

Los ríos de las regiones semiáridas

M.R. Vidal-Abarca, R. Gómez, M.L. Suárez

Departamento de Ecología e Hidrología, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo 30100 Murcia

En las regiones semiáridas es extraordinaria la variabilidad ambiental de los ecosistemas acuáticos. Ello se pone de manifiesto en la heterogeneidad espacial y las variaciones temporales de sus componentes físicos, químicos y bióticos. El balance hídrico negativo característico de estas regiones sitúa a sus ríos en extremos ambientales que pasan desde períodos de sequía a eventos de inundación de escasa duración. Tres factores clave determinan esta variabilidad: la temporalidad de las aguas, las interacciones del agua superficial, subsuperficial y subterránea y la tipología del sustrato. Todos ellos contribuyen a configurar el cuadro hidroquímico y su variabilidad espacial y temporal, a seleccionar los componentes biológicos y sus relaciones y a marcar las características metabólicas del ecosistema. Todas estas cuestiones deben tenerse en cuenta para la gestión de los sistemas acuáticos de regiones semiáridas.

Introducción

Las regiones semiáridas y áridas se distribuyen en todo el planeta ocupando un 68% del territorio (Davies *et al.*, 1994), pero sólo recientemente están recibiendo atención por parte de científicos, investigadores y público en general, quizás como respuesta a la amenaza que supone el cambio global (ver los objetivos prioritarios del VI Programa Marco de I+D de la Unión Europea). En España, la región árida y semiárida se sitúa, fundamentalmente, en la parte central de la depresión del Ebro y el sureste peninsular. Se caracteriza porque el balance de agua es negativo debido a condiciones o circunstancias climáticas estresantes (escasas precipitaciones y muy variables en el espacio y en el tiempo, alta radiación solar y escasa infiltración del agua en el suelo, entre otras). La extrema variabilidad en los componentes abiótico y biótico, es decir, una gran heterogeneidad espacial y temporal es probablemente el principal rasgo de los ecosistemas de las regiones semiáridas (Likens, 1999).

Podemos preguntarnos si los ríos de las regiones semiáridas son diferentes a los de otras regiones más húmedas y, en caso afirmativo, por qué. La primera pregunta surge porque en estas regiones los ríos a veces llevan agua, pero otras no. Además, sufren avenidas (en ocasiones catastróficas) y durante el verano se quedan secos, e incluso pueden permanecer sin agua durante mucho más tiempo. La variabilidad espacial y temporal, a distintas escalas, que experimentan estos ríos es de tal magnitud que supone un reto científico entender cuáles son las claves de su estructura y funcionamiento (Gómez *et al.*, 2001).

Esta contribución es una breve síntesis del conocimiento que se tiene sobre los ríos de regiones semiáridas ejemplarizados en el sureste ibérico, área prioritaria de estudio del grupo de investigación 'Ecología de las Aguas Continentales' de la Universidad de Murcia.

Factores clave para la tipificación de los ríos de regiones semiáridas

Hay tres elementos clave que pueden ayudarnos a explicar los diferentes comportamientos hidrológicos observados en los ríos de regiones semiáridas: la temporalidad o permanencia del agua en los cauces, la existencia y tipo de relaciones aguas superficiales ?subsuperficiales ?subterráneas y la tipología del sustrato litológico (Suárez, 1986; Vidal-Abarca *et al.*, 1996; Gómez *et al.*, 2001).

Considerando la temporalidad, se pueden definir tres tipos de ríos: *permanentes*, aquellos donde el flujo de agua permanece durante todo el ciclo hidrológico anual; *temporales* donde el flujo cesa durante una parte del año y *efímeros* donde el agua

circula únicamente tras fuertes precipitaciones. En la Península Ibérica, la temporalidad aumenta a modo de gradiente desde el norte más húmedo, donde dominan los cauces permanentes, hasta el sur, más árido donde prevalecen los temporales y efímeros (Vidal-Abarca *et al.*, 1992).

A una escala espacial más precisa, un mismo río puede participar de los tres tipos definidos. Surge así un concepto nuevo, referido al carácter intermitente de algunos ríos de las regiones semiáridas. En efecto, en el sureste ibérico existen buenos ejemplos de ríos donde el agua aflora durante todo el año en tramos de mayor o menor longitud (tramos de agua permanente) frente a otros donde el agua se seca durante una parte del año (tramos temporales), separados por otros donde el agua, si circula, es tras fuertes lluvias (tramos efímeros) (**Fig. 1**). Esto se debe, fundamentalmente, a la existencia de descargas de aguas subsuperficiales o procedentes de acuíferos más profundos, que posibilitan la existencia de tramos temporales y/o permanentes (Suárez, 1986; Moreno *et al.*, 2001a).

