
Cómo citar: Pozo, J. (2021): "Campo de Montiel y Sierra de Alcaraz: ríos de cabecera de cuatro cuencas hidrográficas ibéricas". *Revista de estudios del Campo de Montiel*, 7: 17-44. DOI: <https://doi.org/10.30823/recm.72021132>

Campo de Montiel y Sierra de Alcaraz: ríos de cabecera de cuatro cuencas hidrográficas ibéricas

JESÚS POZO MARTÍNEZ*

UPV/EHU

jesus.pozo@ehu.es

 <https://orcid.org/0000-0003-3104-5423>

Recibido: 24-X-2021

Aceptado: 20-XI-2021

RESUMEN

En un pequeño territorio de las comarcas del Campo de Montiel y de la Sierra de Alcaraz (sur de Castilla-La Mancha, España) se inician las redes de drenaje de 4 de las principales cuencas hidrográficas de la Península Ibérica: Guadalquivir, Guadiana, Júcar y Segura. Este trabajo pretende examinar la variabilidad físico-química de los ríos de cabecera de estas cuencas. Visores geográficos, medidas de campo y análisis de aguas en laboratorio han proporcionado los datos que indican que orografía, litología y clima condicionan el régimen hidrológico de estos ríos, muchos de ellos, intermitentes o efímeros. Escasez de agua y contaminación por nitratos derivados de la agricultura son problemas que podrían agravarse con el cambio climático, especialmente en la cabecera del Guadiana.

PALABRAS CLAVE: Ríos de cabecera, Geología, Clima, Usos del suelo, Química del agua, Castilla-La Mancha.

[en] Campo de Montiel and Sierra de Alcaraz: Headwater Streams from Four Iberian River Basins

ABSTRACT

Headwaters from four of the main Iberian river basins (Guadalquivir, Guadiana, Júcar and Segura) are found in a small region, Campo de Montiel and Sierra de Alcaraz (southern Castilla-La Mancha, Spain), where the drainage networks are originated with numerous streams. The aim of the present work is to study the physical-chemical variability of these headwater streams in this area. Geographical visualization, field measurements and water analysis in laboratory have provided results indicating that orography, lithology and climate determine hydrologic regime of these fluvial systems, several of them being intermittent or ephemeral watercourses. Water scarcity and nitrate pollution caused by agricultural practices are current problems that could get worse with climate change projections, particularly in the Guadiana headwaters.

* Catedrático de Ecología jubilado

KEYWORDS: *Headwater Streams, Geology, Climate, Land Uses, Water Chemistry, Castilla-La Mancha.*

1. INTRODUCCIÓN

Detrás de la aparente simplicidad de cualquier curso de agua, por pequeño que sea, se esconde la enorme complejidad que le confieren su estructura y su funcionamiento. La estructura viene determinada por aspectos como la morfología del cauce, el sustrato, la química del agua o los componentes biológicos, micro o macroscópicos, que ahí se dan cita. Por funcionamiento se hace referencia a los procesos, tales como la producción de biomasa, o la descomposición de la materia orgánica, que devuelve al medio nutrientes inorgánicos que pueden ser usados de nuevo. El marco físico de un río es su cuenca (Pozo y Elosegí, 2009), porción del territorio lavada por las aguas de lluvia que acaban circulando por un cauce. El río que tenemos ante nuestros ojos puede que no haya recibido tributarios aguas arriba, o bien puede que sea el resultado de la confluencia de otros ríos. Así, la cuenca será mayor o menor en función de lo compleja que sea su red de drenaje, confluencia de cursos de agua cada vez de mayor entidad, que tiende a ser más densa en terrenos de litología granítica y menos en áreas calcáreas. El agua que vemos circular procede de la lluvia, ha lavado suelos, disuelto rocas e incorporado sustancias que le confieren sus propiedades químicas. A la vez, transporta sedimentos que contribuyen a modificar los cauces y a formar deltas.

El estudio de los ríos en el marco de su cuenca adquirió especial interés en las últimas décadas del siglo pasado. Su análisis, tanto desde el punto de vista físico, como químico y biológico, evidenciaba que el río es reflejo de su valle (Hynes, 1975), por lo que, en cualquier punto de su recorrido, está influido por todos los procesos que operan en la cuenca aguas arriba. Se trata de su dimensión longitudinal, que se traduce en el transporte de agua, sustancias disueltas, materia particulada y organismos (Vannote *et al.*, 1980). En ese mismo punto, se intercambian elementos como los citados con el sustrato y la atmósfera locales (dimensión vertical), y con su entorno ripario (dimensión lateral), del que recibe grandes cantidades de materia orgánica particulada. Esas tres dimensiones están sometidas al paso del tiempo, que representa la cuarta dimensión en la organización de este ecosistema. Estas cuatro dimensiones determinan gradientes biofísicos y condicionan el tipo de comunidad biótica y su diversidad en cualquier punto del río, característica de la localización de la cuenca a escala global (Stanford *et al.*, 2017: 3-10). Así pues, al considerar el valle de Hynes, en definitiva, la cuenca, como un sistema ecológico en su conjunto, su estudio requiere de una aproximación interdisciplinar, habida cuenta del elevado número de áreas de conocimiento implicadas: geología, geomorfología, hidrología, biogeoquímica, microbiología, botánica, zoología... (Hauer y Lamberti, 2017).

El agua es el elemento esencial para mantener estructura y función, pero los ríos difieren entre sí en el régimen hidrológico en función del clima y de la litología de la cuenca, la cual condiciona la infiltración y la escorrentía. La cantidad de agua que circula por el río también depende del tipo de vegetación, con retención y evapotranspiración de agua que le son características. Como consecuencia del clima, en los ríos de las cuencas mediterráneas el balance entre precipitación y evapotranspiración puede crear un gran déficit de agua estacional ligado a veranos secos y máximos anuales de temperatura (Robles *et al.*, 2002: 40-45). Ríos como el Júcar o el Segura pueden llegar secos al mar (Sabater *et al.*, 2009: 35).

Los ríos han sido muy apreciados desde siempre porque han proporcionado bienes y servicios de inestimable valor para las sociedades humanas: son fuente de agua para uso doméstico, para el riego, para la industria, posibilitan la generación de energía eléctrica, producen pesca, facilitan el transporte o la eliminación de aguas residuales, despiertan el interés científico, recreativo, cultural, y tienen valor estético y emocional. Pero también se encuentran entre los ecosistemas más amenazados del planeta por multitud de factores estresantes (contaminación de las aguas, cambios en los usos del suelo de la cuenca, intervención de cauces...) que afectan a la biodiversidad, los procesos y los servicios que estos ecosistemas prestan (Von Schiller *et al.*, 2017; Albert *et al.*, 2021). Efectivamente, la mayoría de los ríos sufre algún tipo de alteración por discurrir por territorios modificados por el hombre, bien por la agricultura, la industria o el desarrollo urbano. Hoy se suman otros factores cuyo efecto sobre la estructura y el funcionamiento de los ríos no es totalmente predecible, como pueda ser la aparición de nuevos productos químicos o el cambio climático. Todo ello compromete el mantenimiento de procesos ecológicos y hace difícil su compatibilidad con el desarrollo socioeconómico, por lo que la gestión de los ríos hace tiempo que se aconseja abordar a nivel de cuenca (Heathcote, 1998).

Aunque en un sentido estricto cada río es único, los gestores del agua precisan hacer clasificaciones confiando en que masas similares producirán respuestas semejantes ante factores de estrés de parecida entidad, lo cual les permitirá diseñar herramientas para controlar y reparar los efectos de los factores de estrés. La clasificación de ríos como un tópico de investigación cobró especial relevancia tras la aprobación de la Directiva Marco del Agua europea (Comisión Europea, 2000) y atrajo la atención de varios grupos en España. Estudios preliminares en Castilla-La Mancha (Navarro, 2006; Moreno *et al.*, 2006), registraron hasta 16 tipos fluviales, uno de los cuales, el denominado Cabeceras Calcáreas, correspondería tanto a la llanura del Campo de Montiel como a la Sierra de Alcaraz (sur de Castilla-La Mancha), zona objeto del presente estudio.

El estudio de los ríos de esta zona ha sido desigual dependiendo de la cuenca hidrográfica (Guadalquivir, Guadiana, Júcar o Segura), si bien la del Segura ha

recabado mayor atención y desde muy diversos enfoques. Sin pretender que la lista sea exhaustiva, los trabajos que conciernen al Campo de Montiel y/o la Sierra de Alcaraz aportan información valiosa y van desde el análisis de la tipología fluvial (Moreno *et al.*, 2006), pasando por el uso de indicadores biológicos y evaluación del estado de los ríos (Rueda *et al.*, 2003; Navarro, 2006; Monteagudo *et al.*, 2012; Flor-Arnau *et al.*, 2015), o la relación entre comunidades de invertebrados y régimen hidrológico (Belmar *et al.*, 2013), hasta el análisis del clima (Miró *et al.*, 2018).

Todos los ríos de esta área geográfica son de cabecera, y forman parte del grupo de sistemas fluviales con mayor número y mayor longitud acumulada del mundo (Allan y Castillo, 2007: 2s), lo que podría llevarnos a pensar que, al estar menos expuestos a los contaminantes por ser tramos altos, siempre van a seguir siendo una gran reserva de biodiversidad y aguas limpias. Aunque falta información sobre circulación de los nuevos contaminantes y sus efectos sobre los ríos, no tenemos duda de que de confirmarse las predicciones del cambio climático (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016) los ríos de cabecera lo sufrirán severamente. El Campo de Montiel y la Sierra de Alcaraz ofrecen un marco singular para el estudio de este tipo de ríos por la concurrencia de cuatro grandes cuencas. Podría pensarse que todas esas cabeceras son de características homogéneas, pero el nivel de heterogeneidad de la zona, tanto geológica, como orográfica, climática y de usos del suelo (ver Área de estudio), marcará diferencias, con implicaciones sobre los servicios que prestan.

El objetivo de este trabajo es examinar la variabilidad físico-química de los ríos de este ámbito geográfico en una época en la que muchos de ellos, que son intermitentes o efímeros, muestran flujo. Se pretende hacer hincapié en aquellos tramos que, por lo general, se encuentran en cabeceras más elevadas que las analizadas en la mayoría de los trabajos citados anteriormente y que en otras épocas del año estarían secos. Estos ambientes, por su menor afección humana, son laboratorios naturales y testigos fundamentales del cambio climático.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio (Fig. 1) se localiza al sur de la Comunidad de Castilla-La Mancha y ocupa una superficie de unos 2500 km², cuyo centro lo podríamos situar en el puerto de los Pocicos (Carretera Albacete-Bailén, A32, N322). La mayor parte pertenece al suroeste de la provincia de Albacete y un pequeño territorio al sureste de la provincia de Ciudad Real. La zona abarca parte de las comarcas del Campo de Montiel y de la Sierra de Alcaraz. La primera, cuyos límites han sido objeto de controversia frecuente (Serrano de la Cruz, 2013), corresponde al borde sureste de la llanura manchega; se trata de una altiplanicie que apenas supera los

1000 metros de altitud máxima en el área de estudio y que desciende suavemente hacia el noroeste; la segunda es un sistema montañoso de altitud entre los 1000 y los 1500 metros (González y Vázquez, 2000: 20-22), si bien se llega a los 1796 m en el pico Almenara. Esta heterogeneidad orográfica de la zona está caracterizada por una heterogeneidad climática y de vegetación, como se explica más abajo, pero también geológica, incluyendo en su composición rocas metamórficas antiguísimas del Precámbrico, junto a otras del Ordovícico (Primario) y del Jurásico (Secundario), y algunos materiales de la segunda mitad del Terciario. El substrato geológico de la zona de estudio está constituido por rocas sedimentarias heterogéneas (calizas, dolomías, areniscas, conglomerados, etc.), predominando las calizas depositadas en diversos periodos de regresión y transgresión de los mares durante el Jurásico que se plegaron durante la Orogenia Alpina a mediados del Terciario. Mientras que en la zona del Campo de Montiel los efectos de esta orogenia fueron de escasa importancia, la Sierra de Alcaraz es un exponente de aquellos movimientos tectónicos, con estructuras muy relacionadas con el Sistema Bético (González y Vázquez, 2000: 23-40). La presencia de esos materiales sedimentarios confiere permeabilidad al territorio, lo que propicia la existencia de importantes acuíferos, particularmente en el Campo de Montiel (González, 2000: 57-59), cuyas divisiones internas permiten la descarga a las cuencas hidrográficas del Guadalquivir, del Guadiana y del Júcar (Rincón *et al.*, 2001: 213).

