

Resumen

En mayo de 1998 se produjo una mortandad masiva de peces en el tramo bajo del río Barbate (Cádiz) como consecuencia de la contaminación producida por algunos plaguicidas, especialmente sulfato de cobre y malatión, empleados en los arrozales próximos. En este trabajo se estudian las consecuencias ecológicas de la mortandad en la comunidad ictica de la zona afectada. En el tramo fluvial donde se localizó la mortandad se observaron cambios significativos en la composición cuantitativa y cualitativa de la comunidad de peces, dominada por barbos (*Barbus sclateri*), pejerreyes (*Atherina boyeri*) y lisas (*Liza ramada*). La manifestación espacial de estos cambios permitió delimitar con precisión el ámbito geográfico de la mortandad. La asociación ictica observada en la zona no afectada por el episodio contaminante fue substituida por otra diferente en el tramo donde aparecieron los peces muertos.

Palabras clave:

vertidos tóxicos, plaguicidas, malatión, ictiofauna, Laguna de La Janda, ciprínidos, mugilidos, índices de diversidad

Abstract

Ecological evaluation of the effects of a massive fish killing in the lower Barbate river (Cádiz)

In May 1998 a massive fish killing was registered in the lower Barbate river (Cádiz province, South Spain) as a consequence of the toxic spill of plaguicides (mainly copper sulphate and malathion) used in the nearby ricefields. In this work we study the ecological consequences of this massive fish mortality on the fish community inhabiting the lower Barbate river. In the fluvial reach where the fish mortality was located significant quantitative and qualitative changes in the fish community (dominated by *Barbus sclateri*, *Atherina boyeri* and *Liza ramada*) were observed. The spatial distribution of the aforementioned changes allowed the precise geographical delimitation of the reach where the fish mortality happened. In addition, the fish assemblage observed upstream the site where the pollution was registered was replaced downstream, where the massive fish death was observed.

Keywords:

toxic spill, plaguicides, malathion, ichthiofauna, La Janda lagoon, cyprinids, mugilids, diversity indexes

Caracterización ecológica de los efectos de una mortandad de peces en el tramo bajo del río Barbate (Cádiz)

Por: José Prenda⁽¹⁾, M^a Práxedes Arenas⁽²⁾, Jerónimo Carranza⁽³⁾ y Jaime Ruiz Casanueva⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Biología Ambiental y Salud Pública, Universidad de Huelva, Campus Universitario de La Rábida, 21819 Palos de la Frontera (Huelva). E-mail: jprenda@uhu.es

⁽²⁾ Departamento de Biología Animal, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Córdoba

⁽³⁾ Técnica y Proyectos S.A. TYPESA, C/ Balbino Marrón, s/n. Edificio Viapol, portal A/1/5, 41018 Sevilla

1. Introducción

Las mortandades de peces, tanto naturales, como de origen antrópico, tienen importantes repercusiones ecológicas [1] y socioeconómicas, que raramente son evaluadas en nuestro país (ver [2], para invertebrados). En otras áreas geográficas sí se han dedicado importantes esfuerzos a caracterizar el impacto causado por estas mortandades catastróficas [3] [4]. Más común es, sin embargo, la determinación precisa de los agentes causales (químicos o de otra naturaleza) de la mortalidad de los peces [5] [6]. Si bien este último aspecto es importante, no lo es menos determinar el estado en que queda la comunidad de peces tras el episodio de la mortandad, para así poder prever su evolución futura y, en su caso, implementar las medidas necesarias para facilitar la recuperación de la zona afectada.

La respuesta de la comunidad ictica fluvial a la drástica desaparición de efectivos es variable y

depende de las características del medio en el que se produce. En general, para las especies menos sensibles al agente que provoca la mortalidad, con mayor capacidad dispersiva y que posean stocks de recolonizadores potenciales fuera del ámbito geográfico donde se haya producido la mortandad, la recuperación de los niveles poblacionales previos a la mortandad masiva es rápida, del orden de días a semanas [7]. Las especies que no respondan a este patrón pueden, por el contrario, ver dilatado el período de recolonización del tramo del que han desaparecido e incluso extinguirse del mismo. Por todo ello, para evaluar una mortandad de peces, es fundamental conocer las especies afectadas, el ámbito donde se produce y sus repercusiones en la abundancia de cada una de ellas.