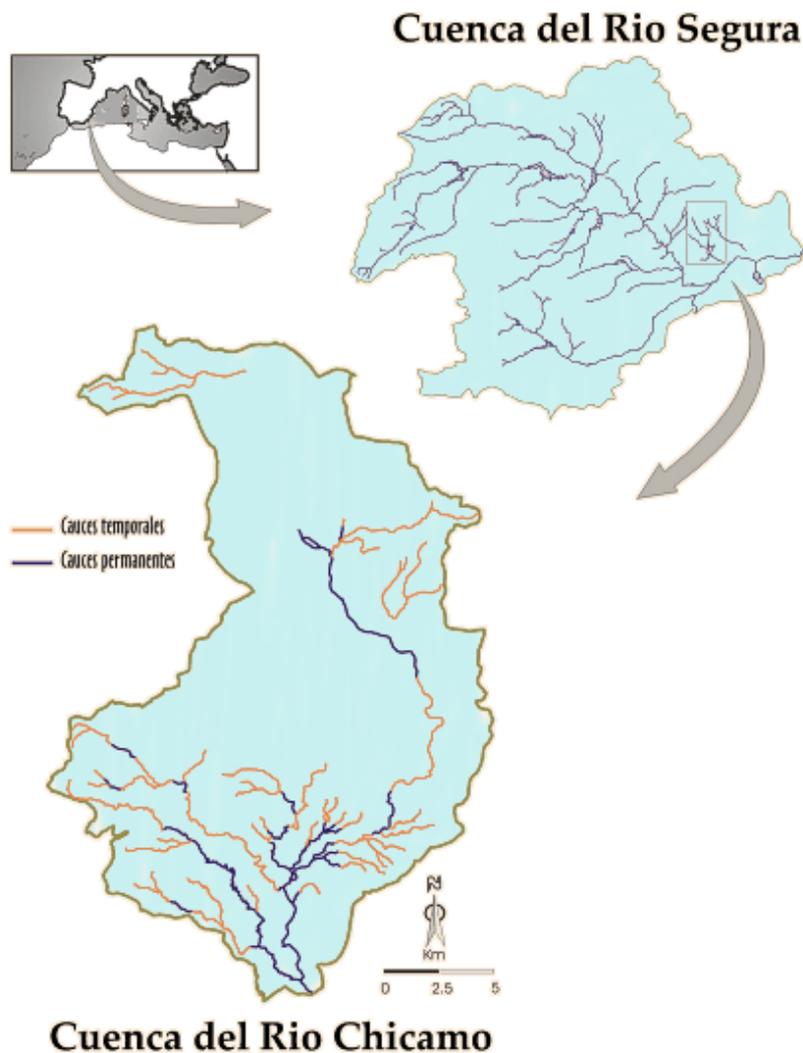


Figura 1. Temporalidad de los cauces de la cuenca del río Chicamo (SE España).

Pero la temporalidad y la intermitencia también dependen del sustrato litológico dominante en la cuenca de drenaje (Varios Autores, 2003). La permeabilidad del sustrato difiere entre materiales explicando, en muchas ocasiones, la distribución espacial y temporal del agua (**Tabla 1, Fig. 2**).

Tabla 1.- Características morfológicas, hidrológicas y ecológicas de los ríos semiáridos según el tipo de material geológico dominante en la cuenca de drenaje (extraído de Varios Autores, 2003).

	CUENCAS MARGOSAS	CUENCAS CALIZAS	CUENCAS METAMÓRFICAS
Materiales geológicos dominantes	Margas Miocénicas y del Keuper	Calizas, areniscas y conglomerados	Cuarcitas, argilitas, pizarras, gneises y micaesquistos
Hidrología superficial	Cauces permanentes o temporales	Elevado nº de cauces temporales Frecuentes fuentes y manantiales	Cauces mayoritariamente temporales Frecuentes fuentes y manantiales
Morfología cauces	Amplios (hasta 30 m) Taludes de 10-15 m de altura	Estrechos (2-10 m)	Intermedios
Sedimentos dominantes	Arcillas y limos	Cantos y gravas	Gravas y arenas
Anchura de la lámina agua	0-2 m	0-5 m	0-3 m
Salinidad del agua	Elevada (1-28 g/l)	Baja (0-1 g/l)	Intermedia (2-6 g/l)
Materiales en suspensión	altos	bajos	bajos
Vegetación de las riberas	<i>Tamarix sp;</i> <i>Juncus maritimus;</i> <i>Scirpus holoschoenus;</i> <i>Phragmites australis;</i> <i>Plantas halófilas</i>	<i>Tamarix sp.;</i> <i>Pinus halepensis;</i> <i>Nerium oleander</i>	<i>Nerium oleander;</i> <i>Arundo donax</i>
Caracteres paisajísticos	Típica presencia de humedales asociados en los tramos bajos. Paisajes acarcavados o 'badlands'	Característica la presencia de pinar y arbustos del entorno (romero, enebro, coscoja, ?)	Características intermedias entre las ramblas margosas y calizas



Figura 2. Asociados a los tramos bajos de los cauces temporales del sureste ibérico, es característica la presencia de humedales como el de Los Valientes, en Fortuna (Murcia).

