

HIDROQUÍMICA DE LAS RAMBLAS LITORALES DE LA REGIÓN DE MURCIA: VARIACIONES ESPACIO-TEMPORALES

J. L. Moreno, M.L. Suárez y M.R. Vidal-Abarca

Dpto. de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100. Murcia.

Palabras clave: ramblas litorales, características físico-químicas, variaciones espacio-temporales, cuerpos de agua

Keywords: littoral "ramblas", physicochemical characteristics, spatio-temporal variations, waterbodies.

ABSTRACT

LITORAL RAMBLAS HYDROCHEMISTRY OF MURCIA REGION: SPATIO-TEMPORAL VARIATIONS

Spatio-temporal variations of physicochemical characteristics from the spatially intermittent littoral drainage network of Murcia region are studied. Different waterbodies origin (groundwater, marine, organic waste and inorganic waste), litologic substrate, chemistry evolution of groundwater, semiarid climate, and sea proximity, are the environmental factors explaining these variations. At upstream areas the substrate is poor-salt and superficial water is fresh with a chloride magnesian nature, and at the sedimentary depressions salinity increases showing a sulphate sodic nature. Marine origin waterbodies show the higher salinity and always a sodic-chloride ionic composition. Waste waterbodies have high proportions of bicarbonate, suspended solids and phosphates.

INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas se caracterizan hidrológicamente por poseer un sistema de drenaje constituido principalmente por cauces temporales que fluyen intermitentemente (BOULTON & SUTER, 1986). La franja costera de la Región de Murcia se encuentra localizada en un sector árido (GARCÍA DE PEDRAZA, 1989), y está drenada por cauces denominados "ramblas", término que hace referencia geomorfológicamente a cauces anchos y de sustrato pedregoso, e hidrológicamente, a cursos efímeros que sólo vehiculan agua como resultado de intensas precipitaciones en su cuenca de drenaje (MATEU, 1989). En estos cauces efímeros pueden encontrarse, en ciertos tramos, cuerpos de agua de diverso origen que están sujetos a variaciones temporales acusadas tanto a nivel anual como interanual, similares a las de arroyos temporales, en el caso de formar cursos de agua o, a charcas temporales en el caso de no constituir tramos lóticos. En conjunto, las ramblas estudiadas forman una red de drenaje espacialmente intermitente, de aguas temporales o permanentes (MORENO, 1994).

A nivel mundial el número de estudios realizados en aguas temporales no se corresponde con su amplia distribución geográfica, abundancia, importancia ecológica e interés limnológico (WILLIAMS, 1985). Apenas existen estudios que analicen las variaciones espacio-temporales de la hidroquímica de aguas temporales (BOULTON & LAKE, 1990).

ZALE *et al.* (1989), realizan una revisión sobre las características físico-químicas en arroyos temporales, pero en general, los datos de parámetros físico-químicos medidos en estos medios se han aportado como complemento a estudios de las comunidades de invertebrados acuáticos (WILLIAMS & HYNES, 1976, 1977; TOWNS, 1985; BOULTON & SUTER, 1986). Mayor volumen de información existe en relación con las variaciones de distintos parámetros físico-químicos ante perturbaciones hídricas en estos sistemas, fundamentalmente sobre las avenidas de agua (FISHER & MINCKLEY, 1978; FISHER *et al.*, 1982).

En España son muy escasos los estudios sobre la hidroquímica de ríos o "ramblas" temporales, a pesar de poseer una amplia gama de cursos de estas características. En ríos temporales de Sierra Morena destacan los estudios realizados sobre

metabolismo y dinámica de nutrientes (MALTCHICK, 1994; MALTCHICK & MOLLA, 1994; MALTCHICK *et al.*, 1994; en prensa; MOLLA, 1994; MOLLA *et al.*, 1994) y en ríos mediterráneos temporales de Cataluña (SABATER *et al.* 1991).

En relación con el funcionamiento hidrológico de las ramblas, los estudios disponibles se centran en definir el régimen de precipitaciones y la relación con la producción de caudales de escorrentía (MATEU, 1974, 1982; NAVARRRO, 1985; CONESA, 1990;

PUIGDEFABREGAS *et al.*, 1992), pero muy pocos analizan en profundidad las conexiones del cauce con capas freáticas (SEGURA, 1990) y ninguno sobre el peculiar quimismo de estos sistemas.

En la Cuenca del Río Segura se dispone de información previa (VIDAL-ABARCA, 1985; SUÁREZ, 1986; ORTEGA, 1988; ORTEGA *et al.*, 1988), aunque para las ramblas litorales objeto de este estudio, solo existen datos en pequeños cuerpos de agua situados en sus desembocaduras (ORTEGA *et al.*, 1992).

Este trabajo forma parte de un estudio más amplio sobre diversos aspectos limnológicos de las ramblas litorales de la Región de Murcia (MORENO, 1994). Los objetivos concretos son la caracterización hidroquímica de los diferentes ambientes acuáticos que se presentan en estas ramblas e interpretar las variaciones espacio-temporales de los parámetros físico-químicos medidos en relación con la dinámica hidrológica espacio-temporal a que se encuentran sujetas dichas ramblas.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la franja litoral de la región de Murcia comprendida entre Calnegre y Cabo Tiñoso, siendo objeto de estudio la red de drenaje que originada desde las sierras litorales, vierte al Golfo de Mazarrón (Figura 1). Se han prospectado un total de nueve cuencas de drenaje de diversas dimensiones que ocupan un área total de 481 Km².

El sector se encuentra enmarcado en un dominio climático árido, con precipitaciones medias anuales en torno a los 250mm, temperatura media anual de 18°C y un déficit hídrico que se prolonga prácticamente todo el año. La irregularidad

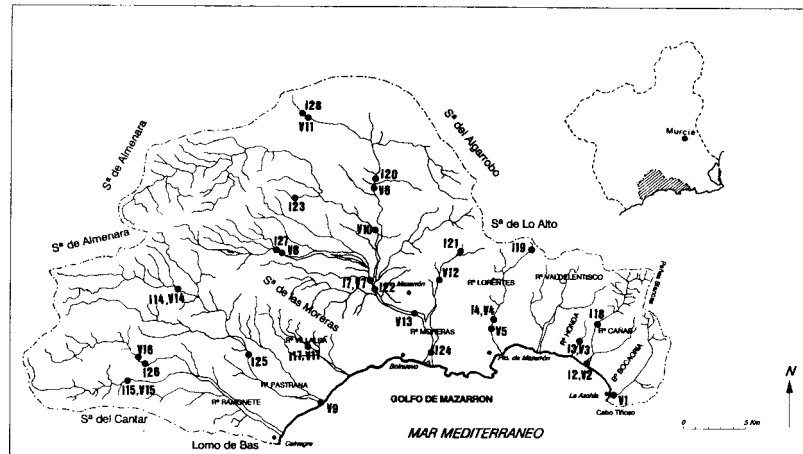


FIGURA 1. Localización geográfica del área de estudio y de las estaciones de muestreo. (I = muestra recogida en invierno; V = muestra recogida en verano).

FIGURE 1. Location of the study area and sample sites. (I = winter sample; V = summer sample).

anual e interanual junto con su torrencialidad y escasez de lluvias, son los rasgos que caracterizan el régimen de precipitaciones de la zona (LÓPEZ BERMÚDEZ *et al.*, 1986).

En la Figura 2 se presenta la compleja geología del sector. Las sierras litorales están constituidas por materiales metamórficos (micaesquistos, cuarcitas) y en ocasiones calizas y dolomías. Las depresiones sedimentarias están ocupadas por materiales margosos miocénicos y cuaternarios, y en torno a ellas se localizan afloramientos volcánicos (IGME, 1972). En los lechos de los cauces predomina una granulometría gruesa constituida por cantos y gravas. La escasa vegetación de ribera

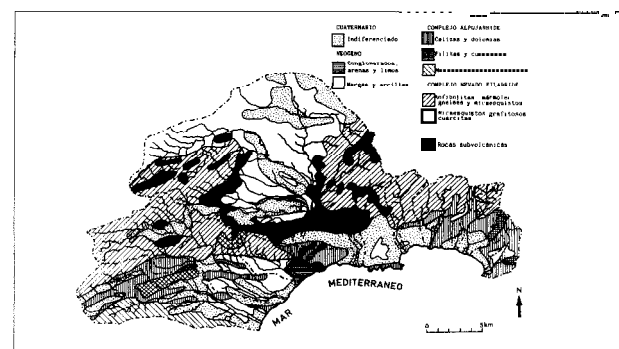


FIGURA 2. Cartografía sintética del sustrato geológico del área de estudio.

