

Descripción de las cuencas mediterráneas seleccionadas en el proyecto GUADALMED.

Santiago Robles¹, Manuel Toro¹, Carlos Nuño¹, Juan Avilés¹, Javier Alba-Tercedor², Maruxa Álvarez³, Núria Bonada⁴, Jesús Casas⁵, Pablo Jáimez-Cuéllar², Andrés Mellado⁶, Antoni Munné⁴, Isabel Pardo³, Narcís Prat⁴, M^a Luisa Suárez⁶, M^a Rosario Vidal-Abarca⁶, Soledad Vivas⁵, Gabriel Moyá⁷ y Guillem Ramon⁷

¹CEDEX. División de Ecología de los Sistemas Acuáticos Continentales. Paseo Bajo Virgen del Puerto, 3. 28005 Madrid.

²Departamento de Biología Animal y Ecología. Universidad de Granada. Campus Universitario de Fuentenueva. 18071 Granada.

³Área de Ecología. Universidad de Vigo. Campus Lagoas-Marcosende. 36200 Vigo.

⁴Departament d'Ecologia. Universitat de Barcelona. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.

⁵Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería. Cañada de San Urbano, s/n. 04120 Almería.

⁶ Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100 Murcia.

⁷Departament de Biologia. Universitat de les Illes Balears. Crta. Valldemosa, km. 7.5. 07071 Palma de Mallorca.

RESUMEN

El proyecto GUADALMED, cuyo objetivo principal es elaborar un índice integrado que defina el estado ecológico de los ríos mediterráneos españoles, abarca 12 cuencas hidrográficas, 10 de ellas situadas en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica y 2 en las Islas Baleares. La localización de las mismas abarca un gradiente latitudinal, térmico y pluviométrico. Se han estudiado un total de 157 estaciones de muestreo, localizadas en 65 cursos fluviales. En el área estudiada predominan los substratos calizos o sedimentarios. Todas las cuencas se localizan dentro de la región de clima mediterráneo de la Península Ibérica. Este régimen climático implica que los ecosistemas fluviales sufran un marcado contraste entre la época más húmeda (coincidente con las estaciones medias, primavera y otoño) y la más seca y calurosa (verano). De aquí se deriva una importante consecuencia: un déficit hídrico estacional coincidente con los máximos anuales de temperatura. La mayoría de las cuencas están sometidas a diversos impactos de origen humano, destacando el alto grado de regulación de sus caudales por los numerosos embalses existentes en algunas de ellas. El uso intensivo del suelo por una agricultura de regadío y algunos núcleos importantes industriales y de población, son otros de los principales impactos que afectan a los ecosistemas fluviales estudiados.

Palabras clave: ríos mediterráneos, hidrología, regulación de caudales

ABSTRACT

The aim of the GUADALMED Project is to produce an integrated index to define the ecological status of Spanish Mediterranean rivers. The project includes 12 watersheds: 10 in the Mediterranean watershed of Iberian Peninsula, and 2 in the Balearic Islands, located along a latitudinal, thermal and pluviometric gradient. A total of 157 sampling sites from 65 different rivers were studied. The geology of these watersheds is predominantly limestone or sedimentary. All watersheds are located in the Mediterranean climatic region of the Iberian Peninsula. The river ecosystems under this climatic regime experience large fluctuations between wet periods (Autumn to Spring) and dry and warm conditions (Summer). Thus, there is a seasonal hydric deficit coinciding with maximum annual temperatures. Most of the watersheds have been subject to various modifications by human activities, especially the river flow, which has been regulated by a large number of dams distributed along most of the main rivers. Intensive land use for irrigation agriculture, together with urban and industrial areas, are other important sources of impacts on the studied river ecosystems.

Keywords: **Mediterranean** rivers, hydrology, flow regulation

INTRODUCCIÓN

Entre los diferentes tipos de ríos de la Península Ibérica según su régimen hidrológico, el grupo de los ríos mediterráneos representa a aquellas cuencas de características más o menos homogéneas situadas en la zona de clima mediterráneo. Su hidrología responde a un régimen de precipitaciones escasas e irregulares, con una marcada estacionalidad (Martín Vide & Olcina, 2001), presentando en general caudales bajos, aunque con grandes crecidas y largos periodos secos. La distribución de las grandes zonas de clima mediterráneo a escala mundial se localiza entre los 30° y los 45° de latitud (Aschmann, 1973) y, generalmente, en el oeste de los continentes. No obstante, es en las regiones de la cuenca del mar Mediterráneo donde encontramos la zona más extensa de donde toma su nombre, localizándose el resto de las regiones del mundo en las costas de California, Sudáfrica, Chile y zonas del sur de Australia (Strahler & Strahler, 1989).

El clima mediterráneo en España se caracteriza por tener veranos secos y altas temperaturas. Las temperaturas en invierno son más moderadas y la precipitaciones en general no muy abundantes con una distribución irregular. La media anual de las temperaturas oscila alrededor de los 16-17 °C, con medias de las máximas en torno a los 42 °C y de las mínimas de -2 °C según las regiones. La media anual de las precipitaciones se encuentra entre 600-650 mm, con valores medios en las zonas más áridas de 280 mm. A una escala anual, la región mediterránea de la Península Ibérica se ve sometida a una tensión hídrica natural ya que la relación entre evapotranspiración y precipitación anual es siempre muy alta (MIMAM, 2000). Durante la época estival, la escasez de precipitaciones y las elevadas temperaturas provocan un acusado déficit hídrico, implicando en muchos casos la temporalidad de los ríos, rasgo principal que va a caracterizar gran parte de los ecosistemas presentes y sus comunidades biológicas. Sin embargo, dentro de la franja mediterránea ibérica se encuentra una muy variada fisiografía que

origina una irregularidad espacial y temporal con marcados contrastes climáticos y, consecuentemente, biogeográficos.

La vegetación original de las cuencas ibéricas mediterráneas se encuentra reducida a pequeñas zonas o relictos, muy modificados a lo largo de la historia por las diferentes culturas o asentamientos humanos, siendo en su mayoría etapas de sustitución o formaciones más arbustivas, con grandes zonas deforestadas por explotación con fines económicos, el fuego o el sobrepastoreo (Grove & Rackam, 2001). Ello unido al intenso uso agrícola de toda la cuenca mediterránea en los últimos siglos, ha hecho que la degradación de los suelos sea elevada (Conacher & Sala, 1998). En muchas de las cuencas mediterráneas se han generalizado los problemas erosivos por la carencia de medidas amplias de protección del suelo y la falta de una planificación de la gestión del agua desde un enfoque mucho más amplio.

RESULTADOS

Localización geográfica de la zona de estudio

Para el desarrollo del proyecto GUADALMED se seleccionaron 12 cuencas hidrográficas, 10 de ellas situadas en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica y 2 en las Islas Baleares. La localización de las mismas abarca un gradiente latitudinal, térmico y pluviométrico. La Tabla 1 recoge las cuencas y con los cursos fluviales estudiados y las estaciones de muestreo establecidas en cada uno de ellos. Se han elegido un total de 157 estaciones de muestreo, localizadas en 65 cursos fluviales en las 12 cuencas. En la figura 1 se muestra un mapa general de localización de las cuencas mediterráneas estudiadas con su red hidrográfica en el ámbito peninsular y los cursos fluviales considerados en el estudio. La figura 2 refleja esa distribución de estaciones en rangos altitudinales, que abarca desde estaciones de alta montaña situadas a más de 1600 m de altitud hasta el nivel del mar.

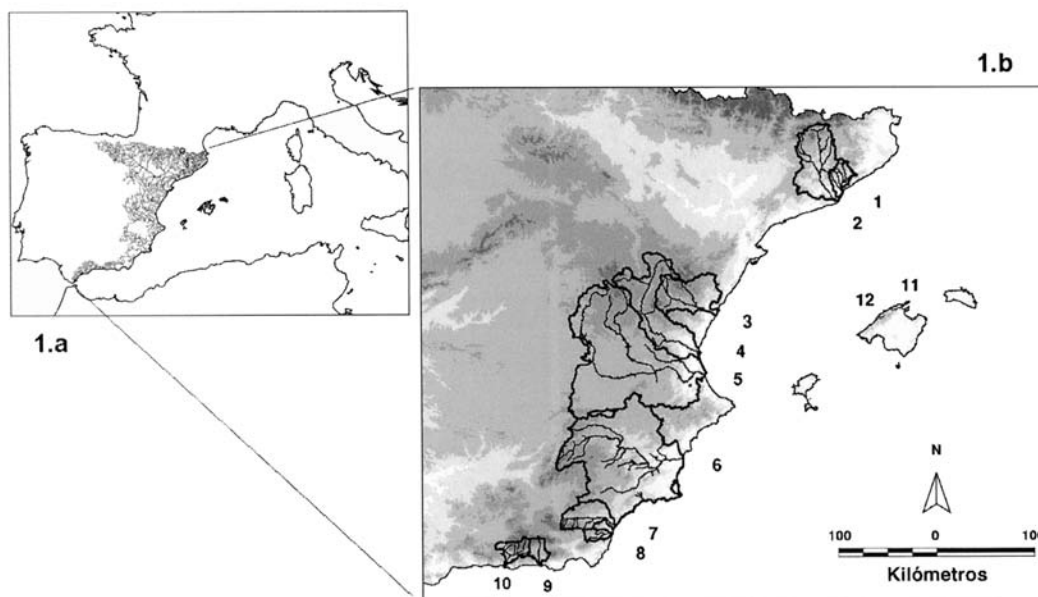


Figura 1. a) Localización del área de estudio en la región mediterránea. b) Cursos fluviales seleccionados y sus cuencas de drenaje superpuestas sobre un mapa de altitudes del terreno. (1) río Besòs, (2) río Llobregat, (3) río Mijares, (4) río Turia, (5) río Júcar, (6) río Segura, (7) río Almanzora, (8) río Aguas, (9) río Adra, (10) río Guadalfeo, (11) río Pollença, (12) río Sóller. *a) Geographical situation of studied area within the Mediterranean region. b) Selected rivers and their watersheds overlain on a orographic map. (1) river Besòs, (2) river Llobregat, (3) river Mijares, (4) river Turia, (5) river Júcar, (6) river Segura, (7) river Almanzora, (8) river Aguas, (9) river Adra, (10) river Guadalfeo, (11) river Pollença, (12) river Sóller.*