A escala temporal dos eventos hidrológicos pueden alterar estos modelos, de por sí complejos: las crecidas y los estiajes. Las crecidas son fenómenos hidrológicos naturales que ocurren con un cierto grado de impredecibilidad, como respuesta a precipitaciones intensas en el espacio y/o en el tiempo (Suárez *et al.*, 1995, **Fig. 3**). Mueven agua y sedimentos y reorganizan la estructura de los cauces (**Tabla 2**). Además en los ríos intermitentes ponen en contacto los tramos aislados así que, en términos ecológicos, suponen una vía de comunicación y homogeneización. Los estiajes, por el contrario, son más predecibles en las regiones semiáridas. Acentúan el proceso de aislamiento de los tramos con agua, de manera que suponen, en muchos casos, un proceso de fragmentación de hábitats disponibles para los organismos acuáticos (Guerrero, 2002, **Tabla 2**, **Fig. 4**). Hay que añadir que, de forma mucho más impredecible, y con efectos catastróficos, las avenidas y las sequías, perturban estos sistemas (**Tabla 2**, **Fig. 5** y **Fig. 6**).

Tabla 2. Caracterización de los fenómenos hidrológicos naturales a los que están sometidos los ríos semiáridos.

	Crecidas	Estiajes	Avenidas	Sequías
Tipo de fenómeno	habitual	habitual	perturbación	perturbación
Predecibilidad	media	alta	baja	media-baja
Frecuencia	variable	estacional	baja	media-baja
Intensidad	media-baja	baja	alta	alta
Efectos sobre:				
cauce	redistribución de materiales	deposición de materiales	remodelación del cauce	cambio estructura cauce
nutrientes	exportación	acumulación y transformación	lavado y exportación	transformación intensa
materia orgánica	exportación	acumulación y mineralización	lavado y exportación	mineralización intensa
organismos	reorganización de la comunidad	fenómenos competencia	lavado y muerte	deshidratación y muerte
Procesos ecológicos	vía de conexión homogeneización	fragmentación de hábitats	rejuvenecimiento	terrestrialización (invasión vegetación terrestre)



Figura 3. *Crecida habitual de otoño en el río Chícamo (Murcia).*



Figura 4. *Estiaje en la Rambla del Agua Amarga (Murcia).*



Figura 5. Avenida catastrófica en el río Chicamo (Murcia).



Figura 6. Proceso de terrestrialización de la vegetación en cauces sometidos a sequías en el sureste ibérico.

Variabilidad hidroquímica de los ríos semiáridos

Una de las principales consecuencias del modelo hidrológico que caracteriza a estos ríos es la variabilidad de sus condiciones físicas y químicas, tanto a escala espacial como temporal.

A gran escala, la litología es la responsable del contenido en sales de las aguas superficiales y subterráneas de las diferentes cuencas de drenaje (Varios Autores, 2003). Así, las aguas que discurren por cuencas margosas se van enriqueciendo en sales conforme fluyen hacia las zonas bajas donde pueden alcanzar valores medios de 7-11 g/l frente a los 0-1 g/l de las zonas de cabecera (**Tabla 1**). Este incremento paulatino en el contenido de sales se puede ver bruscamente interrumpido si existen afloramientos de aguas hipersalinas (> 30 g/l) relacionadas con la presencia de margas del Keuper ricas en yesos. Asociados a estos cauces, es característica en el sureste la presencia de explotaciones salineras actualmente abandonadas o en vías de abandono (**Fig. 7**). Así mismo, estudios recientes inéditos demuestran el importante papel de las margas como fuente natural de nitratos, cuyas elevadas concentraciones en los cauces (12-25 mg/l N-NO₃ y

hasta 40 mg/l N-NO₃ en fuentes) han sido tradicionalmente interpretados como consecuencia de la actividad antrópica en las cuencas vertientes.



Figura 7. Salinas interiores en Casas del Salero (Murcia).

A escala de tramo, litología y geomorfología definen las características físicas y químicas del agua. Si la pendiente y la textura del sustrato lo permiten, el agua que se infiltra en determinados puntos del cauce aflora aguas abajo con una hidroquímica diferente, resultado del contacto estrecho entre el agua y los sedimentos del cauce. La conductividad hidráulica de los mismos es un factor clave para interpretar, por ejemplo, el patrón espacial de variación del nitrógeno y del fósforo del agua superficial (Gómez *et al.*, 1992; Gómez, 1995; Gómez *et al.*, 2001), y dicha importancia aumentará conforme disminuya el volumen de agua que fluya por los cauces. La situación más extrema se produce durante el estiaje, cuando la lámina de agua queda fragmentada y únicamente sustentada por pequeños rezumes de agua subsuperficial o subterránea.