FIGURE 2. Geologic map of study area.

provoca una total exposición de los cursos de agua a la luz. La vegetación circundante a las ramblas está dominada por un matorral xerófilo mediterráneo con especies herbáceas heliófilas (EPYPSA, 1981) cada vez más disminuida por la expansión de cultivos de regadío (MONTANER, 1991).

Aspectos sobre la hidrología superficial y subterránea de las ramblas litorales

En general, el régimen hidrológico de las ramblas se caracteriza por crecidas intermitentes separadas por la inoperancia temporal, más o menos prolongada, de los mecanismos de escorrentía superficial. Desde este punto de vista, las ramblas son consideradas como cauces efímeros, cuya circulación hídrica sólo ocurre como respuesta a precipitaciones que superan determinados umbrales de intensidad o magnitud (MATEU, 1982: 1989). Estos umbrales se desconocen en el área de estudio debido a la inexistencia de estaciones de aforo, capaces de registrar la aparición de flujos hídricos en los cauces. Los únicos datos de caudales de que se dispone corresponden a estimaciones de algún episodio torrencial. Así, para la Rambla de las Moreras, en la riada del 7/9/89, se registraron caudales de 1300 m³/s en respuesta a una intensidad de precipitación de 100 mm en una hora (ALBACETE, 1991). No existe ningún estudio concreto sobre los días de circulación hídrica superficial en estas ramblas, aunque GEIGER (1973), generaliza que las ramblas del SE peninsular poseen unos diez días de circulación hídrica anual, concentrados principalmente en otoño, en respuesta a las precipitaciones.

Independientemente de los caudales que circulan por las ramblas inmediatamente después de episodios tormentosos, en algunos tramos de los cauces se desarrollan flujos superficiales como consecuencia de surgencias de origen hipogeo. Esto ocurre en zonas de descarga de diferentes capas acuíferas y, a diferencia de los primeros, representan un hábitat disponible para la colonización y desarrollo de las comunidades biológicas acuáticas.

La complejidad tectónica (fallas y mantos de corrimiento) que caracteriza al área de estudio, ha provocado una gran compartimentación de las formaciones litológicas permeables y en consecuencia la formación de numerosos acuíferos, en general, de pequeña entidad (ITGE, 1981). En la Figura 3, se presenta la localización de los acuíferos "principales", susceptibles de explotación humana, pero no existe información sobre los mantos subsuperficiales de poca entidad (MONTANEO 1991), que a pesar de ser muy locales y de reducida potencia, son los responsables de la aparición y mantenimiento de gran número de cuerpos de agua en estas ramblas.

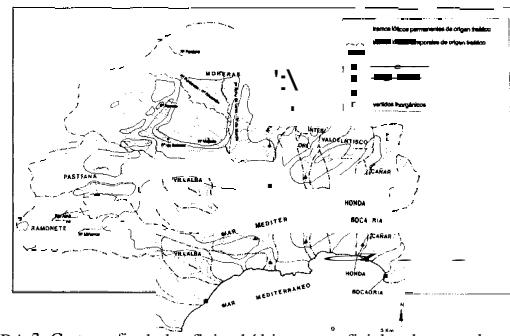


FIGURA 3. Cartografía de los flujos hídricos superficiales durante el periodo de estudio indicando la situación de los acuíferos principales.
FIGURE 3. Watercourses temporality and main acuífers in the study area..

Para analizar la distribución espacio-temporal del agua en las ramblas estudiadas, se llevaron a cabo tres prospecciones, durante los meses julio-septiembre de 1991, y marzo-abril y agosto-septiembre de 1992. La primera y última en el período de déficit hídrico y la segunda en el de superávit hídrico. En cada prospección se elaboró un mapa hidrológico, que finalmente se sintetizó en una cartografía única que hace referencia tanto a la temporalidad de los flujos hídricos superficiales como a su origen (figura 3). Se consideran como flujos hídricos superficiales cualquier tipo de manifestación hídrica sobre los cauces, independientemente de su origen.

Como se observa, sólo se presentan flujos hídricos superficiales en ciertos tramos, de manera que las ramblas estudiadas pueden clasificarse como cauces espacialmente intermitentes. No obstante, según la permanencia del agua en los mismos, se diferencian tres tipos de tramos: *efímeros*, cuando sólo aparece agua circulante sobre ellos después de precipitaciones y desaparece en pocos días; *temporales*, cuando conservan un flujo hídrico superficial continuo durante varios meses, el cual se interrumpe en algún momento del año por falta de alimentación; y *permanentes* si conservan un flujo hídrico superficial que no se interrumpe ni a nivel espacial ni temporal. A estos flujos hay que añadir las *charcas*, que de manera similar pueden ser temporales o permanentes.

Según el origen del agua, se han detectado cuatro tipos genéticos diferentes: los denominados de origen *freático*, que se manifiestan en forma de surgencias naturales procedentes de capas acuíferas y que dan lugar a tramos de diversa longitud con circulación hídrica permanente o temporal. Nunca constituyen cursos de agua que desembocuen en el mar. También se incluyen en este grupo las charcas mantenidas por aportes hipogeos. Los cuerpos de agua denominados de origen *marino*, se localizan en las desembocaduras de algunas ramblas, separados del mar por una estrecha barra gravosa. Son charcas aisladas cuya formación se debe a varios factores

que se pueden combinar según los casos: aportes directamente recibidos en situaciones climatizadas de temporales marinos que sobrepasan la barra gravosa que los separa del mar, influencia de los aportes hipogeos por intrusión marina, y retención de aguas de escorrentía aportadas por la rambla de forma esporádica.

Además de estos cuerpos de agua de origen natural son frecuentes los vertidos artificiales que dependiendo del tipo de efluente que los origina se han denominado "*vertidos orgánicos*" si proceden de aguas residuales urbanas, y "*vertidos inorgánicos*" si el origen del vertido es diferente (por ejemplo fugas de canales agrícolas o el caso concreto de una planta desalinizadora).

La manifestación más frecuente de cuerpos de agua superficiales en las ramblas estudiadas, corresponde a tramos béticos de mayor o menor longitud, que tienen su origen en afloramientos hipogeos o manantiales procedentes del mismo lecho del cauce. Sin tener en cuenta los vertidos, de las nueve cuencas prospectadas, cinco presentan algún tramo de aguas permanentes, tres registraron sólo flujos temporales y una no presentó ningún tipo de cuerpo de agua visible sobre el cauce (figura 3).

En definitiva, las ramblas litorales murcianas son hidrológicamente cauces efímeros que presentan en algunos tramos flujos hídricos superficiales, temporales o permanentes, alimentados de forma natural por surgencias de origen hipogeo.

METODOLOGÍA

Con el fin de llevar a cabo los objetivos del estudio se realizaron dos muestreos durante 1992: el primero en los meses de marzo y abril (final de invierno), y el segundo en agosto y septiembre (final de verano), considerando dos situaciones hídricas extremas. La selección de las estaciones de muestreo no fue necesaria debido a la escasez de cuerpos de agua detectados en las ramblas estudiadas. Se establecieron 28 estaciones de muestreo (figura 1) de las que sólo 7 fueron muestreadas en las dos prospecciones debido a las variaciones temporales que experimentan estos sistemas.

Las muestras de agua se recogieron en botellas de polietileno (MACKERETH *et al.*, 1978) siempre cerca de la superficie y se transportaron al laboratorio en nevera. "In situ" se midió la temperatura del agua, pH, salinidad y conductividad (pHmetro Crison y conductímetro YSI-33). Para la medida del oxígeno disuelto se procedió según el método de WINKLER (1888).