Con este trabajo se pretende delimitar con precisión la zona afectada por una mortandad de peces acaecida en el tramo bajo del río Barbate entre los días 16 y

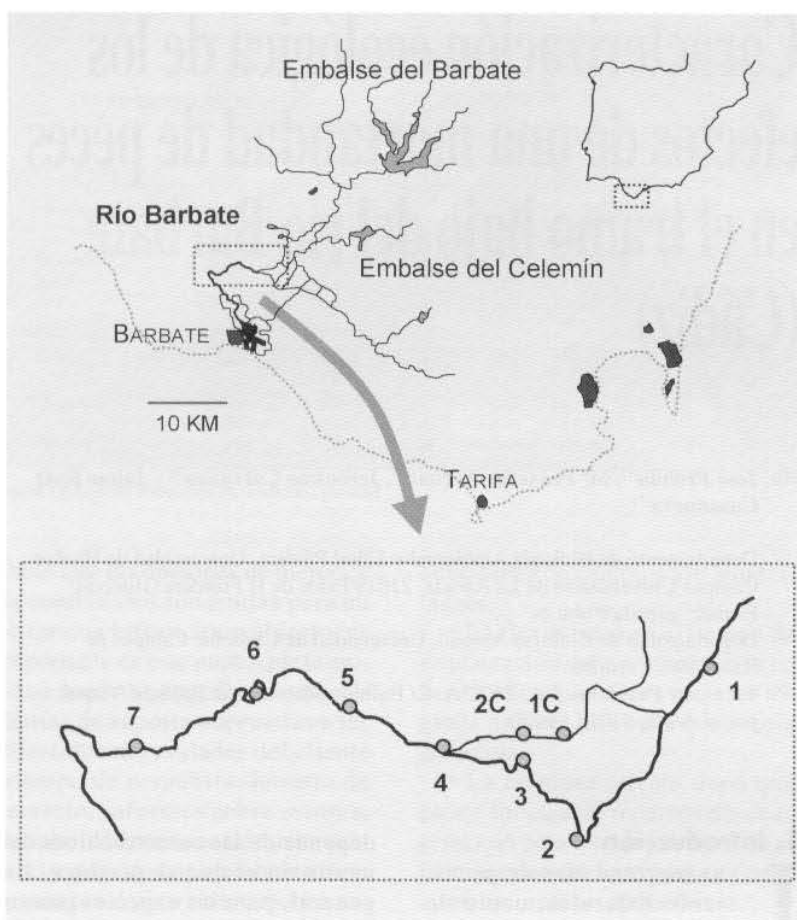


Figura 1. Mapa del área de estudio con indicación de los 9 puntos muestreados: 7 en el cauce principal (1-7) y 2 (1C y 2C) en un canal adyacente para suministrar agua a los arrozales.

17 del mes de mayo de 1998 y por otro lado estimar las repercusiones, desde un punto de vista poblacional, de esta mortandad sobre la ictiofauna residente en este tramo fluvial. En el curso bajo del río Barbate confluye la red de drenaje de los arrozales que han ido asentándose sobre el vaso de la desecada laguna de La Janda [8]. La causa directa de este episodio de mortandad masiva de peces radicó en el uso inadecuado de algunos plaguicidas en los cultivos de arroz adyacentes al curso principal del río, entre ellos el sulfato de cobre y el insecticida organofosforado malatión.

2. Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el tramo del río Barbate compendi-

do entre las compuertas de San Fernando y Cañada Ancha, en las proximidades de La Barca de Vejer, dentro del término municipal de Vejer de la Frontera (Figura 1). En esta zona el río presenta las características típicas del curso bajo, con escasa pendiente (ver Figura 1), poca o nula velocidad de la corriente, cauce con substratos dominados por limos y arenas, de mediana anchura, entre 8 y 15 m aproximadamente, y, habitualmente, elevada profundidad, en ocasiones superior a los 2 m. Las aguas, durante el muestreo, eran pardo-verdosas, de escasa transparencia. En determinados lugares el río ha sufrido dragados y rectificaciones del trazado, que han reducido su sinuosidad. El trazado actual es meandriforme

de tipo irregular errante [9], con dominancia de los tramos rectilíneos (Figura 1). El caudal muestra importantes variaciones, a veces en pocas horas, dependiendo del manejo a que se sometan los embalses de cabecera (Celemín y Barbate) y los canales que suministran agua a los arrozales vecinos. Existen varios azudes para facilitar la extracción de caudales mediante bombeo, que compartimentan el tramo de río estudiado en sectores.

Los márgenes presentaron una mediana cobertura de vegetación, normalmente entre el 20% y el 50%, dominada por especies como el taraje (*Tamarix* sp.), acacias (*Gleditsia triacanthos*), carrizos (*Phragmites australis*), eucaliptos (*Eucalyptus* sp), zarzas (*Rubus ulmifolius*) y fresnos (*Fraxinus angustifolia*).

