

# CALIDAD BIOLÓGICA DE LAS AGUAS EN EL RÍO ERRO (NAVARRA, N ESPAÑA) (2001-2002)

JAVIER OSCOZ, RAFAEL LEUNDA PEDRO MANUEL MIRANDA RAFAEL  
Y M<sup>a</sup> CARMEN ESCALA

## RESUMEN

Durante los años 2001 y 2002 se estudió estacionalmente la calidad biológica (mediante los índices IBMWP y IASPT) de las aguas del río Erro, y se analizaron varios parámetros físico-químicos y químicos. Según los resultados de los índices bióticos el río Erro tuvo aguas de calidad buena o muy buena. A pesar de que se encontraron algunas alteraciones puntuales por obras en el cauce o cerca de núcleos urbanos, la capacidad de autodepuración del río Erro hacía que éstas fueran mínimas y muy localizadas. La alta calidad biológica hallada en el río hace que gran parte de los tramos estudiados en este río puedan ser utilizados en el futuro como tramos de referencia para ecorregiones similares.

**Palabras clave:** *Calidad del agua, índices bióticos, IBMWP, IASPT, parámetros físico-químicos.*

## SUMMARY

Water quality from River Erro (Ebro River basin) was assessed by physical & chemical variables and biotic indices (IBMWP and IASPT). Biotic indices indicated a good or very good water quality. Although some alterations (by works in the channel and near some localities) were found, these impacts were very low and located, as the river had a good self-purification process. Due to the high biological water quality found in the River Erro, many stretches of this river could act as reference points for similar ecotypes.

**Key words:** *Biological water quality, biotic indices, IBMWP, IASPT, physical & chemical variables.*

## INTRODUCCIÓN

Dos de los factores más importantes que provocan la disminución de especies en los ecosistemas acuáticos, afectando además a la calidad del agua, son la contaminación de las aguas y la alteración del hábitat. Estos procesos, que se producen a la vez que el crecimiento económico en los países desarrollados, se han agudiza-

do en los últimos años en los ríos españoles (p.ej. MIRANDA 1987, LOZANO-QUILIS et al. 1996, RUEDA et al. 1998, BONADA et al. 2000). Este deterioro de la calidad puede imposibilitar disponer del agua como recurso, ya sea para consumo humano, para riego o para otras actividades. Por ello se comprende que la evaluación de la calidad del agua en un tramo de río es una necesidad, pues así se

---

<sup>1</sup> Departamento de Zoología y Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, Apdo. Correos 177, E 31080 Pamplona. E-mail: joscoz@alumni.unav.es

Recibido: 22/02/2005.

Aceptado: 14/04/2005.

puede determinar qué tipos de aprovechamientos pueden realizarse o qué factores influyen en el ecosistema, para proponer posibles actuaciones de mejora.

Si bien el concepto de calidad del agua depende del uso al que esté destinada, en la práctica existen unos parámetros dentro de los que se encuadran los diferentes grados de calidad en función del uso (ALBA-TERCEDOR 1996). Gran parte de ellos son fisicoquímicos, especialmente basados en análisis de la composición química. Sin embargo su coste y la laboriosidad que representaría analizar todos los posibles contaminantes hacen que en la práctica sólo unos pocos de ellos se analicen. Aunque la información que proporcionan estos análisis es valiosa y precisa, están limitados por detectar tan solo las condiciones existentes en el momento de la toma de la muestra. Esto ha llevado a prestar una mayor atención a los índices biológicos, que son un reflejo de las condiciones fisicoquímicas tanto en el momento del muestreo como un tiempo antes. Todo ello hace que en los estudios sobre calidad de aguas los análisis biológicos se conviertan en un importante complemento a los análisis químicos, no debiendo considerarse como métodos excluyentes (GARCÍA DE JALÓN *et al.* 1980, ALBA-TERCEDOR 1996).

Esta complementariedad e importancia de los análisis biológicos se recoge en la Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua, DMA) (D.O.C.E. 2000), donde se demanda la utilización de métodos biológicos para estimar el estado ecológico de los ríos. El principal objetivo de la DMA es conseguir antes del año 2015 un buen estado ecológico para los ecosistemas acuáticos de la Comunidad Europea, protegiéndolos, evitando su deterioro y promoviendo el uso sostenible de las aguas. La mencionada DMA establece que los indicadores biológicos (macroinvertebrados, peces y flora acuática) han de ser los que determinen en última instancia el estado de una masa de agua. Para ello el estado ecológico se define mediante una comparación de la comunidad biológica observada con la que presenten tramos casi inalterados considerados de referencia.

Entre los diferentes indicadores biológicos que se emplean en ecosistemas acuáticos, los macroinvertebrados son uno de los grupos de organismos más usados por las ventajas que tienen (PLATTS *et al.* 1983, METCALFE-SMITH 1994, BARBOUR *et al.* 1999). Se han desarrollado diferentes índices bióticos basados en macroinvertebrados, entre ellos el IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party, ALBA-TERCEDOR *et al.* 2002) antes denominado BMWP' (ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA 1988), que es una adaptación a la fauna peninsular del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) desarrollado en el Reino Unido por ARMITAGE *et al.* (1983). Este índice ha sido ampliamente utilizado en los últimos años en diferentes estudios (ZAMORA-MUÑOZ *et al.* 1995, ZAMORA-MUÑOZ & ALBA-TERCEDOR 1996), ya que se trata de un índice relativamente sencillo de aplicar y que guarda altas correlaciones con otros índices europeos (RICO *et al.* 1992).

En el presente estudio se analiza la evolución estacional de la calidad del agua del río Erro (Navarra), mediante los índices bióticos IBMWP y IASPT, y varios parámetros físico-químicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El río Erro nace en la vertiente meridional del monte Sorogain, en el Macizo de Quinto Real, desembocando en el río Irati (Cuenca del Ebro) cerca de la localidad de Villaveta tras recorrer 44 Km. Su cuenca abarca una superficie de 214 Km<sup>2</sup>. Se trata de un río salmonícola localizado en los valles pirenaicos occidentales. El clima en la cabecera es de tipo subatlántico con precipitaciones que alcanzan los 1800 mm anuales y una importante innivación, mientras que en los tramos medio y bajo es de tipo submediterráneo, más montano y lluvioso en el tramo medio (1000-1400 mm) y más seco en el tramo bajo (<1000 mm). En el aforo de Urroz, cerca de su desembocadura, este río aporta 218 Hm<sup>3</sup> en régimen de tipo

pluvionival (C.A.N. 1991). El lecho del río está formado mayoritariamente por bloques y cantos, así como gravas y losas en algunas zonas. La vegetación de ribera está compuesta principalmente por hayas (*Fagus sylvatica*), diferentes especies de robles (*Quercus* spp.), avellanos (*Corylus avellana*), alisos (*Alnus glutinosa*) y sauces (*Salix* spp.).