Tabla 1. Cuencas (12), ríos (65) y estaciones de muestreo (157) estudiados en el proyecto GUADALMED. *Watersheds (12), streams (65) and sampling sites (157) studied in GUADALMED project.*

Nº	Cuenca	Superficie km ²	Ríos estudiados	Estaciones de muestro
1	LLOBREGAT	4923	Cardener	3
			Gavarresa	1
			Llobregat	10
			Merlés	1
			Les Nespres	1
2	BESÒS	1007	Avencó	1
			Caldes	2
			Congost	3
			d’Arenes	1
			Gallifa	1
			Mogent	1
			Ripoll	1
			Tenes	3
			Vallcàrquera	1
			Vilamajor	1

Tabla 1. Continuación. *Continuation.*

Nº	Cuenca	Superficie km ²	Ríos estudiados	Estaciones de muestro
3	MIJARES		Albentosa	1
			Mijares	6
			Valbona	2
4	TURIA	6393	Villahermosa	2
			Alfambra	3
			Arcos	1
			Sot	1
5	JÚCAR	42 988	Turia	9
			Cabriel	4
			Cantaban	1
			Guadazaón	3
6	SEGURA	19 525	Júcar	9
			Magro	3
			Argos	1
			Chícamo	1
			Correros	1
			Garruchal	1
			Madera	1
			Majada	3
			Mundo	1
			Perea	1
			Pliego	1
			Pº La Cadena	1
			Quipar	1
			Reventón	1
			Salada	1
Segura	1			
7	AGUAS	590	Taibilla	1
			Zumeta	1
8	ALMANZORA	2611	Aguas	6
			Jauto	1
9	ADRA	735.4	Almanzora	7
			Bacares	4
			Chercos	2
			Herrerías	1
			Sauco	2
			Sierro	2
			Adra	5
10	GUADALFEO	1086.5	Chico	1
			Dúrcal	3
			Guadalfeo	7
			Poqueira	3
			Torrente	1
11	SÓLLER	45	Trevélez	1
			De´s Barrancs	2
			Fornalutx	2
12	POLLENÇA	40.5	Soller	3
			Sant Jordi	4
			Ternelles	6

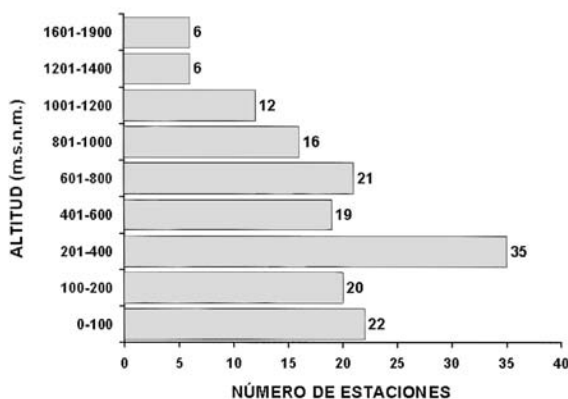


Figura 2. Distribución altitudinal de las estaciones de muestreo. *Altitudinal distribution of sampling sites.*

Aproximación geológica

Las cuencas estudiadas presentan en general un predominio de materiales geológicos de carácter básico o de origen sedimentario, siendo menor la proporción de materiales ácidos o silíceos. El mapa de la figura 3 muestra la naturaleza del sustrato geológico de las cuencas agrupada en tres grandes grupos generales en función del carácter ácido-básico del mismo: 1.- Presencia exclusiva de rocas carbonatadas, 2.- Presencia de rocas carbonatadas y otros materiales de carácter sedimentario o evaporítico, 3.- Ausencia de rocas car-

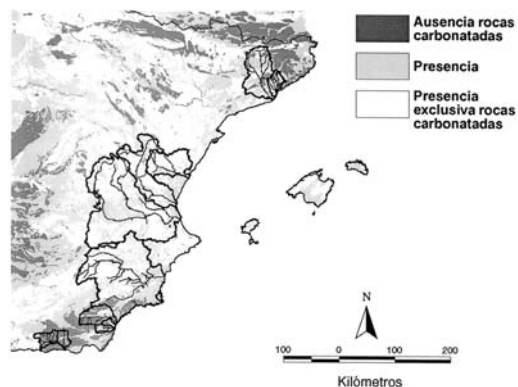


Figura 3. Naturaleza del sustrato geológico de las cuencas estudiadas: 1.- Presencia exclusiva de rocas carbonatadas, 2.- Presencia de rocas carbonatadas y otros materiales de carácter sedimentario o evaporítico, 3.- Ausencia de rocas carbonatadas con predominio de rocas y materiales de carácter ácido. (Fuente: adaptado de la base cartográfica digital del ITGE). *Geological substrate types in the studied watersheds: 1.- Exclusive presence of carbonated rocks, 2.- Presence of carbonated rocks and sedimentary or evaporitic materials, 3.- Absence of carbonated rocks with predominance of acidic rocks and materials. (Source: adapted from ITGE digital cartographic base).*

bonatadas con predominio de rocas y materiales de carácter ácido. El porcentaje de estos sustratos en cada cuenca se muestra en la Tabla 2, donde puede comprobarse el predominio de los sustratos básicos o no ácidos, con más del 70 % de la superficie de la zona de estudio.

Tabla 2. Porcentaje de los tipos de geología en las cuencas estudiadas (Fuente: Base cartográfica digital del ITGE). *Percentage of geological types in the studied watersheds.*

Cuenca	% Ausencia de rocas carbonatadas con predominio de rocas y materiales de carácter ácido	% Presencia exclusiva rocas carbonatadas	% Presencia de rocas carbonatadas y otros materiales de carácter sedimentario o evaporítico
BESÒS	26.3	6.1	67.6
LLOBREGAT	14.2	30.4	55.4
MIJARES	0.9	71.3	27.8
TURIA	1.9	60.9	37.2
JÚCAR	1.6	53.6	44.8
SEGURA	9.3	46.8	43.9
ALMANZORA	60.4	11.9	27.7
AGUAS	34.3	8.9	56.9
ADRA	85.0	8.1	6.9
GUADALFEO	77.5	15.9	6.6
POLLENÇA	0	80	20
SÓLLER	0	82	18
TOTAL	25.96	39.65	34.39

La presencia dominante de substratos calizos en las cuencas mediterráneas trae importantes consecuencias hidrológicas. Este tipo de rocas, y muy especialmente en los sistemas kársticos por su capacidad de almacenar agua, ayudan a regularizar el caudal de los ríos principalmente en las épocas en que las lluvias no aportan agua a los cauces.

Aproximación climática

La estacionalidad es la característica más peculiar del clima mediterráneo (Paskoff, 1973; Daget & Michel-Villag, 1975; Conacher & Sala, 1998). Este rasgo se encuentra más marcado en la precipitación que en la temperatura (di Castri, 1973). En la figura 4 se representan las isoplethas correspondientes a las temperaturas medias anuales. La distribución de las precipitaciones es generalmente bimodal, existiendo dos estaciones húmedas: primavera y otoño. Sin embargo, a una escala de tiempo intraanual, las precipitaciones son muy irregulares con frecuentes concentraciones muy intensas que dan como resultado lluvias torrenciales (Gil & Olcina, 1997; Martín Vide & Olcina, 2001). Este hecho

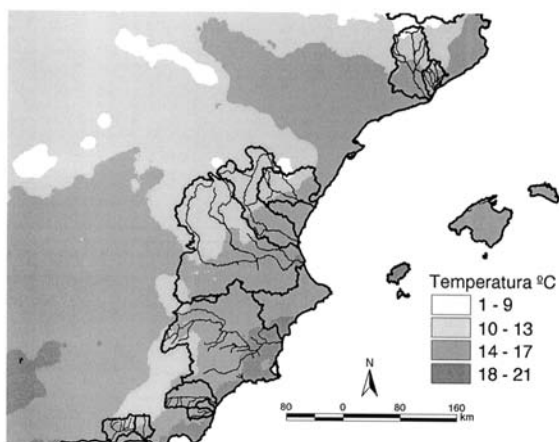


Figura 4. Mapa de isoplethas de las temperaturas medias anuales con los cursos fluviales seleccionados y sus cuencas (Fuente: Base de datos del CEH del CEDEX). *Isopleths map of annual mean air temperatures and selected rivers and their respective watersheds* (Source: database from CEH of CEDEX).

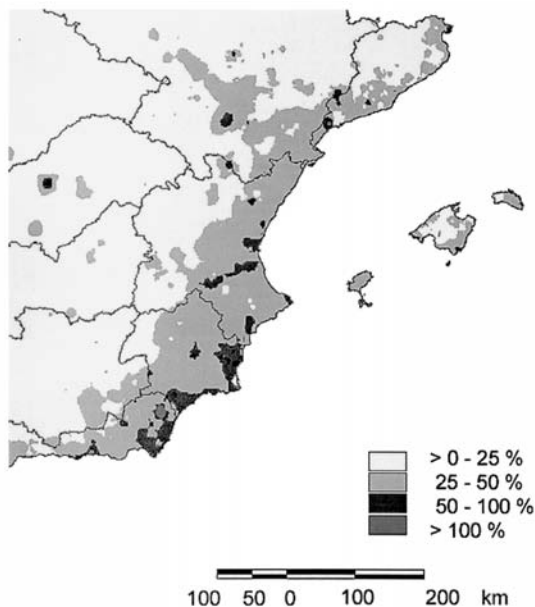


Figura 5. Mapa de isoplethas de la relación porcentual entre la precipitación máxima diaria y la media anual en el período 1940/41-1995/96. (Fuente: Base de datos del CEH del CEDEX). *Isopleths map of percentage relation between maximum daily rainfall and annual mean rainfall during the period 1940/41-1995/96.* (Source: database from CEH of CEDEX).

se ve reflejado en el mapa de la figura 5 donde puede observarse la relación porcentual entre la precipitación máxima diaria y la media anual (MIMAM, 2000), alcanzándose los máximos valores en la vertiente mediterránea peninsular. En algunas zonas de la costa del SE, en ocasiones se presentan precipitaciones que en pocas horas alcanzan valores superiores al promedio de todo el año (figura 5).