En este pequeño territorio concurren, como un hecho singular, las cabecezas de cuatro de las principales cuencas hidrográficas de la Península Ibérica: Guadalquivir, Guadiana, Júcar y Segura (Fig. 1). Las dos primeras vierten sus aguas al Atlántico, mientras que las dos últimas lo hacen en el Mediterráneo. Una gran parte de los ríos de cabecera de la zona tienen su origen en la Sierra de Alcaraz, sobre todo los correspondientes a las cuencas del Segura, Júcar y Guadalquivir, mientras que los del Guadiana se originan en El Campo de Montiel, desde donde también parten algunos del Júcar y del Guadalquivir.

Según la clasificación adoptada finalmente en España, de los 37 tipos fluviales establecidos, en nuestra zona de estudio sólo se encuentran dos: Ríos Manchegos (tipo RT05) (Toro *et al.*, 2009a), donde se englobarían todos los de la cabecera del Guadiana y algunos de la cabecera del Júcar; y Ríos de Montaña Mediterránea Calcárea (tipo RT12) (Toro *et al.*, 2009b), al que se adscriben todos los demás, diferenciándose de los primeros por situarse más altos, poseer cuencas de drenaje menores, con mayor pendiente, más fríos y con mayores caudales.

El clima de la zona es de tipo mediterráneo continental, con inviernos fríos, veranos calurosos y lluvias distribuidas irregularmente a lo largo del año, pero más abundantes en otoño y primavera y muy escasas en verano. No obstante, debido a diferencias de altitud, temperaturas y precipitaciones marcan diferencias espacia-

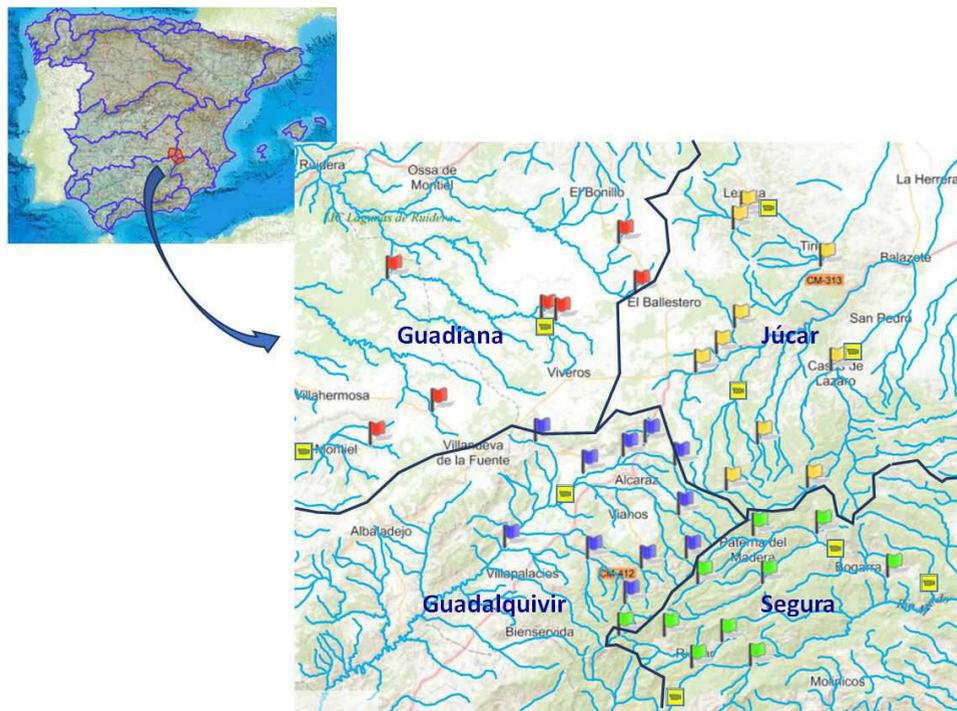


Fig. 1: Área de estudio. Se indica la divisoria de cuencas y la localización de puntos de muestreo (banderines de diferente color en función de la cuenca hidrográfica). Con icono de cámara se señala la ubicación de estaciones de las redes de control de los ríos de las respectivas confederaciones hidrográficas. La elaboración de los mapas se ha llevado a cabo mediante el visor geográfico SIGNA del Instituto Geográfico Nacional (www.ign.es, acceso: 17/04/2020).

les entre unos lugares y otros. Así, para la precipitación, mientras que en alguna zona de la Sierra de Alcaraz se llegan a alcanzar los 900 mm anuales, en el resto del territorio el límite se sitúa entre los 400 y los 500 o incluso menos (Fernández, 2000: 47s).

A partir de la base de datos WorldClim 2 (Fick y Hijmans, 2017), constituida por series de datos climáticos de 30 años (1970-2000), y aportando las coordenadas geográficas de cada río visitado en el presente estudio, se han obtenido las temperaturas medias anuales y las precipitaciones anuales que caracterizan el clima de estas cabeceras con resolución de menos de 1 Km². Los valores de temperatura media anual resultantes han sido de 13 °C para las cabeceras del Guadalquivir, Guadiana y Júcar, y de 12 °C para la del Segura. Así mismo, con respecto a la precipitación anual, los valores han sido, respectivamente, de 482, 475, 475 y 525 mm. Los valores de precipitación medidos por las estaciones meteorológicas oficiales disponibles en cada cuenca para la zona de estudio en el año hidrológico

2018-2019, y meses previos al periodo de estudio, fueron los que aparecen en la Tabla 1. Cuando existían varias estaciones meteorológicas en la zona concreta, como en la cuenca del Segura, se optó por la que presentase una ubicación lo más central posible a la distribución espacial de las estaciones de muestreo. En el caso del Júcar se optó por la estación de Tiriez porque la serie de datos disponible en la de Casas de Lázaro estaba incompleta.

Cuenca	Estación meteorológica	Precipitación (mm)		Fuente de datos
		Año Hidrológico 2018/2019	1/10/19-6/03/20	
Guadalquivir	Vianos (AB)	572,7	221,5	www.chguadalquivir.es
Guadiana	Montiel (CR)	365,1	187,2	www.crea.uclm.es/siar/
Júcar	Tiriez (AB)	375,6	126,4	www.chj.es
Segura	Paterna de Madera (AB)	536,4	307	www.chsegura.es

Tabla 1: Valores de precipitación en estaciones meteorológicas enclavadas en la zona de estudio, una por cuenca hidrográfica, para el año hidrológico y meses precedentes al periodo de estudio. Se indica la fuente de información para cada caso. Acceso a las fuentes: 09/12/2020.

El paisaje predominante de la zona, particularmente en El Campo de Montiel, lo representan los cultivos, a los que acompañan matorrales, pastizales, encinares de *Quercus ilex rotundifolia* (Lam.) y sabinars de *Juniperus thurifera* L., algunos quejigares (*Quercus faginea* Lam.) en zonas umbrías y, en la Sierra de Alcaraz, sobre todo, pinares salgareños (*Pinus nigra* Arnold), resineros (*Pinus pinaster* Ait.) y carrascos (*Pinus halepensis* Mill.) (Fidalgo, 2000: 69-80; Fernández, 2000: 647).

3. METODOLOGÍA

La selección de estaciones de muestreo se realizó mediante la utilización del visor SIGNA (Sistema de Información Geográfica Nacional) del Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de España (www.ign.es, acceso: 20/11/2019-17/01/2020). Como criterios a la hora de la selección, se tuvo en cuenta que ningún río tuviese más de una ni hubiese ninguna en algún tributario aguas arriba. Así mismo, se buscó la facilidad de acceso, procurando que el conjunto seleccionado para cada una de las cuatro cuencas hidrográficas señaladas más arriba estuviese lo más disperso posible en el territorio de cada una de ellas. La localización por coordenadas UTM y la altitud de cada estación se obtuvieron a partir del visor SIGNA. Tras una amplia búsqueda, se realizó una

selección de un total de 48 estaciones de muestreo (12 por cuenca hidrográfica) correspondientes a otros tantos ríos.

El muestreo se llevó a cabo entre el 7 y el 12 de marzo de 2020, en condiciones de tiempo meteorológico estable, sin lluvias. Cuando alguna de las estaciones seleccionadas estaba seca, o se encontró alguna dificultad de acceso no detectada durante la selección por el visor geográfico, se procedió a buscar un punto alternativo con apoyo de la información obtenida con el uso del visor durante el periodo de selección. La ubicación de los nuevos puntos se realizó mediante el uso de un dispositivo GPS (GPSmap 76CSx, Garmin Ltd. Olathe, USA). Finalmente, el número total de estaciones que pudieron ser muestreadas en el periodo mencionado fue de 38 (Fig. 1): 11 en la cuenca del Guadalquivir, 10 en la del Júcar, 10 en la del Segura y sólo 7 en la del Guadiana, donde se registró el mayor número de casos de cauces secos.

En cada punto se determinó el caudal a partir de medidas de sección de cauce (anchura x profundidad media) y de velocidad (correntímetro MiniAir 20; Schiltknecht Co. Gossau, Switzerland), de acuerdo a la expresión:

$$\text{Caudal } (L s^{-1}) = \text{sección transversal } (cm^2) \times \text{velocidad media } (cm s^{-1}) / 1000$$

Temperatura, pH, Conductividad y Oxígeno disuelto en el agua se midieron “in situ” con una multiparamétrica (HANNA HI 9828; HANNA Instruments Inc. Woonsocket, USA). Así mismo, se tomaron muestras de agua que se transportaron refrigeradas hasta la posterior determinación, dentro de las 12 primeras horas, de las siguientes variables químicas: alcalinidad, mediante titulación con H_2SO_4 , 0,02 N, usando el indicador mixto rojo de metilo-verde de bromocresol (Wetzel y Likens, 1991); nutrientes, mediante los siguientes kits Visocolor de Macherey-Nagel (Düren, Germany): Nitrato (931041 Visocolor ECO), Amonio (920006 Visocolor HE), Nitrito (931044 Visocolor ECO) y Fosfato (920082 Visocolor HE).

Posteriormente, y ya con los datos de la ubicación definitiva de las estaciones de muestreo, se procedió a determinar la superficie de cuenca drenada por cada río hasta el punto de muestreo, así como, dentro de ella, las superficies correspondientes a cada tipo litológico y de uso del suelo, mediante las herramientas disponibles en el visor GOOLZOOM (www.goolzoom.com, acceso: 28/01-10/02, 2021).

El análisis estadístico de la comparativa entre cuencas para las variables medidas se llevó a cabo mediante análisis univariado de la varianza. En el caso de diferencias significativas, las comparaciones múltiples se realizaron aplicando el test de Tukey. Para dilucidar si la relación entre dos variables tenía significación estadística, se empleó el análisis de regresión. Para resumir la información del conjunto de datos de las variables examinadas, excepción hecha del amonio y del



Fig. 2: Un ejemplo de río de cada una de las cuencas: a, Arroyo de la Losilla (Guadiana); b, Río del Barranco (Guadalquivir); c, Río del Arquillo (Júcar); d, Arroyo de las Fábricas (Segura).

nitrito, que mostraron muchos valores por debajo del límite de detección, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Todos estos análisis se desarrollaron mediante el paquete estadístico SPSS (IBM SPSS Statistics versión 24). Previamente, a las variables expresadas en términos porcentuales se les aplicó la transformación ArcSen(x) tratando de evitar desviaciones de la normalidad (Zar, 2010: 291-294).