A pesar de haber un número alto de puentes en su recorrido (se han contabilizado 45 puentes o pasarelas que atraviesan el río), además de dos pequeñas presas y tres esta-

ciones de aforo, la mayor parte de estas construcciones son muy antiguas y en conjunto suponen una escasa afección. Las localidades situadas en las proximidades del río son muy pequeñas, siendo las más destacables Erro en el tramo alto y Urroz en el bajo. La principal actividad en la cuenca del río Erro es agrícola y ganadera, mientras que la actividad industrial es pequeña y está restringida a la zona más baja del río. En la Tabla 1 se proporcionan datos poblacionales, de porcentaje de uso de suelo y sobre el número de cabezas de ganado existentes en tres municipios situa-

	Erro (tramo alto)	Lizoain (tramo medio)	Urroz (tramo bajo)
Población Total	759	238	369
Densidad (Habitantes/Km <sup>2</sup> )	5.26	3.65	32.37
<b>Uso de suelo</b>			
% Forestal	61.24	25.76	5.89
% Pastos	38.10	39.75	18.03
% Tierras labradas	0.66	34.49	76.08
<b>Nº Cabezas Totales</b>			
Bovino	2503	338	400
Ovino	7293	2904	1374
Porcino		343	5549
Aves	15035	79	10000
Caprino	592	15	24
<b>Nº Cabezas por explotación</b>			
Bovino	55.6	84.5	400.0
Ovino	251.5	414.9	1374.0
Porcino		171.5	5549.0
Aves	7517.5	39.5	10000.0
Caprino	197.3	7.5	24.0

**Tabla 1.** Datos estadísticos sobre población, porcentaje de uso de suelo y ganadería en los tres tramos del río Erro. [Statistics about people, land use and cattle in the different stretches of the river Erro].

dos respectivamente en los tramos alto, medio y bajo del río Erro, los cuales han sido recogidos de la página web del Instituto de Estadística de Navarra (<http://www.cfnavarra.es/estadistica/>). En el caso del municipio de Erro, hay que señalar que no todo él pertenece a la cuenca del río Erro, sino que una parte pequeña del mismo pertenece a la cuenca del río Urrobi. Se puede ver que la densidad poblacional es máxima en la parte baja, mientras que el porcentaje de suelo forestal se va reduciendo desde el tramo alto al bajo, a la vez que aumenta el porcentaje de tierras labradas. Respecto a la ganadería, los sectores más importantes son el bovino, ovino y avícola, existiendo también un marcado aumento del número de cabezas de ganado por explotación en la parte baja. Esto significa que se pasa de una mayoría de explotaciones no demasiado grandes o familiares en el tramo alto a grandes explotaciones para producción en la parte baja. Únicamente en el caso de las aves esto no se cumple, debido a que las explotaciones de este tipo existentes en la parte alta están asociadas a la producción de patés, si bien el lugar donde se ubican pertenece a la cuenca del río Urrobi, por lo que no tienen influencia sobre el río Erro.

Por todo esto, se puede considerar que se trata de un río que tiene, en general, pocas presiones de origen humano y no de una gran magnitud, estando éstas más concentradas en la parte baja del río. Este río ha sido incluido en los LICs de la Red Natura 2000 de Navarra, si bien no como tal, sino dividido y como parte de otros dos lugares de la red.

Para este estudio se eligieron 15 tramos representativos repartidos a lo largo del río (Fig. 1), en los que se realizaron muestreos estacionales desde Enero de 2001 hasta Diciembre de 2002. Una descripción más detallada de estos tramos se puede encontrar en LEUNDA *et al.* (en prensa).

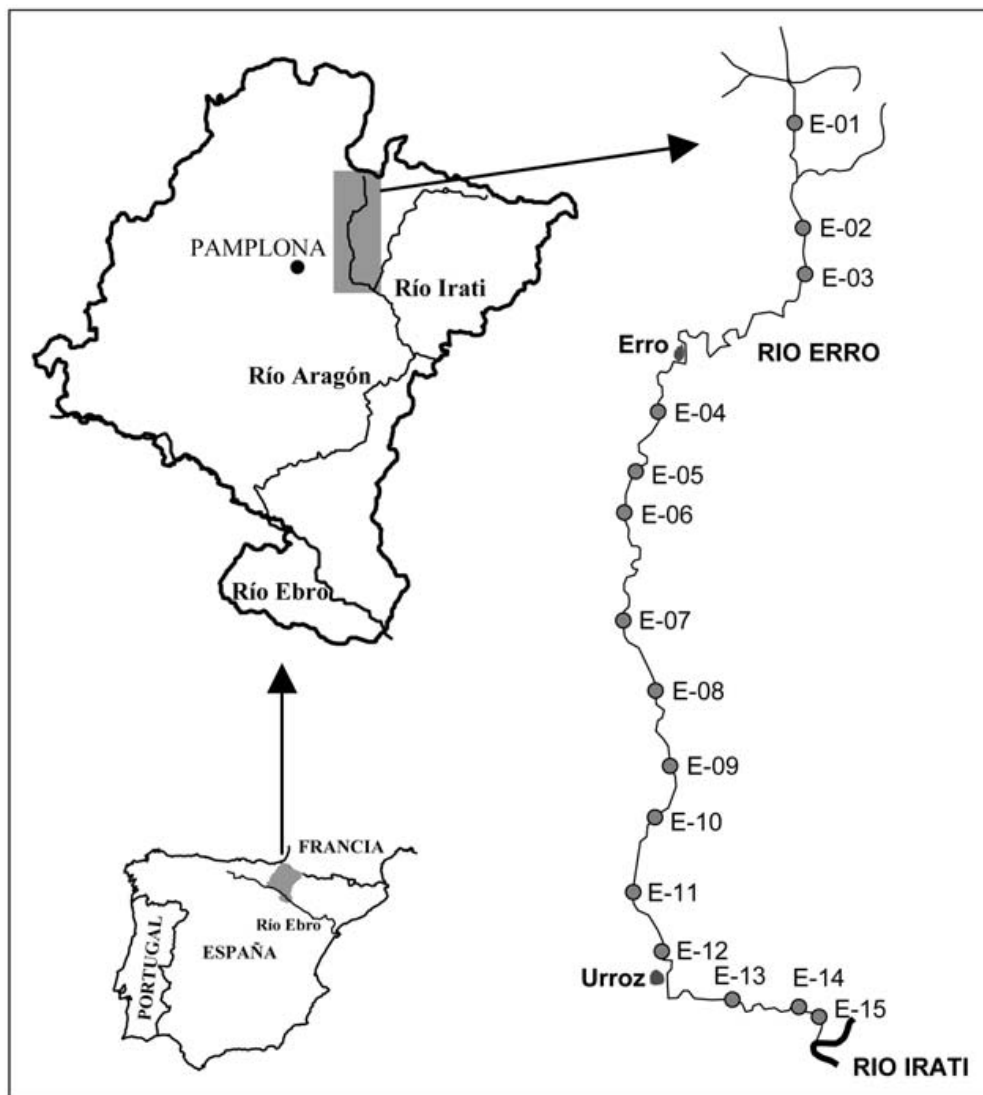
En todos los puntos se tomaron mediante electrodos selectivos los valores de temperatura del agua (°C), concentración de oxígeno disuelto (ppm y % de saturación), conductivi-

dad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y pH. En el punto E-15 sólo se pudieron realizar estas medidas en cuatro de los ocho muestreos. Además, en los muestreos de invierno y verano se tomaron muestras de agua en los 15 tramos para analizar la concentración de distintos compuestos químicos. Dichas muestras se tomaron en frascos de plástico de 2 l, sumergiéndolos en el centro del cauce y cerrándolos dentro del río, para evitar las burbujas. Las muestras se transportaron en refrigeración hasta el laboratorio para su análisis inmediato.

Para obtener muestras de macroinvertebrados se utilizó una manga de recolección con malla de 0,1 mm, muestreándose todos los hábitats diferentes que previamente se hayan identificado en el tramo. Para evitar la obstrucción de la malla durante el periodo de muestreo se vació cada poco tiempo el contenido de la red. El muestreo finalizaba cuando nuevas redadas no aportaban nuevos taxones (JÁIMEZ-CUELLAR *et al.* 2002). La muestra se fijaba in situ en una solución de formaldehído al 4%. El recipiente debidamente etiquetado se trasladó al laboratorio para su posterior estudio.

