

Resumen

En este estudio se presentan los resultados obtenidos en el diseño de la Red Biológica realizado durante el año 2000 en 221 puntos de muestreo en 106 ríos del ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. La Red Biológica se fundamenta en el análisis de parámetros hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos (macroinvertebrados, diatomeas, macrófitos y peces) que permiten conocer el estado ecológico de los ríos estudiados.

Con el índice BMWP' se estableció la calidad del agua en todos los puntos de muestreo y se complementó con el cálculo en determinados puntos de otros índices: ICG, índice de macrófitos (IM), índice de diatomeas (ID), índice ecotrófico (IE). Los resultados obtenidos indican la división del área de estudio en tres grandes grupos: las estaciones situadas en los tramos de cabecera, con un excelente estado de conservación y con la presencia de especies indicadoras, los tramos medios de los ríos que se ven regulados por embalses y presas, y los tramos bajos en los que se produce la mayor acumulación de vertidos y la mayor densidad poblacional.

Palabras clave:

Cuenca Júcar, calidad ecológica, indicadores hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos, macroinvertebrados, diatomeas, macrófitos y peces

Abstract*A design of Biological Network in the Basin of Júcar*

In this study the results obtained in the design of the Biological Network carried out during the year 2000 in 221 sampling points in 106 rivers of the environment of the Confederation Hidrográfica of the Júcar are presented. The Biological Network is based in the analysis of hydro-morphological, physical, chemical and biological parameters (macroinvertebrates, diatoms, macrofits and fishes) that allow to know the ecological status of the studied rivers.

The quality of the rivers were established with BMWP' index and complement with the calculation in some selected sampling sites of other indexes: ICG, macrofits index (IM), diatoms index (ID), ecotrophic index (IE). The results indicate the division of the study area in three big groups: the sampling sites located in the headwaters and small streams, with an excellent conservation state and with the presence of indicative species, the medium upland river sites which are regulated by reservoirs and dams, and the lowland rivers with the biggest accumulation of contamination and the biggest populational density.

Keywords:

Júcar Basin, ecological quality, hydromorphological, physical, chemical and biological parameters, macroinvertebrates, diatoms, macrofits and fishes.

El diseño de la Red Biológica en la Cuenca del Júcar

Por: **José Francisco Martínez Más**, jefe del Área de Calidad de las Aguas^(*); **Enrique Correcher Martínez**, jefe de Servicio de Calidad de las Aguas^(*); **Amparo Piñón**, jefe de Sección de Calidad de las Aguas^(*); **Miguel Ángel Martínez Muro^(**)**; **Ana María Pujante Mora^(**)**.

(*) Confederación Hidrográfica del Júcar
Avda. Blasco Ibáñez, 48
46010 Valencia
Tel.: 963 938 925 - Fax: 963 938 801

(**) Red Control, S.L.
Avda. Blasco Ibáñez, 153
46022 Valencia
Tel.: 963 720 642 - Fax: 963 556 063

1. Introducción

La Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) para cumplir las exigencias de la Directiva 2000/60/CE (1) y con objeto de complementar las conclusiones de calidad que se obtienen con los ensayos fisicoquímicos ha diseñado esta Red Biológica basada en el análisis de los principales grupos biológicos que forman parte del ecosistema acuático y en su valor indicador. Uno de los objetivos principales es utilizar la Red Biológica como un instrumento de control integral de la evolución de la calidad del agua, diagnosticando y proponiendo los objetivos de calidad para cada río en base a los indicadores biológicos más adecuados. El conocimiento del estado ecológico de los ríos permitirá proponer una serie de medidas correctoras con el fin de restituir la calidad del agua en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

La necesidad de utilizar indicadores biológicos que complementen los datos fisicoquímicos ha sido

puesta de manifiesto por numerosos autores. Las comunidades acuáticas integran muchos más parámetros que los exclusivamente fisicoquímicos y presentan un efecto memoria que registra todos los cambios que se producen en el ecosistema del que forman parte.

La Directiva aconseja el estudio de al menos uno de los grupos de indicadores biológicos que se proponen: fitoplancton, macrófitos, diatomeas, macroinvertebrados y peces; por ello la CHJ realiza en la Red Biológica un estudio comparativo de los distintos grupos biológicos a excepción del fitoplancton.

2. Área de estudio

La zona de estudio comprende el ámbito territorial denominado cuenca del Júcar que se sitúa al este de la Península Ibérica, ocupa una extensión de 42.989 km² y afecta a cuatro Comunidades Autónomas: Aragón, Castilla-La Mancha, Cataluña y Comunidad Valenciana. Dicho territorio incluye las siguientes cuencas hidrográficas que vierten al