La variabilidad de la precipitación media en la zona mediterránea de la Península Ibérica (Fig. 6) se debe fundamentalmente a la cercanía o lejanía al mar (más seco, frío y menos violento en las tormentas torrenciales según nos adentramos en la Península) y al incrementarse la altitud (precipitaciones más abundantes y frecuentes y temperaturas más frías). Otros factores concretos como los topográficos y la orientación implican que se den extremos climáticos en la zona mediterránea, típicos de zonas desér-

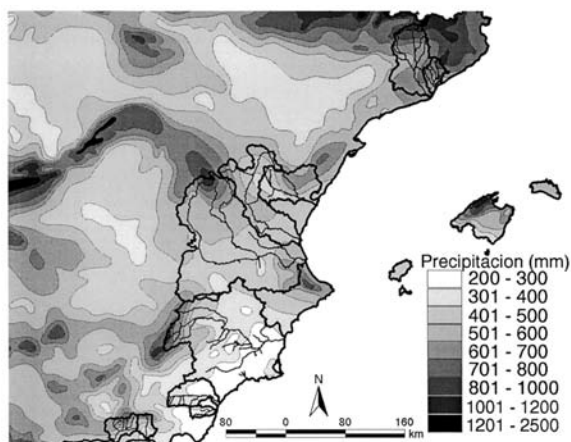


Figura 6. Mapa de isopletas de las precipitaciones medias anuales con los cursos fluviales seleccionados y sus cuencas (Fuente: Base de datos del CEH del CEDEX). *Isopleths map of annual mean rainfall and selected rivers and their respective watersheds* (Source: database from CEH of CEDEX).

ticas. Un ejemplo en el área de estudio de este proyecto es la región de las cordilleras Béticas orientada al sur-sureste (Almería y Murcia). En estos casos el clima es caluroso y seco, con una precipitación media anual menor de 300 mm. Las precipitaciones en estas zonas también son irregulares y es frecuente que los fenómenos de lluvias torrenciales (Fig. 5) desencadenen riadas (Vidal-Abarca, 1990). A esta heterogeneidad espacial, hay que sumarle la variabilidad interanual (hasta un 30 %) en la precipitación total anual que se presenta en estos ríos de carácter mediterráneo (McElravy *et al.*, 1989; Resh *et al.*, 1990; Gasith & Resh, 1999). Según un estudio de Sabater *et al.* (1992) en una cuenca mediterránea del NE de la Península Ibérica (río Ter), esta variabilidad se refleja en las aportaciones totales de la cuenca, detectándose patrones o ciclos interanuales característicos de fenómenos climáticos en ambientes mediterráneos.

Una de las peculiaridades del clima mediterráneo es que coinciden en general, las mínimas precipitaciones con los máximos anuales de temperatura (di Castri, 1973, 1981), provocando periódicos eventos de sequía y avenidas (Molina *et al.*, 1994). Esto condiciona y marca

la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas fluviales de estas áreas (Gasith & Resh, 1999). La biota ha evolucionado adaptándose a esos ritmos estacionales, e incluso a los sucesos menos predecibles como las riadas, a través de diferentes estrategias y diversificando sus mecanismos adaptativos y formas de recolonización del medio, ampliamente mencionadas en la literatura (Gray & Fisher, 1981; Vidal-Abarca *et al.*, 1992).

Aproximación hidrológica

El efectuar una regionalización hidrológica en detalle de las cuencas estudiadas no es el objeto principal de este estudio, ya que ello implicaría el considerar los datos de caudales en continuo registrados en las estaciones foronómicas de las diferentes cuencas. Además se debería disponer de los datos de forma análoga del resto de las cuencas mediterráneas o continentales frente a las cuales se pretendiesen diferenciar (UNESCO, 1989). La utilización por tanto, de información climática junto con la naturaleza del terreno, sería la forma más razonable de realizar dicha regionalización hidrológica (Kovacs, 1984), considerando datos ecológicos e hidrológicos conjuntamente, como son la temperatura, precipitación, evaporación y escorrentía (L'vovich, 1979).

En este trabajo se dispone de datos correspondientes a 7 campañas de muestreo como mínimo, repartidas entre dos años consecutivos (1999-2000). Estos datos de caudal obtenidos en puntos concretos de los cursos fluviales, nos proporcionan una información integrada sobre los procesos hidrológicos que se han producido en la cuenca (UNESCO, 1989). Considerando el tamaño de las cuencas estudiadas y el período del estudio, es evidente que la representatividad de los datos de caudal tomados es muy aproximada, ya que la variabilidad natural del caudal registrado sería mucho mayor cuanto menor fuese el intervalo temporal de los muestreos y mayor el número de estaciones. No obstante, un análisis de los datos disponibles, muestra unas tendencias y características del mismo

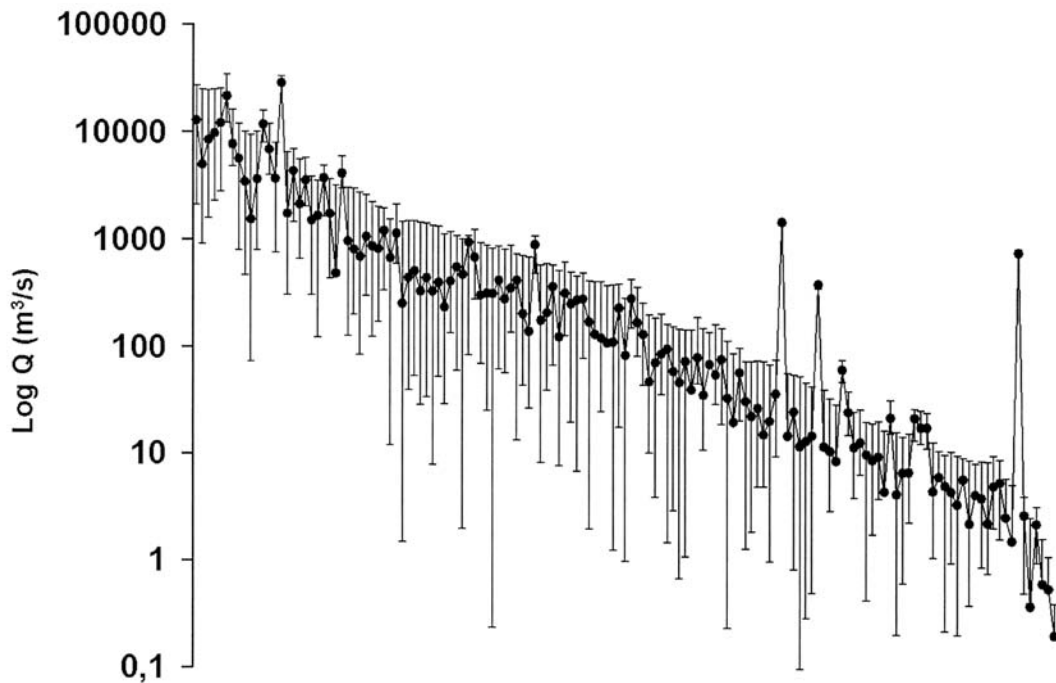


Figura 7. Distribución de las estaciones de muestreo de mayor a menor rango de fluctuación de caudal (m^3/s), a partir de los valores máximo y mínimo registrados en el periodo de estudio y en las fechas de muestreo. Se indica el valor medio para cada estación. *Distribution of sampling sites in a gradient of flow fluctuation ranges (m^3/s), from maximum and minimum values recorded during the study period in the sampling dates. Mean values are indicated for each sampling point.*

en consonancia con el efecto de determinados factores ambientales. La figura 7 muestra la distribución de las estaciones de todas las cuencas, organizadas de mayor a menor rango de fluctuación del caudal, considerando como extremos de dicho rango el valor máximo y el mínimo registrados. Se indica también la media de los caudales para cada punto.

Los máximos caudales obtenidos, con valores superiores a 20 000 l/s, se registraron siempre en 7 estaciones: 5 de la cuenca del Júcar y 2 del Segura. Las estaciones con valores entre 5000 y 20 000 l/s son 13, de las cuales 6 son del Júcar, 3 del Turia, 2 del Guadalfeo, 1 del Segura y 1 del Mijares. Se observa como más de la mitad de las estaciones con mayor caudal se localizan en la cuenca del Júcar, por otro lado, la de mayor superficie de todas las estudiadas (42 988 km^2). Por el contrario, de las estaciones con menores registros de caudal, con valores inferiores a 1 l/s o nulos, se localizan el 25% en la cuenca del

Almanzora (10), un 50 % entre las del Pollença (6), Aguas (5), Besós (5) y Sóller (4), y el 25% restante entre el Segura (3), Mijares (3), Guadalfeo (2), Turia (1) y Llobregat (1).

En la figura 8 se muestra la proporción entre las estaciones de régimen de caudal permanente y las de régimen intermitente o temporal en las cuencas estudiadas, pudiéndose observar las diferencias notables entre cuencas con predominio de estaciones de caudal permanente (Júcar, Llobregat, Turia, Guadalfeo), frente a otras con predominio de estaciones de régimen intermitente o temporal (Sóller, Pollença, Almanzora, Aguas).