En el laboratorio las muestras se lavaron con agua, filtrándose con tamices de diferente luz a fin de retirar parte del material inerte y concentrar la población de macroinvertebrados. El filtrado se conservó en frascos de cristal con alcohol al 70% debidamente etiquetado. Cada taxón fue identificado mediante lupa binocular hasta nivel de familia, ya que este es el nivel taxonómico requerido para calcular el índice IBMWP, siendo un indicador fidedigno de las condiciones ambientales (GRACA *et al.* 1995, DOLÉDEC *et al.* 2000).

Una vez analizada la muestra se procedió a aplicar los índices IBMWP e IASPT. El índice IASPT se obtiene a partir del índice IBMWP, dividiendo el valor numérico de este último por el número de taxones incluidos en el índice hallados en la muestra. Este índice refleja el valor medio de los taxones, de forma que su valor será mayor en las zonas con aguas de mejor calidad. Tiene la ventaja de ser menos sensible que el IBMWP al esfuerzo y la técnica



**Figura 1** - Localización de los puntos de muestreo a lo largo del río Erro (Cuenca del Ebro, España). [Location of the sampling reaches along the River Erro (Ebro River Basin, Spain)].

de muestreo, así como a la variación estacional, teniendo por ello una menor dependencia del número de taxones capturados (ARMITAGE *et al.* 1983, PINDER *et al.* 1987, JOHNSON *et al.* 1993, METCALFE-SMITH 1994), mostrando una buena correlación con el gradiente de estrés (SANDIN & HERING 2004). Además, el índice IASPT es capaz de detectar pequeñas variaciones en la calidad del agua por contaminaciones ligeras que en el índice IBMWP quedan enmascaradas (CAO *et al.* 1996, 1997).

Para la interpretación de los resultados hallados en los índices bióticos se han tenido en

cuenta dos criterios diferentes. En primer lugar, los rangos originales establecidos para el índice IBMWP (ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA 1988, ALBA-TERCEDOR 1996, ALBA-TERCEDOR *et al.* 2002). Sin embargo es lógico pensar que distintos tipos fluviales tengan diferencias en cuanto a los umbrales de calidad, y en la propia DMA se establece que para cada categoría de agua superficial, las masas pertinentes de aguas superficiales de la demarcación hidrográfica se clasificarán por tipos o regiones ecológicas, para cada una de las cuales se establecerán condiciones biológicas de referencia específicas, de tal modo que representen los valores de

los indicadores de calidad biológica para ese tipo de masa de agua superficial en un muy buen estado ecológico (Anexo II de la DMA). Es por ello que en este estudio se han utilizado también las ecorregiones y los rangos de calidad de los índices IBMWP e IASPT marcados para cada ecotipo, según los trabajos de asistencia técnica realizados por el Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona para la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO 1999a, 1999b). Estos rangos de calidad utilizados se detallan en la Tabla 2. Atendiendo a la clasificación de ecotipos existente en la cuenca del Ebro, el río Erro se encuadra en las regiones de "Alta montaña" (tramos E-1 a E-2) y de "Montaña húmeda" (tramos E-3 a E-15).

## RESULTADOS

En la Tabla 3 se recogen los valores medios y los rangos de los valores físico-químicos medidos en el río Erro durante el periodo de estudio. Se observa que en general se trataba de aguas bien oxigenadas y con pH superior a 8, cuya conductividad aumentaba paulatinamente a lo largo del río. Los valores de oxígeno disuelto y pH en el río Erro siempre estuvieron dentro de los umbrales de calidad de aguas propuesto para los ríos salmonícolas en el Real Decreto 927/88 (BOE 209, 31 de Agosto de 1988). Por su parte, el resultado de los análisis químicos (Tabla 4) mostró que ninguno de los diferentes compuestos químicos estudiados superó los valores marcados por la Administración en el citado RD 927/88. Aun así, se puede señalar que siempre se detectó un incremento en la concentración de sulfato a partir del punto E-4, aunque este incremento no alcanzaba valores indicativos de contaminación.

El valor del índice IBMWP se situó en general por encima de 100 (Fig. 2), lo que correspondería a aguas de calidad *buen*a o *muy buen*a. Sólo el punto E-11 en invierno de 2002 y los puntos E-14 y E-15 en otoño de 2002 tuvieron valores

ligeramente inferiores a 100. Si se tenía en cuenta los rangos marcados para las dos ecorregiones existentes en el río Erro, la calidad del agua fue generalmente muy buena, bajando hasta calidad buena en los tres puntos y fechas antes reseñados. Los valores del índice IASPT fueron máximos en el tramo superior del río, reduciéndose en el tramo bajo (Tabla 5), a pesar de lo cual la calidad del agua se mantuvo en la clase buena o muy buena. Por su parte el número de taxones se mantuvo elevado a lo largo de todo el río.

## DISCUSIÓN

Durante los dos años de estudio las aguas del río Erro tuvieron una calidad buena, a tenor de los parámetros físico-químicos medidos y los valores de los índices bióticos calculados. El valor del oxígeno disuelto estuvo siempre por encima de lo marcado por la Administración para aguas salmonícolas (6,0 ppm), siendo el valor mínimo detectado 6,59 ppm (E-14 en Verano). Este bajo valor estaría en relación con la alta insolación que este tramo, de gran anchura y nula vegetación de ribera, recibiría. Según el pH, las aguas del río Erro poseerían una alcalinidad débil-media (NISBET & VERNEAUX 1970), lo que daría al río una buena capacidad de tamponamiento y una mayor productividad biológica. Los valores de pH siempre estuvieron dentro de los umbrales de calidad de aguas propuestos por la Administración para aguas salmonícolas (6-9), estando en general en el río Erro en valores cercanos a 8,5, aunque puntualmente se acercaron a 9,0. Dicho rango es considerado como adecuado para la fauna de peces por ALABASTER & LLOYD (1982) y la USEPA (1986), marcando el valor 8,5 como el más productivo. Por su parte el incremento de la conductividad en el discurrir del río es algo habitual en ecosistemas fluviales (WILBY & GILBERT 1993). Ninguno de los compuestos químicos analizados mostró la existencia de polución grave en el río, estando todos ellos por debajo de los límites marcados por la Administración. Por su parte los índices bióticos IBMWP e IASPT

<b>Criterio / Ecotipo</b>	<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>IBMWP</b>	<b>IASPT</b>
<b>Rangos originales</b>	I	Muy Buena	>100	-
	II	Buena	61-100	-
	III	Moderada	36-60	-
	IV	Deficiente	15-35	-
	V	Mala	<15	-
<b>Montaña húmeda</b>	I	Muy Buena	>100	>5.5
	II	Buena	81-100	4.5 – 5.5
	III	Moderada	61-80	3.4 – 4.4
	IV	Deficiente	30-60	1.6 – 3.3
	V	Mala	<30	<1.6
<b>Alta montaña</b>	I	Muy Buena	>110	>5.9
	II	Buena	86-110	4.8 – 5.9
	III	Moderada	66-85	3.6 – 4.7
	IV	Deficiente	35-65	1.8 – 3.5
	V	Mala	<35	<1.8

**Tabla 2.** Clases de calidad y rangos marcados para los índices IBMWP e IASPT originalmente y en los dos ecotipos de existentes en el río Erro. [Water quality classes originally established for IBMWP and quality classes defined for the ecotypes of the River Erro according to IBMWP and IASPT values].

encontrados en el río Erro mantuvieron a lo largo del período de estudio una calidad biológica de las aguas “Muy Buena” en la mayor parte de los tramos y fechas. Concretamente un 95% de las muestras alcanzaron mediante el índice IBMWP la clase de calidad “Muy Buena”, un 3,33% tuvieron una calidad intermedia entre “Buena” y “Muy Buena”, y un 1,67% una calidad de “Buena”, siendo ésta la menor calidad del agua hallada mediante los índices bióticos. Por su parte en el caso del

índice IASPT el 72% de las muestras indicaron calidad “Muy Buena” y un 28% calidad “Buena”. Todo ello corroboraría los resultados hallados en los análisis de los parámetros químicos y fisicoquímicos que mostraron aguas libres de contaminación.

