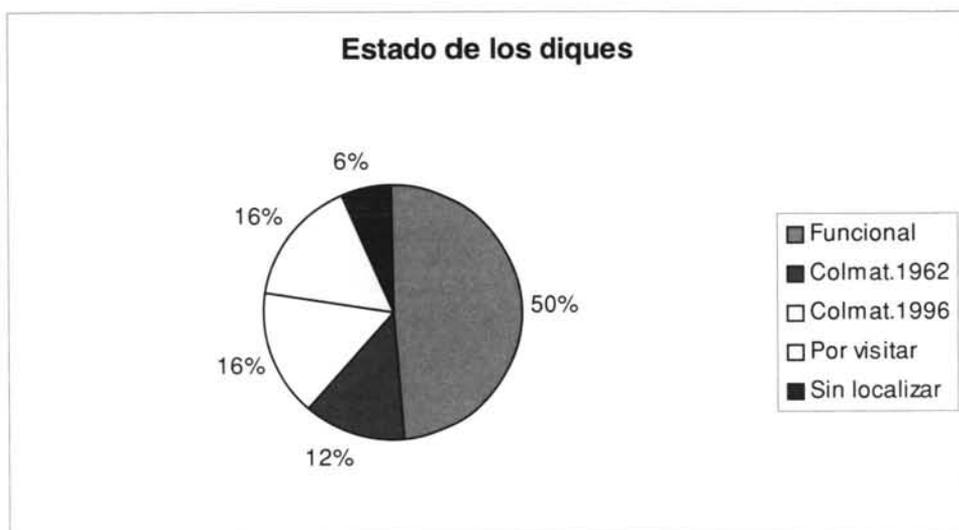


Figura 6: Estado de los diques en el conjunto total de la cuenca del río Quipar

Es de destacar el elevado porcentaje de diques que habiendo sido recrecidos en 1996, y en ocasiones con doble gavión (190 cm de altura), ya se encuentran totalmente colmatados (22% en la cuenca 4 y 19% en la cuenca 6). Si se contabiliza conjuntamente el total de diques colmatados (visitados por el momento), tanto de 1962 como de 1996, nos da un total de 121 diques, lo que representa el 37% de los diques construidos en la cuenca 4 y el 35% de la cuenca 6, valores nada despreciables (tabla 6).

Hay que mencionar que de los 213 diques que hay construidos en la subcuenca 6, 96 diques corresponden a lo que se denomina "cuenca corta", constituida por 9 barrancos que vierten directamente en el vaso del embalse, siendo la mayoría de ellos los que se encuentran aterrados.

Cuenca	Funcionales		Colmatados 1962		Colmatados 1996		Por visitar		Sin localizar		Total cuenca	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1-2-3	7	54	0	0	0	0	6	46	0	0	13	3
4	47	54	13	15	19	22	3	3	5	6	87	21
5	32	29	6	5	8	7	61	55	5	4	112	26
6	121	57	34	16	41	19	0	0	17	8	213	50
Total	207	50	53	12	68	16	70	16	27	6	425	100

Tabla 6: Estado de los diques en las subcuencas del río Quipar (%)

**4.2. Análisis estadístico**

Con los datos medidos hasta ahora en los diques, se ha realizado un modelo de regresión lineal por mínimos cuadrados (Ato & López, 1994), al objeto de tratar de explicar la cantidad de sedimentos retenidos en los diques. La variables utilizadas en el modelo han sido:

- **Colmatación:** altura en metros desde la parte superior del dique a la superficie del sedimento.
- **Edad:** Fecha de construcción del dique: 1 = 1962; 2 = construidos en 1962 y reparados en 1996; 3 = construidos en 1996 y recrecidos en 1996.
- **Tipo:** 1 = mampostería hidráulica; 2 = gaviones.
- **Estado:** 1 = bueno; 2 = mal estado y roto en el aliviadero.
- **Litología:** 1 = margas, arcillas, margocalizas; 2 = conglomerados cuaternarios, aluviones, arenas; 3 = yesos; 4 = calizas.
- **Vegetación:** 1 = cultivos; 2 = pinar y cultivos, matorral y cultivos; 3 = espartizales y albardinales; 4 = pinar denso, pinar y matorral, matorral denso.

Los resultados del análisis estadístico, que se muestran en la tabla 7, confirman lo esperado. A mayor protección del suelo y menor erosionabilidad de la litología, los sedimentos retenidos en los diques es menor. De igual modo, cuanto mayor tiempo lleve el dique construido mayor probabilidad tiene de estar colmatado de sedimentos; a excepción de aquellos diques ubicados en áreas margosas, en las cuales el aterramiento de los diques se produce en un corto periodo de tiempo.