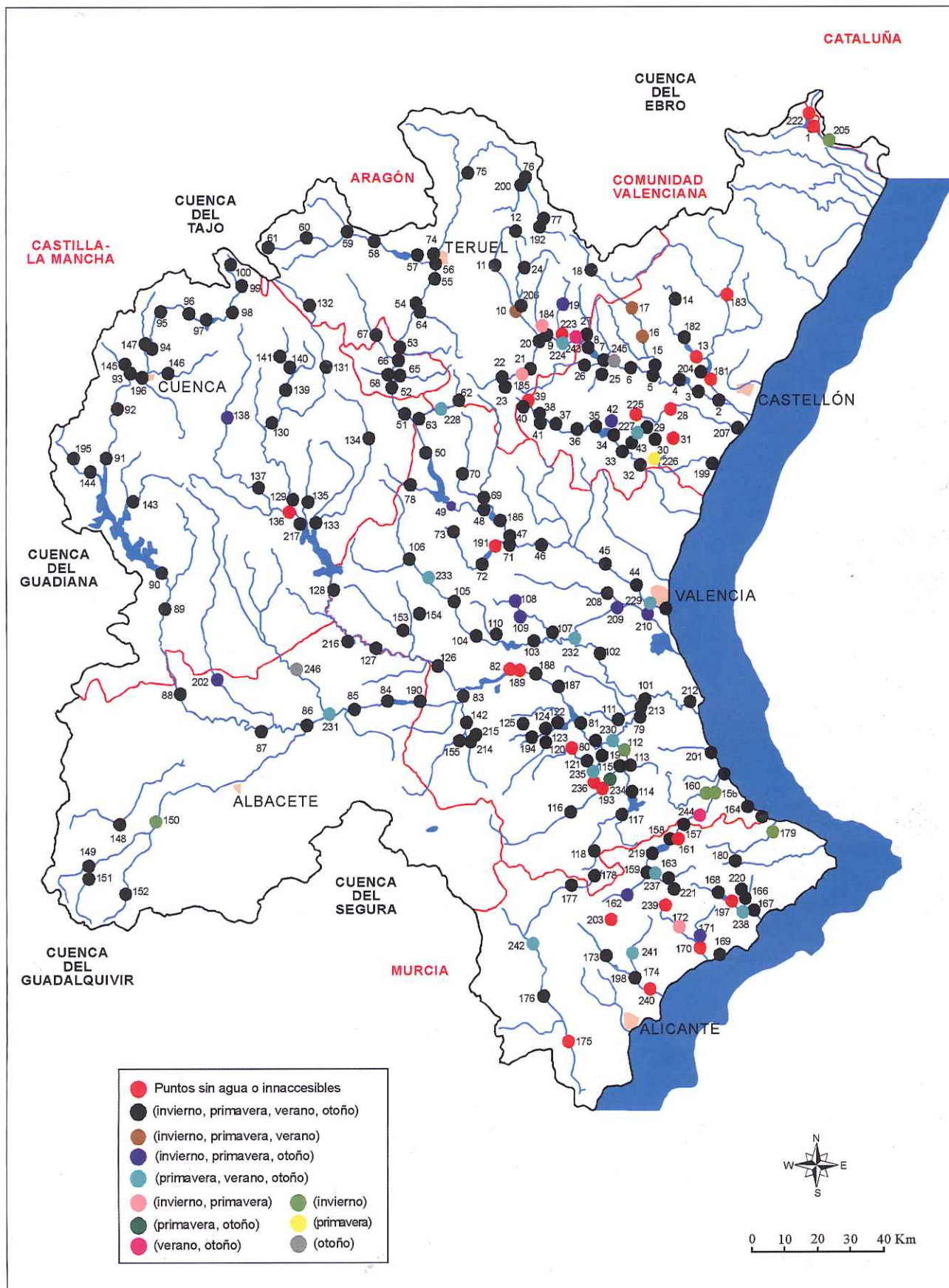


Figura 1. Localización de los puntos de muestreo de la Red Biológica en la cuenca del Júcar.

Tabla 1				
Indicadores	Campaña	Nº estac.	Métodos	Referencias
Hidromorfológicos				
Caudal	Invierno	202	Mediciones "in situ" con caudalímetro	Standard Methods APHA, AWWA
Velocidad	Primavera	211		
Sustrato del lecho del río	Verano	199		
Estructura de la ribera	Otoño	208		
Fisicoquímicos				
Temperatura	Invierno	202	Mediciones "in situ" con sonda multiparamétrica Hydrolab	Standard Methods APHA, AWWA
Oxígeno disuelto	Primavera	211		
Potencial REDOX	Verano	199		
Conductividad	Otoño	208		
pH				
Sólidos suspendidos	Invierno	84	Análisis en el laboratorio	Standard Methods APHA, AWWA
DBO	Primavera	100		
DQO	Verano	98		
Alcalinidad	Otoño	109		
Cloruros				
Calcio				
Amonio				
Sulfatos				
Magnesio				
Fosfatos				
Nitritos				
Sodio				
Potasio				
Dureza total				
Sílice				
Biológicos				
Macroinvertebrados	Invierno	202	Muestreo red (3 minutos)	EN 27828 EN 28265 ISO 9391 ISO 5667
	Primavera	211		
	Verano	199		
	Otoño	208		
Diatomeas	Primavera	135	Recolección directa	CEN TC 230/WG 3/TG
	Otoño	135		
Macrófitos	Primavera	50	Recolección directa	CEN TC 230/WG 3/TG
	Otoño	50		
Peces	Verano	29	Artes pasivas y pesca eléctrica	García y Schmidt (1993)

Tabla 1. Parámetros o indicadores estudiados, número de análisis y metodología utilizada.

mar Mediterráneo entre la desembocadura del río Segura y la desembocadura del río Cenia: Júcar (21.578,5 km²), Turia (6.393 km²), Mijares (4.028,2 km²), Vinalopó (1.691,7 km²), Palancia (911,2 km²), Serpis (752,8 km²) y numerosas cuencas menores (Cenia, Belcaire, Algar, Monnegre, etc.).

Para la selección de las estaciones de muestreo se tomó como base la Red Integral de Calidad de las Aguas (ICA), eligiendo las esta-

ciones de dicha Red que podrían formar parte de la futura Red Biológica. Además se incluyeron estaciones de muestreo que habían sido caracterizadas biológicamente en estudios anteriores (2).