Sin embargo cabe reseñar algunas cuestiones. En primer lugar, el pequeño descenso en el valor del IASPT que se encontraba de forma constante en el punto E-4, a veces acompañado

Tramo	UTM		Tª (°C)	O <sub>2</sub> (ppm)	O <sub>2</sub> (%)	pH	Cond. (µS/cm)
E-1	30T XN 298627	Promedio	9.1	8.9	83.3	8.0	182.4
		Rango	5.6-12.5	7.15-12.08	68.3-107.0	7.75-8.13	127-257
E-2	30T XN 301597	Promedio	11.0	9.5	92.9	8.5	248.6
		Rango	5.7-16.9	7.15-12.30	73.4-109.8	8.15-8.66	216-282
E-3	30T XN 302582	Promedio	10.5	9.8	94.2	8.4	270.0
		Rango	5.7-15.7	7.65-12.34	73.0-110.7	8.12-8.75	233-292
E-4	30T XN 260540	Promedio	10.5	9.6	91.4	8.0	375.9
		Rango	8.3-12.9	7.57-11.70	72.2-106.4	7.80-8.14	325-430
E-5	30T XN 253524	Promedio	11.5	9.8	95.1	8.3	378.1
		Rango	8.3-15.3	7.56-12.60	79.0-114.4	8.02-8.74	315-447
E-6	30T XN 251510	Promedio	12.0	9.8	96.1	8.5	383.4
		Rango	8.0-16.5	7.48-12.77	78.6-116.0	8.10-8.91	304-440
E-7	30T XN 251480	Promedio	11.2	9.8	94.0	8.5	390.4
		Rango	7.3-19.8	7.62-12.75	76.9-119.0	8.30-8.58	310-447
E-8	30T XN 261461	Promedio	12.1	10.2	98.4	8.4	400.1
		Rango	7.1-19.1	8.00-12.77	75.5-116.0	8.13-8.78	326-454
E-9	30T XN 266437	Promedio	12.1	10.4	100.2	8.4	401.9
		Rango	6.7-19.3	8.18-12.69	76.4-121.0	8.11-8.53	329-464
E-10	30T XN 261422	Promedio	13.1	9.7	94.3	8.5	399.0
		Rango	6.3-22.2	6.75-12.65	68.7-115.4	8.27-8.93	323-464
E-11	30T XN 256401	Promedio	13.0	9.7	96.3	8.3	397.8
		Rango	6.3-22.2	7.81-12.63	80.9-117.6	7.95-8.51	316-465
E-12	30T XN 263383	Promedio	11.8	8.9	86.0	8.2	407.9
		Rango	6.3-18.3	6.88-10.90	68.7-102.0	7.78-8.45	330-470
E-13	30T XN 286370	Promedio	12.6	9.4	92.0	8.2	423.6
		Rango	6.0-21.7	7.02-11.26	69.6-108.5	7.93-8.55	343-475
E-14	30T XN 305367	Promedio	13.8	9.2	92.3	8.2	409.4
		Rango	6.1-23.4	6.59-11.30	78.1-116.5	7.80-8.67	257-477
E-15	30T XN 305367	Promedio	9.3	10.2	92.6	8.2	451.0
		Rango	5.7-17.0	8.44-11.47	86.7-101.5	7.89-8.31	424-479

**Tabla 3.** Localización y parámetros físico-químicos (promedio y rangos) de los 15 tramos muestreados en el río Erro. [Location of the 15 sampled reaches in the River Erro, and mean and range values of the physical & chemical variables measured].

también por un descenso de taxones. A pesar de que el valor del IASPT siempre se mantuvo en niveles de calidad “*Muy Buena*”, el mencio-

nado descenso pudo ser producto de la influencia de la localidad de Erro y de una mayor concentración de la actividad ganadera



	Cloruro (ppm)	Nitrito (ppm)	Nitrato (ppm)	Fosfato (ppm)	Sulfato (ppm)	Amonio (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Pb (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)	Al (ppb)	Cu (ppb)	Mn (ppb)	Zn (ppb)	Fe (ppb)	Hg (ppb)
E-1	2.62	<0.010	2.01	<0.553	4.18	<0.001	2.99	0.225	32.48	6.66	0.15	<0.007	0.081	4.99	0.10	0.91	2.77	5.36	0.220
E-2	2.59	<0.010	1.86	<0.553	4.05	<0.001	3.52	0.173	36.88	5.62	0.06	0.040	0.021	5.83	3.52	6.62	7.05	8.09	<0.178
E-3	5.47	<0.010	2.03	<0.553	4.49	<0.001	5.13	0.263	38.72	6.11	0.62	<0.007	0.027	10.20	0.25	3.49	10.10	14.53	0.180
E-4	6.3	<0.010	3.44	<0.553	15.08	<0.001	5.28	0.631	55.23	5.46	0.06	<0.007	0.052	24.73	<0.03	3.29	12.72	39.26	<0.178
E-5	7.41	<0.010	3.65	<0.553	14.97	<0.001	5.33	0.631	60.00	5.85	0.19	<0.007	<0.028	5.08	<0.03	0.28	2.70	1.07	0.100
E-6	6.58	<0.010	2.88	<0.553	12.98	<0.001	4.18	0.580	62.57	8.64	0.12	<0.007	0.047	19.67	0.19	2.78	7.15	29.39	<0.178
E-7	6.61	<0.010	10.01	<0.553	11.49	<0.001	3.99	0.644	64.04	6.63	0.47	0.052	0.043	40.49	0.07	1.70	3.63	23.22	N.D.
E-8	7.14	<0.010	9.99	<0.553	14.88	<0.001	4.33	0.644	67.34	5.85	0.09	<0.007	<0.028	15.76	0.37	2.85	14.61	26.23	<0.178
E-9	6.77	<0.010	9.38	<0.553	14.06	<0.001	4.33	0.625	75.78	8.32	0.13	<0.007	0.038	20.21	0.20	2.48	3.00	23.36	0.460
E-10	6.69	<0.010	2.38	<0.553	14.24	<0.001	4.47	0.657	71.74	6.89	0.14	0.008	0.089	15.63	0.05	2.26	6.05	28.31	<0.178
E-11	6.95	<0.010	10.40	<0.553	14.05	<0.001	4.75	0.651	69.54	6.53	0.06	<0.007	<0.028	12.43	0.26	1.79	2.61	60.43	<0.178
E-12	7.38	<0.010	10.26	<0.553	15.40	<0.001	4.94	0.734	70.64	6.95	0.10	0.015	<0.028	15.75	1.13	3.66	7.33	22.84	<0.178
E-13	8.42	<0.010	15.56	<0.553	20.63	0.903	6.85	1.463	74.31	8.45	0.04	0.019	<0.028	18.27	1.14	4.21	5.01	33.30	N.D.
E-14	11.98	<0.010	22.15	<0.553	30.43	0.991	5.61	1.438	73.21	7.60	0.08	<0.007	<0.028	16.23	0.78	3.35	4.12	34.61	<0.178
E-15	8.35	<0.010	15.48	<0.553	21.46	0.407	7.13	1.360	74.68	8.64	0.06	0.008	0.016	18.90	0.81	3.26	7.24	34.28	<0.178
E-1	2.78	<0.010	2.83	<0.553	6.18	0.019	0.76	0.450	35.07	14.33	<0.047	<0.007	0.183	5.71	0.15	0.40	1.03	2.02	<0.178
E-2	3.11	<0.010	3.34	<0.553	6.48	0.127	0.98	0.490	44.56	9.94	<0.047	<0.007	0.1981	7.01	0.26	2.19	1.58	4.09	<0.178
E-3	3.37	<0.010	5.39	<0.553	6.11	0.136	1.78	0.790	45.19	9.17	<0.047	<0.007	0.183	29.34	0.25	9.66	1.34	24.93	<0.178
E-4	10.8	<0.010	5.83	<0.553	34.40	0.051	8.83	1.290	70.87	8.55	<0.047	0.003	0.228	11.39	0.26	1.19	0.68	6.92	<0.178
E-5	10.7	<0.010	5.54	<0.553	34.20	0.054	8.97	1.280	73.02	8.84	<0.047	<0.007	0.231	9.63	0.23	1.90	0.22	7.48	<0.178
E-6	10.4	<0.010	5.14	<0.553	32.80	0.046	9.05	1.270	74.53	8.73	0.26	<0.007	0.19	13.01	0.44	3.03	0.69	9.89	<0.178
E-7	10.1	<0.010	4.55	<0.553	32.70	0.010	8.82	1.280	73.03	8.59	0.17	<0.007	0.155	16.92	0.34	4.21	2.41	9.25	<0.178
E-8	9.75	<0.010	7.12	<0.553	30.50	0.168	8.14	1.320	73.63	8.27	0.15	<0.007	0.099	8.54	0.23	3.99	0.50	8.24	<0.178
E-9	9.63	<0.010	2.04	<0.553	30.10	0.228	8.60	1.470	69.96	8.09	0.17	0.010	0.172	14.03	0.45	4.13	0.90	12.44	<0.178
E-10	9.63	<0.010	6.41	<0.553	29.50	0.205	8.81	1.440	67.61	8.00	0.18	<0.007	0.115	15.62	0.35	4.59	1.59	15.10	<0.178
E-11	9.63	<0.010	6.79	<0.553	29.00	0.257	9.19	1.340	66.76	8.37	0.22	<0.007	0.183	49.98	0.41	6.53	0.91	30.76	<0.178
E-12	9.43	<0.010	2.55	<0.553	29.40	0.201	9.46	1.410	69.52	7.77	0.15	<0.007	0.153	22.98	0.49	7.12	1.31	26.29	<0.178
E-13	9.99	<0.010	7.23	<0.553	27.50	0.119	10.73	1.770	71.18	7.95	0.21	<0.007	0.171	16.62	1.08	2.65	2.48	19.86	<0.178
E-14	9.76	<0.010	6.17	<0.553	27.90	0.280	10.88	1.680	69.68	8.30	0.21	0.003	0.144	29.42	0.61	3.60	1.02	26.96	<0.178
E-15	9.98	<0.010	1.93	<0.553	29.30	0.272	13.52	1.740	68.62	8.53	0.28	<0.007	0.173	28.60	0.53	2.96	0.52	24.43	<0.178