En el laboratorio se filtraron las muestras (filtros Whatman GF/C) obteniendo la medida de sólidos en suspensión y

posteriormente se realizó el análisis de la alcalinidad. Cuando fue necesario las muestras se congelaron, aunque los análisis de nitritos, nitratos y fósforo reactivo soluble se realizaron antes de 48 horas después de la toma de muestras. Tanto para la determinación de los parámetros anteriores como para la dureza, calcio, magnesio y cloruros se siguieron los tratados de: A.P.H.A., 1975; GOLTERMAN *et al.*, 1978 y WETZEL & LIKENS, 1991. Para la determinación de sodio y potasio se utilizaron electrodos "Orion", y para el sulfato se utilizó un cromatógrafo (Servicio Universitario de Instrumentación Científica).

El error cometido en los análisis de los iones mayoritarios se calculó mediante la fórmula: $(\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones} / \sum \text{cationes} + \sum \text{aniones}) \times 100$ (CUSTODIO & LLAMAS, 1983). En la mayoría de los casos los errores fueron menores del 10%.

Para el análisis conjunto de los datos se aplicó un análisis de componentes principales mediante el programa SX.4 (SIEGEL, 1992).

RESULTADOS

En la anexo I se presentan los valores de los parámetros físico-químicos medidos, y en la Tabla I los principales estadísticos de los mismos para invierno y verano, respectivamente. En general, se observa una mayor concentración de sales en verano que en invierno y un amplio rango de variación de la mayoría de los parámetros físico-químicos dentro de cada época del año, dada la heterogeneidad genética de los cuerpos que se manifiestan en estas ramblas.

Salinidad y composición iónica

La salinidad muestra un amplio rango de variación, registrándose valores mínimos de 0.5 g/l e incluso menores en aguas residuales urbanas (13, V3, V13) así como en aguas de origen freático localizadas en las cabeceras de las cuencas (115). El valor máximo se registró en una charca de origen marino (V9 = 28.5 g/l). La conductividad se comporta de forma análoga a la salinidad, registrando un valor máximo de 41500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en aguas de origen marino (V9) y mínimo de 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en aguas residuales urbanas (13). Los valores medios de ambos parámetros fueron mayores en verano (5.65 g/l de salinidad y 8795.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad) que en invierno (2.58 g/l y 3353.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Tabla I).

Según la clasificación propuesta por MONTES & MARTINO (1987) para aguas tanto de origen continental (atalásicas) como de origen marino (talásicas), se pueden agrupar los cuerpos de agua existentes en el área de estudio en

TABLA I. Principales estadísticos de los parámetros físico-químicos medidos en las muestras de agua recogidas en las ramblas litorales murcianas, durante invierno (n=18) y verano (n= 17).

TABLE I. Main statisticals of physico-chemical parameters measured in the littoral "ramblas" studied during winter (n=18) and summer (n=17).

	X		SD		C.V.		valor mínimo		valor máximo	
	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V
Conductividad (mS/cm)	4.46	9.67	2.61	10.84	58.51	112.06	0.84	1.04	10.37	45.65
Salinidad (g/l)	258	5.65	1.62	6.75	62.90	119.59	0.30	0.50	6.10	28.50
Alcalinidad (meq/l)	4.85	8.07	4.76	8.64	98.15	107.11	2.07	2.63	22.94	37.32
Cloruros (meq/l)	1898	38.31	12.67	61.88	66.76	161.55	1.64	2.05	43.58	264.03
Sulfatos (meq/l)	2569	40.07	18.80	31.13	73.19	77.67	0.95	2.67	67.28	106.4
Sodio (meq/l)	26.46	51.11	21.21	65.45	80.16	128.08	1.37	2.11	72.65	280.57
Potasio (meq/l)	0.64	1.10	0.43	1.33	66.67	120.90	0.10	0.04	1.40	5.81
Calcio (meq/l)	8.66	7.69	11.03	9.87	127.36	128.27	0.40	0.08	42.00	34.80
Magnesio (meq/l)	1397	15.21	7.44	9.70	53.23	63.77	3.20	0.88	27.84	36.32
Dureza (meq/l)	2264	27.34	11.32	17.09	50.02	62.49	4.80	4.32	50.000	80.76
pH	838	8.59	0.31	0.46	3.89	5.40	7.80	7.80	9.00	9.30
Oxígeno dis. (mg/l)	1434	9.52	6.23	6.30	43.46	66.20	0.00	0.00	25.40	22.80
Sólidos susp. (mg/l)	14593	787.28	362.85	1402.40	248.64	178.13	1.27	1.40	1396.70	4436.40
Nitritos (µg/l)	11.75	62.16	30.42	85.07	258.96	136.85	0.00	0.00	131.00	219.47
Nitratos (µg/l)	68659	577.73	681.17	1542.30	99.21	266.96	5.21	0.00	1817.80	6461.40
Fosfatos (µg/l)	23989	284.94	580.40	692.83	241.94	243.15	15.42	11.14	2219.20	2648.50

I = Invierno; V = verano

cuatro categorías diferentes (Tabla II): dulces (salinidad < 0.5 g/l), subsalinos (0.5 < S < 3 g/l), hiposalinos (3 < S < 20 g/l) y mixohalinos (de origen marino) (0.5-30 mg/l). Del total de muestras analizadas el 11.43% son aguas dulces, el 40% subsalinas, el 37.14% hiposalinas y el 11.43% mixosalinas.

TABLE II. Clasificación de las muestras de agua recogidas en las ramblas litorales murcianas segun el rango salinidad (MONTES & MARTINO, 1987), indicando el tipo genético del cuerpo de agua al que pertenecen.

TABLE II. Samples classification according to salinity (MONTES & MARTINO, 1987), showing the waterbody type which belong to.

DENOMINACIÓN Y RANGO DE VARIACIÓN DE SALINIDAD (S) (g/l)	TIPO GENÉTICO			
	Freático	Marino	Vertido Orgánico	Vertido Inorgánico
DULCE (S ≤ 0.5)	115		I3 V3 V13	
SUBSALINA (0.5 < S ≤ 3)	114 125 117 126 118 127 119 124 121 115 123 116		124	V12
HIPOSALINA (3 < S < 20)	17 17 120 18 122 110 128 111 16 117			14 V4 V5
MIXOHALINA (0.5 - 30)		V9 V2		
		V1 12		

En la Figura 4 se presentan mediante diagramas triangulares las proporciones aniónicas y catiónicas de las muestras analizadas. Se observa que la mayoría de los cuerpos de agua son de características sódicas y/o magnésicas en cuanto a la

composición catiónica, y sulfatadas respecto a la composición aniónica. Aunque existen variedad de matices dentro de los cuerpos de agua de *origen freático*, el tipo de aguas predominante es sulfatado sodicomagnésicas. Las muestras tomadas en charcas de *origen marino* son siempre cloruradosódicas. En las aguas procedentes de *vertidos* su naturaleza iónica es más heterogénea dependiendo del efluente, aunque se podría destacar en general. la presencia apreciable de bicarbonato cálcico.

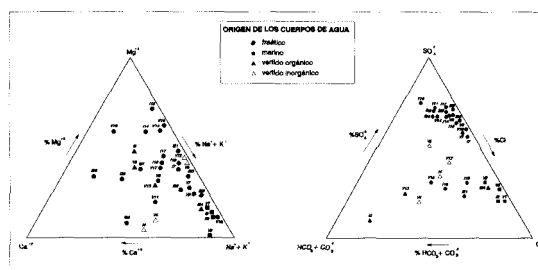


FIGURA 4. Diagrama-triangular de la composición aniónica y catiónica relativa de los cuerpos de agua estudiados.

FIGURE 4. Relative anionic and cationic composition of the waterbodies on a triangular diagram.

Con el fin de analizar conjuntamente la información referente a la salinidad y composición iónica de los cuatro tipos genéticos de cuerpos de agua, y detectar posibles

tendencias y afinidades entre ellos, se aplicó un análisis de componentes principales a la matriz de 9 variables (salinidad, conductividad, alcalinidad, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio) x 31 muestras. En la Figura 5 se

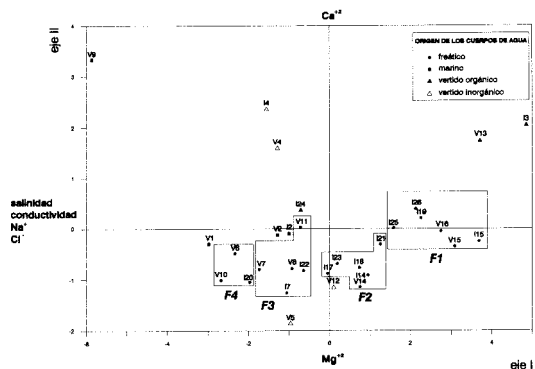


FIGURA 5. Ordenación de las muestras recogidas en las ramblas litorales, en el espacio definido por los dos primeros ejes del análisis de componentes principales realizado sobre los datos de las variables físico-químicas indicadoras de mineralización.