Se escogieron un total de 221 estaciones de muestreo repartidas en 106 ríos del ámbito de la CHJ en las provincias de: Tarragona, Teruel, Castellón, Cuenca, Albacete, Valencia y Alicante (Figura 1). Aproximadamente un 70% de es-

taciones coincidieron con estaciones de la Red ICA. Estas estaciones se muestrearon con una periodicidad estacional (otoño-invierno, primavera, verano y otoño) desde noviembre de 1999 hasta diciembre de 2000.

3. Metodología

La metodología seguida en cada estación de muestreo seleccionada ha sido la de analizar una serie de parámetros o indicadores para la

caracterización hidromorfológica, fisicoquímica y biológica que permitiera conocer el estado ecológico de las mismas. Para ello se prospectó el tramo seleccionado, realizándose observaciones "in situ" de las características hidromorfológicas del mismo y se recogieron muestras de agua y biológicas para su posterior análisis.

Un resumen de los parámetros o indicadores estudiados, el número de estaciones estudiadas por campaña de muestreo y los métodos de recolección y análisis empleados (3, 4, 5, 6, 7, 8) se presentan en la **Tabla 1**.

La evaluación de la calidad del agua (fisicoquímica y biológica) se realizó utilizando una serie de índices (**Tabla 2**):

- **Índice de Calidad General (ICG)**: adaptación realizada por Mingo (9) a partir de un índice desarrollado en Canadá. Se basa en el análisis de nueve parámetros fisicoquímicos considerados básicos (oxígeno disuelto, sólidos en suspensión, pH, conductividad, DQO, DBO₅, coliformes totales, fosfatos y nitratos) y en 14 complementarios.
- **"Biological Monitoring Working Party" (BMWP')**: adaptación española del índice inglés BMWP (10). Se basa en la identificación a nivel de familia de los macroinvertebrados presentes en cada muestra, asignándoles una puntuación en función de su valor indicador.
- **Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H)**: se calcula en base a la fauna de macroinvertebrados y refleja los cambios que se producen en la composición y abundancia de las especies que integran la comunidad.
- **Índice de macrófitos (IM)**: desarrollado recientemente (11) se basa en el estudio de la vegetación acuática (algas, briófitos y plantas vasculares) asignándoles un valor indicador a cada uno de los taxones presentes en el agua. La suma de las puntuaciones parciales de cada grupo nos da la calidad total.
- **Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)**: el QBR (12) valora el estado de conservación de dicho bosque. En este índice se

Tabla 2

Índice	Indicador	Clase	Puntuación	Calidad	Referencias
ICG (Índice de Calidad General)	Parámetros físico-químicos	I	90-100	Excelente Buena Intermedia Admisible Inadmisible	Mingo (1981)
		II	80-90		
		III	70-80		
		IV	60-70		
		V	0-60		
BMWP' (Biological Monitoring Working Party)	Macroinvertebrados	I	>100	Excelente Buena Dudosa Mala Pésima	Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega (1988)
		II	61-100		
		III	36-60		
		IV	16-35		
		V	≤15		
H (Diversidad)	Macroinvertebrados				Shannon-Weaver
QBR (Calidad del Bosque de Ribera)	Bosque de ribera	I	≥95	Estado natural Buena Aceptable Mala Pésima	Munné, Solá y Prat (1998)
		II	75-90		
		III	55-70		
		IV	30-50		
		V	0-25		
IM (Índice de Macrófitos)	Algas, briófitos y plantas vasculares	I	>30		Moreno et. al. (2000)
		II	20-28		
		III	12-18		
		IV	6-10		
		V	0-4		
ID (Índice de diatomeas)	Diatomeas	I	>7	Excelente Buena Pasable Mediocre Mala	Inédito
		II	6-7		
		III	5-6		
		IV	4-5		
		V	<4		
IE (Índice Ecotrófico)	Peces	A	>1	Alta Media Baja	Inédito
		M	0,5-1		
		B	<0,5		

Tabla 2. Índices de calidad utilizados.

Grupo biológico	Taxones	Frecuencia (%)			
		Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Macroinvertebrados	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	21,3	20,5	33,8	41,9
	Chironomidae	19,9	25,1	7,3	6,3
	Gammaridae	11,9	10,2	12,1	12,8
	<i>Baetis</i> spp.	11,1	9	9,3	3,8
	<i>Caenis</i> spp.	6	6,2	6,3	2,3
	Oligoquetos	4,8	2,3	1,6	2
	<i>Hydropsyche</i> sp.	3,9	2,1	2,9	2,8
	<i>Elmis</i> spp.	2,3	2,3	1,9	2,4
Algas	<i>Cladophora glomerata</i>		13		15
	<i>Vaucheria</i> spp.		11		9
Musgos	<i>Rhynchostegium riparioides</i>		5		8
	<i>Palustriella commutata</i>		2		6
Plantas acuáticas	<i>Groenlandia densa</i>		5		-
	<i>Potamogeton coloratus</i>		3		2
Plantas hidrófilas	<i>Apium nodiflorum</i>		26		24
	<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>		14		5
Plantas higrófitas	<i>Mentha suaveolens</i>		5		5
	<i>Ranunculus repens</i>		8		2
Diatomeas	<i>Navicula radiosa</i>		74,3		93,7
	<i>Cocconeis placentula</i>		83,3		56,3
	<i>Nitzschia palea</i>		71		57,7
	<i>Navicula gracilis</i>		71,7		42,3
Peces	<i>Barbus guiraonis</i>			48,3	
	<i>Salmo trutta</i>			34,5	
	<i>Anguilla anguilla</i>			34,5	
	<i>Leuciscus pyrenaicus</i>			34,5	

Tabla 3. Organismos más frecuentes en cada una de las campañas de muestreo.

cuantifican las características propias del ecosistema asignándoles una puntuación: grado de cubierta de la zona ribereña, estructura de dicha cubierta, naturalidad y complejidad determinada a partir del tipo geomorfológico de la ribera y grado de alteración del canal fluvial.