Tabla 4. Resultados de los análisis químicos en el río Erro (N.D.: No detectado). [Chemical analysis results in the River Erro (N.D.: No Detected)].

	Cloruro (ppm)	Nitrito (ppm)	Nitrato (ppm)	Fosfato (ppm)	Sulfato (ppm)	Amonio (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Pb (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)	Al (ppb)	Cu (ppb)	Mn (ppb)	Zn (ppb)	Fe (ppb)	Hg (ppb)
E-1	4.16 <0.010	1.79 <0.010	4.11 0.011	2.25 0.341	21.96 3.50	<0.047	<0.007	0.179	61.08	1.75	2.18	0.23	34.79	<0.178					
E-2	3.39 <0.010	2.11 <0.010	4.63 0.004	3.67 0.386	39.15 3.69	0.080	<0.007	0.187	25.33	0.07	0.75	0.13	11.11	<0.178					
E-3	4.29 <0.010	2.09 <0.010	4.99 0.007	3.84 0.493	42.19 3.67	0.640	<0.007	0.281	17.17	0.06	1.57	1.00	50.60	<0.178					
E-4	8.99 <0.010	5.83 <0.010	9.95 0.004	5.45 1.136	58.54 3.90	<0.047	<0.007	0.331	93.29	0.26	1.72	0.77	31.05	<0.178					
E-5	9.54 <0.010	5.93 <0.010	10.00 0.003	5.91 1.134	59.72 3.99	0.080	<0.007	0.285	89.00	0.43	1.99	0.21	31.53	<0.178					
E-6	8.34 <0.010	5.42 <0.010	9.54 0.002	5.08 1.063	62.08 3.71	0.050	<0.007	0.291	76.75	0.28	1.87	0.12	25.40	<0.178					
E-7	8.95 <0.010	4.99 <0.010	9.03 0.002	5.10 1.065	60.88 3.80	1.980	<0.007	0.299	82.18	2.50	1.80	0.62	28.46	<0.178					
E-8	8.39 <0.010	5.01 <0.010	9.35 0.002	5.27 1.086	64.46 3.94	0.090	<0.007	0.251	71.91	0.34	1.73	0.23	24.27	<0.178					
E-9	8.28 <0.010	4.95 <0.010	9.69 0.002	5.23 1.090	65.07 3.99	1.270	<0.007	0.269	68.98	0.43	3.27	0.64	25.96	<0.178					
E-10	8.58 <0.010	4.48 <0.010	10.00 0.001	5.27 1.079	63.34 4.09	0.440	<0.007	0.246	66.17	0.27	2.22	<0.11	22.52	<0.178					
E-11	8.95 <0.010	5.24 <0.010	10.90 0.002	5.59 1.108	67.68 4.29	<0.047	<0.007	0.259	77.54	0.48	2.95	0.32	27.52	<0.178					
E-12	9.10 <0.010	5.50 <0.010	11.10 0.001	5.98 1.163	66.69 4.47	<0.047	<0.007	0.459	54.88	0.37	3.10	<0.11	20.09	<0.178					
E-13	9.90 <0.010	8.82 <0.010	14.90 0.001	6.78 1.366	70.56 4.95	<0.047	<0.007	0.239	76.49	0.66	7.02	0.55	31.68	<0.178					
E-14	9.85 <0.010	9.62 <0.010	15.30 0.002	6.55 1.337	73.67 4.98	0.130	<0.007	0.398	87.47	0.69	4.32	1.30	33.27	<0.178					
E-15	9.91 <0.010	9.23 <0.010	15.30 0.002	6.61 1.347	71.13 5.01	<0.047	<0.007	0.238	87.72	1.01	4.43	0.17	32.03	<0.178					
E-1	2.39 <0.010	2.49 <0.010	5.03 N.D.	1.82 0.410	33.33 11.08	0.370	<0.007	0.148	3.96	0.39	0.30	<0.11	<0.30	<0.178					
E-2	2.41 <0.010	6.38 <0.010	5.68 N.D.	2.46 0.411	43.48 8.27	0.430	<0.007	0.170	8.99	0.36	2.11	1.52	<0.30	<0.178					
E-3	3.39 <0.010	6.61 <0.010	5.67 N.D.	3.24 0.697	44.67 8.03	0.330	<0.007	0.207	12.48	0.25	5.59	6.26	23.35	<0.178					
E-4	7.34 <0.010	2.87 <0.010	26.74 N.D.	7.34 1.052	64.27 7.68	0.550	<0.007	0.233	18.56	0.37	3.81	2.92	19.24	<0.178					
E-5	7.19 <0.010	2.83 <0.010	26.32 N.D.	7.04 1.054	64.17 7.51	1.240	<0.007	0.186	15.18	0.49	3.07	2.59	4.69	<0.178					
E-6	7.04 <0.010	2.58 <0.010	25.16 N.D.	7.12 1.062	64.89 7.41	0.560	<0.007	0.140	19.09	0.22	3.92	17.11	8.63	<0.178					
E-7	6.93 <0.010	2.43 <0.010	24.31 N.D.	5.90 1.030	64.79 7.35	0.400	<0.007	0.125	14.52	0.17	3.69	0.43	7.36	<0.178					
E-8	6.48 <0.010	1.74 <0.010	22.94 N.D.	6.81 1.039	65.76 7.39	0.480	<0.007	0.203	18.81	0.79	3.48	<0.11	101.80	<0.178					
E-9	6.56 <0.010	1.62 <0.010	22.37 N.D.	8.00 1.068	62.90 7.14	0.800	<0.007	0.104	17.91	0.30	4.52	<0.11	17.07	<0.178					
E-10	6.43 <0.010	1.53 <0.010	22.34 N.D.	6.94 1.130	62.38 7.15	0.680	<0.007	0.125	17.47	0.38	4.13	2.61	13.91	<0.178					
E-11	6.83 <0.010	74.04 <0.010	22.50 N.D.	7.34 1.141	60.48 7.27	0.400	<0.007	0.128	42.76	0.38	8.97	0.46	35.20	<0.178					
E-12	7.18 <0.010	1.11 <0.010	22.49 N.D.	7.29 1.456	63.79 6.99	0.540	<0.007	0.293	46.92	0.35	10.98	<0.11	65.58	<0.178					
E-13	9.38 <0.010	1.33 <0.010	22.53 N.D.	12.96 1.885	64.78 7.56	0.490	<0.007	0.256	64.46	0.48	10.51	0.75	86.33	<0.178					
E-14	7.39 <0.010	0.71 <0.010	22.32 N.D.	8.41 1.691	62.35 7.44	0.900	<0.007	0.187	82.10	0.44	9.05	0.57	86.07	<0.178					
E-15	7.11 <0.010	0.89 <0.010	22.37 N.D.	8.63 1.816	64.65 7.46	1.170	0.020	0.198	76.03	0.40	10.77	1.60	115.5	<0.178					