Los caudales medios de las cuencas no siempre guardan una relación directa con la precipitación total debido a diversos factores de origen natural o humano. Entre los naturales se encuentra la geología y la capacidad de retención de la vegetación. Así por ejemplo, cuencas con grandes sistemas calcáreos de tipo cárstico

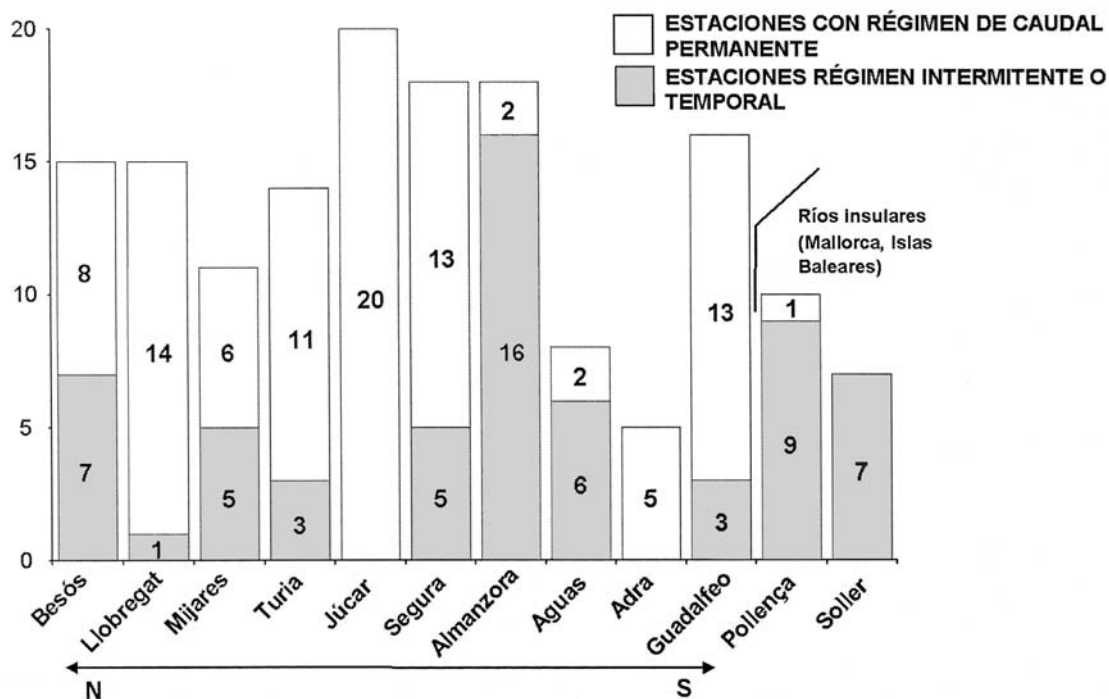


Figura 8. Proporción entre las estaciones de régimen de caudal permanente y las de régimen intermitente o temporal en las 12 cuencas estudiadas. *Ratio between the number of sampling sites with permanent flow regime and those with a temporary or intermittent flow regime in the 12 watersheds studied.*

presentan una elevada tasa de infiltración de la escorrentía superficial en el sustrato. Es el caso de las cuencas mallorquinas, donde la precipitación media anual puede superar los 1000 mm y los cauces fluviales son típicamente intermitentes y temporales. Como causas de origen humano, se encuentran las extracciones de agua, bien del sistema de acuíferos de la cuenca o directamente del curso fluvial en embalses. Un ejemplo de ello es el río Almanzora, cuya cabecera de cuenca (Sierra de los Filabres) aporta una precipitación teóricamente suficiente para mantener un caudal constante, pero que a causa de las detracciones de caudal y explotación del acuífero, el curso se presenta intermitente.

Las estaciones que se han estudiado presentan unas características en el régimen hidrológico muy diferentes. Un papel muy importante para marcar la rigidez de la temporalidad y su duración es el origen de las fluctuaciones estacionales. De esta forma y teniendo en cuenta tanto el régimen hidrológico que han presentado

las estaciones en el período de estudio y el origen de la estacionalidad, se han diferenciado 4 tipos de estaciones (Tabla 3). Según el régimen del caudal, se diferencian estaciones de caudal permanente durante todo el año hidrológico o estaciones de caudal no permanente en el espacio o en el tiempo. Dentro de las primeras, las estaciones de régimen permanente estacional han mantenido un caudal continuo durante el período estudiado. En este tipo de estaciones, las fluctuaciones se deben fundamentalmente a la variación estacional de las precipitaciones, o la influencia de la permanencia de nieve en zonas altas de la cuenca y el posterior período de deshielo. Las variaciones en el caudal están por tanto muy relacionadas con la estacionalidad. Normalmente las épocas de más caudal son otoño y primavera y las de menos invierno y verano. Las estaciones de régimen subterráneo están muy relacionadas con áreas cársticas y surgencias de acuíferos locales y regionales de zonas calizas. Normalmente los caudales son

Tabla 3. Clasificación de las estaciones de los ríos mediterráneos estudiados teniendo en cuenta sus características hidrológicas. *Classification of sampling sites in studied Mediterranean rivers in GUADALMED project according to hydrological regime.*

Caudal	Régimen	Características
PERMANENTE	PERMANENTE ESTACIONAL	Se mantiene un caudal permanente, con variaciones estacionales debidas a las precipitaciones (CARÁCTER PLUVIAL) o, en ciertos casos, también al período de deshielo (CARÁCTER PLUVIONIVAL).
	SUBTERRÁNEO	Las descargas de aguas subterráneas son la principal fuente de flujo. Pueden sufrir fuertes oscilaciones de caudal pero generalmente no están asociadas a un régimen hidrológico marcadamente estacional.
TEMPORAL	EFÍMERO	Cauces habitualmente secos durante el período de estiaje.
	INTERMITENTE	Tramos de cauce secos con flujo subsuperficial de agua y tramos con presencia de agua en superficie (pozas o pequeños cursos de agua) estacionalmente o no.

abundantes y las fluctuaciones se deben a ciclos de carga y recarga de estos acuíferos.

Las estaciones temporales se diferencian en dos tipos: efímeras y intermitentes (Bonada, 2003). Las primeras se corresponden con aquellas que, de forma habitual y regularmente en el tiempo, presentan el cauce seco durante un período de tiempo. Este período sin agua coincide con la época de estiaje en verano o invierno. Las estaciones intermitentes tienen lámina de agua superficial de forma aislada o discontinua en el tramo de estudio. Se corresponden con trechos de cauce seco y trechos con presencia de agua en forma de pozas, o pozas con pequeños regueros que las unen que pueden ser estacionales o no. Las estaciones de caudal no permanente se pueden situar en cauces en los que sólo circula el agua en avenidas provocadas por fuertes precipitaciones en la cuenca, generalmente de carácter local, y provocando riadas o avenidas de diversa consideración (Camarasa & Segura, 2001). Los cauces con ese tipo de funcionamiento se denominan ramblas, rieras o torrentes (Vidal-Abarca, 1990) y, por ejemplo, estaciones de las cuencas del río Segura y Aguas están situadas en algunos de éstos cau-

ces autóctonos del este y sureste peninsular. Las características peculiares de estas zonas implican que la presencia habitual de agua es muy dependiente del nivel de la capa freática existente, del balance precipitación / evaporación (Suárez, 1986), de la conexión entre el lecho y el acuífero (Mateu Bellés, 1989), o de situaciones locales de descarga de acuíferos por causas litológicas o geológicas que suelen llevar consigo una elevada salinidad del agua (Vidal-Abarca, 1990; Vidal-Abarca *et al.*, 2000). En cualquiera de estos casos, los afloramientos superficiales de agua forman encharcamientos en el cauce o incluso pequeños arroyos, capaces de albergar comunidades biológicas acuáticas de gran interés ecológico (Moreno *et al.*, 1996; Moreno *et al.*, 2001).

Para observar la variación estacional del caudal entre los diferentes ríos estudiados, se ha representado en la figura 9 su variabilidad relativa en las estaciones de muestreo a través del porcentaje de variación de caudal. Este valor es muy diferente entre todas las estaciones estudiadas y oscila entre 0.2 - 254 %, abarcando 3 órdenes de magnitud entre las estaciones con el mínimo de variación y las de máximo. En esta misma figura

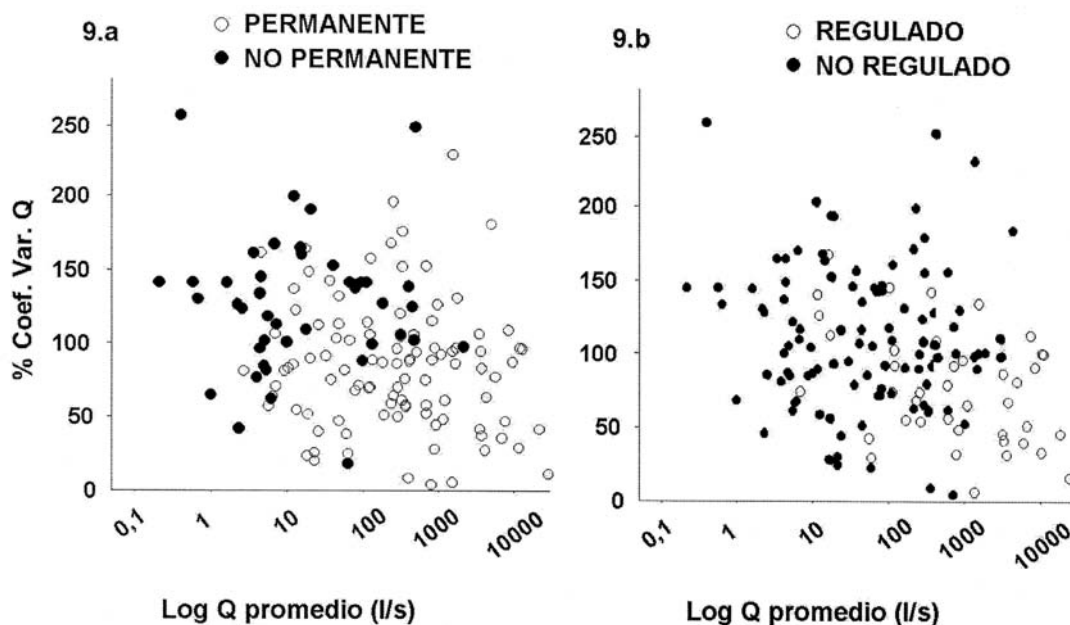


Figura 9. Porcentaje del coeficiente de variación del caudal representado frente al promedio de caudal de las estaciones estudiadas. a) ríos permanentes y no permanentes, b) ríos regulados y no regulados. *Percentage of the flow variation coefficient against mean flow in the watersheds studied. a) permanent and temporary rivers, b) regulated and unregulated rivers.*

se ha representado este valor porcentual del coeficiente frente al logaritmo del promedio de caudal. Si en la figura 7 las estaciones con mayores fluctuaciones son aquellas con caudales mayores, eliminando la dimensionalidad de las variables como se ha realizado en la figura 9 las máximas variaciones de caudal se presentan en su mayoría cuando los promedios son menores. Los ríos temporales muestran en conjunto una mayor variación del caudal que los permanentes (Fig. 9a), ya que llegan a secarse en algún momento, pero también debido a que los segundos, en muchos casos, sufren algún tipo de regulación en la cuenca (Fig. 9b) por presentar mayores recursos hídricos disponibles para usos humanos.