4. RESULTADOS

Para ilustrar la entidad que tienen los ríos estudiados, en la figura 2 se exponen imágenes de 4 ejemplos, uno por cada una de las cuencas hidrográficas. Muchos

de estos cauces permanecen secos en alguna época del año, como ocurrió en varios casos en las fechas de muestreo. Por esa razón, varias de las 48 estaciones previamente seleccionadas no aparecen en la figura 1, al no haberse podido muestrear.

A la hora de exponer los resultados, la ordenación y denominación de cada estación de muestreo en cada cuenca se realiza en orden creciente en función de la superficie drenada. La Tabla 2 muestra los resultados de variables de cuenca, mientras que la Tabla 3 expone los correspondientes a las variables medidas en los ríos.

Los valores más elevados de superficie drenada corresponden a los ríos de la cuenca del Júcar y los menores a los del Segura (Tabla 2). Estos resultados, no obstante, hay que tomarlos con precaución, dado que varias de las estaciones de la cuenca del Guadiana, que finalmente no se incluyeron en el estudio por encontrarse secas, presentaban superficies drenadas superiores a los máximos que se muestran ahí.

La altitud de las estaciones se situó entre los 740 m del Arroyo Sequillo, en la cuenca del Guadalquivir, y los 1371 m en el del Barranco del Ciervo, cuenca del Segura. La altitud media fue semejante para las diferentes cuencas, situándose entre los 965 m del Guadalquivir y los 1055 m del Segura. Sin embargo, los rangos de altitud (diferencia entre la máxima y la mínima) fueron claramente distintos entre cuencas, desde los 124 m en el Guadiana (planicie manchega) a los 585 m en el Segura (Sierra de Alcaraz).

Las 13 litologías específicas encontradas en los 677 km² de superficie drenada por el conjunto de los 38 ríos estudiados (www.goolzoom.com, acceso: 28/01-10/02, 2021) se han reagrupado, por operatividad a la hora de tratar los datos, en las 3 categorías que aparecen en la Tabla 2. La litología A es la que acapara más tipos de rocas carbonatadas, fundamentalmente del Jurásico, llegando a representar el 100% de la superficie drenada en 14 de los ríos y dominando (más del 50 % de superficie drenada) en otros 17. La litología B alterna rocas de tipo conglomerado y areniscas con algunas calizas, margas, arcillas y yesos, originadas mayoritariamente durante el Triásico y el Terciario, predominando en 6 de los ríos. Por su parte, la C, con menos calizas, combina rocas de origen reciente (Cenozoico) con otras muy antiguas (Paleozoico), aunque en el único caso donde esta categoría supera el 50% (arroyo sin nombre de la cuenca del Guadalquivir, Tabla 2) se trata de arcillas versicolores y yesos del Triásico.

Por lo que respecta a la ocupación del territorio, los 46 usos del suelo contabilizados mediante GOOLZOOM se han reducido a 4 categorías (Tabla 2). El uso Agrícola predomina en 10 de las áreas drenadas por otros tantos ríos; 4 de los 7 del Guadiana están ahí, lo que hace que este tipo de uso del suelo sea significativamente mayor en la cuenca del Guadiana que en las otras tres, entre las que no se

Cuenca/Río	Estación	Coordenadas UTM		Altitud (m)	Área (Km ²)	Litología (superficie, %)*			Usos del suelo (superficie, %)					
		X	Y			A	B	C	Agrícola	Forestal	Urbano-industrial	Otros usos		
Guadalquivir														
S/N	Gq1	542797	4282593	876	1,4	1,6	0,0	98,4	12,2	0,0	1,3	86,5		
Barrancazo	Gq2	549757	4271447	1250	2,9	100,0	0,0	0,0	0,0	88,0	0,0	12,0		
Zapateros	Gq3	543060	4266479	1109	7,0	100,0	0,0	0,0	0,0	96,5	0,0	3,5		
Candejuela	Gq4	538424	4280701	821	7,2	0,0	62,5	37,5	53,9	26,1	0,0	20,0		
Horcajo	Gq5	545171	4284113	927	9,0	78,2	0,0	21,8	27,7	37,8	0,2	34,2		
Povedilla	Gq6	533207	4284159	886	10,1	66,4	3,2	30,3	82,7	14,8	0,0	2,5		
Ojuelo	Gq7	538937	4271356	915	15,9	63,3	1,3	35,4	22,4	67,2	0,0	10,5		
Angorrilla	Gq8	544850	4270364	1087	16,4	100,0	0,0	0,0	0,0	78,6	0,0	21,4		
La Mesta	Gq9	548883	4276204	1122	17,2	100,0	0,0	0,0	5,0	93,7	0,0	1,3		
Cortes	Gq10	548427	4281640	1032	24,4	100,0	0,0	0,0	4,6	82,6	0,0	12,8		
Sequillo	Gq11	529922	4272509	740	25,4	0,0	77,0	23,0	67,6	11,1	0,3	20,9		
Guadiana														
Pradosa	G1	544013	4300381	1009	4,1	61,3	0,0	38,7	100,0	0,0	0,0	0,0		
Losilla	G2	542225	4305828	1006	16,3	88,0	0,0	12,0	94,9	1,5	0,2	3,4		
Caleruelas	G3	517067	4301869	885	17,0	100,0	0,0	0,0	29,2	68,9	0,0	1,9		
Jabalón	G4	515255	4283716	931	25,2	73,2	1,5	25,3	31,8	50,2	0,0	18,0		
Cañamares	G5	521981	4287360	978	25,8	100,0	0,0	0,0	42,6	11,0	1,9	44,5		
Gredales	G6	533795	4297626	970	34,3	6,6	78,4	15,0	87,9	7,8	1,0	3,3		
Pinilla	G7	535376	4297350	975	39,0	58,9	0,0	41,1	76,4	9,6	0,5	13,5		

(continúa...)

(...continuación)

Cuenca/Río	Estación	Coordenadas UTM		Altitud (m)	Área (Km ²)	Litología (superficie, %)*			Usos del suelo (superficie, %)					
		X	Y			A	B	C	Agrícola	Forestal	Urbano-industrial	Otros usos		
Júcar														
Cillero	J1	557425	4284047	1121	6,2	100,0	0,0	0,0	5,0	84,6	0,4	10,1		
Arquillo	J2	554070	4278895	1201	7,6	100,0	0,0	0,0	0,0	94,1	0,0	5,9		
Puentecillas	J3	562826	4279263	1163	10,0	100,0	0,0	0,0	3,4	83,3	0,1	13,2		
Fuenteclarasca	J4	565350	4292089	921	14,2	100,0	0,0	0,0	23,8	39,7	0,0	36,4		
Cantacucos	J5	555717	4308597	924	21,1	71,3	0,0	28,7	65,7	25,5	1,4	7,4		
Sima	J6	564080	4303467	835	38,3	99,1	0,0	0,9	32,7	56,6	0,0	10,7		
Lezuza	J7	555480	4309136	918	48,0	68,2	0,0	31,8	64,4	28,9	0,6	6,0		
Pontezuelas	J8	554803	4296698	927	50,0	79,7	0,0	20,3	43,5	48,1	0,1	8,4		
Cubillo	J9	550601	4291771	936	50,7	99,7	0,0	0,3	16,5	31,0	1,2	51,4		
Charcón	J10	552885	4293793	918	66,1	87,3	0,0	12,7	59,2	33,4	0,8	6,5		
Segura														
Fábricas	S1	542391	4263031	1281	1,1	100,0	0,0	0,0	0,0	95,7	0,0	4,3		
S/N	S2	553694	4262355	994	2,0	66,8	33,2	0,0	0,0	96,7	0,0	3,3		
Casa Segura	S3	556988	4273994	1084	3,1	100,0	0,0	0,0	0,3	97,4	0,0	2,3		
Roblellano	S4	550417	4259499	1005	3,7	99,5	0,6	0,0	2,6	94,6	0,0	2,8		
S/N	S5	547389	4262900	1049	4,3	60,6	39,4	0,0	0,0	80,4	0,0	19,6		
Bco del Ciervo	S6	550999	4268661	1371	4,6	100,0	0,0	0,0	0,7	83,1	0,0	16,2		
Dehesa del Val	S7	563916	4274296	905	5,1	16,8	83,2	0,0	22,9	56,4	1,3	19,4		
Potiche	S8	571695	4269605	786	9,4	23,6	76,4	0,0	32,6	51,9	0,0	15,5		
Celada	S9	556838	4259765	904	9,7	0,0	100,0	0,0	0,0	78,2	0,0	21,8		
Endrinales	S10	558051	4268773	1168	23,2	97,3	2,7	0,0	1,4	80,0	0,0	18,6		

Tabla 2: Relación de ríos, códigos de estación, localización mediante coordenadas UTM y valores de las variables de cuenca para cada estación de muestreo. *Litologías: En todos los casos se trata de combinaciones de algunos de los tipos que se relacionan. El componente calizo es mayoritario en la litología A y mínimo en la litología C. A: Calizas, margas, calizas nodulosas, oolíticas y radiolaritas, dolomías, turbiditas calcáreas, pudingas, areniscas, margas arenosas y rocas volcánicas; B: Conglomerados, areniscas, arcillas, dolomías, calizas, margas, yesos, arcillas con niveles turbidíticos, margocalizas, calizas margosas, calizas arenosas y arenas; C: Conglomerados, gravas, arenas, areniscas, limos, arcillas, arcillas versicolores, yesos, cuarcitas, ortocuarzitas, pizarras, calizas, rocas vulcanoclásticas, terrazas fluviales y marinas.

encuentran diferencias significativas (Tabla 4). El uso Forestal, por su parte, domina en 22 de los 38 casos; todos los del Segura se encuentran entre ellos. En este uso sólo se detectan diferencias significativas entre la cuenca del Segura, donde es mayor, y la del Guadiana (Tabla 4). El uso Urbano-Industrial está escasamente representado en la zona. La categoría Otros usos representa terrenos con combinaciones de vegetación, pastizales, matorrales, tierras abandonadas, o suelos con escasa o nula vegetación, incluidos roquedos. Allí donde este uso es dominante, se trata principalmente de combinaciones de vegetación y pastizales.