- **Índice de diatomeas (ID):** aunque se han desarrollado índices basados en las diatomeas, preferentemente en Francia (CEE, IBD, etc.), no hay un índice que se haya adaptado en España. Por ello el primer paso fue el de establecer el valor indicador para las especies identificadas de acuerdo con los antecedentes consultados (los proporcionados por las agencias francesas del agua), realizando una primera aproximación a un futuro índice.
- **Índice ecotrófico (IC):** desarrollado a partir del estudio de vida

piscícola se basa en la relación que se establece entre la producción y la biomasa. Es un índice que se calcula en aquellos puntos donde las poblaciones existentes en el momento del muestreo son muy estables tanto biológica como numéricamente a lo largo del tiempo.

4. Resultados

4.1. Organismos estudiados

En la **Tabla 3** se presentan los taxones más frecuentes de todos los grupos biológicos estudiados y el porcentaje de captura (frecuencia de aparición en los inventarios) durante el período de estudio.

- **Macroinvertebrados:** el análisis del bentos de los ríos permitió identificar un total de 371 taxones entre familias, géneros y especies de los siguientes grupos

faunísticos: Turbelarios (4); Anélidos (14); Moluscos (19); Crustáceos (9) e Insectos (Efermerópteros: 36, Plecópteros: 41; Tricópteros: 75; Odonatos: 50; Coleópteros: 78; Dípteros: 46 y Heterópteros: 16). La especie más frecuente (y abundante) fue *Potamopyrgus antipodarum*, gasterópodo de origen exótico que ha colonizado todo tipo de aguas y cuyas poblaciones ven incrementado su número por las altas temperaturas. Los resultados obtenidos indican la mayor diversidad de especies, con poblaciones muy estables, en los tramos altos de los ríos donde la calidad del agua y la conservación de los hábitats naturales es mayor.

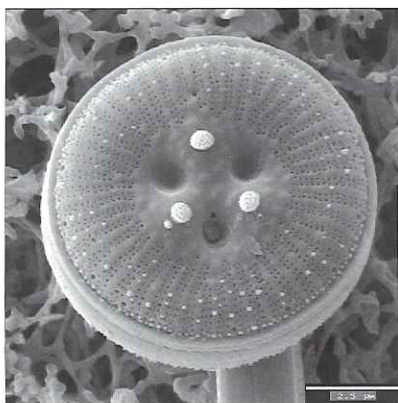
- **Macrófitos:** el estudio de los macrófitos se realizó en 100 estaciones (50 en primavera y 50 en otoño) en las que se identificaron un total de 128 taxones (entre géne-

ros y especies) pertenecientes a los siguientes grupos: algas (45), musgos (25), hepáticas (6), plantas vasculares sumergidas o flotantes (10), plantas vasculares hidrófilas (26) y plantas vasculares higrófitas (16). El macrófito más abundante fue la especie *Apium nodiflorum*, típica de herbazales de aguas tranquilas y poco profundas que puede soportar niveles muy altos de eutrofia.

- **Diatomeas:** el estudio de las diatomeas se realizó en 135 estaciones de muestreo que fueron visitadas en dos campañas (primavera y otoño). Se identificaron un total de 266 especies de diatomeas. La especie más abundante fue *Navicula radiosa*, especie muy común típica de aguas tranquilas en ríos y arroyos y que parece poco sensible a la contaminación. Se ha observado una relación entre el aspecto del agua y el de las piedras (sustrato de la muestra)



Macroinvertebrado: *Placobdella costata*.



Diatomea: *Cyclotella ocellata*.

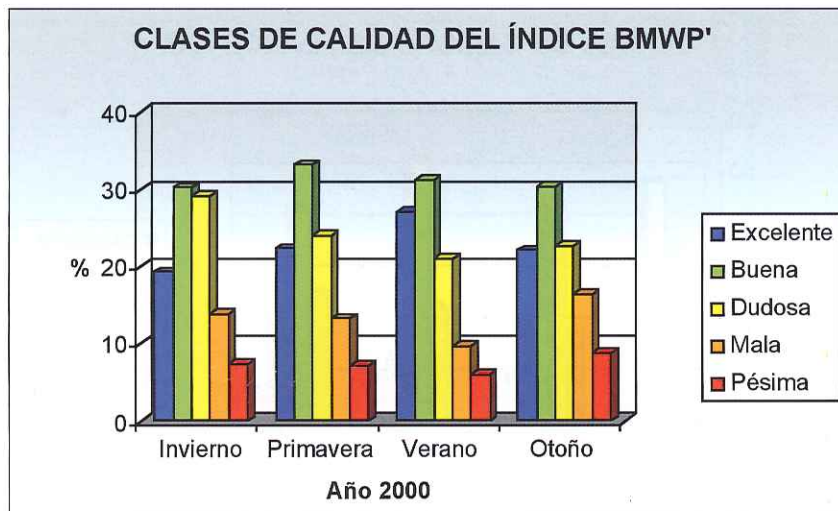


Figura 2. Porcentajes de las cinco clases de calidad del índice de macroinvertebrados BMWP' obtenidos en cada una de las campañas de muestreo realizadas durante el año 2000.