Características generales de las cuencas estudiadas

En el Anexo se detallan, a modo de fichas, las características generales de cada cuenca estudiada, con información sobre la geología, clima, vegetación, usos principales en la cuenca, población y principales núcleos urbanos, así

como las alteraciones más notables sobre los cursos fluviales. En los mapas se incluyen los cursos fluviales en los que se localizan las estaciones de muestreo.

DISCUSIÓN

Como puede verse de las características de las cuencas estudiadas, las diferencias entre ellas son notables en los aspectos climáticos, geológicos e hidrológicos. En el anexo se detallan las principales alteraciones que han sufrido muchas de ellas y que se reflejan después en los resultados de las características fisicoquímicas y biológicas. El uso intensivo del agua en las cuencas mediterráneas ha llevado a una explotación intensiva de los recursos por lo que sus caudales y su calidad están notablemente alterados. Muchos de los cambios en las comunidades biológicas que se verán en capítulos posteriores se deben en gran parte a esta variedad de condiciones fisiográficas, pero también a los cambios producidos en el flujo y la calidad de las aguas.

Regulación hídrica

La mayoría de las cuencas estudiadas presentan un alto grado de regulación de sus caudales debido a la presencia de numerosos embalses, algunos de ellos de gran capacidad. La regulación de caudales en los ríos es una de las actividades humanas que han incidido más negativamente en el estado ecológico de los ecosistemas fluviales, remontándose los orígenes de estas actuaciones en la cuenca del Mediterráneo hace más de 5000 años en Egipto (Allan, 1995). En la Península Ibérica, los primeros embalses se remontan a la edad antigua bajo dominación romana, siendo las presas de Cornalbo y Proserpina (siglo II) las más antiguas (MOPT, 1991). Actualmente existen más de 1000 embalses con grandes presas que regulan en mayor o menor medida las aguas de los ríos peninsulares. Numerosos trabajos a lo largo de toda la geografía española (Prat, 1981; Prat *et al.*, 1984; García de Jalón *et al.*, 1992; Ibero, 1996) han puesto de manifiesto los efectos negativos de esta regulación sobre el funcionamiento de los ecosistemas fluviales, afectando a las comunidades biológicas (macroinvertebrados, vegetación acuática, peces y otros vertebrados acuáticos) y a la calidad físico-química de las aguas. Asimismo, existen en todos los ríos multitud de minicentrales hidroeléctricas alimentadas por canales laterales al río y originadas en azudes de derivación, que en épocas de caudales bajos llegan a secar los ríos. Este aspecto es especialmente notorio en el río Llobregat desde su nacimiento, donde apenas unos pocos kilómetros se libran de la acción de estas infraestructuras. El grado de alteración producido en cada tramo fluvial por la regulación de los caudales es función de tres aspectos: el volumen embalsado aguas arriba del tramo, la magnitud relativa de los embalses respecto a las aportaciones circulantes y del uso o régimen de explotación de los mismos aguas arriba (MIMAM, 2000). En la Tabla 4 se refleja el número de embalses existentes en las cuencas principales donde se localizan los ríos estudiados y su capacidad de embalse. Destaca el alto grado de regulación de

Tabla 4. Presas inventariadas en las cuencas principales de la zona de estudio y su capacidad de embalse (miles de hm³) (MOPT, 1991). *Inventoried dams in main basins of the studied area and their reservoir capacity (thousands of hm³) (MOPT, 1991).*

Cuenca	Nº de presas	Capacidad (miles hm ³)
JÚCAR	12	2506.97
SEGURA	19	1054.77
TURIA	4	328.97
LLOBREGAT	3	220
MIJARES	10	203.13
ALMANZORA	1	169
ADRA	1	70
GUADALFEO	1	56.55
BESÒS	1	0.45
AGUAS	0	0
POLLENÇA	0	0
SÒLLER	0	0
TOTAL	52	4609.84

las cuencas del Júcar y Segura, tanto en el número de embalses como en la capacidad de almacenamiento de los mismos. Este hecho es uno de los principales inconvenientes a la hora de localizar estaciones de referencia en los ríos que se encuentran regulados por embalses aguas arriba, ya que los caudales que fluyen rara vez coinciden con los que serían naturales en cada momento

Detracción, extracción y derivación de caudales

Otro impacto muy relacionado con la construcción de presas o embalses en los ríos, es la detracción de caudales mediante trasvases o canales para fines principalmente agrícolas. Un claro ejemplo de este hecho lo encontramos en el río Segura, donde únicamente llega al mar un 4% de lo que llegaría en condiciones naturales sin detracciones de agua para riego (MIMAM, 2000). Dentro de la zona de estudio hay que mencionar por su magnitud el trasvase del acueducto Tajo-Segura, puesto en funcionamiento en 1979, donde durante los 21 primeros años de funcionamiento (1979-1999) se ha trasvasado un

volumen anual medio en torno a los 300 hm³/año, con valores entre 450 y 550 hm³/año en los últimos 3 años (MIMAM, 2000). Este trasvase se inicia en la cuenca del Tajo en el embalse de Bolarque, que enlaza con la cuenca del Júcar en el embalse de Alarcón, para finalizar en la cuenca del Segura en el embalse de Talave. Los efectos ecológicos de los trasvases han sido menos estudiados que los producidos por los embalses (Allan, 1995; Gibbins *et al.*, 2000), aunque es evidente que son mucho más diversos y van más allá del singular hecho de regular o modificar los caudales naturales. Afectan, entre otros aspectos, a los procesos y patrones biogeográficos con implicaciones en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas (Snaddon & Davies, 1998; Davies *et al.*, 2000; Wishart & Davies, 2002). El trasvase Tajo-Segura no es una excepción y aunque sus efectos en los ríos de las cuencas afectadas incluidas en el proyecto GUADALMED no han sido investigados hasta el momento de forma exhaustiva o detallada (García de Jalón *et al.*, 1992), se pueden enumerar algunos evidentes: disminución de caudales en la cuenca donante en la época de caudales más bajos, incremento artificial de caudal en la cuenca receptora afectando a las comunidades biológicas acuáticas y ribereñas (Prat, 1981; Vidal-Abarca *et al.*, 1991; González del Tánago *et al.*, 1995), dispersión artificial de especies acuáticas (animales y vegetales) que pueden afectar muy negativamente a las comunidades autóctonas, alteraciones en las características físico-químicas de las aguas de las cuencas receptoras, alteraciones en las dinámicas de los estuarios o deltas, entre otras (Prat & Ibáñez, 1995). Datos más concretos sobre especies piscícolas posiblemente introducidas en las cuencas del Júcar y Segura a través del trasvase y sus efectos sobre la fauna acuática autóctona han sido citados por varios autores (Mas, 1986; Elvira, 1997; Torralva & Oliva-Paterna, 1997). El efemeróptero *Prosopistoma pennigerum* (Müller, 1785), cuyas citas en España están muy restringidas a unos pocos enclaves ubicados en tramos fluviales afectados por el trasvase Tajo-Segura (ríos Tajo, Cabriel-

Júcar y Mundo) (Robles *et al.*, 2002), es otra de las especies que podría haberse visto condicionada en su distribución por el trasvase, aunque esta hipótesis aún está por demostrar. Finalmente, no hay que olvidar que la introducción de individuos o especies alóctonas en una cuenca, puede tener importantes implicaciones a largo plazo desde un punto de vista evolutivo, ya que favorece procesos de hibridación, con posibles pérdidas de variabilidad genética, al conectar poblaciones aisladas desde tiempos remotos (Wishart & Davies, 2002).