El caudal se expresa en relación al área drenada del río, lo cual lo hace independiente de la superficie de su cuenca y sirve a efectos comparativos. Como se observa (Tabla 3), los valores iban desde menos de 1 a 170 L/s/km². Solamente tres ríos, uno por cuenca, a excepción de la del Guadiana, superaban el valor de 100 L/s/km². La mitad de los ríos mostró valores por encima de los 20 L/s/km², aunque sólo uno de ellos pertenecía a la cuenca del Guadiana. El valor medio de caudal relativo al área drenada fue significativamente mayor en la cuenca del Segura que en las del Júcar y del Guadiana (Tabla 4). Todos los muestreos se realizaron entre las 8:45 y las 15:50 h, por lo que las temperaturas pudieron variar ligeramente en el agua en ese intervalo horario. Con esa precaución, se puede decir que los ríos de las cuencas del Guadiana y del Júcar presentaron temperaturas generalmente más elevadas que las del Guadalquivir y del Segura (Tabla 4). Los valores de pH se situaron entre 7,3 (arroyo de las Caleruelas, Guadiana) y 8,6 (arroyo sin nombre, Segura), siendo los más frecuentes los superiores a 8. La significación de las diferencias sólo se dio entre la cuenca del Guadiana (más bajo) y las demás (Tabla 4). La cantidad de sales disueltas (conductividad) se situó entre 419 µS/cm (arroyo de la Celada, Segura) y 2940 µS/cm (arroyo Gredales, Guadiana), si bien 31 de los ríos aportaron valores por debajo de los 900 µS/cm (Tabla 3). La mayor parte de las masas de agua mostraron concentraciones de oxígeno en torno a niveles de saturación (100%), aunque el rango se situó entre un mínimo del 81,2 %, río Cañamares, y un máximo del 139,8 %, río Gredales, ambos en la cuenca del Guadiana. La alcalinidad osciló entre 4,5 meq/L (arroyo de la Celada, Segura) y 7,5 meq/L (arroyo sin nombre, Guadalquivir), pero las diferencias entre cuencas no

Cuenca/Río	Estación	Caudal (L/sg/Km ²)	Ta (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno (mg/L)	Oxígeno (%)	Alcalinidad (meq/L)	Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	Amonio (NH ₄ ⁺) (mg/L)	Fosfato (P) (mg/L)
Guatalquivir												
S/N	Gq1	0,5	7,8	7,9	943	10,0	92,2	7,5	10	0,2	0,25	0,3
Barrancazo	Gq2	19,8	7,1	8,0	611	10,2	96,8	6,5	1	0	0	<0,05
Zapateros	Gq3	61,0	6,5	8,2	635	10,6	97,1	6,4	<1	0	0,05	<0,05
Candejuela	Gq4	2,1	8,5	8,2	2110	11,3	105,8	5,3	3	0	0	0
Horcajo	Gq5	93,9	8,8	8,2	795	10,4	99,1	5,6	1	0	0,05	<0,05
Povedilla	Gq6	50,5	9,1	8,2	811	10,5	100,1	4,8	40	<0,02	0,1	0
Ojuelo	Gq7	77,9	9	8,5	588	10,7	102	5,2	2	0	0	<0,05
Angorrilla	Gq8	100,5	6,9	8,3	554	10,4	99,6	5,9	0	<0,02	0,05	<0,05
La Mesta	Gq9	38,1	8,6	8,2	628	10,6	102,7	6,8	<1	0	0	0
Cortes	Gq10	88,7	10,4	8,1	587	9,9	98,6	5,9	4	0	0,05	<0,05
Sequillo	Gq11	0,5	13,8	8,1	933	9,4	98,8	7,3	40	0	0	0
Guadiana												
Pradosa	G1	4,1	15,5	8,3	596	9,2	100	5,6	40	0,03	0	0,05
Losilla	G2	12,1	15,5	7,9	563	8,5	95,6	5,0	50	0,02	0	<0,05
Caleruelas	G3	57,3	15,2	7,3	859	7,6	84,1	5,4	50	<0,02	0	<0,05
Jabalón	G4	4,0	12,2	7,8	652	8,4	86,5	6,3	40	<0,02	0,1	<0,05
Cañamares	G5	11,2	14	7,4	511	7,5	81,2	4,7	40	<0,02	0	<0,05
Gredales	G6	14,5	9,9	8,3	2940	14,2	139,8	4,7	25	0,03	0	0,05
Pinilla	G7	2,2	7,9	8,0	1254	9,4	88,1	4,8	40	0,02	0	<0,05
Júcar												
Cilleruelo	J1	20,8	9,9	8,2	581	9,9	100	6,3	2	0	0	0,1

(continúa...)

(...continuación)

Cuenca/Río	Estación	Caudal (L/sg/Km ²)	Ta (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno (mg/L)	Oxígeno (%)	Alcalinidad (meq/L)	Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	Amonio (NH ₄ ⁺) (mg/L)	Fosfato (P) (mg/L)
Arquillo	J2	13,2	8,5	8,2	623	10,0	98	6,9	1,5	0	<0,05
Puentecillas	J3	45,3	9,2	8,1	580	9,6	95,2	6,1	4	0	<0,05
Fuenteclarasca	J4	0,1	11,2	8,2	565	10,1	102,1	5,9	8	<0,02	<0,05
Cantacucos	J5	0,05	11,9	8,2	624	11,3	117,2	6,0	40	0,5	0,05
Sima	J6	99,3	12	8,3	565	11,1	112,4	5,3	25	<0,02	0
Lezuza	J7	9,7	11,7	8,2	614	9,8	100,5	5,4	25	<0,02	0
Pontezuelas	J8	160,6	13,3	8,0	683	9,8	103,4	6,5	35	<0,02	0
Cubillo	J9	63,0	15,5	8,0	840	9,6	107,2	5,5	20	<0,02	<0,05
Charcón	J10	93,2	16,1	7,8	664	9,5	106,4	5,5	55	<0,02	0
Segura											
Fábricas	S1	2,2	6,3	8,5	509	10,9	101,5	5,9	<1	0	<0,05
S/N	S2	14,5	9,9	8,3	548	10,1	99,2	5,0	3	0	<0,05
Casa Segura	S3	12,6	11,3	8,3	470	9,8	101,4	5,0	2	0	0,05
Robellano	S4	48,9	9,8	8,3	651	10,1	99,9	7,4	<1	0	<0,05
S/N	S5	82,5	7,4	8,6	546	11,8	103,5	5,1	<1	0	<0,05
Boo del Ciervo	S6	37,0	6	8,2	530	10,2	95,7	6,1	<1	0	0
Dehesa del Val	S7	8,9	8,4	8,3	1008	10,6	99,4	6,0	7,5	0,07	0,15
Potiche	S8	54,3	8	8,4	1286	10,9	100	5,7	20	0	0,05
Celada	S9	3,9	9,5	8,5	419	10,5	101,8	4,5	1	0	<0,05
Endrinales	S10	170,1	8,3	7,9	546	9,5	91,7	5,7	1	0	<0,05

Tabla 3: Relación de ríos, códigos de estación y valores de las variables medidas en el agua de cada estación de muestreo.

	F _{3,34}	p	Comparaciones múltiples
Superficie agrícola	8,70	0,000	Segura = Guadalquivir = Júcar < Guadiana
Superficie forestal	6,65	0,001	Guadiana = <u>Guadalquivir</u> = Júcar ≤ Segura
Caudal	5,30	0,004	Guadiana = Júcar = <u>Guadalquivir</u> ≤ Segura
Temperatura	8,48	0,000	Segura = Guadalquivir < Júcar = Guadiana
pH	6,79	0,001	Guadiana < Júcar = Guadalquivir = Segura
Alcalinidad	2,40	N.S.	Guadiana = Segura = Júcar = Guadalquivir
Nitrato	12,25	0,000	Segura = <u>Guadalquivir</u> ≤ Júcar < Guadiana

Tabla 4: Resultados del análisis univariado de la varianza (valor de F y del nivel de significación, p) realizado sobre los datos de descriptores seleccionados. La columna Comparaciones múltiples muestra el resultado de la aplicación del test de Tukey. El signo = indica diferencias no significativas entre las cuencas correspondientes; el signo < indica valor menor significativamente diferente; allí donde se encuentra el signo ≤ se subrayan las cuencas entre las que las diferencias no son significativas..

fueron significativas (Tabla 4). Por lo que a los nutrientes se refiere, el nitrato varió entre valores no detectables (arroyo Angorrilla, Guadalquivir) y más de 50 mg NO₃⁻/L (cañada del Charcón), aunque los valores más elevados a nivel de cuenca se presentaron en la del Guadiana (Tabla 4); este nutriente presentó una relación altamente significativa ($p < 0,01$) con el uso agrícola tanto para el conjunto de datos, como para las cuencas del Guadalquivir, Júcar y Segura, pero no fue significativa en el caso del Guadiana, donde la agricultura es el uso dominante y todos los ríos presentan concentraciones elevadas (Tabla 3); tanto nitrato como amonio, entre los nitrogenados, como el fosfato, estuvieron por debajo de los límites de detección en más del 70 % de los casos.

El plano definido por los dos primeros ejes del análisis de componentes principales (PCA), que resume la información de las variables estudiadas, se presenta en la figura 3. Estos dos componentes explican respectivamente el 33,1 y el 17,9 % de la varianza total de los datos y sirven para interpretar las fuentes principales de variabilidad. El primero de ellos está relacionado con los usos Agrícola (correlación 0,87) y Forestal (correlación -0,91) y, en menor medida, pero con el mismo sentido, respectivamente, con la concentración de nitrato (0,80) y la altitud (-0,73). El segundo componente está relacionado con la litología, positivamente con la categoría B (0,75) y negativamente con la A (-0,75) (Fig. 3).

En el plano definido para las muestras (ríos) (Fig. 4), a la izquierda del eje 1 se sitúan mayoritariamente los ríos que tienen su origen en la Sierra de Alcaraz, con independencia de la cuenca hidrográfica a la que pertenezcan, relacionado con las mayores altitudes y con una cobertura forestal mayor, mientras que a la derecha del eje se encuentran todos los ríos de la cuenca del Guadiana y los más condicionados

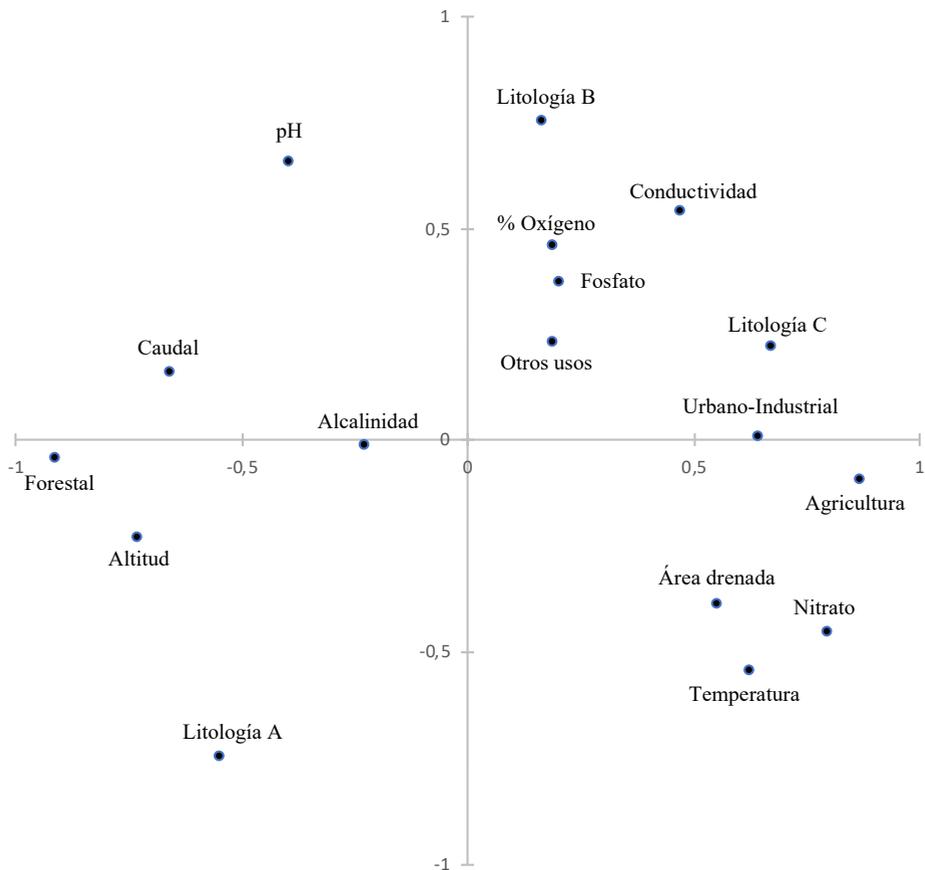


Fig. 3: Distribución de variables en el plano definido por los componentes 1 (eje horizontal) y 2 (eje vertical) del análisis de componentes principales realizado sobre el conjunto de datos obtenidos en el estudio.

por el uso agrícola de las otras cuencas. El eje 2 distribuye el conjunto de ríos por diferencias de substrato geológico, con los de menos contenido salino situados en la parte negativa. La mayor o menor proximidad entre muestras en este plano definido por los dos primeros componentes responde a una mayor o menor similitud entre las mismas. De esta manera, las cuencas del Segura y del Guadiana serían las más dispares (Fig. 4). De acuerdo con ello, la tipología de Ríos Manchegos se sitúa mayoritariamente en el cuadrante inferior izquierdo de ese plano.