Tabla 4. (Cont.). Resultados de los análisis químicos en el río Erró (N.D.: No detectado). [Chemical analysis results in the River Erró (N.D.: No Detected)].

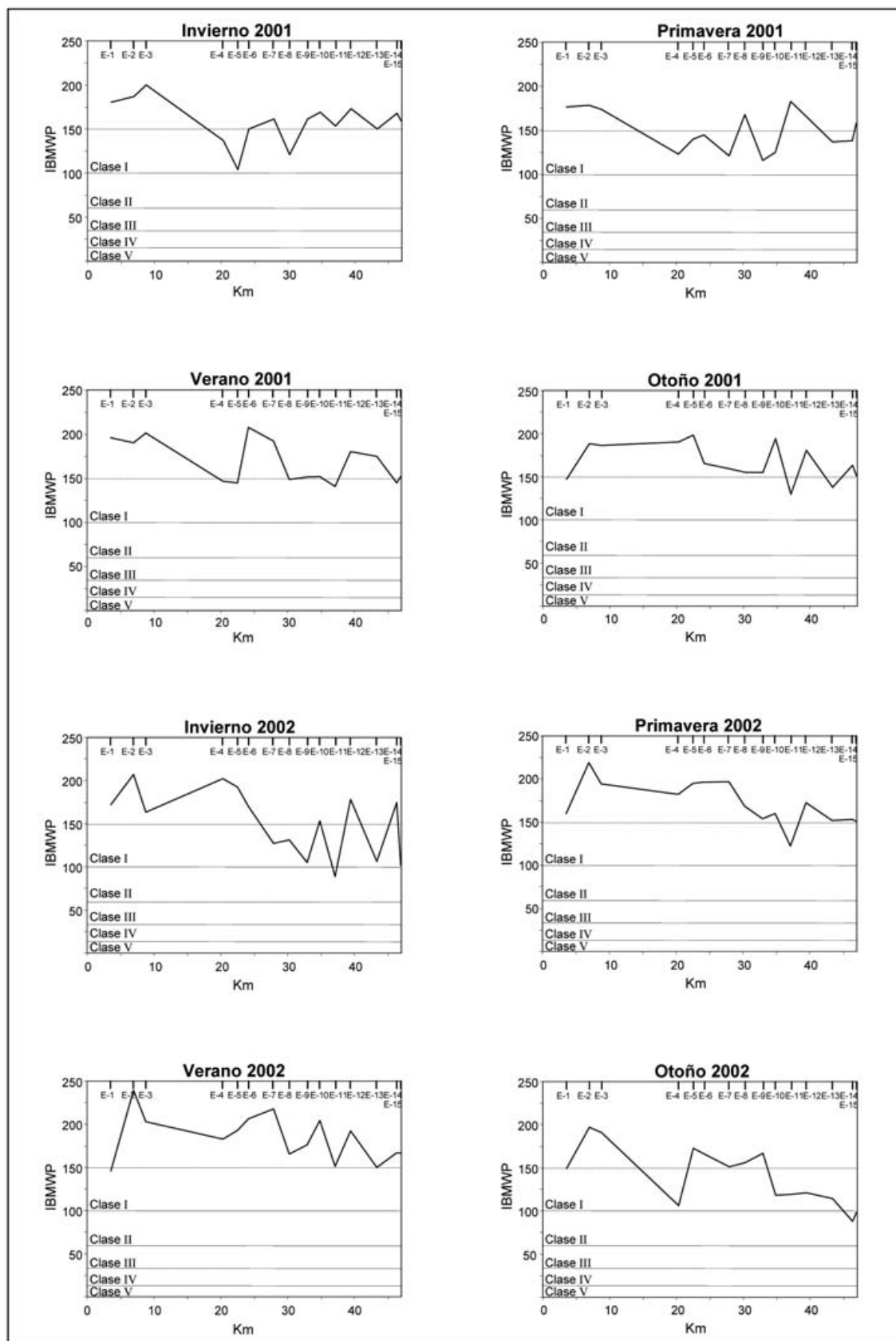


Figura 2 - Valores estacionales del índice IBMWP en el río Erro (2001-2002). [Seasonal graphic representation of the IBMWP index for the different sampling reaches along the river Erro].

Punto	Inv-2001		Prim-2001		Ver-2001		Otoñ-2001		Inv-2002		Prim-2002		Ver-2002		Otoñ-2002	
	IASPT	n	IASPT	n	IASPT	n	IASPT	n	IASPT	n	IASPT	n	IASPT	n	IASPT	n
E-1	6.21	29	5.87	30	6.32	31	6.13	24	6.37	27	5.71	28	6.35	23	6.21	24
E-2	6.68	28	6.36	28	6.13	31	6.48	29	6.68	31	6.26	35	6.13	39	6.79	29
E-3	6.45	31	6.44	27	6.09	33	6.20	30	6.52	25	6.26	31	5.97	34	6.82	28
E-4	6.23	22	5.59	22	5.65	26	5.94	32	5.77	35	5.52	33	5.90	31	5.58	19
E-5	5.78	18	6.09	23	5.58	26	6.00	33	6.40	30	6.09	32	6.23	31	6.18	28
E-6	6.25	24	6.04	24	6.12	34	6.35	26	6.07	28	6.32	31	6.06	34	6.15	27
E-7	6.44	25	5.76	21	6.00	32	5.89	27	5.77	22	5.63	35	6.06	36	5.81	26
E-8	6.05	20	5.60	30	5.32	28	5.74	27	5.70	23	5.63	30	5.32	31	6.00	26
E-9	6.19	26	5.04	23	5.59	27	5.54	28	5.00	21	5.13	30	5.68	31	5.57	30
E-10	5.83	29	5.21	24	5.24	29	5.71	34	5.88	26	5.33	30	5.67	36	5.13	23
E-11	5.67	27	5.72	32	5.64	25	5.65	23	4.94	18	5.30	23	5.39	28	5.67	21
E-12	5.97	29	5.72	29	5.63	32	5.8	31	5.74	31	5.58	31	5.49	35	5.50	22
E-13	5.36	28	5.27	26	5.15	34	5.11	27	4.82	22	6.08	25	5.17	29	5.43	21
E-14	5.25	32	5.31	26	5.00	29	5.26	31	5.30	33	5.28	29	5.22	32	5.18	17
E-15	5.68	28	5.64	28	5.07	30	5.59	27	5.67	18	5.39	28	5.57	30	5.44	18