Variable	Coficiente	Des. estandar	t-student	Probalilidad
Constante	4.7647	0.6103	7.81	0.000****
Edad	-0.2777	0.0662	-4.19	0.000****
Tipo	-1.4688	0.1988	-7.89	0.000****
Estado	-0.5000	0.2922	-1.71	0.090**
Litología	0.0822	0.0514	-1.68	0.096**
Vegetación	-0.1188	0.0588	-2.02	0.045**
R <sup>2</sup> = 0.45      R <sup>2</sup> (ajust.) = 0.437      (F= 20.73)      (Probabilidad = 0.0000)				
**** Significación 0.001      *** Significación 0.01      ** Significación 0.1				

Tabla 7: Análisis de regresión realizada para distintas variables en la cuenca del río Quipar.

El signo de la variables nos explican lo siguiente:

- El signo negativo del coeficiente de la variable independiente **Edad** indica que la mayor distancia desde la altura del dique a la superficie de los sedimentos (menor

contenido en sedimentos) se da en los diques más recientes, y en los recrecidos en 1996. Como cabía esperar la mayor acumulación de sedimentos se da en los diques más antiguos.

- El signo negativo en la variable **Tipo** indica que los diques de mampostería hidráulica, contienen más sedimentos (grado 1), que los diques de gaviones (grado 2). Los diques de mampostería, de construcción más robusta, sufren menos roturas y por tanto evacúan menores cantidades de sedimentos.
- El signo negativo de la variables **Estado** indica que el buen estado de los diques (grado 1) interviene significativamente en la retención de mayor volumen sedimentos que los diques en mal estado (grado 2).
- El signo positivo de la variable **Litología** indica aquí que el mayor grado de colmatación se produce en los diques rodeados de rocas deleznable del tipo margas, margocalizas y arcillas (tipo 1) y el menor grado de colmatación en los diques rodeados de rocas solubles como los yesos (grado 3) y las calizas (grado 4).
- El signo negativo de la variable **Vegetación**, indica que las cuencas de los diques bordeados por una vegetación poco densa (grado 1) contienen mas sedimentos que los diques que lo están por vegetación de mayor cobertura y densidad, como los formados por pinares y matorral denso (grado 4).

El coeficiente de determinación corregido ( $R^2$  adjust) nos indicaría que casi el 44 % de la varianza en la variable dependiente (**Colmatación**) queda explicada con la variación en las variables explicativas. Debe tenerse en cuenta que este trabajo es un estudio preliminar, que aún faltan por medir variables clave en la erosión como: la pendiente del cauce y de las laderas, la orientación, el volumen de sedimentos acumulado en los diques, la superficie de la cuenca drenada por el dique, entre otras. El modelo explicativo del poder de retención de sedimentos de los diques podrá ser completado cuando se disponga de datos de estas variables, avanzado el proyecto.

#### 4. CONCLUSIONES

Por las características que posee la cuenca del río Quipar, y por el elevado número de diques construidos en ella, creemos que constituye un área modelo para poder estudiar la eficacia de los diques de retención de sedimentos. Aspectos tales como: la idoneidad de estas construcciones; la relación coste-beneficios; la correcta ubicación de los diques; la vida útil probable; los impactos que se producen, tanto por la propia construcción, como en los cauces; su utilidad como lugares de recarga de acuíferos, etc., son algunas de las conclusiones que se pretenden extraer de este estudio, y del que aquí sólo se presenta una aproximación de sus características, con carácter preliminar.

Del análisis estadístico realizado (aunque como ya se ha indicado, faltan muchas variables a analizar) y de las observaciones de campo, se desprenden entre otros aspectos los siguientes:

- La mayor eficacia de los diques de mampostería, respecto a los diques de gaviones.

- La necesidad de reparar los diques rotos, lo que lleva consigo una vigilancia periódica del estado de los diques, sin la cual la inversión realizada en su construcción no tendría ningún sentido.
- La elevada erosión y sedimentación en áreas de margas, respecto al resto de las litologías.
- La construcción de diques en litologías como calizas, no sirve para la retención de sedimentos, aunque con una ubicación correcta, y ligeras modificaciones en su construcción, podrían servir muy bien para la recarga localizada de acuíferos.
- Al constatarse la evidencia de la necesidad de la protección del suelo por la vegetación, se refuerza la complementariedad de las repoblaciones forestales, junto con la construcción de estas obras de hidrotecnia.