FIGURE 5. Sample scores on the first two axes from principal components analyses of mineralization physico-chemical variables.

presenta la ordenación de estas muestras en el espacio definido por los dos primeros ejes del análisis y en la tabla 3 los factores de carga rotados de las variables hidroquímicas analizadas. El primer eje absorbió el 58.9% de la varianza total y está correlacionado negativamente con todas las variables. Representa un eje de salinidad donde la concentración en cloruro sódico y la salinidad aumentan hacia su extremo negativo. El segundo eje absorbió un 15.3% de la varianza

TABLA III. Factores de carga rotados de las variables físico-químicas indicadoras de mineralización, para los dos primeros ejes del análisis de componentes principales.

TABLE III. Loading factors for the first two axis from Principal Component Analyses of mineralization variables.

VARIABLES	EJE I	EJE II
Alcalinidad	-0.0346	0.2279
Cl ⁻	-0.4109	0.0258
SO ₄ ²⁻	-0.3533	-0.2714
Na ⁺	-0.4187	-0.0653
K ⁺	-0.3673	0.2681
Ca ²⁺	-0.1721	0.3814
Mg ²⁺	-0.0342	-0.8058
Conductividad	-0.4234	-0.0326
Salinidad	-0.4300	0.0420
% Varianza	58.9	15.3

total y refleja sobre todo un gradiente en la concentración de magnesio, separando las muestras con alto contenido en sulfato magnésico de las ricas en bicarbonato cálcico.

La representación en el espacio definido por estos dos primeros ejes del análisis, visualiza las diferencias dentro de cada tipo genético. La tendencia de algunas muestras de origen marino y procedentes de vertidos a alejarse del origen de coordenadas, es debida a un alto contenido relativo en bicarbonatos (I3, V13, V4), calcio (I4) o potasio (V9) y a un contenido bajo en sulfatos. Al mismo tiempo se ponen de manifiesto las diferencias existentes entre muestras pertenecientes al mismo tipo genético (vertidos y de origen marino), asemejándose algunas de ellas a las muestras de origen freático (V1, V2, I2, I24, V5). Dentro de las muestras de agua tomadas en cuerpos de agua de origen freático se han definido cuatro grupos a lo largo del eje I que, en definitiva representan un gradiente de salinidad: **F1** ($S < 1.5$ g/l), **F2** ($1.5 < S < 3$), **F3** ($3 < S < 5$) y **F4** ($S > 5$ g/l).

Este gradiente de salinidad puede estar relacionado con el tiempo de contacto del agua con el sustrato litológico por el que circula y la tipología de dicho sustrato (CUSTODIO & LLAMAS, 1983). Los índices iónicos son especialmente interesantes para detectar procesos de evolución química de las aguas subterráneas. Así, en la Figura 6 se han representado los

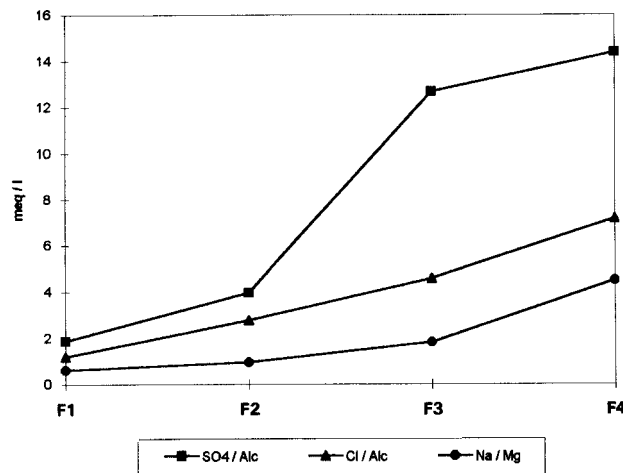


FIGURA 6. Valores medios de tres índices iónicos para los cuatro tipos de cuerpos de agua de origen freático, definidos en función de su salinidad.

FIGURE 6. Average values of three ionic ratios for the four types of groundwater origin waterbodies in relation to salinity values.

valores medios de tres índices iónicos ($SO_4^-/Alcalinidad$; $Cl^-/Alcalinidad$ y Na^+/Mg^{2+}), para cada uno de los grupos definidos en el análisis de componentes principales. Como se observa, estos experimentan un aumento paralelo a la

salinidad, reflejando los cambios sufridos en la composición aniónica y catiónica. Parece que a medida que aumenta la salinidad se produce una sustitución del HCO_3^- por el SO_4^{2-} y, en menor medida, por el Cl^- así como del Mg^{2+} por el Na^+ . Otros índices como $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^- + \text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ se mantienen más o menos constantes a lo largo del gradiente de salinidad.

Parámetros del estado trófico

El pH es el parámetro que menor variación espacio-temporal presenta, situándose el valor mínimo en 7.8 en una estación de origen freático (V7) y en otra procedente de un vertido inorgánico (14). El valor máximo de 9.3 se registró en verano en vertidos orgánicos (V13 y V4; anexo 1).

Los sólidos en suspensión varían ampliamente, con un valor máximo de 4436 mg/l en aguas procedentes de vertidos orgánicos (V13) y un mínimo de 1.27 mg/l en aguas freáticas de áreas de cabecera (115). Los valores medios registrados en verano fueron muy superiores a los de invierno (787.28 y 145.93 mg/l, respectivamente).

En los vertidos orgánicos, se encuentran simultáneamente valores muy altos de sólidos en suspensión con valores muy bajos de oxígeno disuelto, debido al alto contenido en materia orgánica de los efluentes. En el resto de cuerpos de agua, los sólidos en suspensión son altos especialmente cuando son de pequeño volumen y además existe desarrollo de vegetación acuática, ya que la retención y consiguiente concentración de materiales, principalmente de naturaleza orgánica, es mayor (McDERMID & NAIMAN, 1983; MARGALEF, 1983), como se observa en varios cuerpos de agua del área de estudio (estaciones 2, 10, 12, 14, 16, 17 y 27).

Los valores extremos de la concentración de oxígeno disuelto varían entre 0 mg/l en un vertido orgánico (V3, 13) y 25.4 mg/l en una charca de origen marino (V2), registrándose valores medios de 7.8 mg/l en vertidos inorgánicos y 13.86 mg/l en aguas de origen freático. Los niveles medios de oxígeno disuelto fueron más elevados en invierno que en verano (14.34 mg/l y 9.52 mg/l, respectivamente).

En cuanto a los nutrientes, los nitratos y nitritos presentan amplios rangos de variación (C.V. > 100%), excepto en el caso de vertidos orgánicos, mientras que los fosfatos varían en menor proporción dentro de los distintos tipos genéticos definidos (C.V. < 60%).

Los valores medios de nitratos varían entre 106.13 $\mu\text{gN-NO}_3^-/\text{l}$ para los vertidos orgánicos y 796.63 $\mu\text{gN-NO}_3^-/\text{l}$ para las aguas freáticas. Las concentraciones medias de nitritos oscilan entre 4.68 $\mu\text{gN-NO}_2^-/\text{l}$ para los vertidos inorgánicos y 105.8 $\mu\text{gN-NO}_2^-/\text{l}$ para el caso de charcas de origen marino. El

valor mínimo fue 0 $\mu\text{gN-NO}_2^-/\text{l}$, registrado en estaciones freáticas (estaciones 118, 120, 123, V11), en un vertido inorgánico (14) y otro orgánico (V3); el valor máximo de 219.47 $\mu\text{gN-NO}_2^-/\text{l}$ se midió en aguas freáticas (V8).

Los valores medios de fosfatos varían entre 18.29 $\mu\text{gP-PO}_4^{3-}/\text{l}$ para las estaciones de origen marino y 1899.8 $\mu\text{gP-PO}_4^{3-}/\text{l}$ para los vertidos orgánicos.