con el número de especies y el número total de células:

- En muestras con agua limpia o muy limpia acompañada de piedras colonizadas por algas, el número de especies es mayor aunque el número de células (individuos) no suele ser muy alto.
- En muestras con agua con sedimento en suspensión, agua turbia con macroinvertebrados, disminuye el número de especies y aumenta el número de individuos.
- En muestras con agua muy limpia pero sin piedras colonizadas y en muestras con agua muy sucia recubiertas por sedimento, tanto el número de especies como de células encontradas es bajo.
- **Peces:** el estudio de vida piscícola realizado en 29 estaciones de muestreo en 19 ríos en una única campaña (finales de verano) permitió la captura de 2.942 ejemplares y la identificación de 18 especies, siendo la más frecuente el barbo mediterráneo (*Barbus guiraonis*). La presencia de determinadas especies permite la clasificación del área de estudio en tres bloques:
 - Bloque I: agrupa a los ríos situados a mayor altitud (cabeceras) que presentan unas condiciones

aceptables para ser habitados por la trucha común.

- Bloque II: agrupa los tramos bajos de los ríos anteriores que hidrológicamente quedan sometidos a variaciones de caudales regidos por intereses antrópicos. Son habitados preferentemente por ciprínidos y anguílidos, así como otras especies de parecido temperamento pero de origen exótico.
- Bloque III: agrupa los tramos intermedios de los grandes ríos y ríos de corto recorrido situados en los extremos norte y sur del área de estudio. Muestra un carácter intermedio entre los bloques límite, aunque no aparecen salmónidos autóctonos pero si los introducidos (trucha arco-iris).

4.2. Calidad del agua

A continuación se presentan los resultados de calidad obtenidos con los diferentes indicadores estudiados, siguiendo en cada caso las metodologías de cálculo especificadas anteriormente.

- **Índice BMWP':** dado que el BMWP' se calculó en todos los ríos y para todas las campañas, fue con el que se elaboraron los mapas de calidad. Los porcentajes obtenidos (Figura 2) señalan el predominio de la clase II (cali-

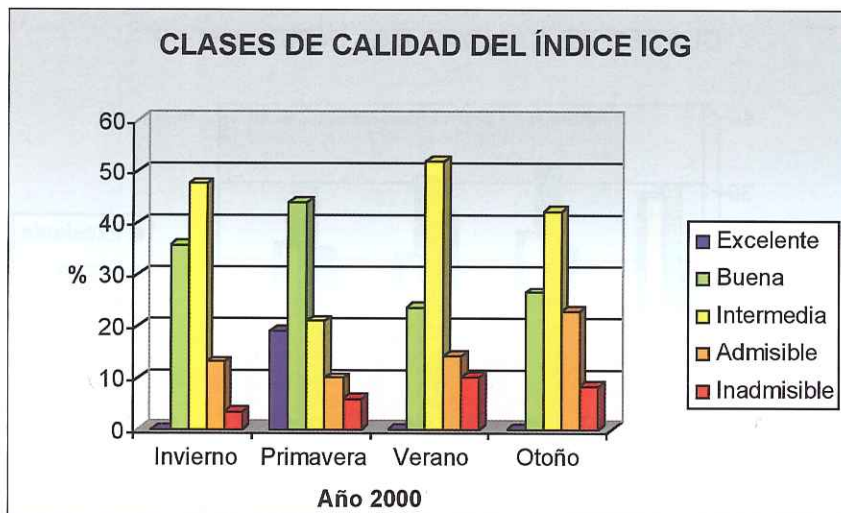


Figura 3. Porcentajes de las cinco clases de calidad del índice de calidad general (ICG) obtenidos en cada una de las campañas de muestreo realizadas durante el año 2000.

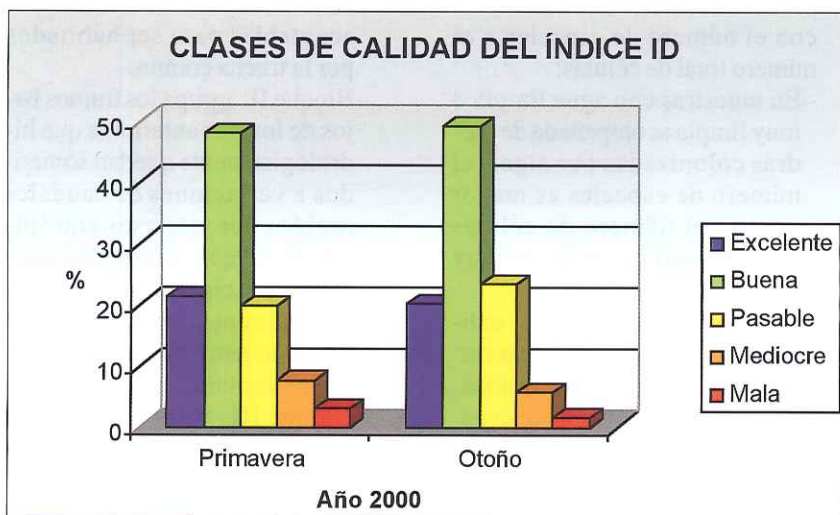


Figura 4. Porcentajes de las cinco clases de calidad del índice de diatomeas (ID) obtenidos en la campaña de primavera y en la campaña de otoño del año 2000.

dad buena) en las cuatro campañas, situándose siempre alrededor del 30%. La clase I (calidad excelente) oscila entre el casi 20% de la campaña de invierno a más del 25% en la campaña de verano. Sucede lo contrario con los porcentajes obtenidos con la clase III que disminuyen desde la campaña de invierno y se mantienen el resto entre el 20 y 25%. Las clases IV y V son las de menor frecuencia, situadas casi siempre por debajo del 15% (clase IV) y del 10% (clase V).