A menor escala (algunos metros) es el microrrelieve, que determina la profundidad de la lámina de agua, la acumulación de sedimentos finos o materia orgánica, la velocidad de la corriente y la presencia de rezumes laterales, el factor implicado en las variaciones puntuales observadas (Gómez *et al.*, 2001).

La asimilación biológica de los nutrientes por parte de la vegetación es un elemento a considerar para explicar su variación espacial, pero su importancia queda limitada a los tramos de aguas permanentes. En los tramos temporales la importancia de la vegetación, como elemento que retira o aporta nutrientes al medio (por senescencia, muerte, abscisión y descomposición), varía con las condiciones hidrológicas y la estacionalidad.

Las condiciones físicas y químicas del agua incrementan su variabilidad espacial conforme se diversifica el conjunto de condiciones físicas, hidrológicas y biológicas de los cauces, fenómeno que se ve acelerado durante las etapas tempranas del estiaje en los ríos áridos y semiáridos. Por el contrario, la variabilidad disminuye cuando tiene lugar una crecida (**Fig. 8**). Tras ella, las características físicas y químicas se homogeneizan, al conectarse los tramos aislados, 'diluyéndose' los efectos de las variables de acción local. El cuadro hidroquímico resultante, dependiendo de la intensidad y volumen de la precipitación, será en último término reflejo de la litología y características de uso de las cuencas vertientes. En esta situación, el papel de la hidroquímica como indicador de las condiciones de la cuenca es elevado. Datos obtenidos en la cuenca del río Chícamo muestran, por ejemplo, valores máximos de nitrógeno en el agua de escorrentía durante las primeras lluvias del otoño, disminuyendo su contenido conforme se suceden las precipitaciones (Gómez, 1995).

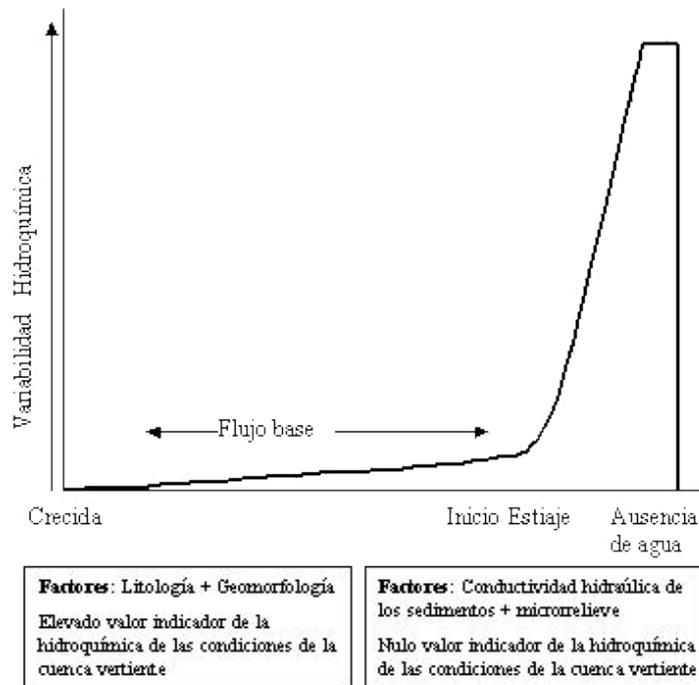


Figura 8. Esquema conceptual de la variabilidad hidroquímica en ríos áridos y semiáridos. El papel de la hidroquímica superficial como indicador de las características litológicas, de suelo, y usos de su cuenca, varía de un extremo hidrológico al otro, en relación con los factores implicados en la constitución del cuadro físico-químico.

Sin embargo, durante el estiaje, y como consecuencia de que los factores locales afectan más a las características del agua superficial, ésta pierde su papel indicador a nivel de cuenca, limitándose a ser reflejo de procesos puntuales de extrema variabilidad espacial y temporal. Un efecto similar tiene la temporalidad de agua en los cauces. Así, los tramos permanentes quedarían situados en el rango del flujo de base (según la representación de la **Figura 8**), y los temporales, próximos al estiaje.

La variabilidad diaria de las condiciones físicas y químicas es también un aspecto importante a considerar en los ríos de zonas áridas y semiáridas. En el río Chícamo, por ejemplo, asociado a las acusadas variaciones de caudal se pueden medir salinidades diarias que oscilan entre los 4-18 g/l, concentraciones de oxígeno disuelto entre 1,6 y 20 mg/l y concentraciones de N-NO₃ que varían en el rango de 0,4-3,6 mg/l (Vidal-Abarca *et al.*, 2002).