Tabla 5. Valores del Índice IASPT y número de taxones (n) en el río Erro (2001-2002). [IDSPT' index values and number of taxon (n) in the River Erro (2001-2002)].

existente en esta zona, con algunas instalaciones ganaderas situadas cerca de las orillas del río Erro. Ello podría provocar que en este tramo se produjera un cierto aporte de materia orgánica a las aguas. También podría relacionarse el descenso del valor del pH con esta posible existencia de materia orgánica insuficientemente oxidada en el agua (WINKLER 1999). Como ya se ha comentado, también en este punto se producía un incremento en la concentración de sulfatos, si bien este aumento no alcanzaba niveles perniciosos. No se puede descartar que la actividad ganadera en esta zona pueda estar influyendo en los valores de sulfatos en las aguas, pero tampoco se puede descartar que esto sea por influencias de la litología en el subsuelo. En el tramo de río entre E-3 y E-4 existe una zona de fallas, y el río pierde por infiltración una parte de su caudal, pudiendo en condiciones estivales quedar seco en una parte del tramo, aislando el tramo superior del río (E-1 a E-3). Este caudal vuelve a aflorar por debajo de la localidad de Erro, aguas arriba del punto E-4, no pudiendo descartar un aumento de sulfatos debido al agua que discurre por el subsuelo. Se necesitaría un estudio más detallado de esta cuestión para dilucidar si los sulfatos tienen un origen natural o un origen antrópico.

A pesar de que se mantienen niveles adecuados de calidad en este tramo, un aumento tanto de la actividad ganadera como del número de habitantes en la zona podría llevar a que la capacidad de autodepuración del río no fuera suficiente. Es por ello que sería necesario contemplar futuras actuaciones de mejora en la gestión de los residuos, tanto urbanos como ganaderos, de manera que se pueda producir un mayor desarrollo sin mermar gravemente la calidad del entorno.

Por otra parte, también en la parte baja del río Erro se encontró un descenso en el valor del IASPT, mientras que el número de taxones en general se mantuvo. Ello indicaría que podrían haberse sustituido organismos sensibles a la contaminación (con alto valor en el índice IBMWP) por otros más tolerantes (de menor valor). Esta situación podría estar provocada por la existencia de cierta contaminación orgánica, ya que incrementos moderados de materia orgánica hacen que aparezcan o aumenten algunos taxones (PRENDA & GALLARDO 1996, CAO *et al.* 1997) por el fenómeno de la perturbación intermedia, siendo estas situaciones mejor detectadas por el índice IASPT (METCALFE-SMITH 1994, CAO *et al.* 1996). Esta situación pudo deberse a la incidencia

que sobre el río pudieran tener tanto las localidades cercanas como la mayor actividad agrícola (con mayoría de campos de labranza) y el mayor tamaño de las pocas instalaciones ganaderas existente en el tramo bajo. Al igual que lo observado en el tramo de Erro, parece que el río todavía conserva una buena capacidad de autodepuración, pero se cree conveniente realizar análisis periódicos que confirmen que dicha capacidad se mantiene.

Respecto a los descensos detectados en el índice IBMWP en el año 2002, no existen razones claras que expliquen el hallado en el punto E-11. No hay entre el punto E-10 y el E-11 ninguna instalación (granja, industria o similar) que pudiera ser responsable de un descenso de calidad, ni tampoco en los campos cercanos al río se realizaron labores que pudieran afectar a la calidad del agua del río. Sin embargo, el tramo era usado como un vado por el que pasaban en algunos momentos tractores o incluso grandes camiones, que no podían atravesar el estrecho puente existente en un camino vecinal próximo, lo que podría también influir en el menor valor general del IBMWP en este punto, si bien la clase de calidad se mantenía respecto a los tramos aguas arriba. Podría haber existido antes del muestreo de invierno de 2002 un mayor tránsito de vehículos pesados que pudieron haber afectado a la fauna del punto, lo que habría llevado a ese descenso puntual de taxones y el consiguiente menor valor de los índices bióticos por la pérdida sobre todo de taxones sensibles a las alteraciones. A pesar de ello, los valores hallados clasificaron las aguas en este tramo dentro de la clase de calidad "Buena", por lo tanto dentro de lo que la DMA exige. Por su parte, el descenso del índice hallado en el punto E-13 en invierno de este mismo año pudo ser efecto de las obras de construcción del canal de Navarra unos 500 m aguas arriba del punto de muestreo, ya que en fechas anteriores al muestreo se realizaron actuaciones en el cauce para que dicho canal atravesara el río. Esto pudo provocar el descenso de los índices bióticos y del número de taxones en este tramo, pues se conoce que este tipo de actividades y las alteraciones del hábitat físico que conllevan afec-

tan a los macroinvertebrados (CAMPOS *et al.* 1995, OSCOZ *et al.* 2004). A pesar de ello los índices bióticos otorgaban a las aguas en el tramo una clase de calidad entre "Muy Buena" y "Buena", acorde con lo exigido por la DMA. A partir de invierno de 2002, se observó un aumento del nivel de sedimentos en el lecho del río en los tres últimos puntos, posiblemente como consecuencia de las obras antes mencionadas. Sin embargo los valores de los índices bióticos sólo manifestaron descensos apreciables para el IBMWP en los puntos E-14 y E-15 en otoño de 2002. Este descenso pudo deberse a las lluvias de los días previos al muestreo, que hicieron que el río (sobre todo en la parte baja) tuviera caudales muy altos, lo que produciría la pérdida de taxones por arrastre (RODRÍGUEZ *et al.* 1994, HILSENHOFF 1996), lo cual no se reflejó en el IASPT' ya que se habrían perdido taxones tanto intolerantes como tolerantes a las alteraciones.