## 5. 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.

## 6. REFERENCIAS

- ALONSO SARRIA, F., BELMONTE SERRATO, F., MARIN SANLEANDRO, P., MARTINEZ LLORIS, M. ORTIZ SILLA, R., RODRIGUEZ ESTRELLA, T., ROMERO DIAZ, A. y SANCHEZ 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 Quipar, Región de Murcia". En R. Bienes y M.J. Marques (Eds.) *Perspectivas de la degradación del suelo*. Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria. Madrid. 527-530.
- ARMAS, C., DEL BARRIO, G. y PUIGDEFABREGAS, J. (1998): Control de la variación espacial de la morfometría de las cuencas en el estado de los diques de cabecera del río Guadalentín (Almería, Murcia). En: *Investigaciones recientes de la Geomorfología española*. Aportaciones a la V Reunión Nacional de Geomorfología, Granada. 153-160.
- ARNAEZ VADILLO, J. & GOMEZ VILLAR, A. (1990): Efectos de presas de corrección en la evolución geomorfológica de un torrente de montaña: la morfometría del canal. *I Reunión Nacional de Geomorfología*, Teruel, 397-404.
- ATO, M. & LOPEZ J. (1994): Fundamentos de Estadística con SYSTAT. RA-MA. Madrid. 630 p.
- CHS (1962): Proyecto de Corrección Hidrológica para la protección del Embalse de Alfonso XIII. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Segura.

- CHS (1992): Proyecto de corrección hidrológica de las cuencas de Alfonso XIII y del Cárcavo. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- CASTILLO SANCHEZ, V., GONZALEZ BARBERA, G. MOSCH, W., NAVARRO CANO, J.A., CONESA GARCIA, C. y LOPEZ BERMUDEZ, F. (2002): Seguimiento y evaluación de los trabajos de restauración hidrológico-forestal. En: *Seguimiento y evaluación de los efectos sobre el medio natural de la sequía y los procesos erosivos en la Región de Murcia*. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia, 167-233.
- GARCIA RUIZ, J.M. & PUIGDEFABREGAS, J. (1985): Efectos de la construcción de pequeñas presas en cauces anastomosados del Pirineo Central. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 11: 91-102.
- LOPEZ CADENAS, F. (1998): *Corrección de torrentes y estabilización de cauces*. F.A.O., 182 pp.
- MARTINEZ DE AZAGRA, A., FERNANDEZ DE VILLARA, R., SESEÑA RENGEL, A., MENDEZ CARVAJAL, C., DIEZ HERNANDEZ, J.M., NAVARRO HEVIA, J. y VARELA NIETO, J.M. (2002): Metodología para la inventariación de diques forestales gavionados. Aplicación en la provincia de Palencia. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencia Forestal*, 13: 171-181.
- MARTINEZ CASTROVIEJO, R., INVAR., M., GOMEZ VILLAR, A. & GARCIA RUIZ, J.M. (1990): Cambios en el cauce aguas debajo de una presa de retención de sedimentos. *I Reunión Nacional de Geomorfología*, Teruel, 457-468.
- MARTINEZ LLORIS, M., ROMERO DIAZ, A. y ALONSO SARRIA, F. (2001): Respuesta erosiva de cuencas, corregidas mediante diques de retención de sedimentos, ante lluvias de alta intensidad. Cuenca del río Quipar, Sureste de España. *Papeles de Geografía*, 34: 191-203.
- PULIDO BOSCH, A., DE SIMON, E., MARTIN ROSALES, W., VALLEJOS, A., PADILLA, A. & NAVARRETE, F. (1993): Efectos sobre el medio de los diques de retención en la vertiente sur de la sierra de Gádor (Almería). En Ortíz Silla, R. (Ed.) *Problemática Geoambiental y Desarrollo*, 119-128.
- PULIDO BOSCH, A., MARTIN ROSALES, W., VALLEJOS, A. & DE SIMON, E. (1994): Runoff regulation in the small basins of the southern edge of the Sierra de Gador (Almería, Spain). *International Conference "Developments in Hydrology of Mountainous Areas"*, Stará Lesná, Slovakia, 16-22.
- RODRIGUEZ ESTRELLA, T. (1994): *Actuaciones integradas de corrección hidrológica-forestal y de recarga de acuíferos en el término municipal de Agost (Alicante)*. Adaro. Diputación provincial de Alicante.
- ROMERO DIAZ, A., CABEZAS, F. y LOPEZ BERMUDEZ, F. (1992): Erosion and fluvial sedimentation in the river Segura basin (Spain). *Catena*, 19: 379-392.
- SANCHEZ 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.

SANZ MONTERO M.E., AVENDAÑO, C., COBO, R. & GOMEZ, J.L. (1998): Determinación de la erosión en la Cuenca del Segura a partir de los sedimentos acumulados en sus embalses. *Geogaceta* 23: 135-138.

STRAHLER, A.N. (1964): *Quantitative geomorphology of drainage basins and channels networks*. Section 4-II of *Handbooks of Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill Book Co., New York.

Fecha de Recepción: 1 de Octubre de 2003. Fecha de aceptación: 29 de Octubre de 2003.