• **Índice de diversidad (H):** está muy correlacionado con el BMWP' por lo que los valores

más altos de diversidad coinciden con las estaciones que presentan clase I y los más bajos con las que presentan clases IV y V.

- **Índice ICG:** los porcentajes obtenidos indican el predominio de la clase III (calidad intermedia) siempre por encima del 40%, seguida por la clase II (buena). La clase I (excelente) sólo apareció en primavera aunque con un porcentaje alto (19%). Al igual que sucede con el índice BMWP' las clases IV (admisible) y V (inadmisible) son las de menor frecuencia (Figura 3).
- **Índice de macrófitos (IM):** los porcentajes obtenidos con el IM



Macrófito: *Potamogeton nodosus*.

son muy semejantes para cuatro clases de calidad: clase I (21%); clase II (23%); clase III (26%), clase IV (22%); exceptuando la clase V con una frecuencia del 8%.

- **Índice de calidad de la ribera (QBR):** los resultados obtenidos indican el pésimo estado de la mayoría de las riberas analizadas, incluso las situadas en los tramos altos. De las 100 estaciones analizadas solo una presentó una ribera en estado natural; 9 estaciones con calidad buena; 14 con calidad aceptable; 24 con calidad mala y 48 con calidad pésima.
- **Índice de diatomeas (ID):** los resultados de calidad obtenidos en las dos campañas en las que se analizaron las diatomeas son muy semejantes: existe un predominio claro de la clase II con casi el 50% tanto en primavera como en otoño; las clases I y III se presentan casi con un 20% mientras que las clases IV y V son las menos frecuentes (Figura 4).
- **Índice ecotrófico (IM):** este índice se pudo calcular en 18 estaciones en las que se realizó el estudio de vida piscícola. Los resultados obtenidos, para dichas estaciones, sitúan los porcentajes como sigue: calidad alta (22,2%); calidad media (61,1%) y calidad baja (16,7%).

4.3. Comparación de índices

El estudio comparativo de índices se realizó con el valor medio anual del índice BMWP', que es el único índice que se calculó en todas

las estaciones, y los valores medios anuales del ICG y del ID, y con el valor obtenido del IM:

- ICG y BMWP' coinciden en un 40% en señalar la misma calidad con los siguientes porcentajes por clases: 14,3% (clase II), 18,3% (clase III), 4% (clase IV) y 3,2 (clase V). La comparación entre estos dos índices nos permiten señalar algunos resultados interesantes:

–En los ríos que han estado sometidos a vertidos continuados y en los que se ha realizado algún tipo de actuación (control de vertidos, depuración, etc.) se observa una mejora de la calidad fisicoquímica del agua (valores altos del ICG) pero con valores del BMWP' que se sitúan en las clases IV o V. Esta discrepancia se debe sobre todo a que el BMWP' esta reflejando la desaparición de los hábitats naturales del río y la acumulación de lodos y fangos.

–Otros ríos presentan una buena calidad del agua según el BMWP' y sin embargo los valores del ICG se sitúan en las clases III y IV (calidad admisible o intermedia). En este caso el ICG se ve afectado por la naturaleza de los terrenos que atraviesa el río en los que dominan los yesos y que elevan de forma natural la conductividad y el contenido en sulfatos y sales minerales.

- IM y BMWP' coinciden en un 33% con los siguientes porcentajes por clases: 9% (clase I), 8% (clase II), 7% (clase III), 6% (clase IV) y 3% (clase V).
- ID y BMWP' coinciden en un 37,7% con los siguientes porcentajes por clases: 6,2% (clase I), 16,9% (clase II), 12,3% (clase III), 0,8% (clase IV) y 1,5% (clase V).