En la Figura 7 se presenta la relación entre las concentraciones de nitratos y fosfatos. Se distinguen tres niveles de concentración de fosfatos y tres de nitratos, indicándose con letras los grupos resultantes. Los valores más altos de fosfatos (superiores a 100 $\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{l}$) se registran en vertidos orgánicos e inorgánicos (grupos C y C-D) y los más bajos (interiores a 30 $\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{l}$) en las charcas de origen marino, en los cuerpos de agua de origen freático localizados en las cabeceras de cuenca y en un vertido inorgánico (grupos A, A-D y D). En cuanto a la concentración en nitratos, los vertidos orgánicos poseen siempre contenidos bajos, inferiores a 300 $\mu\text{gN-NO}_3^-/\text{l}$ (grupo C); los vertidos inorgánicos presentan valores bajos y medios, inferiores a 800 $\mu\text{gN-NO}_3^-/\text{l}$ (grupos C, C-D y A-D); las charcas de origen marino presentan en verano contenidos bajos de nitratos (grupo A) y en invierno altos (grupo D). Por último, los cuerpos de agua de origen freático se distribuyen a lo largo de todo el rango de variación de nitratos, pudiendo tener valores bajos (grupos A y B), medios (grupos A-D y B-D) y altos (grupo D).

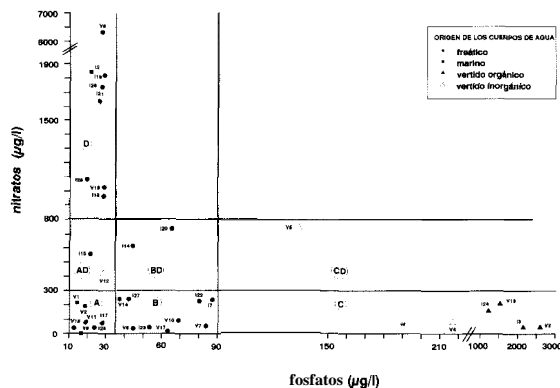


FIGURA 7. Relación entre las concentraciones de nitratos y fosfatos medidas en los cuerpos de agua de las ramblas litorales estudiadas.

FIGURE 7. Relationship between concentrations of nitrate and phosphate in waterbodies studied.

DISCUSIÓN

La salinidad y composición iónica de los cuerpos de agua estudiados responde a la acción combinada de distintos factores. En un principio, a medida que aumenta la salinidad,

se produce un cambio en la proporción relativa de los iones, debido principalmente a los diferentes productos de solubilidad de las distintas sales (CATALÁN, 1981). En el caso de los aniones, primero precipita el carbonato, después el sulfato, y el cloruro no satura normalmente. Para los cationes, el calcio es el primero en precipitar, más difícilmente lo hace el magnesio y raramente lo hace el sodio. Así, se considera que hasta 1.5 g/l de salinidad pueden predominar los bicarbonatos sobre los sulfatos o cloruros y por encima de 5 g/l de salinidad la proporción relativa de aniones en el agua es $Cl > SO_4^{2-} > CO_3^{2-}$ (CUSTODIO & LLAMAS, 1983; CATALAN, 1981). De esta forma, las sales que más fácilmente precipitan son el carbonato cálcico seguida por el sulfato calcíneo. Pero esta secuencia puede verse modificada por la presencia de materiales ricos en sales solubles como las margas presentes en el área de estudio o los propios materiales detríticos aluviales de las ramblas.

En la Figura 8 se presenta una síntesis de la composición iónica de los cuerpos de agua muestreados indicando su origen, y la salinidad de los cuerpos de agua de origen freático definidos en el apartado anterior (F1, F2, F3 y F4). Se ha utilizado la nomenclatura de EUGSTER & HARDIE (1987) para representar las secuencias iónicas según el orden de dominancia de cada ión. No se indican los que se encuentran en una proporción menor al 5 % y entre paréntesis figuran los iones con una proporción entre el 5 % y el 25 %.

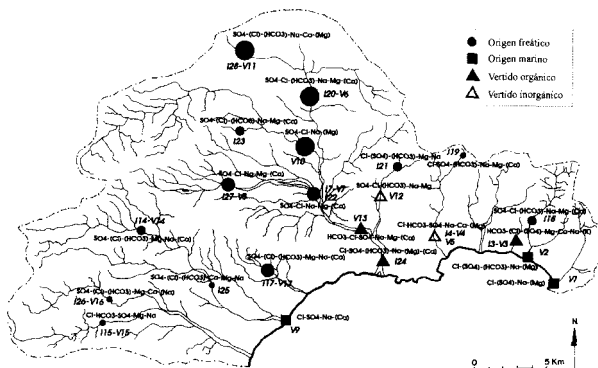


FIGURA 8. Composición iónica de los cuerpos de agua de las ramblas litorales murcianas, indicando su origen y el nombre de las estaciones de muestreo (ver anexo I). El tamaño relativo de los círculos que representan las estaciones de origen freático, refleja los cuatro tipos definidos en función de su salinidad.
 FIGURE 8. Ionic composition of littoral "ramblas" waterbodies showing its origin and station names (see annex I). Size circles of groundwater origin waterbodies show the four types defined in relation to salinity values.

Las aguas freáticas que afloran en la superficie en forma de surgencias o manantiales, han estado previamente en contacto con materiales acuíferos permeables que les transmiten una determinada naturaleza físico-química dependiendo del tiempo

de contacto con ellas y de su riqueza en sales solubles (CUSTODIO & LLAMAS, 1983). En este sentido, las zonas áridas y semiáridas son especialmente ricas en materiales solubles que confieren altos valores de salinidad tanto a las aguas superficiales (GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, 1989) como a las subterráneas (LLAMAS, 1989). La escasez de lluvias, la intensa evaporación y la acumulación de sales en el suelo, son los factores responsables de la alta concentración de sales disueltas en ríos que drenan regiones áridas (WALLING, 1984).

Los depósitos sedimentarios que se presentan en las depresiones litorales, como son las margas miocenas sobre las que discurren gran parte de las ramblas del área de estudio (figura 2), son ricas en sales solubles, ya que poseen evaporitas intercaladas como yesos y otras sales (ARANA *et al.*, 1992), que aportan sulfatos, cloruros, magnesio y sodio. Por otra parte, el lavado de terrenos sedimentarios es un origen frecuente de sulfatos (HUTCHINSON, 1957; ALLAN, 1995). Este hecho explicaría que los cuerpos de agua que contactan con estos materiales presenten una naturaleza sulfato-clorurada (figura 8), además de presentar salinidades altas (superiores a 3 g/l). VIDAL-ABARCA (1985), también encuentra valores altos de cloruros y sulfatos en las aguas superficiales que discurren por materiales margosos neógenos en la Cuenca del Río Segura. Adicionalmente, las aguas que atraviesan materiales cuaternarios contactando con una base de margas, pueden adquirir por difusión, altos niveles en sales solubles (CATALÁN, 1981), principalmente sulfatos y cloruros. Por otra parte, se ha contrastado en otros estudios el incremento de cloruros y sulfatos en áreas agrícolas debido al aporte de fertilizantes, especialmente en zonas de regadío con escasas precipitaciones donde se utiliza agua subterránea para riego (CUSTODIO & LLAMAS, 1983). Este es el caso del área estudiada, aunque no se conoce la importancia de este factor sobre la salinidad y composición iónica final de las aguas que afloran en estas ramblas.

En contraste, la red de drenaje que discurre por las zonas de cabecera lo hace sobre materiales calizos consolidados o metamórficos, ambos pobres en materiales solubles (CATALÁN, 1981) y en algunos casos (sobre todo en invierno) el agua circulante suele ser de reciente infiltración. Sobre materiales metamórficos (estaciones 15, 19 y 21) el índice Cl^-/SO_4^{2-} es mayor que 1, ya que el sustrato es pobre en sulfatos y predomina el cloruro que probablemente proviene del agua de lluvia, rica en este ión cerca de las costas (MEYBECK, 1984). Aunque no se han recogido muestras de agua de lluvia para valorar la contribución de cloruros a los cuerpos de agua estudiados, según CUSTODIO & LLAMAS

(1983) cerca del mar son normales valores de 1 meq/l, no siendo raros valores de hasta 3 meq/l, lo que supondría un importante porcentaje en estas aguas de baja salinidad. Además, el dominio de vientos procedentes del tercer y primer cuadrante, en ambos casos provenientes del inar, parece afianzar esta hipótesis (LÓPEZ BERMÚDEZ *et al.*, 1986). Igualmente ocurre con el Mg^{2+} y el Na^+ que predominan sobre el Ca^{2+} en aguas donde, por su baja salinidad debería predominar este último catión. Sobre materiales calcáreos, calizas y dolomías consolidadas, las aguas tienen un contenido proporcionalmente más alto en bicarbonato cálcico que en sustratos metamórficos (estaciones 16, 18, 25 y 26).