Las comunidades biológicas: composición, estructura y adaptaciones

En general, las comunidades biológicas responden, de forma predominante, a la variabilidad hidrológica espacial y temporal de estos ríos y a la salinidad del agua. La vegetación ribereña se distribuye de cabecera a desembocadura, mostrando las discontinuidades hidrológicas de estos ríos. Pero de igual manera responden a las variaciones de la salinidad y a la profundidad del nivel freático, así que calidad y cantidad de agua son los factores determinantes de su distribución y composición (González del Tánago *et al.*, 1995) (**Tabla 1**). No obstante, las avenidas suponen, en muchas ocasiones, un importante factor de estrés que impide el desarrollo de una vegetación ribereña bien estructurada y densa. En estos casos los productores primarios acuáticos (algas y fanerógamas) adquieren una gran importancia (**Tabla 3**) y, allí donde la insolación es muy intensa y las temperaturas altas, el perifiton (o *biofilm*) adquiere un papel funcional decisivo (Suárez y Vidal-Abarca, 2000; Velasco *et al.*, 2003; **Fig. 9**). Las adaptaciones de algas y macrófitos proporcionan tolerancia a la salinidad del agua y los periodos de sequía (**Tabla 4**) (Moreno *et al.*, 2001b).

Tabla 3.- Estatus de algunas especies de algas, fanerógamas, invertebrados y peces que habitan los ríos semiáridos del sureste ibérico (extraído de Moreno *et al.*, 1997; 2001b; Oliva-Paterna *et al.*, 2003; Varios Autores, 2003).

Grupo Taxonómico	Especie	Observaciones
Algas		
Monocotiledóneas	<i>Ruppia drepanensis</i>	Mediterránea, halófito
Vaucheriales	<i>Vaucheria sescuplicaria</i>	Europea, Norte-Africana (aguas salobres)
Zygnematales	<i>Mougeotia faurelii</i>	Norte-Africana
Fanerógamas		
Zannichelliáceas	<i>Zannichellia contorta</i>	Mediterráneo Occidental
Invertebrados		
Coleópteros		
Hidraénidos	<i>Ochthebius montesi</i>	Sureste ibérico. Rara.
	<i>Ochthebius glaber</i>	Endemismo ibérico. Ambientes hipersalinos.
	<i>Ochthebius delgadoi</i>	Endemismo ibérico.
Ditíscidos	<i>Nebrioporus baeticus</i>	Endemismo ibérico.
	<i>Agabus ramblae</i>	Nueva especie
	<i>Eretes sticticus</i>	Especie rara con valor para su conservación.
	<i>Cybister lateralimarginalis</i>	Especie rara con valor para su conservación.
Heterópteros		
Nepomorfos	<i>Sigara scripta</i>	Circunmediterránea.
Odonatos		
Coenagrionidos	<i>Coenagrion mercuriale</i>	Anexo II de la Directiva de Hábitats
Peces		
Ciprinodóntidos	<i>Aphanius iberus (fartet)</i>	Endemismo.
Ciprínidos	<i>Barbus sclateri</i>	Endemismo ibérico. Vulnerable

Tabla 4.- Estrategias adaptativas de los taxones y comunidades biológicas que habitan los ríos semiáridos.

Tipo de Comunidad	Taxones/Grupos dominantes	Estrategias adaptativas de las especies /taxones	Características de la comunidad
Vegetación de ribera	Arbustos y herbáceas	Raíces muy desarrolladas. Reproducción vegetativa.	Pocas especies de árboles.
Algas y fanerógamas	Zygnematales Oedogoniales Angiospermas Charales Vaucheriales	Producción semillas resistentes (zygósporas, oósporas). Alta supervivencia semillas en sedimentos. Propagación partes vegetativas. Producción muchas semillas. Ciclos de vida muy cortos. Alta capacidad regenerativa.	Número de especies reducido debido a la salinidad del agua. Baja riqueza de macrófitos.
Invertebrados	Dípteros Coleópteros Heterópteros Odonatos Efemerópteros	Tasa de crecimiento alta. Ciclos de vida cortos. Tamaño larvas pequeño. Dispersión activa.	Tras una perturbación la comunidad se simplifica sin producirse sustitución de especies. Valores de biomasa bajos.