Los datos obtenidos han mostrado que el río Erro presenta en general una buena calidad de las aguas y que se trata de un curso de agua que, al menos de momento, no ha sufrido alteraciones o presiones importantes debidas a actividades humanas. El río parece poseer todavía un adecuado nivel de autodepuración que le permite tener en general una elevada calidad de las aguas, lo que le confiere un notable valor medioambiental a mantener. Ello también hace que gran parte de los tramos estudiados en este río pudieran ser utilizados en el futuro como tramos de referencia de un estado ecológico muy bueno para ecorregiones similares.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado a partir de las muestras recogidas en el proyecto "Actuaciones humanas en ríos de Navarra. Su incidencia en la conservación de la biodiversidad" financiado por el CSIC y el Gobierno de Navarra. Nuestro agradecimiento a Arantxa Imaz y Lidia Hernández por su ayuda durante el periodo de muestreo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALABASTER, J.S. & LLOYD, R. 1982. Water quality criteria for freshwater fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2ª Ed.
- ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA) Vol. II: 203-213.
- ALBA-TERCEDOR, J., JÁIMEZ-CUÉLLAR, P., ÁLVAREZ, M., AVILÉS, J., BONADA, N., CASAS, J., MELLADO, A., ORTEGA, M., PARDO, I., PRAT, N., RIERADEVALL, M., ROBLES, S., SÁINZ-CANTERO, C.E., SÁNCHEZ-ORTEGA, A., SUÁREZ, M.L., TORO, M., VIDAL-ABARCA, M.R., VIVAS, S. & ZAMORA-MUÑOZ, C. 2002. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica* 21(3-4): 175-185
- ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica* 4: 51-56.
- ARMITAGE, P.D., MOSS, D., WRIGHT, J.F. & FURSE, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17(3): 333-347.
- BARBOUR, M.T., GERRITSEN, J., SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- BONADA, N., RIERADEVALL, M. & PRAT, N. 2000. Temporalidad y contaminación como claves para interpretar la biodiversidad de macroinvertebrados en un arroyo mediterráneo (Riera de San Cugat, Barcelona). *Limnetica* 18:81-90.
- CAMPOS, F., ALDAZ, R., GALVEZ, F. & OSCOZ, J. 1995. Algunos efectos de las obras de mejora de la carretera N 121-A, sobre el río Ulzama. III Simposio Nacional sobre Carreteras y Medio Ambiente, Pamplona, pp. 757-764.
- C.A.N. 1991. El agua en Navarra. Edita Caja de Ahorros de Navarra, Pamplona, 323 pp.
- CAO, Y., BARK, A.W. & WILLIAMS, W.P. 1996. Measuring the response of macroinvertebrate communities to water pollution: a comparison of multivariate approaches, biotic and diversity indices. *Hydrobiologia* 341: 1-19.
- CAO, Y., BARK, A.W. & WILLIAMS, W.P. 1997. Analysing benthic macroinvertebrate community changes along a pollution gradient: a framework for the development of biotic indices. *Water Research* 31 (4): 884-892.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO 1999a. Delimitación de regiones ecológicas en la cuenca del Ebro. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. 152 pp.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO 1999b. Objetivos de estado ecológico en los ríos de la cuenca del Ebro. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. 58 pp.
- D.O.C.E. 2000. 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. D.O.C.E. L 327 de 22.12.00. 69 pp.
- DOLÉDEC, S., OLIVIER, J.M. & STATZNER, B. 2000. Accurate description of the abundance of taxa and their biological traits in stream invertebrate communities: effects of taxonomic and spatial resolution. *Archiv fuer Hydrobiologie* 148(1): 25-43.
- GARCÍA DE JALÓN, D., GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M. & GARCÍA DE VIEDMA, M. 1980. Importancia de los insectos en los métodos biológicos para el estudio de la calidad de las aguas: necesidad de su conocimiento taxonómico. *Graellsia* 35-36: 143-148.
- GRACA, M.A.S., COIMBRA, C.N. & SANTOS, L.M. 1995. Identification level and comparison of biological indicators in biomonitoring programs. *Cienc. Biol. Ecol. Syst.* 15 (1/2): 9-20.

- HILSENHOFF, W.L. 1996. Effects of a catastrophic flood on the insect fauna of Otter Creek, Sauk County, Wisconsin. *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters* 84: 103-110.
- JÁIMEZ-CUELLAR, P., VIVAS, S., BONADA, N., ROBLES, S., MELLADO, A., ÁLVAREZ, M., AVILÉS, J., CASAS, J., ORTEGA, M., PARDO, I., PRAT, N., RIERADEVALL, M., SÁINZ-CANTERO, C.E., SÁNCHEZ-ORTEGA, A., SUÁREZ, M.L., TORO, M., VIDAL-ABARCA, M.R., ZAMORA-MUÑOZ, C. & ALBA-TERCEDOR, J. 2002. Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica* 21(3-4): 187-204.
- JOHNSON, R.K., WIEDERHOLM, T. & ROSENBERG, D.M. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organism, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates. En: *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Rosenberg D.M. y Resh V.H. (Eds.), Chapman & Hall, New York, pp. 40-158.
- LEUNDA, P.M., MIRANDA, R. & ESCALA, M.C. En prensa. Caracterización estacional del hábitat fluvial del río Erro (Navarra). *Munibe (Ciencias Naturales – Natur Zientziak)*.
- LOZANO-QUILIS, M.A., MARTÍNEZ-LÓPEZ, F. & PUJANTE, A. 1996. Estudio de los macroinvertebrados y calidad de las aguas de los pequeños ríos y arroyos de las comarcas de la provincia de Valencia: L'Horta, La Foia de Bunyol y La Ribera Alta. *Ecologia* 10: 137-159.
- METCALFE-SMITH, J.L. 1994. Biological water-quality assessment of rivers: use of macroinvertebrate community. En: *The rivers handbook (II)*, Calow P. y Petts G.E. (Eds.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 144-170.
- MIRANDA, A. 1987. Utilización de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad del agua en el río Viao-Piloña (Asturias). *Limnetica* 3: 141-150.
- NISBET, M. & VERNEAUX J. 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de Limnologie* 6(2): 161-190.
- OSCOZ, J., CAMPOS, F. & ESCALA, M.C. 2004. Calidad biológica de las aguas del río Larraun (1996-1997). *Ecología* 18: 11-20.
- PINDER, L.C.V., LADLE, M., GLEDHILL, T., BASS, J.A.B. & MATTHEWS, A.M. 1987. Biological surveillance of water quality – 1. A comparison of macroinvertebrate surveillance methods in relation to assessment of water quality, in a chalk stream. *Archiv fuer Hydrobiologie* 109(2): 207-226.
- PLATTS, W.S., MEGAHAN, W.F. & MINSHALL, G.W. 1983. Methods for evaluating stream, riparian and biotic conditions. Gen. Tech. Rep. INT-138. Ogden, UT. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- PRENDA, J. & GALLARDO, A. 1996. Self-purification, temporal variability and the macroinvertebrate community in small lowland Mediterranean streams receiving crude domestic sewage effluents. *Archiv fuer Hydrobiologie* 136: 159-170.
- RICO, E., RALLO, A., SEVILLANO, M.A. & ARRETXE, M.L. 1992. Comparison of several biological indices based on river macroinvertebrate benthic community for assessment of running water quality. *Annales de Limnologie* 28: 147-156.
- RODRÍGUEZ, S.E., FERNÁNDEZ-ALÁEZ, C., FERNÁNDEZ-ALÁEZ, M. & BÉCARES, E. 1994. Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados de la cuenca alta del río Cares (NO España). *Limnetica* 10(1): 93-100.
- RUEDA, J., TAPIA, G., HERNÁNDEZ, R & MARTÍNEZ-LÓPEZ, F. 1998. El río Magro, parte I: Evaluación de su calidad biológica mediante la aplicación del BMWP' y del ASPT'. *Ecologia* 12: 135-150.
- SANDIN, L. & HERING, D. 2004. Comparing macroinvertebrate indices to detect organic pollution across Europe: a contribution to the EC Water Framework Directive intercalibration. *Hydrobiologia* 516: 55-68.

- USEPA 1986. Quality criteria for water. Office of Water Regulations and Standards, EPA 440/5-86-001, Washington, D.C.
- WILBY, R. & GILBERT, J. 1993. Dynamiques hydrologiques et hydrochimiques. En: Hydrosistèmes fluviaux. Amoros C. y Petts G.E. (Eds.), Masson, Paris.
- WINKLER, M.A. 1999. Tratamiento biológico de las aguas de desecho. Editorial Limusa (Noriega Editores), Mexico.
- ZAMORA-MUÑOZ C. & ALBA-TERCEDOR J., 1996. Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15(3): 332-352.
- ZAMORA-MUÑOZ, C., SAINZ-CANTERO, C.E., SÁNCHEZ-ORTEGA, A. & ALBA-TERCEDOR, J. 1995. Are biological indices BMWP' and ASPT' and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variations. *Water Research* 29(1): 285-290.