Finalmente, la Tabla 5 muestra la condición química del estado ecológico de los ríos estudiados: la mayor parte de ellos presentaba un muy buen estado para todas las variables químicas, con excepción del nitrato, que alteraba ese estado en

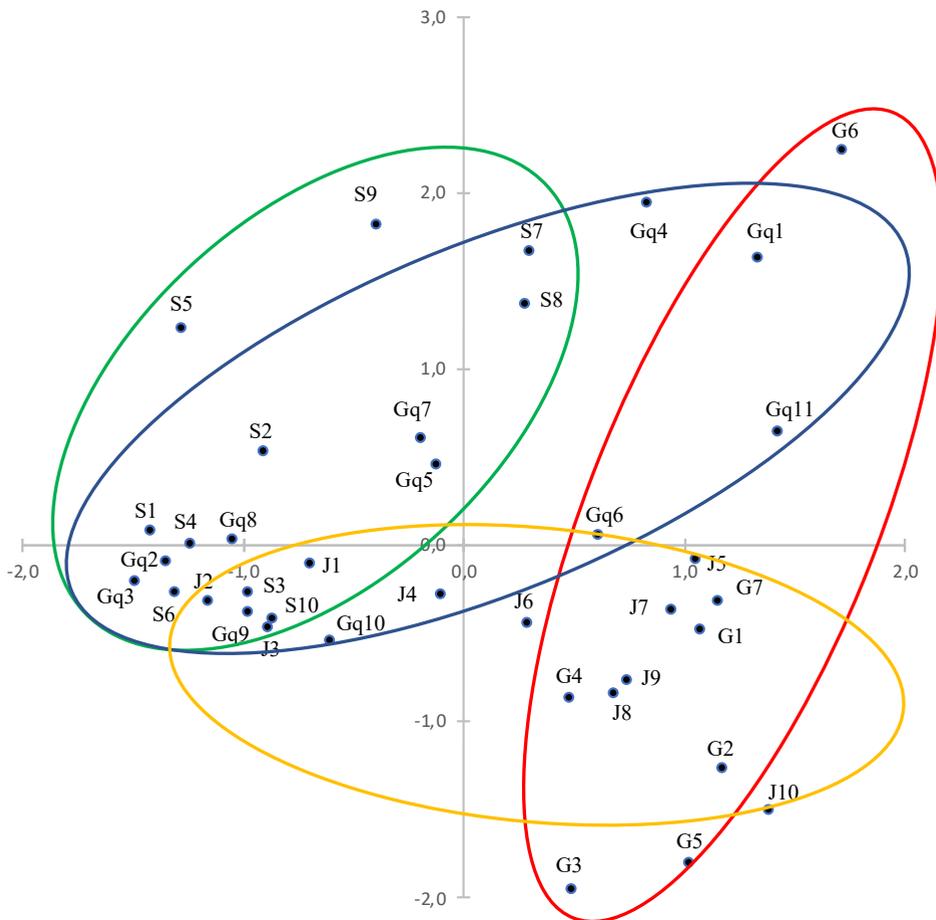


Fig. 4: Distribución de las estaciones de muestreo en el plano definido por los componentes 1 (eje horizontal) y 2 (eje vertical) del análisis de componentes principales realizado sobre el conjunto de datos obtenidos en el estudio. Cada elipse engloba las estaciones de una cuenca hidrográfica: verde = Segura, azul = Guadalquivir, Amarillo = Júcar, rojo = Guadiana.

todos los ríos del Guadiana y en 6 de los 10 del Júcar. Guadalquivir y Segura presentaban un mejor estado general desde el punto de vista químico.

5. DISCUSIÓN

La disponibilidad de herramientas “on-line”, sobre todo en lo relativo a los visores geográficos, permite disponer fácilmente de información esencial en el estudio de la ecología de ríos. Aspectos sobre la geología, el clima, o la ocupación del

			Cuenca			
	Rango BOE*		Guadalquivir	Guadiana	Júcar	Segura
Variable	Tipo R-T05	Tipo R-T12	Número de casos			
pH	6,5-8,7	6,5-8,7	11 MB	7 MB	10 MB	10 MB
Oxígeno, %	70-100	70-100	7 MB 4 (100-106)	6 MB 1 (140)	3 MB 7 (100-117)	6 MB 4 (101-104)
Amonio, mg NH ₄ /L	0,2	0,2	10 MB 1 (0,25)	7 MB	10 MB	10MB
Nitrato, mg NO ₃ /L	20	10	9 MB 2 (40)	1 (25) 6 (40-50)	4 MB 3 (20-25) 3 (35-55)	1 (20)
Fosfato, mg PO ₄ /L	0,2	0,2	10 MB 1 (0,9)	7 MB	9 MB 1 (0,3)	9 MB 1 (0,45)

Tabla 5: Estado químico de los ríos estudiados para las variables que se relacionan tomando como referencia los rangos oficiales publicados en el BOE. *Límites entre el estado muy bueno (MB) y bueno para los tipos de río R-T05 (Ríos Manchegos) y R-T12 (Ríos de Montaña Mediterránea Calcárea) (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015: 80625 y 80627). Los valores entre paréntesis corresponden a los valores de las variables para el número de ríos que se indica antes del paréntesis.

suelo, son importantes por la repercusión que tienen sobre variables que describen el ambiente físico y químico del medio acuático (geomorfología, sales disueltas, nutrientes, oxígeno...) que condicionan la biodiversidad fluvial. Esas herramientas fueron de gran ayuda a la hora de seleccionar los puntos de muestreo y la posterior obtención de información sobre los ríos y las áreas del territorio drenadas por los mismos en las comarcas del Campo de Montiel y de la Sierra de Alcaraz. La selección sólo estuvo regida por los criterios expuestos en la metodología, procurando una representación de ríos de cabecera lo más equitativa posible entre las cuencas concurrentes en el territorio objeto de este trabajo, sin que estuviera condicionada por resultados de estudios previos en la zona, los cuales, aunque relacionados, han perseguido otros objetivos. Entre esos trabajos, Navarro (2006), que analizaba el estado ecológico de 147 estaciones de ríos repartidos por toda Castilla-La Mancha, ubicaba 14 en este área o zonas próximas, pero la coincidencia de puntos de muestreo con el presente es más bien escasa. Por lo general, las estaciones estudiadas aquí corresponden a ríos de menor entidad que los de Navarro y se encuentran en tramos más altos, habitualmente más olvidados.

Las características climáticas y geológicas del Campo de Montiel, y en menor medida de la Sierra de Alcaraz, propician los ríos temporales, que sólo cuentan con agua una parte del año más o menos duradera. Contando con esta posibilidad, se seleccionó un número de puntos muy superior al que se haya contemplado para este territorio en estudios anteriores por otros autores. Además, se eligió la época de finales de invierno para realizar los muestreos. Se esperaba que las lluvias otoñales y del invierno, unido a una baja evapotranspiración en esta última época, hubiesen permitido el mantenimiento de agua en los cauces. Aún así, se encontraron cauces secos, lo cual indica que una parte de los ríos temporales, que llega a ser importante en la cuenca del Guadiana, donde únicamente pudieron muestrearse 7 de las 12 estaciones previstas, deben considerarse efímeros, es decir, que sólo llevan agua en respuesta inmediata a las precipitaciones y por tiempo muy corto (Magand *et al.*, 2020: 6). A ello contribuirá, sin duda, el substrato geológico, que propicia la infiltración hacia acuíferos en esta región (González, 2000: 57-59). Quedó patente que allí donde las precipitaciones son más elevadas, como en las cabeceras del Segura, hay cauces que, aún drenando cuencas muy pequeñas, mantienen flujo de agua, mientras que en otros casos son necesarias superficies de cuenca de varios cientos de km² para encontrar agua en un cauce, como sucedió con el río Alarconcillo (cabecera del Guadiana), que finalmente hubo de ser descartado del estudio. Tanto el mantenimiento de flujo como un caudal mínimo se han puesto de manifiesto como principales determinantes de las comunidades de invertebrados en los ríos de la zona (Rueda *et al.*, 2003: 161s; Belmar *et al.*, 2013), y habida cuenta del papel fundamental de estos organismos en las cadenas tróficas fluviales (Allan y Castillo, 2007: 163-195), se hace evidente la necesidad de considerar la variabilidad hidrológica en los planes de gestión de estas cuencas.

Por lo que a la química de las aguas se refiere, en los ríos naturales con poca influencia humana, las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto no suelen superar los 0,12 mg/L, distribuidos aproximadamente en 0,1 mg/L de NO₃-N, 0,001 mg/L de NO₂-N y 0,015 mg/l de NH₄-N (Allan y Castillo, 2007: 257). Los resultados obtenidos indican que sólo 3 ríos de la cuenca del Guadiana y 4 de la del Segura estarían en torno a esos valores del nitrato; 31 de los 38 ríos lo harían para el nitrito; y, respecto al amonio, 26 de ellos lo cumplirían. En lo relativo al fosfato, 29 de los 38 estarían por debajo de los 0,01 mg/L de P, también recogido por esos autores como propio de aguas naturales. Así pues, excepto para el nitrato, la mayoría de los ríos estudiados se encontrarían en unos niveles de nutrientes dentro de los esperables para condiciones naturales, en la línea de resultados previos obtenidos por Navarro (2006: 81-99) para la tipología que denomina ríos de Cabeceras Calcáreas, a la que pertenecerían todos los del presente trabajo.

La comparativa entre cuencas ha mostrado que, por lo general, los valores medios de la mayoría de las variables analizadas difieren significativamente entre la cuenca del Segura y la del Guadiana, a cuyo resultado parecen contribuir tanto factores naturales como los ligados a la actividad humana. El resumen de la información obtenida mediante el análisis de componentes principales indica que son factores ligados a la orografía y a los usos del suelo, en primer lugar, y los derivados del substrato geológico, en segundo, los que ordenan los ríos de esta zona y soportan nuestras expectativas. El primer componente de ese análisis, que es el que más variabilidad informaba, puede interpretarse como un eje de modificación del medio tanto por el incremento del uso Agrícola, a medida que se descende de la montaña, como por el efecto derivado de ello, que es el empleo de fertilizantes, en especial de nitratos, que acaban en estos ríos (Moreno *et al.*, 2006: 394s; Monteagudo *et al.*, 2012: 2766s). La orografía ha tenido su influencia en los usos del suelo de la región, propiciando la agricultura en las áreas de menor pendiente y favoreciendo las masas arbóreas donde ésta es más elevada. La litología debería ser el factor esencial en definir la composición química de las aguas que lavan el territorio (Meybeck, 1986: 3), que en el caso que nos ocupa vendría dado por valores elevados de variables como la conductividad, la alcalinidad y el pH, en respuesta a la naturaleza calcárea de la mayor parte del territorio (Moreno *et al.*, 2006: 389). Sin embargo, ha quedado en un segundo plano porque la agricultura impone fuertes alteraciones, como así lo atestiguan las elevadas concentraciones de nitrato, claramente relacionado con el uso Agrícola (Sarmanho de Lima, 2008). En una pequeña área geográfica como ésta se pone de manifiesto que, tanto la variabilidad natural de factores ambientales, como las actividades humanas se ven reflejadas en el medio acuático y tendrán su respuesta en la biodiversidad de sus ríos (ej., Rueda *et al.*, 2003; Navarro, 2006; Monteagudo y Moreno, 2016). Por tratarse de ríos de cabecera, de escasa entidad, son más susceptibles de verse afectados por alteraciones en su cuenca que ríos más grandes con mayor inercia y más resistentes al cambio. En ese análisis se ratifica, además, la diferenciación de los dos tipos fluviales del territorio, Ríos Manchegos y Ríos de Montaña Mediterránea Calcárea (Toro *et al.*, 2009a y b).