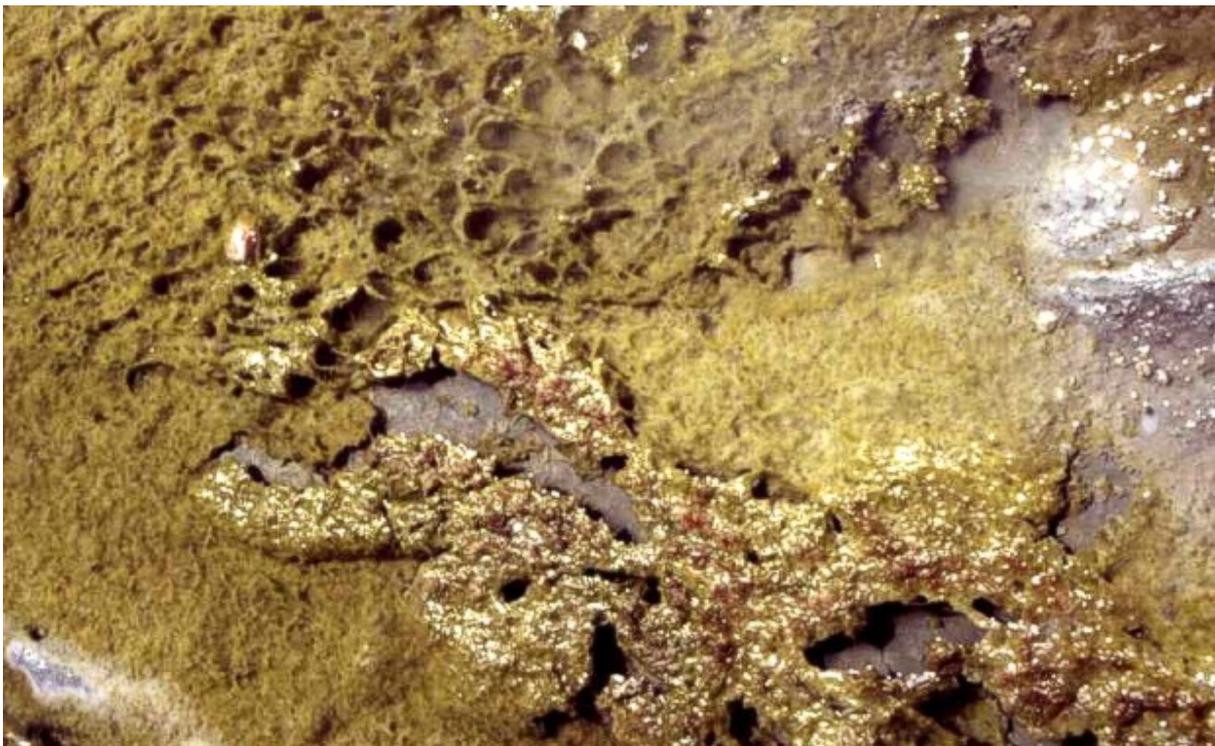


Figura 9. Tapiz de perifiton (*biofilm*) que cubre gran parte del cauce en ríos desprovistos de vegetación ribereña en el sureste ibérico.

Entre los invertebrados acuáticos, los insectos resultan ser el grupo mejor adaptado a estos factores estresantes, siendo con diferencia los dípteros y coleópteros los más ricos en especies (Guerrero, 1996; 2002; Mellado *et al.*, 2002). Entre ellos se encuentran muchas de interés ecológico y/o biogeográfico (**Tabla 3**) (Millán *et al.*, 1996; Moreno *et al.*, 1997). Estudios recientes apuntan hacia la doble estrategia resiliencia-resistencia que parecen presentar los organismos de estos sistemas para sobrevivir, al tiempo, a las avenidas y a las sequías (estiaje), lo cual singulariza enormemente la composición de estas comunidades (Guerrero, 2002) (**Tabla 4**). En cuanto a su estructura trófica, hay un claro dominio de los detritívoros, relacionado con la fuente predominante de alimentación (fracción fina de materia orgánica), y una ausencia casi total de los trituradores por la falta de materiales gruesos (Martínez *et al.*, 1998). Los depredadores suponen al menos 1/3 de la comunidad, estando su ciclos de reproducción acoplados a la disponibilidad de presas (Guerrero *et al.*, en revisión).

Aspectos funcionales

Aunque aún se desconocen muchos aspectos sobre la dinámica de estos ríos, nuevamente las condiciones hidrológicas implican ciertas peculiaridades en el funcionamiento. Así, en términos de producción primaria parece que la aridez aumenta la autotrofia (Gasith y Resh, 1999). Los valores anuales de producción primaria obtenidos en el río Chícamo (en el sureste peninsular) superan a los obtenidos en ríos de ambientes méxicos pero son similares a los ríos del desierto (Suárez y Vidal-Abarca, 2000; Velasco *et al.*, 2003). Con la reducción de los caudales se favorece el metabolismo autotrófico, convirtiéndose estos ríos en productores-acumuladores de carbono orgánico, que exportan a modo de 'pulsos' durante las crecidas y avenidas (la producción de carbono orgánico en un tramo del río Chícamo puede llegar a suponer el doble del consumido *in situ*; Vidal-Abarca *et al.*, 1999). Los artifices de esta peculiaridad son las comunidades perifíticas, que alcanzan unas tasas de crecimiento muy elevadas (producción primaria bruta del perifiton en el río Chícamo = $1,36 \pm 0,22$ g C m⁻² h⁻¹; Respiración = $0,39 \pm 0,06$ g C m⁻² h⁻¹). La biomasa total de las comunidades de algas está condicionada por las crecidas (Sánchez-Montoya, com. per.), mientras que la temperatura del agua explica, en buena medida, la producción primaria bruta y la respiración de la comunidad.