Otro tipo de materiales litológicos que se manifiestan en estas ramblas son las rocas volcánicas o subvolcánicas (dacitas y riolitas) (Figura 2). Existen surgencias procedentes de este tipo de materiales en el área de estudio (estaciones 7 y 14) que presentan una composición iónica rica en sulfatos, cloruros, sodio y magnesio, al igual que sobre sustratos margosos, ya que se encuentran en contacto con margas. En el caso del manantial de la estación 14, el acuífero se encuentra sobre materiales volcánicos y calizos, siendo la salinidad menor (2.2 g/l frente a 4.5 g/l de la estación 7) y presentando proporciones más altas de bicarbonato cálcico (Figura 8).

Los cuerpos de agua de origen marino son típicamente clorurado-sódicos y presentan los valores más altos del cociente Cl/SO_4 (valor medio superior a 3, mientras que en los cuerpos de agua de origen freático nunca alcanza el valor de 1), revelando la influencia del agua marina. En cuanto a los vertidos orgánicos e inorgánicos presentan salinidades y composiciones iónicas diferentes en relación con el origen de los vertidos. El caso de la estación 24, que presenta una salinidad muy superior (3 g/l) al resto de vertidos orgánicos, puede deberse a la influencia del agua marina, ya que se encuentra muy cercano a la desembocadura de la rambla, hecho que coincide además con una composición iónica similar a las charcas de origen marino (Figura 8).

En cuanto a los parámetros hidroquímicos indicadores del estado trófico de los cuerpos de agua, los valores medios de fosfatos detectados (grupos B y B-D, figura 7) corresponden a cuerpos de agua de origen freático situados preferentemente en la depresión sedimentaria del Campo de Mazarín (Rambla de las Moreras, figuras 1 y 2), en contacto con sustrato margoso.

La contaminación originada por la intensa explotación agrícola existente en el área de estudio junto con la circulación de las aguas por materiales sedimentarios (MARTINO 1988), explicarían por sí mismos la mayor concentración en fosfatos y nitratos de los cuerpos de agua localizados en estas depresiones. Un hecho a destacar es que sólo algunos cuerpos

de agua de origen freático, con valores de fosfatos bajos (inferiores a $35 \mu g PO_4^{3-}/l$), alcanzan los valores más altos en nitratos (grupo E). La explicación podría estar en que sus aguas son de reciente infiltración (principalmente se trata de muestras tomadas en invierno después de lluvias recientes, con una salinidad muy baja y temporales), cuyo lavado del suelo aporta cantidades importantes de nitratos (FISHER *et al.*, 1982), que incluso se pueden encontrar altas hasta un mes después de las lluvias (ORTEGA *et al.*, 1988). Además estos cuerpos de agua se localizan en áreas montañosas donde los fosfatos presentan valores bajos. Por otra parte, el agua procedente de surgencias o que han discurrido por las capas aluviales hiporréicas de los cauces, son especialmente ricas en nitratos (GRIMM & FISHER, 1986; MALTCHIK, 1994).

A escala temporal, existe una tendencia en los cuerpos de agua de origen freático a disminuir las concentraciones de nitratos en verano con respecto a las de invierno (figura 7). Este patrón se observa en pares de muestras tomadas en el mismo lugar (o en sus inmediaciones) en ambas estaciones del año: I26-V16, I15-V15, I14-V14, I20-V6, I7-V7. En invierno las aguas se encuentran más cargadas de nitratos, por la reciente infiltración del agua de escorrentía que aflora enriquecida sin haberse consumido todavía los nutrientes. Los nitratos son tomados por las algas posteriormente, disminuyendo su concentración en las aguas superficiales (GRIMM & FISHER, 1986).

Por último, en la Tabla IV se presentan comparativamente algunos datos físico-químicos registrados en ramblas litorales estudiadas y ramblas interiores de la Región de Murcia, indicando las características litológicas que presentan. Las concentraciones de nutrientes (nitratos y fosfatos) en las ramblas litorales son especialmente altas. En el caso de los fosfatos, probablemente se deba al tipo de explotación agrícola intensiva en invernadero practicada en el litoral. En algunas ramblas margosas del interior de la región, los nitratos alcanzan valores altos pero no tanto como en las litorales.

Los valores de cloruros registrados en las ramblas interiores sobre sustratos margosos, son mayores que en las litorales, pero en este caso se debe al tipo de margas: las margas del Keuper presentan una mayor concentración de cloruros y sulfatos que las neógenas (VIDAL-ABALCA, 1985). Las ramblas de Las Moreras y Judío (ambas sobre margas neógenas, la primera litoral y la segunda interior) presentan mineralizaciones parecidas y similares concentraciones aniónicas. Por lo que se refiere a la dureza, el calcio y el magnesio, se obtienen valores similares en ramblas interiores y litorales dependiendo del sustrato: sobre calizas consolidadas de los pares de ramblas litoral-interior El Canar-Puerto de la

TABLA IV. Datos físico-químicos medidos en ramblas litorales y ramblas del interior de la Región de Murcia. Se indica el tipo de material geológico predominante en cada cuenca de drenaje.

TABLE IV. Physico-chemical data from littoral and continental "ramblas" of Murcia Region and predominant geologic substrate in each basin.

	Sustrato	Salín. (g/l)	Conduct. (μ S/cm)	Alcalin. (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	Dureza (°F)	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (μ gN-NO ₃ /l)	PO ₄ ⁻³ (μ gP-PO ₄ ⁻³ /l)	pH
<i>Ramblas litorales</i>											
Amir (n=1)	CALIZAS METAMORFICO	1.0	1800.0	4.4	2.1	74.4	4.8	10.1	1025.9	24.0	8.0
Cañar (n=1)	CALIZAS	1.8	2400.0	3.0	17.5	98.8	5.2	14.6	977.8	24.3	8.3
Villaba (n=2)	CALIZAS	3.0	4670.0	3.4	13.8	160.0	8.1	23.9	79.6	43.9	8.6
Miñarros (n=2)	CALIZAS METAMORFICO	0.7	1265.0	4.6	5.6	48.0	0.4	9.2	287.8	15.6	8.5
Moreras (n=5)	MARGAS	5.0	7040.0	4.4	28.3	140.3	5.5	22.5	276.9	69.6	8.3
<i>Ramblas interiores</i>											
Pto. Cadena (n=4)	CALIZAS	1.6	2262.5	6.3	7.3	127.5	7.0	18.6	0.7	0.7	7.8
Perea (n=3)	CALIZAS	1.6	1837.5	4.2	9.5	82.9	7.0	10.2	134.3	0.4	8.4
Judío (n=2)	MARGAS	3.6	5500.0	5.5	31.8	157.5	5.5	26.1	163.5	1.0	8.0
Tinajón (n=1)	MARGAS	12.0	18000.0	5.1	130.3	145.0	22.0	7.0	21.1	2.1	7.8
Agua Amarga (n=2)	MARGAS	1.0	1565.0	4.2	12.4	66.2	2.4	10.9	159.8	1.3	7.8
Chicamo (n=2)	MARGAS	8.0	11000.0	2.0	65.4	224.0	20.0	24.9	12.0	0.5	8.2
Moro (n=2)	MARGAS	8.1	11350.0	2.9	86.2	455.0	31.6	43.5	43.2	2.6	7.4