4.4. Comparación de indicadores

Los indicadores hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos se

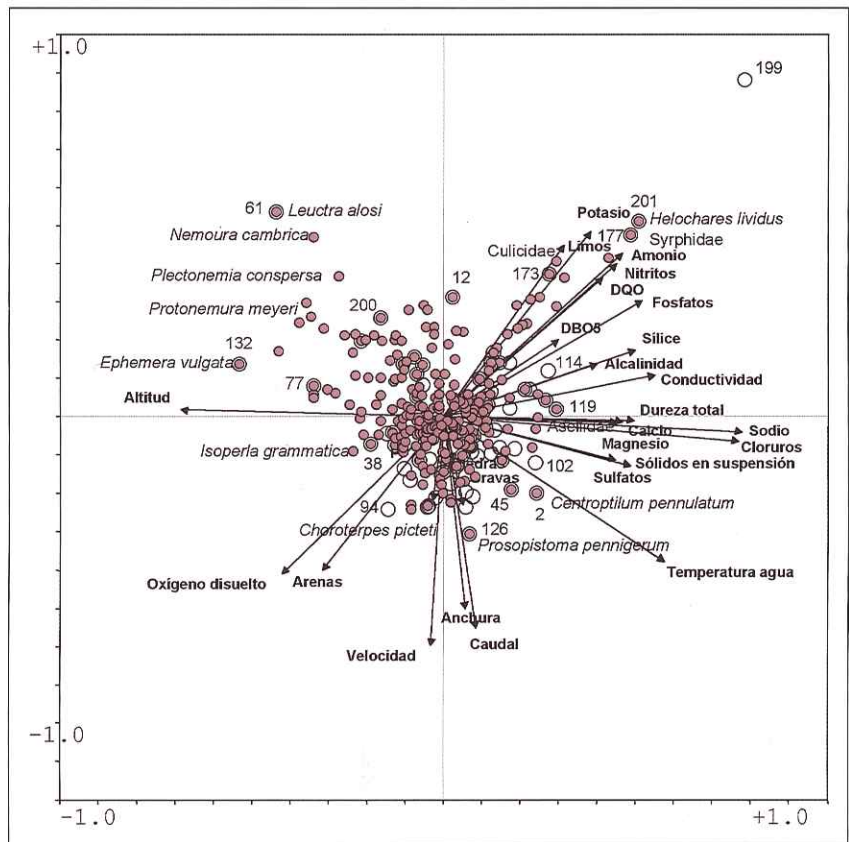
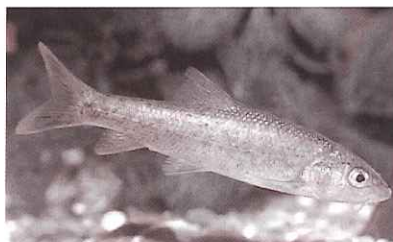


Figura 5. Ordenación de los indicadores hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos (macroinvertebrados) obtenida en el Análisis de Correspondencias Canónicas efectuado en 71 estaciones de muestreo. Los valores de los parámetros fisicoquímicos corresponden al valor medio obtenido en las 4 campañas de muestreo.



Pez: *Barbus guiraonis*.

analizaron con una serie de técnicas estadísticas. Como resumen de dichos análisis en la Figura 5 se presenta la ordenación obtenida al realizar el Análisis de Correspondencias Canónicas. La ordenación indica como los puntos de mejor calidad tanto a nivel biológico como fisicoquímico se sitúan a mayor altitud lo que conlleva una mayor diversidad biológica con especies indicadoras de calidad y poco tolerantes (*Leuctra alosi*, *Ephemera vulgata*, *Isoperla grammatica*). En la parte contraria de la ordenación encontramos los tramos bajos de los ríos, con mayor mineralización y mayor contamina-

ción orgánica y con presencia de especies muy tolerantes a la contaminación (*Syrphidae*, *Culicidae*).

4.5. Selección de los puntos de referencia

La Directiva 2000/60/CE señala que las condiciones biológicas de referencia han de establecerse en función de los indicadores de calidad que corresponden a un muy buen estado ecológico. La comparación de los índices nos ha permitido proponer un listado de 43 posibles puntos de referencia lo que supone un 19,5% del total de las estaciones analizadas en la Cuenca Hidrográfica del Júcar (Tabla 4).

Todos los puntos de referencia se encuentran situados en las cabezeras de los ríos principales, destacando la cabecera del río Júcar con 7 estaciones de referencia, y en los afluentes de primer y segundo orden situados en los tramos altos de los ríos principales. Destaca la ausencia

ARTICULOS TECNICOS

Tabla 4

Nº	RÍO	CUENCA	LOCALIDAD	ALT (m)	DO (km)
9	Mijares	Mijares	Albentosa	820	59
18	Paulejas	Mijares	Linares de Mora	1312	6
19	Palomarejas	Mijares	Rubielos de Mora	1015	3
22	Torrijas	Mijares	Manzanera	940	12
23	Paraisos	Mijares	Manzanera	940	6
25	Montán	Mijares	Montanejos	471	8
26	Maimona	Mijares	Fuente la Reina	720	29
27	Morrón	Mijares	Puebla de Arenoso	640	15,5
29	Bco. Monte Castro	Veo	Sueras	400	0,5
38	Palancia	Palancia	Bejis	740	12
40	Bco. Resinero	Palancia	El Toro	900	7
43	Rambla Algimia	Palancia	Peñalba	360	10
60	Turia	Turia	Tramacastilla	1260	21
61	Turia	Turia	Guadalaviar	1600	3
63	Arcos	Turia	Santa Cruz de Moya	640	22,7
67	Ebrón	Turia	El Cuervo	904	11
68	Vallanca	Turia	Ademuz	720	7
76	Alfambra	Turia	Aguilar de Alfambra	1260	26
77	Alfambra	Turia	Allepuz	1340	14,5
78	Regajo San Marcos	Turia	Sinarcas	760	4,5
87	Júcar	Júcar	Albacete	620	277
92	Júcar	Júcar	Villar de Olalla	860	119
95	Júcar	Júcar	Villalba de la Sierra	999	72
96	Júcar	Júcar	Uña	1100	58
98	Júcar	Júcar	Huélamo	980	44
99	Júcar	Júcar	Huélamo	1240	37
100	Júcar	Júcar	Tragacete	1283	6,5
110	Mijares	Júcar	Yátova	460	9,1
124	Cazunta	Júcar	Quesa	180	11
129	Cabriel	Júcar	Villora	800	118,2
131	Cabriel	Júcar	Salvacañete	1160	38,2
132	Cabriel	Júcar	El Vallecillo	1300	10,2
135	Martín	Júcar	Villora	800	18
137	Guadazaón	Júcar	Yémeda	860	71
140	Tejadillos	Júcar	Cañete	1100	18
141	Campillos	Júcar	Campillos de la Sierra	1160	6,5
149	Jardín	Júcar	Robledo	900	27
151	Arquillo	Júcar	Robledo	940	22
152	Casas Lázaro	Júcar	Casas Lázaro	1000	15
178	Vinalopó	Vinalopó	Bocairent	740	7
215	Argongueña	Júcar	Teresa de Cofrentes	500	13,2
227	Bco. De La Calzada	Palancia	Algimia de Almohacid	560	0,8
243	Rubielos De Mora	Mijares	Olba	680	14