Estos valores altos de producción primaria soportan también altas tasas de producción secundaria. Así, *Caenis luctuosa*, un efemeróptero habitante del río Chícamo, presenta una producción anual de 6,35 g peso seco m⁻² (Perán *et al.* 1999), la más alta medida hasta ahora de cualquier especie de *Caenis*. En relación a toda la comunidad de invertebrados del río Chícamo, y sólo para el periodo de estiaje (3 meses de fuerte estrés), se midieron valores medios de biomasa de 2,3 g peso seco m⁻² (Guerrero *et al.*, en revisión). Teniendo en cuenta este valor, y suponiendo una producción constante todo el año -lo cual es infravalorar esta producción- se alcanzarían valores de biomasa superiores a 9 g peso seco m⁻². Valores en torno a 5 g peso seco m⁻² son habituales en otros ríos del mundo (Huryn y Wallace, 2000).

Notas para la gestión de los ríos semiáridos

Las peculiares características ambientales del ámbito semiárido y árido siempre se han percibido como un grave problema social y económico que hay que solucionar: las avenidas de agua y sus impactos negativos sobre los cultivos y las poblaciones humanas, las sequías y el mantenimiento de sistemas agrícolas de regadío que requieren agua cuando menos hay, la contaminación orgánica como consecuencia de las actividades humanas frente a la excesiva extracción de agua de los cauces impidiendo, al menos, la autodepuración del sistema, etc.

Desde siempre la política de gestión de los recursos hídricos ha intentado subsanar o 'corregir' estas deficiencias, contribuyendo, paradójicamente, a acusar las características hidrológicas más extremas de estos ríos: aumento de la intermitencia y aumento de la temporalidad. Así, la excesiva extracción de agua superficial y/o subterránea para distintos usos, la construcción de presas para el control del agua y uniformización temporal de los caudales, la canalización de tramos de cauce para un pretendido 'control' de las avenidas y consiguiente eliminación del bosque de ribera, etc., han contribuido definitivamente a crear nuevos problemas y agravar otros ya existentes, complicando la gestión del agua en las regiones semiáridas (**Fig.10** y **Fig. 11**).



Figura 10. Canalización de la Rambla de Albudeite a su paso por esta localidad de Murcia.



Figura 11. Rambla del Judío a su paso por Jumilla (Murcia).

El estudio y mayor conocimiento de las peculiaridades hidrológicas de estos ríos nos aproximan cada vez más a lo que debiera ser una gestión y manejo del agua acorde con los principios de sostenibilidad del recurso. Indudablemente esta gestión no es fácil y por ello supone un reto ineludible para la colaboración de investigadores, técnicos, gestores, políticos y ciudadanos.

Agradecimientos

Investigación financiada por el Plan Nacional I+D+I (2000-2003), Programa Nacional de Recursos Naturales. Ref.: REN2001-0644-CO2-01/HID

Referencias

- Davies, B.R., Thoms, M.C., Walker, K.F., O'Keeffe, J.H. y Gore, J.A. 1994. Drylands rivers: Their ecology, conservation and management. En *The river handbook* (eds. Callow, P. y Petts, G.E.), pp. 484-511, Blackwell, Oxford, UK.
- Gasith, A. y Resh, V.H. 1999. Streams in Mediterranean Climate Regions: Abiotic Influences and Biotic Responses to Predictable Seasonal Events. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 51-81.
- Gómez, R. 1995. *Función de los humedales en la dinámica de nutrientes (N y P) de una cuenca de características áridas: Experiencias en el sureste ibérico*. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Gómez, R., Vidal-Abarca, M.R. y Suárez, M.L.. 1992. Bioavailability of phosphorus in Ajauque stream wetland (SE Spain). *Ver. Internat. Verein. Limnol.* 25: 1357-1360.
- Gómez, R., Vidal-Abarca, M.R. y Suárez, M.L. 2001. Importance of the subsurface-surface water interaction in the wetland structure and dynamic in arid and semiarid areas. En *Groundwater Ecology. A tool for management of water resources* (eds. Griebler, C., Danielopol, D., Gibert, J., Nachtnebel, H.P. y Notenboom, J.), pp. 317-322, European Commission-Environment and Climate Programme, Belgium.
- González del Tánago M., Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L. y Molina, C. 1995. Consideraciones sobre el estado actual de las riberas de los principales cauces fluviales de la Cuenca del Río Segura (SE de España). *Anales de Biología* 20: 117-130.
- Guerrero, C. 1996. *Los invertebrados acuáticos del Río Chícamo (SE de España): Variación espacio-temporal*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Guerrero, C. 2002. *Patrones ecológicos y respuesta de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos al estiaje. El caso del río Chícamo (SE de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Guerrero, C., Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L., Gómez, R. y Ortega, M., (en revisión). Estructura de tamaño de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de un río de características semiáridas durante el estiaje (Río Chícamo, S.E. España). *Limnetica*.
- Hurny, A.D. y Wallace, J.B. 2000. Life history and production of stream insects. *Annual Review of Entomology* 45: 83-110.