La extracción de agua subterránea por bombeo de pozos provoca descensos de los niveles piezométricos, afectando a los caudales naturales de los ríos. Como ejemplo, en la cuenca del Júcar se ha estudiado la evolución durante los últimos 50 años de los bombeos anuales del acuífero de la Mancha Oriental y la ganancia hídrica en el tramo fluvial asociado (MIMAM, 2000). En dicho estudio, a partir de los años 70 se observa una notable disminución de los aportes de agua subterránea al río como consecuencia del incremento del volumen de agua extraída del acuífero por los bombeos. De valores de extracción en torno a los 10-20 hm³/año hasta la década de los 70 se ha pasado progresivamente a alcanzar un volumen de extracción en los años 90 de unos 400 hm³/año. La disminución de los aportes al río ha sido de igual magnitud (MIMAM, 2000).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado mediante la financiación de los proyectos HID98-0323-C05 y REN2001-3438-C07 del Ministerio de Ciencia y Tecnología y PLP/10/FS/97 de la Fundación Séneca de la CARM. Nuestro especial agradecimiento al Área de Coordinación y Aplicaciones Tecnológicas de la D.G.O.H. del Ministerio de Medio Ambiente, al Área de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona, a la Delegación de Granada de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y a la Agencia Catalana del Agua por su apoyo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLAN, J. D. 1995. *Stream ecology*. London: Ed. Chapman & Hall. 388 pp.
- ASCHMANN, H. 1973. Distribution and peculiarity of Mediterranean Ecosystems. In: *Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure*. Di Castri, F. & Mooney, H. A. (eds). New York: Springer-Verlag. 405 pp.
- BONADA, N. 2003. *Ecology of the macroinvertebrate communities in mediterranean rivers at different scales and organization levels*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. 355 pp
- CAMARASA, A. M. & F. SEGURA. 2001. Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valencia region, Spain. *Catena*, 45: 229-249.
- CONACHER, A. J. & M. SALA. 1998. *Land degradation in Mediterranean environments of the world: Nature and extent cause and solutions*. New York: John Wiley & Sons.
- DAGET, P. H. & J. P. MICHEL-VILLAG. 1975. Délimitation de la region méditerranéenne selon les régimes des précipitations. In: *Proceedings of Symposium Israel-France: ecological research and development of arid zones with winter precipitation*. Special Publication, 39: 3-13. Volcani Centre Bet-Dagan, Israel.
- DAVIES, B. R., C. D. SNADDON, M. J. WISHART, M.C. THOMS & M. MEADOR. 2000. A biogeographical approach to interbasin water transfers: implications for river conservation. In: *Global Perspectives on River Conservation: Science, Policy and Practice*. P. J. Boon, B. R. Davies & G.E. Petts (eds.): 431-444. John Wiley & Sons, New York, USA.
- DI CASTRI, F. 1973. Climatographical comparisons between Chile and the Western Coast of North America. In: *Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure*. Di Castri, F. & Mooney, H. A. (eds). New York: Springer-Verlag.
- DI CASTRI, F. 1981. Mediterranean-type shrublands of the world. In: *ECOSYSTEMS OF THE WORLD 11: Mediterranean-Type Shrublands*. F. di Castri, D. W. Goodall & R. L. Specht (eds.). Elsevier Scientific Publishing Company.
- ELVIRA, B. 1997. Impacto y control de los peces exóticos introducidos en España. *Resúmenes del Congreso sobre Conservación, Recuperación y Gestión de la Ictiofauna Continental Ibérica*: 139-151. Sevilla: Publicaciones de la Estación de Ecología Acuática de Sevilla.
- GARCÍA DE JALÓN, D., M. GONZÁLEZ DEL TANAGO & C. CASADO. 1992. Ecology of regulated streams in Spain: an overview. *Limnetica*, 8: 161-166.
- GASITH, A. & V. H. RESH. 1999. Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 30: 51-81.
- GIBBINS, C. N., M. J. JEFFRIES & C. SOULSBY. 2000. Impacts of an inter-basin water transfer: distribution and abundance of *Micronecta poweri* (Insecta: Corixidae) in the River Wear, north-east England. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 10: 103-115.
- GIL, A. & J. OLCINA. 1997. *Climatología general*. Barcelona: Ed. Ariel. 579 pp.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M., M. R. VIDAL-ABARCA, M. L. SUÁREZ & C. MOLINA. 1995. Estado actual de las riberas de los principales cauces fluviales de la Cuenca del Río Segura. *Anales de Biología*, 20 (*Biología Ambiental*,9): 117-130.
- GRAY, L. J. & S. G. FISHER. 1981. Postflood recolonization pathways of macroinvertebrates in a Lowland Sonora Desert stream. *Amer. Midland Natur.* 106: 249-257.
- GROVE, A. T. & O. RACKHAM. 2001. *The nature of Mediterranean Europe*. New Haven & London: Yale University Press.
- IBERO, C. 1996. *Ríos de vida. La conservación de las riberas fluviales en España*. Madrid: Ed. SEO/Birdlife.
- KOVACS, G. 1984. Proposal to construct a coordinating matrix for comparative hydrology. *Hydrol. Sci. J.*, 29(4): 435-443.
- L'VOVICH, M. I. 1979. *World water resources and their future* (English translation ed. R. L. Nace), American Geophysical Union.
- MARTÍN VIDE, J. & J. OLCINA. 2001. *Climas y tiempos de España*. Madrid: Alianza Editorial. 258 pp.
- MAS, J. 1986. La ictiofauna continental de la Cuenca del río Segura. Evolución histórica y estado actual. *Anales de Biología*, 8: 3-17.
- MATEU BELLÉS, J. F. 1989. Ríos y ramblas mediterráneos. In: *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. In: A. Gil Olcina, & A. Morales Gil (eds.). Alicante: Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante. Caja de Ahorros del Mediterráneo.

- MCELRAVY, E. P., G. A. LAMBERTI, & V. H. RESH. 1989. Year-to-year variation in the aquatic macroinvertebrate fauna of northern California stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 8(1): 51-63.
- MIMAM, 2000. *Libro blanco del agua en España*. Madrid: Ed. Ministerio de Medio Ambiente.
- MOPT. 1991. *Inventario de presas españolas 1991*. Madrid: Ed. DGOH, MOPT. 57 pp.
- MOLINA, C., M. R. VIDAL-ABARCA & M. L. SUÁREZ. 1994. Floods in arid south-east Spanish areas: a historical and environmental review. In: *Coping with Floods*. G. Rossi (ed.): 271-278. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- MORENO, J. L., M. L. SUÁREZ & M. R. VIDAL-ABARCA. 1996. *Valor ecológico de las ramblas como ecosistemas acuáticos singulares. Tomo Extraordinario. 125 Aniversario de la RSEHN*: 411-416.
- MORENO, J. L., M. R. VIDAL ABARCA & M. L. SUÁREZ. 2001. Ecosistemas acuáticos de las ramblas murcianas. *Quercus* 184: 28-33.
- PASKOFF, R. P. 1973. Geomorphological processes and characteristics land-forms in the Mediterranean Regions of the World. In: *Mediterranean Type Ecosystems: Origin and structure*. F. di Castri, & H.A. Mooney (eds.). Springer-Verlag, New York, USA.
- PRAT, N. 1981 The influence of reservoir discharge on benthic fauna of river Ter (NE Spain). *Series Entomologica*. 293-301. Ámsterdam: Kluwer. (número especial de la revista *Hydrobiologia*)
- PRAT, N., M. A. PUIG, G. GONZÁLEZ, M. J. TORT & M. ESTRADA. 1984. The Llobregat. In: *Ecology of European rivers*. B. A. Whitton (ed.): 527-552. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
- PRAT, N. & C. IBÁÑEZ. 1995. Effects of water transfers projected in the Spanish National Hydrological Plan on the ecology of the lower river Ebro (N.E. Spain) and its delta. *Wat. Sci. Tech.*, 31: 79-86.
- RESH, V. H., J. F. JACKSON & E. P. MCELRAVY. 1990. Disturbance, annual variability, and lotic benthos: examples from a California stream influenced by a mediterranean climate. *Memorie Inst. Ital. Idrobiol.*, 47: 309-329.
- ROBLES, S., M. TORO & J. ALBA-TERCEDOR. 2002. Aportaciones al conocimiento de la ecología y distribución de *Prosopistoma pennigerum* (Müller, 1785) en la Península Ibérica. *Libro de Resúmenes del XI Congreso de la Asociación Española de Limnología*. Madrid, junio de 2002.
- SABATER, S., H. GUASCH, E. MARTÍ, J. ARMENGOL, M. VILA & F. SABATER. 1992. The Ter, a mediterranean river system in Spain. *Limnetica*, 8, 141-149.
- SNADDON, C. D. & DAVIES, B. R. 1998. A preliminary assessment of the effects of a small South African inter-basin water transfer on discharge and invertebrate community structure. *Reg. Riv.*, 14: 421-441
- STRAHLER, A. N. & STRAHLER, A. H. 1989. *Geografía física*. Barcelona: Ed. Omega. 550 pp.
- SUÁREZ, M.L. 1986. *Estructura y dinámica de la composición físico-química de las aguas superficiales de una cuenca de características semiáridas del sureste español (río Mula: cuenca del Segura)*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- TORRALVA, M. M. & F. J. OLIVA-PATERNA. 1997. Primera cita de *Chondrostoma polylepis* Steindachner, 1865 (Ostariophysi, Cyprinidae) en la cuenca del río Segura, SE de España. *Limnetica*, 13(1): 1-3.
- UNESCO, 1989. *Hidrología comparada*. Falkenmark, M. & Chapman, T. Vers. Esp. CEDEX, 1993.
- VIDAL-ABARCA, M. R. 1990. Los ríos de las cuencas áridas y semiáridas: Una perspectiva ecológica comparativa y de síntesis. *SCIENTIA gerundensis*, 16: 219-228
- VIDAL-ABARCA, M. R., M. L. SUÁREZ, C. MONTES, A. MILLÁN, R. GÓMEZ, M. ORTEGA, J. VELASCO & L. RAMÍREZ-DÍAZ. 1991. Estudio limnológico de la Cuenca del Río Mundo (Río Segura). *Jornadas sobre el Medio Natural Albacetense*: 339-357.
- VIDAL-ABARCA, M. R., M. L. SUÁREZ & L. RAMÍREZ-DÍAZ. 1992. Ecology of Spanish Semiarid Streams. *Limnetica*, 8: 151-160.
- VIDAL-ABARCA, M. R., M. L. SUÁREZ, J. L. MORENO, R. GÓMEZ & I. SÁNCHEZ. 2000. Hidroquímica de un río de características semiáridas (río Chicamo, Murcia). Análisis espacio – temporal. *Limnetica*, 18: 57-73.
- WISHART, M J. & B. R. DAVIES. 2002. Considerations of scale for conserving river basin integrity in relation to inter-basin water transfers. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 28: 471-474.

Anexos. Fichas descriptivas de las cuencas estudiadas. *Descriptive plates of basins studied.*

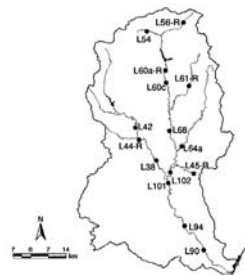
CUENCA DEL RÍO LLOBREGAT

Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo

Superficie: 4923 km²

Nacimiento cauce principal: 1200 m

Longitud cauce principal: 156 km



Geología

Nace en el Prepirineo a 1200 m de altitud en una surgencia cárstica. Drena macizos del prepirineo y la zona prelitoral catalana de geología calcárea que presentan diversos grados de carstificación. Sus afluentes más importantes por la margen izquierda son el Cardener y el Anoia. En el primero, como la parte media del Llobregat se encuentran afloramientos salinos que incrementan la mineralización del agua. En el segundo hay sustratos ricos en sulfatos que le confieren particularidades en su composición química (Prat *et. al.*, 1984). Desemboca en un amplio delta de formación reciente con un importante acuífero.

Clima

La cuenca recibe unos 610 mm anuales de precipitación, siendo la temperatura media anual de 15 °C.

Vegetación

Las cabeceras están dominadas por comunidades de coníferas, mientras que aguas abajo la vegetación arbustiva mediterránea esclerófila es abundante.

Población

La desembocadura se encuentra en la parte sur del área metropolitana de Barcelona, con más de 2 millones de habitantes. La población de derecho de la cuenca es de 96 4933 habitantes, unos 196 habitantes/km².

Usos principales

A pesar de que el uso mayoritario del suelo es forestal (bosque y vegetación esclerófila, 50%), se trata de una cuenca muy urbanizada e industrializada (22%) y con importantes cultivos agrícolas de regadío (25%) en su parte más baja.