Cadena y Río Amir-Rambla de la Perea, presentan valores similares y sobre margas, las ramblas de Las Moreras- El Judío.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este trabajo han sido financiados por los Proyectos PCT93/44 y PSH95/88 de la Consejería de Cultura y Educación. Dirección General de Educación y Universidad. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBACETE, J.L. (Dir.) 1991. *Estudio geomorfológico del tramo final de la Rambla de las Moreras (Mazarrón, Murcia) y su utilidad en la prevención de averías*. Dirección general de Recursos Hidráulicos. Murcia. (Inédito).
- ALLAN, J.D. 1995. *Stream Ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London.
- A. P. H. A. 1975. *Standard methods for the examination of water and waste water*. 14th ed. Washington D.C.
- ARANA R., T. RODRÍGUEZ, M.A. MACHENO & R. ORTIZ, 1992. *Lugares de Interés Geológico de la Región de Murcia*. Agencia Regional para el Medio Ambiente y la Naturaleza. Murcia.
- BOULTON A.J. & P.J. SUTER, 1986. Ecology of temporary streams. An Australian perspective. In: *Limnology in Australia* (DECKKER, P. & W. D. WILLIAMS, eds.) 313-327. CSIRO/Dr. Junk. Melbourne.
- BOULTON, A.J. & P.S. LAKE, 1990. The ecology of two intermittent streams in Victoria, Australia. I. Multivariate analyses of physicochemical features. *Freshwater Biology*, 24: 123-141.
- CATALÁN, J. 1981. *Química del agua*. Talleres Gráficos Alonso, Madrid.
- CONESA, C. 1990. *El Campo de Cartagena. Clima e Hidrología de un Medio Semiárido*. Universidad de Murcia.
- CUSTODIO, E. & R. LLAMAS, 1983. *Hidrología Subterránea*. Omega. Barcelona.
- EPYPSA, 1981. *Informe de reconocimiento territorial de la Región de Murcia*. Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Consejo Regional de Murcia.
- EUGSTER H.P. & L.A. HARDIE, 1987. Saline Lakes. In: *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*. 237-293. (LERMAN, A. ed.). Springer Verlag.
- FISHER, S.G. & W.L. MINKLEY, 1978. Chemical characteristics of a desert stream in flash flood. *Journal of Arid Environments*, 1: 25-33.
- FISHER S.G., L.J. GRAY, N.B. GRIMM & D.E. BUSCH, 1982. Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding. *Ecol. Moizog.*, 52 (1): 93-110.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L. 1989. Climas de transición al

- árido. Climas áridos, dominios áridos y semiáridos en España. En: *Seminario sobre Zonas Áridas en España*, 45-63. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- GEIGER, F. 1973. El sureste español y los problemas de la aridez. *Revista de Geografía*, vol. 7, (1-2): 167-209.
- GOLTERMAN H.L., R.S. CLYMO & M.A.M. OHNSTAD, 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. IPB Handbook n°8. Blackwell Sc. Publ. Oxford.
- GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. 1989. Ecosistemas áridos y endorreicos españoles. En: *Seminario sobre Zonas Áridas en España*, 223-238. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- GRIMM, N.B. & S.G. FISHER, 1986. Nitrogen limitation in a Sonoran Desert stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 5: 2-15.
- HUTCHINSON, G.E. 1957. *A Treatise on Limnology. Volume 1. Geography, Physics and Chemistry*, John Wiley & Sons, New York.
- IGME. 1972. *Mapa Geológico de España*. Murcia. Escala 1:200.000. Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE. 1981. *Los recursos hídricos subterráneos de la comarca Mazarrón-Águilas. Situación actual y perspectivas futuras*. Síntesis de Estudio. MOPU. Murcia. (Inédito).
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F., F. CALVO & A. MORALES, 1986. *Geografía de la Región de Murcia*. Ketres Ed. Barcelona.
- LLAMAS, M.R. 1989. Hidrogeología de las zonas áridas: Usos y abusos de las aguas subterráneas. En: *Seminario sobre Zonas Áridas en España*, 239-251. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- MACKERETH, F.J.H., J. HERON & J.F. TALLING, 1978. *Water Analysis. Some Methods for Limnologists*. Freshwater Biological Association. Scientific Publication n° 36. Cumbria, LA.
- MALTCHIK, L. 1994. *Dinámica de nutrientes de un arroyo temporal mediterráneo (Arroyo de la Montesina, SW, Córdoba)*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. (inédito).
- MALTCHIK, L., S. MOLLA, 1994. Nutrient dynamics in hyporheic zone in a mediterranean stream in Sierra Morena (SW Spain). *Verh. Internat. Verein Limnol.*, 25: 2434-2437.
- MALTCHIK, L., S. MOLLA, C. CASADO & C. MONTES, 1994. Measurement of nutrient spiralling in a mediterranean stream: Comparison of two extremes hydrologic phases. *Archiv für Hydrobiol.*, 130: 215-227.
- MALTCHIK, L., S. MOLLA, C. CASADO, en prensa. Spatio-temporal heterogeneity of nutrients in a mediterranean temporary stream (Montesina stream, SW Spain). *Verh. Internat. Verein Limnol.*
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona.
- MARTINO, P. 1988. *Limnología de las lagunas salinas españolas*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. (inédito).
- MATEU J.F. 1974. La Rambla de la Viuda. Clima e hidrología. *Cuad. de Geog.*, 15: 47-68.
- MATEU, J. F. 1982. *El Norte del País Valenciano. Geomorfología litoral y prelitoral*. Sección de Geografía. Universidad de Valencia.
- MATEU, J. F. 1989. Ríos y ramblas mediterráneas. En: *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*, 133-150. Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante.
- McDERMID, K.J. & R.J. NAIMAN, 1983. Macrophytes: Freshwater forests of lakes and rivers. *The American Biology Teacher*, 45(3): 144-150.
- MEYBECK, M. 1984. Variabilité géographique de la composition chimique naturelle des eaux courantes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 1766-1774.
- MOLLA, S. 1994. *Dinámica de la materia orgánica y metabolismo en un arroyo temporal del sur de España (Arroyo de la Montesina, Córdoba)*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. (inédito).
- MOLLA, S.; L. MALTCHIK, C. CASADO, 1994. Primeros datos sobre el metabolismo de un arroyo temporal mediterráneo de Sierra Morena (Córdoba). *Limnética*, 10 (1): 59-67.
- MONTANER, M.E. 1991. Recursos y demandas de agua en el territorio de Mazarrón Águilas. Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región Murciana. *Cuadernos Técnicos*, 7.
- MONTES, C. & P. MARTINO 1987. Las lagunas salinas españolas. En: *Bases científicas para la protección de las humedades en España*, 95-145. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- MORENO, J.L. 1994. *Limnología de las ramblas litorales de la Región de Murcia (SE de España)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Murcia. (inédito).
- NAVARRO, F. 1985. Morfoestructura y comportamiento hídrico de la Rambla de Nogalte. *Actas del IX Congreso de Geografía*. Murcia.
- ORTEGA, M. 1988. *La rambla del Moro (Cuenca del Río Segura). Ambiente físico, biológico y alteraciones producidas por una riada*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Murcia. (inédito).
- ORTEGA, M., M.R. VIDAL-ABARCA, M.L. SUÁREZ, J.L. GONZÁLEZ-BESERÁN & L. RAMÍREZ-DÍAZ, 1988.