- Likens, G.E. 1999. Afterword: Reflections and needs. En *Arid lands management. Toward ecological sustainability* (eds. Hoekstra, T.W. y Shachak, M.), pp. 269-272, University of Illinois Press & International Arid Lands Consortium, Urbana y Chicago, USA.
- Martínez B., Velasco, J., Suárez, M.L. y Vidal-Abarca, M.R. 1998. Benthic organic matter dynamics in an intermittent stream in South-East Spain. *Archiv für Hydrobiologie* 141: 303-320.
- Mellado, A., Suárez, M.L., Moreno, J.L. y Vidal-Abarca, M.R. 2002. Aquatic macroinvertebrate biodiversity in the Segura river basin (SE Spain). *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 28: 1111-1115.
- Millán, A., Velasco, J., Suárez, M.L., Vidal-Abarca, M.R. y Ramírez-Díaz, L. 1996. Distribución espacial de los Adepaga acuáticos (Coleoptera) en la Cuenca del Río Segura (SE de la Península Ibérica). *Limnetica* 12: 13-29.
- Moreno J.L., Millán, A., Suárez, M.L., Vidal-Abarca, M.R. y Velasco, J. 1997. Aquatic Coleoptera and Heteroptera assemblages in waterbodies from ephemeral coastal stream ('ramblas') of south-eastern Spain. *Archiv für Hydrobiologie* 141: 93-107
- Moreno, J.L., Vidal-Abarca, M.R. y Suárez, M.L. 2001a. Ecosistemas acuáticos de las ramblas murcianas. *Quercus* 184: 28-33.
- Moreno, J.L., Aboal, M., Vidal-Abarca, M.R. y Suárez, M.L. 2001b. Macroalgae and submerged macrophytes from fresh and saline waterbodies of ephemeral streams ('ramblas') in semiarid south-eastern Spain. *Marine and Freshwater Research* 52: 891-905.
- Oliva-Paterna, F.J., Vila-Gispert, A. y Torralva, M. 2003. Condition of *Barbus sclateri* from semiarid aquatic systems: effects of habitat quality disturbances. *Journal of Fish Biology* 63: 1-11.
- Perán, A., Velasco, J. y Millán, A. 1999. Life cycle and secondary production of *Caenis luctuosa* (Ephemeroptera) in a semiarid stream (Southeast Spain). *Hydrobiologia* 400: 187-194.
- Suárez, M.L. 1986. *Estructura y dinámica de la composición físico-química de las aguas superficiales de una cuenca de características semiáridas (Cuenca del Río Mula)*. Tesis Doctoral Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Suárez, M.L., Vidal-Abarca, M. R., Gómez, R. y Ramírez-Díaz, L. 1995. Las avenidas de agua en la configuración de los paisajes de regiones áridas y semiáridas: Consideraciones sobre las obras de control. VI Jornadas sobre el Paisaje: Agua y Paisaje. Asociación para el Estudio del Paisaje. Segovia (España).
- Suárez, M.L. y Vidal-Abarca, M.R. 2000. Metabolism in a semiarid stream of south-east Spain. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 27: 756-761.
- Varios Autores 2003. *Humedales y Ramblas de la Región de Murcia*. Consejería de Agricultura Agua y Medio Ambiente. Fundación Universidad-Empresa de la Región de Murcia, Murcia, España.
- Velasco, J., Millán, A., Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L., Guerrero, C. y Ortega, M. 2003. Macrophytic, epipelic and epilithic primary production in a semiarid Mediterranean stream. *Freshwater Biology* 48: 1408-1420.
- Vidal-Abarca, M. R., Suárez, M.L. y Ramírez-Díaz, L. 1992. Ecology of spanish semiarid streams. *Limnetica* 8: 151-160.
- Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L. y Ramírez-Díaz, L. 1996. Tipo: Ramblas/Wadis. En *Management of mediterranean wetlands. III. Case studies 2. Proyecto MEDWET* (eds. Morillo, C. y González, J.L.), pp 17-38, Unión Europea. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid, España.
- Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L., Guerrero, C., Velasco, J., Moreno, J.L., Perán, A., Millán, A., Gómez, R., y Mellado, A. 1999. Carbon budget in a semi-arid stream (Chicamo stream; southeast Spain) during different hydrological events. *Symposium for European Freshwater Science (SEFS)*. University of Antwerpen, Antwerpen, Bélgica.
- Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L., Gómez, R, Moreno, J.L. y Guerrero, C. 2002. Diel variation in physical and chemical parameters in a semiarid stream in Spain (Chicamo Stream). *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 28: 1111-1115.