Alteraciones en la cuenca

El Cardener contiene una elevada proporción de sales debido a las explotaciones salinas de la zona, mientras que el Anoia presenta una mala calidad del agua debido a la importante industrialización del sector de los curtidos. En su curso se hallan tres embalses (La Baells de 115 hm³, Sant Ponç de 25 hm³ y La Llosa del Cavall de 80 hm³), destinados a regadío y al abastecimiento de Barcelona. Existen además 63 pequeñas presas para generación de energía eléctrica principalmente (minicentrales) y para usos agrícolas.

CUENCA DEL RÍO BESÒS**Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo**Superficie: 1007 km²

Nacimiento cauce principal: 556 m

Longitud cauce principal: 53 km

**Geología**

La mayor parte de la cuenca está compuesta por material sedimentario, seguido del silíceo y en menor medida el calcáreo. Las aguas fluyen desde tres macizos importantes: el Montseny y el Corredor-Montnegre de carácter mayoritariamente silíceo al este y el de Sant Llorenç de tipo calcáreo al oeste. Tiene tres afluentes importantes: el Tenes, la riera de Caldes y el Ripoll. En su desembocadura forma un delta cuyos depósitos enlazan lateralmente al Sur con los del Llobregat.

Clima

La cuenca recibe unos 602 mm anuales de precipitación, y la temperatura media anual es de 15.6 °C.

Vegetación

Las cabeceras están dominadas por comunidades de conífera y bosques caducifolios, mientras que aguas abajo la vegetación arbustiva mediterránea esclerófila es abundante.

Población

La población total de la cuenca es de 72 4847 (habitantes de derecho) lo que supone una elevada densidad demográfica, con unos 719 hab/km². El tramo final del río atraviesa el área metropolitana de Barcelona, con más de 2 millones de habitantes.

Usos principales

Los macizos del Montseny, el Corredor-Montnegre y el de Sant Llorenç están catalogados como Parques Naturales. Por ello, el principal uso de la cuenca es el forestal (bosques y vegetación esclerófila) con un 71% de su superficie. Los cultivos de regadío y secano ocupan tan solo un 1.4%, mientras la proporción de área urbanizada e industrial es de 11.4%.

Alteraciones en la cuenca

A pesar de las extensas zonas protegidas que posee, los cursos fluviales de la cuenca están muy alterados al tratarse de una cuenca muy poblada y muy industrializada. El Besos, al ser una cuenca pequeña con una aportación anual reducida (88.4 hm³/a), no posee grandes embalses aunque tiene 2 pequeñas presas para regadío y/o para la obtención de energía (minicentrales hidroeléctricas).

CUENCA DEL RÍO SÓLLER**Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo**Superficie: 45.08 km²

Nacimiento cauce principal: 275 m

Longitud cauce principal: 9.1 km

**Geología**

En la cuenca predomina el sustrato de naturaleza calcárea, siendo el resto sedimentario/margoso. La geología calcárea favorece la infiltración de las aguas en el terreno antes de alcanzar los tramos bajos, generando cauces de carácter temporal o intermitente.

Clima

La precipitación media anual es de 863.9 mm y la temperatura media anual es de 16.2 °C.

Vegetación

Las especies que caracterizan la vegetación de la cuenca son *Olea europaea* L., *Cerantonia siliqua* L. y *Citrus* spp.

Población

Abarca los municipios de Fomalutx y Sóller, con una densidad de población de 26.4 y 243 hab/km² respectivamente. Durante la temporada turística se incrementa extremadamente esta población.

Usos principales

Los usos principales de la cuenca son urbanos y agrícolas.

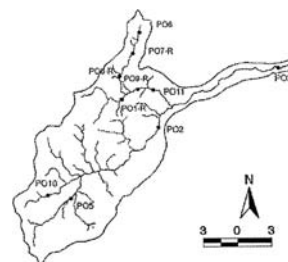
Alteraciones en la cuenca

No existen obras hidráulicas que regulen el cauce, aunque sí se realizan extracciones de agua para suministro (canalizaciones) y mediante pozos.

CUENCA DEL RÍO POLLENÇA

Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo

Superficie: 40.54 km²
 Nacimiento cauce principal: 325 m
 Longitud cauce principal: 15.4 km



Geología

En la cuenca predomina el sustrato de naturaleza calcárea, siendo el resto sedimentario/margoso. La geología calcárea favorece la infiltración de las aguas en el terreno, generando cauces de carácter temporal o intermitente.

Clima

La precipitación media anual es de 986.4 mm y la temperatura media anual es de 17 °C.

Vegetación

En las zonas de montaña dominan las comunidades de *Quercus ilex* y *Pinus halepensis* Mill. En el llano, predominan los cultivos con *Citrus* spp. y *Olea europaea*.

Población

Los cauces estudiados pertenecen al municipio de Pollença, con una densidad de población de 84.4 hab/km². Los torrentes de montaña en la zona presentan sin embargo densidades de población muy bajas, como el torrente de Ternelles. El eje central del torrente en la parte baja de la cuenca atraviesa zonas agrícolas, núcleos urbanos y se producen aumentos temporales de población debido al turismo.

Usos principales

Los usos principales de la cuenca son urbanos y agrícolas en los llanos, existiendo bosque natural en las montañas.

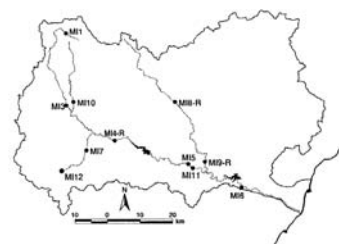
Alteraciones en la cuenca

Se realizan extracciones de agua con derivación para suministro de agua potable en la montaña. En años secos y, agravado por la extracción de agua para la agricultura en el fondo del valle, el nivel de la capa freática es muy bajo, lo que impide el mantenimiento de agua en el cauce principal incluso en épocas lluviosas.

CUENCA DEL RÍO MIJARES**Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo**Superficie: 2495 km²

Nacimiento cauce principal: 1 500 m

Longitud cauce principal: 157.1 km

**Geología**

Predominan los terrenos de naturaleza calcárea, existiendo algunas zonas de carácter sedimentario o margoso, y más raramente silíceo. Nace en la Sierra de Gúdar, recogiendo las aguas de este macizo y del de Javalambre. Sus principales afluentes son el Villahermosa o Linares y la rambla de la Viuda.

Clima

En la Sierra de Gúdar las oscilaciones térmicas son importantes, con inviernos fríos y precipitaciones medias anuales entre los 400 y los 800 mm, con escasas lluvias durante el verano y el invierno e importantes periodos de sequía interanuales. En la cuenca baja del Mijares turolense, según vamos descendiendo los cursos de los ríos Linares y Mijares, los inviernos son más suaves debido a la influencia del mar.

Vegetación

En la Sierra de Gúdar predominan las coníferas en todos los pisos bioclimáticos formando una diversa y amplia sucesión de pinos, sabinas y enebros. Menos extendidas y a menor altitud, aparecen las formaciones de frondosas mediterráneas esclerófilas: los carrascales (*Quercus ilex*), y los rebollares de *Quercus faginea*, asociadas o mezcladas, o acompañando a sabinas, pinos o arces.

Población

La Sierra de Gúdar es una zona de montaña desertizada demográficamente (3.9 hab/km²). La mayor parte de la población se concentra en el tramo bajo, en el área de influencia de Castellón de la Plana.

Usos principales

Los usos principales de la cuenca son ganaderos y forestales en la parte alta, y de explotaciones agrícolas en los fondos de valle y Plana de Castellón. En el tramo medio, usos turísticos-recreativos con balnearios y fuentes termales en el eje principal del Mijares.

Alteraciones en la cuenca

La elevada pendiente media del cauce principal y su encajonamiento en el terreno, ha favorecido la construcción de sucesivos embalses (Arenós, Cirat, Vallat, Ribesalbes y Sichar), con un fuerte efecto regulador del río. Su uso es la producción de energía y el regadío, disminuyendo mucho el caudal en su tramo bajo. Algunos de sus principales afluentes también se encuentran regulados: La Rambla de la Viuda (Emb. M^a Cristina), río Lucena (Emb. Alcora).

CUENCA DEL RÍO TURIA

Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo

Superficie: 6393 km²
 Nacimiento cauce principal: 1520 m
 Longitud cauce principal: 283 km



Geología

Predominan los terrenos de naturaleza calcárea, existiendo algunas zonas de carácter sedimentario o margoso, y más raramente silíceo. El Turia o Guadalaviar nace en los Montes Universales, perdiéndose gran parte de sus aguas en un macizo kárstico en el entorno del pueblo de Guadalaviar. El principal afluente es el Alfambra, procedente de la Sierra de Gudar.

Clima

En las Sierras de la cabecera, los inviernos son fríos con precipitaciones medias anuales entre los 400 y los 800 mm. Los veranos son secos y calurosos, especialmente en las Planas costeras, siendo habituales las fuertes tormentas otoñales, con elevadas precipitaciones puntuales.

Vegetación

La vegetación en la cabecera está configurada por pinares (silvestres, resineros y negros) y manchas de sabinas. En su tramo bajo, la profusión de zonas agrícolas y urbanizadas, ha desplazado la vegetación original de frondosas mediterráneas esclerófilas.

Población

Los principales núcleos de población son Teruel, con aproximadamente 30000 hab. y, en su tramo bajo, Valencia y su área de influencia con casi 1 millón de habitantes. El resto de la cuenca presenta una densidad de población baja.

Usos principales

En su cuenca alta, predomina el suelo forestal y los usos ganaderos en menor medida, dando paso tras su unión con el Alfambra a un uso agrícola, que domina especialmente en su tramo bajo con la huerta valenciana.

Alteraciones en la cuenca

Existen varios embalses en el eje principal para usos principalmente agrícolas y de abastecimiento: Arquillo de San Blas, Benagéber y Loriguilla. Hasta la reciente puesta en marcha de la depuradora de Teruel, el río ha sufrido los vertidos de esta ciudad empeorando severamente su calidad. En la actualidad, la desembocadura se ha desviado de su cauce original por un encauzamiento de 13 km evitando su paso por Valencia hasta el mar.