- Características físico-químicas de las aguas superficiales de la Rambla del Moro después de una riada (Cuenca del Río Segura, SE de España). *Limnética*, 4: 19-26.
- ORTEGA, M., R. GÓMEZ, M.L. SUÁREZ, M.R. VIDAL-ABARCA, J.F. CALVO, J.A. PALAZÓN & L. RAMÍREZ-DÍAZ, 1992. Hydrochemical characterization and typification of ponds in a semiarid region of Southeastern Spain (Murcia). In: *Aquatic Ecosystems in semiarid Regions: implications for resource management* (R. D. ROBERTS & M. L. BOTHWELL, eds.). N.H.R.I. Symposium Series 7, Environment Canada, Saskatoon.
- PUIGDEFRABREGAS, J., A. SOLE, R. LÁZARO & J.M. NICOLAU, 1992. Factores que controlan la escorrentía en una zona semiárida sobre esquistos. Estudios de Geomorfología en España, II Reunión Nacional de Geomorfología. 117-127.
- SABATER, S.; J. ARMENGOL & S. SABATER, 1991. Physico-chemical disturbances associated with spatial and temporal variation in a mediterranean river. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 10 (1): 2-13.
- SEGURA, F.S. 1990. *Las Ramblas Valencianas. Algunos aspectos de hidrología, geomorfología y sedimentología*. Departamento de Geografía. Universidad de Valencia.
- SIEGEL, J. (Ed.). 1992. *Statistix. Version 4.0. User's Manual*. Analytical Software. St. Paul, MN.
- 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. (inédito).
- TOWNS, D.R. 1985. Limnological characteristics of a South Australian intermittent stream, Brownhill Creek. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 36: 821-37.
- VIDAL-ABARCA, M.R. 1985. *Las aguas superficiales de la Cuenca del Río Segura (SE de España). Caracterización físico-química en relación al medio físico y humano*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. (inédito).
- WALLING, D.E. 1984. Dissolved loads and their measurement. In: *Erosion and Sediment Yield: Some Methods of Measurement and Modelling* (R.F. HADLEY & D.E. WALLING, eds.), Geo Books, Regency House. Norwich.
- WETZEL, R.G. & G.E. LIKENS. 1991. *Limnological Analyses*. Springer Verlag. Berlín.
- WILLIAMS, W.D. 1985. Biotic adaptations in temporary lentic waters, with special reference to those in semi-arid and arid regions. *Hydrobiologia*, 125: 85-110.
- WILLIAMS, D.D. & H.R. HYNES, 1976. The Ecology of Temporary Streams, I. The faunas of two Canadian Streams. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.*, 61 (6): 761-787.
- WILLIAMS, D.D. & H.R. HYNES, 1977. The Ecology of Temporary Streams, II. General remarks on temporary streams. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.*, 62 (2): 53-61.
- WINKLER, L.W. 1888. Die bestimmung des im wasser gelösten Sauerstoffs. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 21: 2843-2954.
- ZALE, A.V., D.M. LESLIE, W.L. FISHER & S.G. MERRIFIELD, 1989. The Physicochemistry. Flora and Fauna of Intermittent Prairie Streams: A Review of the Literature. U.S. Fish and Wildlife Service. *Biological Report*, 89 (5).

ANEXO I. Matriz de datos físico-químicos medidos en las ramblas litorales murcianas
 ANEXO I. Physico-chemical data from waterbodies studied.

Muestras	Tipo ^x	Salin. g/l	Cond. mS/cm	Alcal. meq/l	Cl meq/l	S04 meq/l	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	Dureza meq/l	O2 mg/l	pH	Sol.Sus. mg/l	N02 µg/l	N03 µg/l	PO4 µg/l
120	F	6,10	10,37	5,55	27,68	67,28	2,20	22,76	66,12	1,26	24,96	-	8,30	8,77	0,00	744,00	61,33
V6	F	6,50	11,55	7,24	30,97	7639	3,92	19,68	47,85	1,99	23,60	8,00	8,60	7,40	1,00	46,67	41,29
VIO	F	11,50	19,80	2,91	57,42	88,54	1,74	12,80	95,70	0,88	14,54	4,00	8,70	3207,40	0,28	97,81	64,42
I7	F	4,20	6,92	2,82	31,07	42,91	5,76	27,84	38,11	0,67	33,60	-	8,40	4,97	10,64	252,51	84,64
v7	F	4,50	8,25	4,14	34,04	51,85	7,36	25,04	55,25	1,30	32,40	10,00	7,80	4040	128,58	63,18	80,35
122	F	3,50	5,59	2,07	17,94	49,05	8,40	17,36	39,50	0,69	25,76	15,60	8,50	6,68	11,33	278,15	80,52
128	F	5,10	8,65	2,93	36,30	-	42,00	8,00	40,67	0,57	50,00	13,80	8,10	5,07	0,00	5,21	22,10
V11	F	3,80	6,82	8,27	12,92	53,49	16,16	12,24	31,10	0,40	28,40	-	9,10	1007,40	0,00	33,94	19,53
I27	F	2,30	4,19	2,26	21,28	-	13,68	19,60	17,84	0,36	33,28	19,20	8,60	129,77	10,11	292,97	42,49
V8	F	3,50	6,05	2,63	24,92	50,05	12,00	20,00	28,71	0,72	32,00	12,80	8,70	5,40	207,61	6461,44	30,15
I23	F	2,20	4,10	6,39	9,64	37,84	2,80	17,60	29,45	0,58	20,40	-	8,70	7,17	0,00	8,02	54,31
I17	F	2,50	4,32	2,91	11,38	37,63	6,40	22,40	20,97	0,85	28,80	14,40	8,20	108,47	131,00	135,29	29,13
V17	F	3,50	6,70	3,95	16,20	-	9,84	25,36	28,36	0,84	35,20	18,40	9,00	4,40	166,72	23,82	58,77
I14	F	1,90	3,33	2,86	9,95	25,03	5,40	25,60	12,18	0,51	31,00	22,20	8,20	12,47	0,11	619,30	41,12
V14	F	2,20	4,02	5,64	8,10	27,45	2,32	24,08	13,44	0,33	26,40	14,20	8,20	97,40	75,36	291,95	38,38
I25	F	1,20	2,30	2,07	7,79	22,15	10,80	9,20	8,27	0,24	20,00	15,00	8,10	1,87	15,56	1078,70	15,42
I18	F	1,80	3,19	2,97	17,53	35,05	5,20	14,56	15,66	0,11	19,76	18,00	8,30	5,87	0,00	977,79	24,33
I19	F	1,00	1,80	2,86	9,43	5,24	0,96	7,12	8,96	0,37	8,08	15,40	9,00	20,77	20,19	1809,90	25,70
I21	F	1,70	2,99	5,98	16,92	6,93	0,80	13,44	13,22	0,48	14,24	11,00	8,70	4,81	1,39	1697,65	26,73
I26	F	1,10	1,97	3,76	5,13	17,36	12,80	8,80	3,57	0,22	21,60	11,80	7,90	3,67	0,44	1802,76	26,90
V16	F	1,00	1,98	4,36	2,05	18,37	4,80	10,08	2,22	0,08	14,88	-	8,00	100,40	4,64	1025,88	23,99
I15	F	0,50	1,32	3,80	5,64	3,55	0,40	9,60	3,30	0,10	10,00	11,80	8,30	1,27	0,06	564,32	17,65
V15	F	0,90	1,69	5,41	5,64	5,20	0,32	8,88	4,87	0,04	9,20	-	8,70	1,40	0,03	11,19	13,53
I4	VI	4,20	6,92	22,94	35,68	34,07	30,80	3,20	41,59	1,34	34,00	7,20	7,80	5,14	0,00	72,79	190,69
V4	VI	5,00	6,93	37,32	28,71	15,97	26,80	8,00	46,11	0,94	34,80	6,00	9,30	117,40	1,89	39,18	217,41
V5	VI	4,60	8,25	21,06	21,12	44,89	0,08	36,32	48,29	1,04	36,40	10,20	8,50	7,40	9,00	755,87	129,18
V12	VI	2,50	4,62	8,18	17,53	18,66	0,32	21,92	28,71	0,86	22,24	-	7,90	3227,40	30,22	376,13	29,47
I3	VO	0,30	0,84	7,24	1,64	0,95	1,60	3,20	1,37	0,53	4,80	0,00	8,70	793,17	7,50	14,56	2219,20
v3	VO	0,50	1,32	8,46	3,18	-	2,24	2,96	2,11	0,43	80,76	0,00	8,70	417,40	0,00	16,54	2648,45
I24	VO	3,00	5,32	3,95	33,02	14,52	4,50	9,58	42,89	1,35	14,08	-	8,60	1396,71	2,39	186,84	1331,29
V13	VO	0,50	1,05	5,17	2,67	2,68	1,76	2,56	3,67	0,33	4,32	6,40	9,30	4436,40	8,83	206,55	1400,42
I2	M	3,80	6,18	4,04	43,58	11,45	1,44	11,68	72,65	1,40	13,12	25,40	8,50	110,12	0,75	1817,79	24,50
v2	M	5,20	9,46	4,61	39,17	19,41	1,84	9,36	69,17	0,83	11,20	22,80	9,00	117,40	219,47	155,23	18,16
VI	M	11,80	20,35	4,47	82,54	21,71	4,48	18,32	82,65	1,91	22,80	7,80	8,40	7,40	5,44	216,11	11,14
v9	M	28,50	45,65	3,38	264,03	106,44	34,80	0,88	280,58	5,81	35,68	3,2	8,20	617,40	197,64	0,00	19,36

*Tipo (origen del cuerpo de agua): F=origen freático; VI= vertido inorgánico; VO= vertido orgánico; M= origen marino.