El deterioro de los ríos por las actividades humanas ha promovido, desde hace mucho tiempo, la búsqueda de herramientas que permitan detectar los impactos y también de aquéllas que permitan repararlos. Para el ámbito territorial que nos ocupa existen cuatro organismos de cuenca con competencia en la gestión del agua: Confederaciones Hidrográficas del Guadalquivir, del Guadiana, del Júcar y del Segura. Todos los organismos de cuenca cuentan con redes de estaciones de control y vigilancia de los cursos fluviales, algunas de las cuales recogen las aguas de algunos de los ríos del presente estudio. Así, aun cuando cada río es único, teniendo en cuenta el funcionamiento fluvial, por el que toda situación de cabeceras

repercute río abajo (Hynes, 1975; Vannote *et al.*, 1980), en la misma época del año y en condiciones climáticas semejantes, las estaciones de control que se citan recogerían las aguas e informarían de las condiciones de algunas estaciones del presente estudio que se encuentran río arriba de aquéllas: en la cuenca del Guadalquivir, la 10400 Río Guadalmena (www.chguadalquivir.es, acceso: 21/05/2020); en la del Guadiana, GN014 Río Jabalón y GN0370 Río Pinilla (www.chguadiana.es, acceso: 07/05/2020); en la del Júcar, JU021 Río Lezuza, JU024 Río Arquillo y JU026 Río Mirón (www.chj.es, acceso: 14/05/2020); finalmente, en la del Segura, BOG1 Río Bogarra (www.chsegura.es, 21/05/2020). De esta manera, y en función de los datos disponibles, la conductividad se sitúa en valores semejantes a las estaciones control que tienen por la zona las confederaciones, exceptuando la Gq4 y la S7, que presentan valores superiores; lo mismo cabría decir del pH, con valores por lo general inferiores a los de los controles, y propios de un estado químico muy bueno para el conjunto de las 38 estaciones de acuerdo con la legislación vigente (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015: 80625 y 80627). Del mismo modo, el estado para las condiciones de oxigenación de las aguas sería bueno o muy bueno para todos los ríos examinados, a excepción de G6. Cuando consideramos los nutrientes, la situación cambia sustancialmente de uno a otro. Así, mientras que para el fosfato 34 de los 38 ríos presentan un muy buen estado, el nitrato, a pesar de su gran variabilidad de unos lugares a otros, deja 11 ríos en un estado peor que bueno, 6 de ellos en la cuenca del Guadiana. Aunque no hay consenso al respecto, parece que exposiciones duraderas a concentraciones elevadas de nitratos, como las encontradas en algunos de los ríos del presente estudio, pueden ser tóxicas para la fauna acuática en condiciones de escasez de agua y aumento de la temperatura (Camargo y Alonso, 2007: 106). La disminución de las elevadas concentraciones de nitrato en las aguas, particularmente en el Campo de Montiel, no parece que vaya a ser una respuesta rápida a la reducción de superficies regables o la disminución del uso de fertilizantes, dado el prolongado tiempo de residencia de esos compuestos en los suelos y acuíferos (Sarmanho de Lima, 2008: 145).

A la multitud de factores de estrés tradicionales (regulación, extracción, sobreexplotación de acuíferos, cambios en los usos del suelo, contaminación por fertilizantes o aguas residuales, especies invasoras...) a los que se ven sometidos los ríos, se añaden actualmente los derivados del cambio climático, con el que interactúan (Sabater *et al.*, 2019). Las previsiones del cambio climático sobre los ríos pueden repercutir de manera importante en la zona de estudio que nos ocupa (Senent-Aparicio *et al.*, 2017; 2018) si aumenta la temperatura y se reducen las precipitaciones, ya que muchos ríos permanentes acabarían convirtiéndose en intermitentes o efímeros. Se apunta un aumento de la frecuencia, intensidad y duración de los eventos extremos, tales como crecidas y sequías, con graves consecuencias sobre las comunidades de organismos que habitan los ríos mediterráneos

(Kroll *et al.*, 2017), así como muchos de los procesos en los que se ven implicados (Palmer y Ruhi, 2019). Probablemente cambie la vegetación riparia, con repercusiones sobre la naturaleza, fenología y entradas de materia orgánica a los cauces, tal y como se observa donde se modifica la vegetación riparia (Pozo *et al.*, 1997). También quedaría alterado el procesado de esa materia orgánica en los ríos (Alonso *et al.*, 2021). El panorama se complica porque es difícil prever cómo interactuarán los cambios de temperatura y precipitación con otros factores de estrés en cada región, por lo que es urgente actuar para conservar y recuperar los ríos (Sabater y Elosegui, 2013).

La información disponible indica que la conservación, la prevención y la rehabilitación de los cursos fluviales debe ser contemplada mediante la planificación de uso y gestión a nivel de cuenca entera, como un sistema funcional aire-tierra-agua. Este planteamiento, que no es nuevo, es más urgente, si cabe, en cuencas mediterráneas (Bruno *et al.*, 2014: 456), sometidas a un gran estrés hídrico. Además, en áreas como las que nos ocupa, donde los caudales base de los ríos dependen del agua subterránea y los acuíferos pueden estar compartidos por diferentes cuencas, sería conveniente considerar una gestión de los recursos acuáticos fruto de la interacción entre cuencas (Pellicer-Martínez y Martínez-Paz, 2014: 1848).

¿Por qué debemos seguir fijándonos en los ríos de cabeceras? En las cabeceras de los ríos no es frecuente encontrar grandes explotaciones agrícolas o ganaderas, ni polígonos industriales contaminantes, ni núcleos urbanos importantes, sobre todo en regiones montañosas. Así, las presiones de las actividades humanas suelen ser de menor entidad que sobre los tramos aguas abajo. Desde el punto de vista de la población humana, las zonas montañosas son habitualmente excedentarias en agua por su escasa densidad poblacional. Es previsible que esas áreas reciban más atención en el futuro de cara a satisfacer las necesidades de agua de poblaciones de zonas adyacentes río abajo (Viviroli *et al.*, 2020: 917). Aunque también bajo presión, debido a su abundancia, los ríos de cabecera son refugio y fuente de biodiversidad y algunos aún podrían usarse como testigos del cambio climático y sus efectos, no sólo sobre la disponibilidad de agua, sino también sobre la biodiversidad y los procesos de su funcionamiento, lo que los hace especialmente interesantes.

6. CONCLUSIONES

Las comarcas del Campo de Montiel y la Sierra de Alcaraz son fuente de numerosos ríos de cabecera que alimentan los cauces principales de cuatro importantes cuencas hidrográficas de la Península Ibérica, un hecho singular en un territorio tan reducido.

Su heterogeneidad orográfica, litológica y climática se ve reflejada en dos tipologías fluviales, los Ríos Manchegos y los de Montaña Mediterránea Calcárea, cuyo régimen hidrológico está afectado por una fuerte estacionalidad.

La oposición entre los usos del suelo agrícola y forestal y, ligado a ello, las concentraciones de nitratos en las aguas determinan la ordenación de los ríos de esta zona y tienden a segregar las dos tipologías fluviales y a marcar diferencias entre las cuencas del Segura y del Guadiana.

De acuerdo a valores de referencia oficiales, el estado químico de los ríos estudiados, para los parámetros analizados, es bueno o muy bueno, pero tiende a ser moderado para el caso del nitrato en los Ríos Manchegos, propios de las cuencas del Guadiana y del Júcar.

En definitiva, los problemas fundamentales que presentan los ríos de este enclave geográfico son la escasez de agua y la contaminación por nitratos, por lo que la gestión de los mismos en el área debería tender a paliar esos problemas, susceptibles de agravarse con el cambio climático con mayor énfasis en la cabecera del Guadiana.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Juan Pozo, por su ayuda en la campaña de campo y al Dr. Javier Pérez, por sus cálculos con el modelo climático. El Laboratorio de Ecología de Ríos de la UPV/EHU posibilitó el equipamiento de campo.

REFERENCIAS

- ALBERT, J.S.; DESTOUNI, G.; DUKE-SYLVESTER, S.M.; MAGURRAN, A.E.; OBERDORFF, T.; REIS, R.M.; WINEMILLER, K.O. y RIPPLE, W.J. (2021): “Scientists’ warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis”. *Ambio*, 50: 85-94. Royal Swedish Academy of Science. Stockholm. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>.
- ALLAN, J.D. y CASTILLO, M.M. (2007): *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. 2nd Ed. Springer. Dordrecht.
- ALONSO, A.; PÉREZ, J.; MONROY, S.; LÓPEZ-ROJO, N.; BASAGUREN, A.; BOSCH, J. & BOYERO, L. (2021): “Loss of key riparian plant species impacts stream ecosystem functioning”. *Ecosystems*, 24, 1436-1449. Springer. New York. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00592-7>.

- BELMAR, O.; VELASCO, J.; GUTIÉRREZ-CÁNOVAS, C.; MELLADO-DÍAZ, A.; MILLÁN, A. y WOOD, P.J. (2013): "The influence of natural flow regimes on macroinvertebrate assemblages in a semiarid Mediterranean basin". *Ecohydrology*, 6: 363-379. Wiley. Hoboken, NJ. DOI: <https://doi.org/10.1002/eco.1274>.
- BRUNO, D.; BELMAR, O.; SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D.; GUARESCHI, S.; MILLÁN, A. & VELASCO, J. (2014): "Responses of Mediterranean aquatic and riparian communities to human pressures at spatial scales". *Ecological Indicators*, 45: 456-464. Elsevier. Amsterdam. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.051>.
- CAMARGO, J.A. y ALONSO, A. (2007): "Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático". *Ecosistemas*, 16(2):98-110. Asociación Española de Ecología Terrestre. Madrid.
- COMISIÓN EUROPEA (2000): "Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000". *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, ES, 22.12.2000: L327/1-72.
- FERNÁNDEZ, A. (2000): "La Sierra de Alcaraz y el Calar del Mundo". En Castilla-La Mancha. Consejería de Cultura: *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha*: 631-648. Servicio de Publicaciones. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 5ª Ed. Toledo.
- FERNÁNDEZ, F. (2000): "Los condicionantes climáticos del paisaje". En Castilla-La Mancha. Consejería de Cultura: *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha*: 41-54. Servicio de Publicaciones. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 5ª Ed. Toledo.
- FICK, S.E. y HIJMANS, R.J. (2017): "WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land áreas". *Int. J. Climatol.*, 37: 4302-4315. Royal Meteorological Society. Birminham. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.
- FIDALGO, C. (2000): "El Paisaje vegetal. Bosques, matorrales y estepas". En Castilla-La Mancha. Consejería de Cultura: *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha*: 69-80. Servicio de Publicaciones. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 5ª Ed. Toledo.
- FLOR-ARNAU, N.; REAL, M.; GONZÁLEZ, G.; CAMBRA, J.; MORENO, J.L.; SOLÀ, C. y MUNNÉ, A. (2015): "Índice de Macrófitos Fluviales (IMF), una nueva herramienta para evaluar el estado ecológico de los ríos mediterráneos". *Limnetica*, 34(1): 95-114. Asociación Ibérica de Limnología. Madrid.
- GONZÁLEZ, J.A. y VÁZQUEZ, A. (2000): "Las formas del relieve: llanuras, páramos y montañas". En Castilla-La Mancha. Consejería de Cultura: *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha*: 17-40. Servicio de Publicaciones. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 5ª Ed. Toledo.
- GONZÁLEZ, M.A. (2000): "El agua. Ríos, lagunas y acuíferos". En Castilla-La Mancha. Consejería de Cultura: *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha*: 55-67. Servicio de Publicaciones. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 5ª Ed. Toledo.
- HAUER, F.R. y LAMBERTY, G.A. (eds.) (2017): *Methods in Stream Ecology. Vol 1: Ecosystem Structure*. 3rd Ed. Academic Press. London.