CUENCA DEL RÍO SEGURA

Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo

Superficie: 19525 km²
 Nacimiento cauce principal: 1413 m
 Longitud cauce principal: 325 km



Geología

En zonas de baja altitud predominan margas y algunas áreas volcánicas calcitas y dolomías son las rocas predominantes en las cabeceras montañosas. Los suelos son blandos, calcáreos y fácilmente erosionables. El relieve de la cuenca es abrupto e irregular, alternando importantes elevaciones frente a amplias depresiones. Algunas ramblas circulan por materiales ricos en sales como margas del Mioceno (margas del Keuper) o yesos, por lo que su salinidad es naturalmente elevada.

Clima

El clima es húmedo en las montañas del NW y semiárido en el resto. La precipitación va desde los 250 mm en las zonas más secas (concentrados en cortos episodios torrenciales) hasta los 1200 mm anuales en las zonas más húmedas. Respecto a la temperatura, la media anual oscila entre 15 °C y 20 °C según el área geográfica.

Vegetación

La vegetación de la cuenca se compone de diversas unidades dependiendo del tipo bioclimático. Los bosques y formaciones arbóreas están representados por pinares (favorecidos por el hombre) y carrascales. Los pastizales se componen fundamentalmente de espartales. También son abundantes las formaciones de matorral con pinar y sabinar. Por último, dunas y saladares son en su mayor parte litorales, pero también están presentes en zonas del interior con suelos salinos.

Población

Núcleos urbanos importantes en los tramos medios y bajos del eje de los ríos Segura, Guadalentín, Mula, Argos y Quipar. Incremento temporal de la población en el período estival en el tramo bajo.

Usos principales

Los usos principales son agrícolas con cultivos de regadíos y zonas industriales asociadas a la producción de productos hortofrutícolas. Industria de curtidos en el Guadalentín.

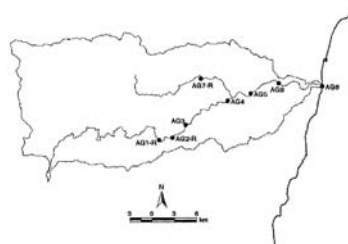
Alteraciones en la cuenca

La hidrología alterada por más de 30 embalses y diques de contención para avenidas. Obras de encauzamiento (tramos medios y bajos), y extracción de caudales para regadío. Traspase Tajo-Segura. Expansión urbana, vertidos orgánicos de las industrias conserveras, contaminación difusa procedente de los regadíos intensivos y vertidos de núcleos urbanos.

CUENCA DEL RÍO AGUAS**Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo**Superficie: 590 km²

Nacimiento cauce principal: 270 m

Longitud cauce principal: 25 km

**Geología**

La cuenca se sitúa sobre una cubeta neógena con materiales predominantemente margosos aunque en la zona más septentrional aparecen mármoles triásicos (complejo Alpujárride). Existen sistemas kársticos de origen carbonatado y evaporítico. Los primeros se asocian a los afloramientos alpujárrides y los segundos son de importancia mundial y constituyen el Karst de yesos de Sorbas que se encuentra protegido bajo la figura de Paraje Natural.

Clima

El clima es mediterráneo subdesértico con precipitaciones anuales inferiores a 300 mm y T^a media anual 17-21 °C

Vegetación

Un 83% de su superficie se encuentra cubierta por vegetación natural de porte arbustivo y cerca del 16 % se dedica a la agricultura de secano.

Población

La población en la cuenca es de unos 17000 hab. fundamentalmente concentradas en las zonas turísticas costeras (Mojacar y Garrucha, 12004 hab.). La actividad turística, por tanto, es intensa en la zona de desembocadura (Mojacar y Garrucha).

Usos principales

La actividad minera es intensa sobre todo en la zona de la cabecera. Se explota el yeso, que se encuentra en estado muy puro y por esto la provincia de Almería se sitúa entre las principales productoras de yeso de la península.

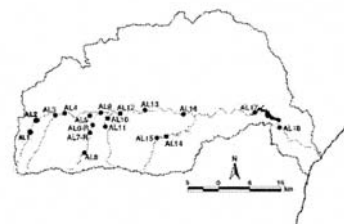
Alteraciones en la cuenca

Actividad minera.

CUENCA DEL RÍO ALMANZORA

Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo

Superficie: 2611 km²
 Nacimiento cauce principal: 1270 m
 Longitud cauce principal: 110 km



Geología

Naturaleza silíceo en las cumbres, con un núcleo que aflora en zonas de media-baja montaña con micaesquistos paleozoicos, mármoles triásicos, rocas carboníticas, calizas y dolomías. Tramos medios y bajos sobre materiales principalmente sedimentarios. En toda la cuenca del Almanzora los sistemas Karsticos son abundantes y se encuentran asociados a los afloramientos alpujárrides.

Clima

El clima es Continental mediterráneo y mediterráneo subdesértico. El primero se da en la zona más montana de la cuenca del río Almanzora (Sierra de los Filabres), con precipitaciones anuales que oscilan 300-600 mm y una T media anual del 3-15 °C. El segundo, mediterráneo subdesértico, se encuentra en los tramos medios y bajos de la cuenca, con precipitaciones anuales inferiores a 300 mm y una T media anual de 17-21 °C

Vegetación

La cuenca está dominada por vegetación seral, principalmente matorral arbustivo y herbáceo (59 %) y repoblaciones de coníferas en las zonas montanas (12%).

Población

Más de 70000 hab. viven en la cuenca, principalmente en la zona de la desembocadura, en los municipios de Cuevas (9584 hab.) y Huerca-Overa (13 870 hab.), y en la “comarca del Mármol”, en los municipios de Olula (6008 hab.) y Macael (5861 hab.). La cuenca tiene una densidad de población de 33.04 hab/km²

Usos principales

Agricultura (29% de su superficie) principalmente de secano. Agricultura extensiva bajo plástico reciente en el levante de Almería, se restringe a la zona de la desembocadura del río. Actividad minera muy intensa sobre todo en el tramo medio del río (“Comarca del Mármol”), con minería no metálica y de obtención de productos de cantera.

Alteraciones en la cuenca

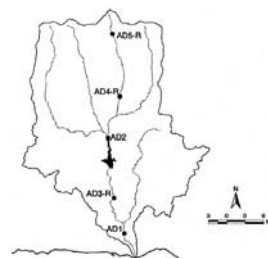
Embalse de Cuevas de Almanzora (presa de 118 m de altura y superficie de 573 ha), con una cuenca receptora de 2122 km², destinado a riego y abastecimiento, regula la casi totalidad de la cuenca afectando totalmente al tramo bajo de la misma.

CUENCA DEL RÍO ADRA**Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo**

Superficie: 735.4 km²

Nacimiento cauce principal: 2060 m altitud

Longitud cauce principal: 46.7 km

**Geología**

En su mayoría la cuenca es de naturaleza silíceo, localizándose zonas calcáreas (calcoesquistos) en los tramos medios y terrenos de tipo sedimentario en su tramo bajo.

Las Fuentes de Marbella son una surgencia de gran caudal de aguas infiltradas en un macizo cárstico, bastante mineralizadas respecto al resto de la cuenca, que se unen a las escasas aguas que bajan por el cauce principal, aguas abajo del embalse de Beninar. En su desembocadura, el río forma un delta donde se localizan las albuferas de Adra, de gran interés ecológico y geomorfológico.

Clima

Las precipitaciones son muy escasas, con valores medios anuales inferiores a 200 mm, aunque se producen de forma torrencial. La insolación es muy elevada provocando una fuerte xericidad estival.

Vegetación

Predomina un matorral serial mezclado con tomillares nitrófilos. Son matorrales fruticosos, muy alterados, que no superan los 50 cm. de altura y con coberturas inferiores al 60-70 %, muy pobres en especies. Hay zonas que han sido aterrazadas y repobladas durante la ejecución de las obras del embalse de Beninar, aunque sin éxito. También hay encinas (*Quercus rotundifolia*) representada solamente por algunas manchas de matorral serial. También hay cultivos de distinta índole.

Población

La población ha aumentado en las últimas décadas en la zona del tramo bajo a causa del incremento de la actividad agrícola de los invernaderos.

Usos principales

La actividad principal de la cuenca es la agricultura de regadío, destacando por su importancia económica los cultivos en invernadero.

Alteraciones en la cuenca

Vertidos a lo largo del eje principal. A partir del tramo medio, regulación por el embalse de Beninar (70 hm³). El agua que circula en el tramo bajo es la procedente de la surgencia unida a todos los desagües de cientos de invernaderos de cultivos hidropónicos.

CUENCA DEL RÍO GUADALFEO

Datos geográficos y localización de estaciones de muestreo

Superficie: 1086.5 km²
 Nacimiento cauce principal: 2980 m altitud
 Longitud cauce principal: 56.8 km



Geología

Predominan los materiales silíceos (72.8 %) frente a los calcáreos (23.1 %). El río Guadalfeo discurre E-O, formándose con los caudales procedentes de los ríos Poqueira y Trevélez y posteriormente con las aguas del río Cádíar. Atraviesa la parte meridional del valle de Orgiva y desemboca en el Mediterráneo, entre Salobrena y Motril. Constituye la arteria fluvial más importante de La Alpujarra.

Clima

Las precipitaciones son muy escasas, con valores medios anuales inferiores a 200 mm, aunque se producen de forma torrencial. La insolación, es muy elevada provocando una fuerte xericidad estival.

Vegetación

Predomina un matorral serial mezclado con tomillares nitrófilos. Son matorrales fruticosos, muy alterados, que no superan los 50 cm. de altura y con coberturas inferiores al 60-70 %, muy pobres en especies. Zonas aterrazadas y repobladas durante las obras del embalse de Benínar, aunque sin éxito. También hay encinas (*Quercus rotundifolia*) representada solamente por algunas manchas de matorral serial. También hay cultivos de distinta índole.

Población

La población ha aumentado en las últimas décadas en la zona del tramo bajo a causa del incremento de la actividad agrícola de los invernaderos.

Usos principales

La actividad principal de la cuenca es la agricultura. Existen cultivos en invernadero en algunas zonas de la cuenca.

Alteraciones en la cuenca

La construcción de la presa de Rules (118 hm³) provoca elevadas concentraciones de sólidos en suspensión. Numerosos vertidos urbanos de pequeñas poblaciones en toda la cuenca. Son frecuentes las extracciones de agua, llegándose a secar algunos cauces.