Tabla 4. Relación de los 43 puntos de referencia con indicación de la altitud y la distancia al origen.

de puntos de referencia en los tramos bajos de los ríos donde se encuentra la mayor densidad poblacional y la mayor actividad industrial, lo que se traduce en una mayor concentración de todo tipo de vertidos. La dificultad de encontrar puntos de referencia en los tramos bajos de los ríos estudiados ya había sido puesta de manifiesto en estudios anteriores (13).

5. Conclusiones

Los tramos altos de los ríos principales (Júcar, Turia, Mijares, Palancia) y afluentes de primer y segundo orden de los anteriores presentan el mejor estado ecológico con valores de calidad excelente o buena como lo demuestran buenos indicadores hidromorfológicos, fisicoquímicos y biológicos. En estas estaciones de muestreo las condiciones de alta oxigenación del agua, pocos nutrientes, baja conductividad se correlacionan directamente con las mayores altitudes, el predominio de los sustratos más gruesos, etc. Es en estos tramos donde se sitúan la totalidad de los puntos de referencia seleccionados en este estudio.

Los tramos medios de los ríos estudiados presentan una calidad ecológica intermedia o dudosa. En estos tramos se encuentran la mayoría de presas (riego, hidroeléctricas, abastecimiento) que influyen de manera considerable en los parámetros hidromorfológicos ya que cambian el régimen hidrológico natural de los ríos, lo que afecta a las comunidades de organismos que se establecen en dichos tramos.

En los tramos bajos se concentran la mayoría de vertidos (urbanos, industriales y agropecuarios). Los ríos están más degradados y los índices utilizados coinciden en señalar la calidad en los tramos bajos ha disminuido considerablemente.

La mayoría de los índices utilizados señalan una mejoría en la calidad de los ríos que han estado sometidos a vertidos continuados y en los que se han realizado actuaciones como las de puesta en funcionamiento

de sistemas de depuración adecuados (río Magro).

De todos los índices utilizados el índice BMWP' es el que más información ha proporcionado dado que es el más sencillo y fácil de interpretar. El resto de índices presentan como principal inconveniente el de una mayor especialización ya que las determinaciones se realizan a nivel específico (macrófitos, diatomeas). Otros requieren de una gran infraestructura de muestreo y análisis (peces).

El estudio de vida piscícola indica una tendencia a la homogenización de las comunidades piscícolas, con la ausencia de especies singulares (samaruc y fartet) y la captura de especies introducidas (alburno, lucio, perca-sol). Cabe destacar la importancia de las poblaciones de trucha común que se han estudiado y que son consideradas por algunos autores como pertenecientes a la raza ancestral ibérica.

6. Bibliografía

- [1] Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 327.
- [2] PUJANTE, A.M (1993) Macroinvertebrados y calidad de las aguas de los ríos de la Comunidad Valenciana. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- [3] APHA, AWWA, WPCF (1995) Standard Methods for the examination of water and wastewater Ed. 19.
- [4] CEN TC 230/WG 3/TG 2. Estándares para el muestreo de macrófitos y algas benthicas.
- [5] EN 27828 (1994) Calidad del agua. Métodos de muestreo biológico. Guía para el muestreo manual con red de macroinvertebrados benthicos.
- [6] EN 28265 (1994) Calidad del agua. Métodos de muestreo

biológico. Concepción y utilización de los muestreadores de macroinvertebrados benthicos sobre sustrato rocoso en aguas dulces poco profundas.

- [7] ISO 9391 (1995) Calidad del agua. Muestreo de macroinvertebrados en aguas profundas. Guía de utilización de aparatos de toma de muestra de colonización cualitativos y cuantitativos.
- [8] GARCÍA DE JALÓN, D. y SCHMIDT, G (1995) Manual práctico para la gestión sostenible de la pesca fluvial.
- [9] MINGO, J. (1981) La vigilancia de la contaminación fluvial I. Tratamiento de los datos de control analítico. Dirección General de Obras Hidráulicas (MOPU).
- [10] ALBA-TERCEDOR, J. y SÁNCHEZ-ORTEGA, A. (1988) Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978).
- [11] MORENO, J.L.; MELLADO, A.; VIDAL-ABARCA, M.R. y SUÁREZ, M.L. (2000) Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Segura mediante índices bióticos: propuesta de un índice de macrófitos (IM). Comunicación presentada en el X Congreso de la Asociación Española de Limnología.
- [12] MUNNÉ, A., SOLÀ, C. y PRAT, N. (1998) QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. Tecnología del Agua, 175: 20-37.
- [13] ALBA-TERCEDOR, J. Y PUJANTE, A.M. (2000) Running-water biomonitoring in Spain: opportunities for a predictive approach. En: WRIGHT, J.F.; SUTCLIFFE, W. y FURSE, M.T. Assessing the biological quality of fresh waters, RIVPACS and other techniques.