- HEATHCOTE, I.W. (1998): *Integrated Watershed Management. Principles and Practice*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- HYNES, H.B.N. (1975): "The stream and its valley". *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 19: 1-15. Societas Internationalis Limnologiae. Stuttgart.
- KROLL, S.A.; RINGLER, N.H.; CANO, M.C. & DE LAS HERAS, J. (2017): "Macroinvertebrates on the front lines: projected community response to temperature and precipitation changes in Mediterranean streams". *Journal of Freshwater Ecology*, 32(1): 513-528. Taylor & Francis. London. DOI: <https://doi.org/10.1080/02705060.2017.1349695>.
- MAGAND, C.; ALVES, M.H.; CALLEJA, E.; DATRY, T.; DÖRFLINGER, G.; ENGLAND, J.; GALLART, F.; GÓMEZ, R.; JORDA-CAPDEVILA, D.; MARTÍ, E.; MUNNÉ, A.; PASTOR, V.A.; STUBBINGTON, R.; TZIORTZIS, I. y VON SCHILLER, D. (2020): *Intermittent rivers and ephemeral streams: what water managers need to know*. Technical report – Cost ACTION CA 15113. 10.5281/zenodo.3888474. European Union.
- MEYBECK, M. (1986): "Composition chimique des ruisseaux non pollués en France". *Sciences Géologiques, Bulletin*, 39(1): 3-77. Institut de Géologie. Strasbourg. DOI: <https://doi.org/10.3406/sgeol.1986.1719>.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2015): "Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental". *Boletín Oficial del Estado*, 219: 80582-80677. BOE. Madrid.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2016): *Cambio Climático: Informe de síntesis. Guía resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- MIRÓ, J.J.; ESTRELA, M.J.; CASELLES, V. y GÓMEZ, I. (2018): "Spatial and temporal rainfall changes in the Júcar and Segura basins (1955-2016): Fine-scale trends". *International Journal of Climatology*, 38: 4699-4722. Royal Meteorological Society. London. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5689>.
- MONTEAGUDO, L. y MORENO, J.L. (2016): "Benthic freshwater cyanobacteria as indicators of anthropogenic pressures". *Ecological Indicators*, 67: 693-702. Elsevier. Amsterdam. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.035>.
- MONTEAGUDO, L.; MORENO, J.L. y PICAZO, F. (2012): "River eutrophication: Irrigated vs. Non-irrigated agriculture through different spatial scales". *Water Research*, 46: 2759-2771. Elsevier. Amsterdam. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.02.035>.
- MORENO, J.L.; NAVARRO, C. y DE LAS HERAS, J. (2006): "Abiotic ecotypes in south-central Spanish rivers: Reference conditions and pollution". *Environmental Pollution*, 143: 388-396. Elsevier. Amsterdam. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.12.012>.
- NAVARRO, C. (2006): *El estado ecológico de los ríos de Castilla-La Mancha*. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla La Mancha, CREA. Albacete.

- PALMER, M. & RUHI, A. (2019): "Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration". *Science*, 365(6459), eaaw2087. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaw2087>.
- PELLICER-MARTÍNEZ, F. & MARTÍNEZ-PAZ, J.M. (2014): "Assessment of interbasin groundwater flows between catchments using a semi-distributed water balance model". *Journal of Hydrology*, 519: 1848-1858. Elsevier. Amsterdam. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.067>.
- POZO, J. y ELOSEGI, A. (2009): "El marco físico de la cuenca". En A. Elosegi y S. Sabater (eds.): *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*: 39-49. Fundación BBVA. Bilbao.
- POZO, J.; GONZÁLEZ, E.; DÍEZ, J.R.; MOLINERO, J. y ELOSEGI, A. (1997): "Inputs of particulate organic matter to streams with different riparian vegetation". *Journal of The North American Benthological Society*, 16(3): 602-611. The North American Benthological Society. Chicago.
- RINCÓN, P.J.; MONTERO, E. y VEGAS, R. (2001): "Marco tectónico de la unidad hidrogeológica del Campo de Montiel (provincias de Ciudad Real y Albacete, España central)". *Rev. Soc. Geol. España*, 14(3-4): 213-225. Sociedad Geológica de España. Salamanca.
- ROBLES, S.; TORO, M.; NUÑO, C.; AVILÉS, J.; ALBA-TERCEDOR, J.; ÁLVAREZ, M.; BONADA, N.; CASAS, J.; JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; MELLADO, A.; MUNNÉ, A.; PARDO, I.; PRAT, N.; SUÁREZ, M.L.; VIDAL-ABARCA, M.R.; VIVAS, S.; MOYÁ, G. y RAMON, G. (2002). "Descripción de las cuencas mediterráneas seleccionadas en el proyecto GUADALMED". *Limnetica*, 21(3-4): 35-61. Asociación Española de Limnología. Madrid.
- RUEDA, J.; HERNÁNDEZ, R. y LÓPEZ-MARTÍNEZ, C. (2003): "Biodiversidad, caracterización de los invertebrados y calidad biológica de los ríos, arroyos y ramblas, todos ellos tributarios del río Júcar, en la provincial de Albacete (parte segunda)". *Sabuco*, 4: 133-171. Instituto de Estudios Albacetenses. Albacete.
- SABATER, S.; DONATO, J.C.; GIORGI, A. y ELOSEGI, A. (2009): "El río como ecosistema" En A. Elosegi y S. Sabater (eds.): *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*: 23-37. Fundación BBVA. Bilbao.
- SABATER, S y ELOSEGI, A. (eds.) (2013): *River Conservation. Challenges and Opportunities*. Fundación BBVA. Bilbao.
- SABATER, S.; ELOSEGI, A. y LUDWIG, R. (eds.) (2019): *Multiple Stressors in River Ecosystems: Status, Impacts and Prospects for the Future*. Elsevier. Amsterdam.
- SARMANHO DE LIMA, A. (2008): *Origen de la contaminación por nitratos en la masa de agua subterránea del Campo de Montiel*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias. Madrid.
- SENENT-APARICIO, J.; LIU, S.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J.; LÓPEZ-BALLESTEROS, A. y JIMENO-SÁEZ, P. (2018): "Assessing impacts of climate variability and reforestation activities on water resources in the headwaters of the Segura basin (SE Spain)". *Sustainability*, 10(3277): 1-13. Licensee MDPI. Basel. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10093277>.
- SENENT-APARICIO, J.; PÉREZ-SÁNCHEZ, J.; CARRILLO-GARCÍA, J. y SOTO, J. (2017): "Using SWAT and Fuzzy TOPSIS to assess the impact of climate change in

- the headwaters of the Segura river basin (SE Spain)". *Water*, 9(149): 1-14. Licensee MDPI. Basel. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9020149>.
- SERRANO DE LA CRUZ, M.A. (2013): "La delimitación del Campo de Montiel: principales enfoques y problemáticas. *Revista de Estudios del Campo de Montiel*, 3: 51-84. Centro de Estudios del Campo de Montiel. Almedina.
- STANFORD, J.A.; ALEXANDER, L.C. y WHITED, D.C. (2017): "Riverscapes". En F.R. Hauer y G.A. Lamberty (eds.): *Methods in Stream Ecology. Vol 1: Ecosystem Structure*. 3rd Ed.: 3-19. Academic Press. London.
- TORO, M.; ROBLES, S.; TEJERO, I.; CRISTÓBAL, E.; VELASCO, S.; SÁNCHEZ, J.R. y PUJANTE, A. (2009a): "Grupo 32. Tipo Ecológico nº 5. Ríos manchegos". En VV.AA.: *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. 14 p. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.
- TORO, M.; ROBLES, S.; TEJERO, I.; CRISTÓBAL, E.; VELASCO, S.; SÁNCHEZ, J.R. y PUJANTE, A. (2009b): "Grupo 32. Tipo Ecológico nº 12. Ríos de montaña mediterránea calcárea". En VV.AA.: *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. 14 p. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.
- VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R. y CUSHING, C.E. (1980): "The river continuum concept". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137. Canadian Science Publishing. Ottawa.
- VIVIROLI, D; KUMMU, M.; MEYBECK, M.; KALLIO, M. & WADA, Y. (2020): "Increasing dependence of lowland populations on mountain water resources". *Nature Sustainability*, 3(11): 917-928. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0559-9>.
- VON SCHILLER, D.; ACUÑA, V.; ARISTI, I.; ARROITA, M.; BASAGUREN, A.; BELLIN, A.; BOYERO, L.; BUTTURINI, A.; GINEBRED, A.; KALOGIANNI, E.; LARRAÑAGA, A.; MAJONE, B.; MARTÍNEZ, A.; MONROY, S.; MUÑOZ, I.; PAUNOVIC, M.; PEREDA, O.; PETROVIC, M.; POZO, J.; RODRÍGUEZ-MOZAZ, S.; RIVAS, D.; SABATER, S.; SABATER, F.; SKOULIKIDIS, N.; SOLAGAISTUA, L.; VARDAKAS, L. y ELOSEGI, A. (2017): "River ecosystem processes: A synthesis of approaches, criteria of use and sensitivity to environmental stressors. *Science of the Total Environment*, 596-597: 465-480. Elsevier. Amsterdam. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.081>.
- WETZEL, R.G. y LIKENS, G.E. (1991): *Limnological Analyses*. 2nd Ed. Springer-Verlag. New York.
- ZAR, J.H. (2010): *Biostatistical Analysis*. 5th Ed. Pearson Education. Upper Saddle River.

7

REVISTA DE ESTUDIOS DEL CAMPO DE MONTIEL

2021

ISSN: 2172-2633
ISSN-e: 1989-595X



REVISTA DE ESTUDIOS DEL CAMPO DE MONTIEL



Colaboran



Redacción, correspondencia y servicio de intercambio

Centro de Estudios del Campo de Montiel - CECM
Plaza Mayor, 1 (Ayuntamiento)
13328 - Almedina
Ciudad Real, España
recm@cecampomontiel.es
www.cecampomontiel.es/recm/

Maquetación

Pedro R. Moya Maleno

Edición patrocinada por el
AYUNTAMIENTO DE LA SOLANA
AYUNTAMIENTO DE TORRE DE
JUAN ABAD

© De la edición: CECM

© De los contenidos: los autores.

El CECM no comparte necesariamente las opiniones expresadas por los autores de los contenidos.

FICHA CATALOGRÁFICA

Revista de Estudios del Campo de Montiel /
Centro de Estudios del Campo de Montiel.- Vol. 7 (2021).-
Almedina: Centro de Estudios del Campo de Montiel, 2021.
Rev. estud. Campo Montiel // RECM
170 x 227 mm.
Bienal
ISSN electrónico: 1989-595X
ISSN papel: 2172-2633
ISSN-L: 1989-595X
III. Centro de Estudios del Campo de Montiel
DOI Revista: 10.30823
Área de conocimiento: Miscelánea



Indización



Revista de Estudios del Campo de Montiel

Rev. estud. Campo Montiel // RECM

recm@cecampomontiel.es
www.cecampomontiel.es/recm

Dirección Científica

Dr. Pedro R. Moya Maleno

Coordinación Editorial

D. Fco. Javier Moya Maleno

Consejo Editorial

Dr. Álvaro Sánchez Climent, Arqueólogo, España
Dra. Carmen Pérez Peña, Universidad de Cádiz-INDESS, España
Dr. Daniel García Martínez, CECM / Universidad Complutense de Madrid, España
D. Esteban Jiménez González, CECM / Biblioteca Pública del Estado de Ciudad Real, España
Dr. Jesús Francisco Torres Martínez, Instituto Monte Bernorio de Estudios de la Antigüedad del Cantábrico (IMBEAC), España
Dr. José A. López Sánchez, Universidad de Cádiz-INDESS, España
Dr. Manuel Antonio Serrano de la Cruz Santos-Olmo, CECM / Universidad de Castilla-La Mancha, España
Dra. Mercedes Jimenez García, Universidad de Cádiz-INDESS, España

Consejo Asesor

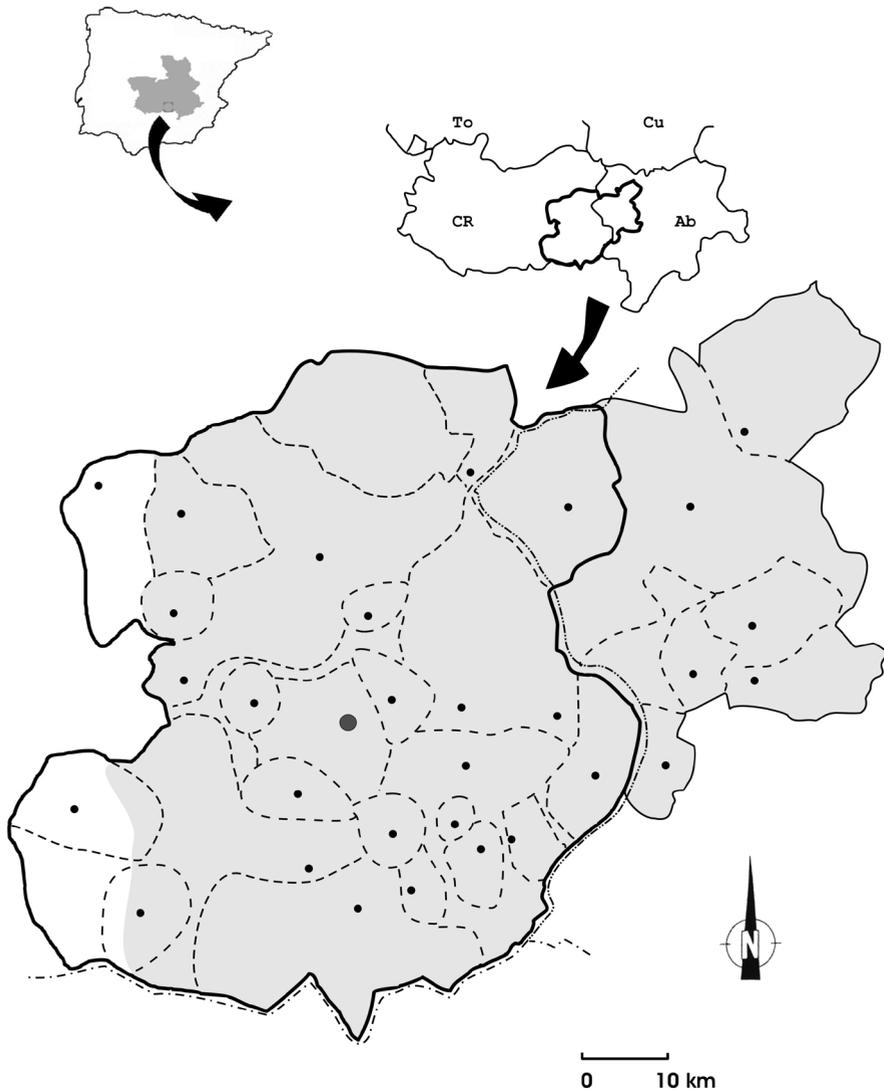
Dr. Alfredo Arcos Jiménez, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Dra. Ángela Madrid Medina, CECEL-CSIC, España
Dr. Benito Navarrete Prieto, Universidad de Alcalá de Henares, España
Dra. Concepción Fidalgo Hijano, Universidad Autónoma de Madrid, España
Dra. Consolación González Casarrubios, Universidad Autónoma de Madrid, España
Dr. Francisco Alfonso Valdivia Sevilla, Universidad de Sevilla, España
Dr. Francisco Cebrián Abellán, Universidad de Castilla-La Mancha
Dr. Francisco Javier Campos y Fernández de Sevilla, Estudios Superiores de El Escorial, España
Dr. Francisco Parra Luna, Universidad Complutense de Madrid, España
Dr. Gonzalo Martínez García, Universidad de Córdoba, España
Dr. José Ignacio Ruiz Rodríguez, Universidad de Alcalá, España
Dr. José Manuel Pedrosa Bartolomé, Universidad de Alcalá de Henares, España
Dr. Juan Antonio González Martín, Universidad Autónoma de Madrid, España
Dr. Juan José Pastor Comín, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Dr. Manuel Luna Samperio, Universidad Católica San Antonio de Murcia, España
Dra. Marcela Cubillos Poblete, Universidad de Valparaíso, Chile
Dra. María Esther Almarcha Núñez-Herrador, Universidad de Castilla-La Mancha-CECLM, España
Dra. Rosario García Huerta, Universidad de Castilla-La Mancha, España

Índice

	<u>Págs.</u>
GUADALUPE DÍAZ MUÑOZ: <i>Obituario. Justiniano Rodríguez Castillo: 1940-2020.....</i>	11-16
JESÚS POZO MARTÍNEZ: <i>Campo de Montiel y Sierra de Alcaraz: ríos de cabecera de cuatro cuencas hidrográficas ibéricas.....</i>	17-44
JOSÉ FAJARDO RODRÍGUEZ Y ALONSO VERDE LÓPEZ: <i>Leer el paisaje: la etnobiología como tema de estudio en el Campo de Montiel..</i>	45-61
MIGUEL ANTONIO MALDONADO FELIPE: <i>La costumbre de ‘pintar mayos’ y ‘echar ramos’ en las paredes del Campo de Montiel. El ocaso de una tradición.....</i>	63-83
ÁLVARO ROMERA SOTILLO Y CARLOS JIMÉNEZ-JIMÉNEZ: <i>Las campanas y sus toques en Torre de Juan Abad.....</i>	85-121
SOLEDAD MUÑOZ OLIVER: <i>Mercados matrimoniales entre municipios rurales de la comarca Campo de Montiel. El caso de Ossa de Montiel (Albacete) y Villahermosa (Ciudad Real)...</i>	123-163
CONCEPCIÓN MOYA GARCÍA Y CARLOS FERNÁNDEZ-PACHECO SÁNCHEZ-GIL: <i>Construcción y administración de los edificios religiosos de un lugar del Campo de Montiel: Alcubillas (1478-1550).....</i>	165-191
CARLOS SÁNCHEZ MOLINA: <i>Familia, patrimonio y poder en la España moderna: el regidor de Villanueva de los Infantes Francisco Fernández Buenache, 1574-1636.....</i>	193-262
FRANCISCO JOSÉ PÉREZ-SCHMID FERNÁNDEZ: <i>Desde el Campo de Montiel: colonos españoles en Sierra Morena.....</i>	263-289
BERNARDO SEVILLANO MARTÍN: <i>Reparos de los batanes del Sitio de Ruidera en 1713.....</i>	291-311
NORMAS DE PUBLICACIÓN	313-314

Summary

	<u>Pages</u>
GUADALUPE DÍAZ MUÑOZ: <i>Obituary. Justiniano Rodríguez Castillo: 1940-2020.....</i>	11-16
JESÚS POZO MARTÍNEZ: <i>Campo de Montiel and Sierra de Alcaraz: Headwater Streams from Four Iberian River Basins.....</i>	17-44
JOSÉ FAJARDO RODRÍGUEZ Y ALONSO VERDE LÓPEZ: <i>Reading the landscape. Ethnobiology as a Research Field in Campo de Montiel</i>	45-61
MIGUEL ANTONIO MALDONADO FELIPE: <i>The Custom of painting Mayos and Bouquets on the Walls of the Campo de Montiel. The Twilight of a Tradition.....</i>	63-83
ÁLVARO ROMERA SOTILLO Y CARLOS JIMÉNEZ-JIMÉNEZ: <i>The Bells and their Ringing in the Village of Torre de Juan Abad.....</i>	85-121
SOLEDAD MUÑOZ OLIVER: <i>Marriage Markets between Rural Municipalities in the Campo de Montiel Region. The Case of Ossa de Montiel (Albacete) and Villahermosa (Ciudad Real)</i>	123-163
CONCEPCIÓN MOYA GARCÍA Y CARLOS FERNÁNDEZ-PACHECO SÁNCHEZ-GIL: <i>The Construction and Management of the Religious Buildings in a Place of the Campo de Montiel: Alcubillas (1478-1550).....</i>	165-191
CARLOS SÁNCHEZ MOLINA: <i>Family, Heritage and Power in Modern Spain: The Alderman of Villanueva de los Infantes Francisco Fernández Buenache, 1574-1636.....</i>	193-262
FRANCISCO JOSÉ PÉREZ-SCHMID FERNÁNDEZ: <i>From Campo de Montiel: Spanish Settlers in Sierra Morena.....</i>	263-289
BERNARDO SEVILLANO MARTÍN: <i>Fulling Mills of Ruidera Site repairs in 1713.....</i>	291-311
PUBLICATION GUIDELINES	313-314



- | | |
|---|---|
|  Campo de Montiel histórico |  Limite autonómico |
|  Términos municipales actuales |  Limite provincial |
|  Altiplanicie del Campo de Montiel |  Cabecera |

Índice

	Págs.
GUADALUPE DÍAZ MUÑOZ: <i>Obituario. Justiniano Rodríguez Castillo: 1940-2020</i>	11
JESÚS POZO MARTÍNEZ: <i>Campo de Montiel y Sierra de Alcaraz: ríos de cabecera de cuatro cuencas hidrográficas ibéricas</i>	17
JOSÉ FAJARDO RODRÍGUEZ y ALONSO VERDE LÓPEZ: <i>Leer el paisaje: la etnobiología como tema de estudio en el Campo de Montiel</i>	45
MIGUEL ANTONIO MALDONADO FELIPE: <i>La costumbre de 'pintar mayos' y 'echar ramos' en las paredes del Campo de Montiel. El ocaso de una tradición</i>	63
ÁLVARO ROMERA SOTILLO y CARLOS JIMÉNEZ-JIMÉNEZ: <i>Las Campanas y sus toques en Torre de Juan Abad</i>	85
SOLEDAD MUÑOZ OLIVER: <i>Mercados matrimoniales entre municipios rurales de la comarca Campo de Montiel. El caso de Ossa de Montiel (Albacete) y Villahermosa (Ciudad Real)</i>	123
CONCEPCIÓN MOYA GARCÍA y CARLOS FERNÁNDEZ-PACHECO SÁNCHEZ-GIL: <i>Construcción y administración de los edificios religiosos de un lugar del Campo de Montiel: Alcubillas (1478-1550)</i>	165
CARLOS SÁNCHEZ MOLINA: <i>Familia, patrimonio y poder en la España moderna: el regidor de Villanueva de los Infantes Francisco Fernández Buenache, 1574-1636</i>	193
FRANCISCO JOSÉ PÉREZ-SCHMID FERNÁNDEZ: <i>Desde el Campo de Montiel: colonos españoles en Sierra Morena</i>	263
BERNARDO SEVILLANO MARTÍN: <i>Reparos de los batanes del Sitio de Ruidera en 1713</i>	291
NORMAS DE PUBLICACIÓN	313

Colaboran



Excmo. Ayuntamiento
de La Solana



Excmo. Ayuntamiento
Torre de Juan Abad