El cultivo del arroz y los regadíos ocupan una amplia extensión en las inmediaciones del río. Le siguen en importancia las dehesas de acebuche (*Olea europea*) y el matorral de acebuches, lentiscos (*Pistacia lentiscus*) y coscojas (*Quercus coccifera*), que ocupan los lugares de mayor pendiente.

En conjunto, el tramo fluvial investigado presentó una gran homogeneidad estructural, en lo que respecta a morfometría del cauce, velocidad de la corriente, tipo de substrato y tipo y cobertura de la vegetación de las márgenes. No fue posible distinguir sectores con características tipo rápido/poza.

3. Metodología

3.1. Reconocimiento del tramo afectado por la mortandad y selección de los puntos de muestreo

El miércoles 19 de mayo de 1998 se realizó una visita al tramo bajo del río Barbate, para inspeccionar y evaluar de viso los efectos de una mortandad de peces acaecida en el lugar en esas mismas fechas. Durante esta visita se

Tabla 1

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1C	P2C	TOTAL
ANGUILERAS	2	2	2	1	2	1	2	1	2	15
CAMARONERAS	1	1	2	1	1	1	1	1	1	10
MINNOW TRAPS	2	2	2	2	3	2	3	2	2	20
TRASMALLOS	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
HORA INICIO	20:45	20:15	21:25	19:00	18:30	17:20	16:30	19:55	21:30	
HORA FIN	13:40	14:15	14:45	12:10	10:30	9:35	8:45	13:10	15:00	
TOTAL (horas)	16,9	18	17,3	17,2	16	16,3	16,3	17,3	17,5	152,8

Tabla 1. Número de redes y trampas colocadas en cada punto de muestreo, con indicación de la hora de inicio y fin del muestreo y del tiempo total que estuvieron colocadas.

contaron e identificaron los peces muertos.

Una vez reconocida la zona afectada por la mortandad se procedió a la selección de los puntos para llevar a cabo el muestreo de la ictiofauna. Para ello se tuvo en cuenta los lugares donde habían aparecido peces muertos y se distribuyeron los puntos de manera que se muestrease, tanto la zona afectada como aquella otra que aparentemente había quedado fuera del ámbito de la mortandad, siguiendo el criterio de distribuir los sitios de muestreo lo más equidistantemente posible. De esta forma se eligieron 7 lugares dentro del curso del propio río Barbate y 2 (1C y 2C) en un canal adyacente (Figura 1).

3.2. Muestreo de la ictiofauna

El muestreo de los peces se llevó a cabo los días 23 y 24 de mayo de 1998 por medio de nasas de distintos tipos (anguileras de tres muertes y camaroneras de dos muertes), trampas de botella (*minnow traps*) para peces pequeños y redes de enmalle (trasmallos de 10x1.5 m) (Tabla 1).

Los peces capturados fueron identificados, medidos (longitud total, LT, mm) y pesados (peso fresco total, g) *in situ*.

Los resultados de las capturas se expresan como capturas por unidad de esfuerzo (c.p.u.e.) y bioma-

El cultivo del arroz y los regadíos ocupan una amplia extensión en las inmediaciones del río

sa (gramos) por unidad de esfuerzo (b.p.u.e.), siendo una unidad de esfuerzo la suma de 1 nasa anguilera, 1 nasa camaronera y 2 trampas de botella, colocadas durante 24 h. Los trasmallos no se incluyeron en la unidad de esfuerzo, por haberse colocado sólo en dos puntos de muestreo y sus capturas se utilizaron para resultados biológicos y de tipo cualitativo.

3.3. Análisis de los datos

Para evaluar los cambios que acontecen en la ictiofauna en el tramo de estudio se ha representado la abundancia y biomasa de las distintas especies y del conjunto de la asociación íctica a lo largo de un perfil longitudinal del mismo. Esta misma representación se ha realizado para la diversidad, calculada con el índice de Shannon-Wiener

[10] y la riqueza específica (número de especies).

Para determinar si se ha producido alguna variación en la composición de la asociación íctica, a lo largo del tramo estudiado, se han realizado sendos análisis de componentes principales (ACP) sobre las matrices (sitios x especies) de capturas (c.p.u.e.) y biomasa (b.p.u.e.) transformadas logarítmicamente [$\log(x+1)$].

El ACP permitirá agrupar a las especies según sus afinidades de distribución y de esta forma puede definir las principales asociaciones de especies de peces observadas en la zona.

4. Resultados y discusión

4.1. Caracterización preliminar de la mortandad: extensión de la misma e identificación de ejemplares muertos

En la visita preliminar realizada a la zona de muestreo el 19 de mayo de 1998, al poco de haberse producido la mortandad masiva de peces, fue posible observar la existencia de numerosos peces muertos flotando sobre las aguas y depositados sobre las orillas a lo largo de todo el transecto recorrido. La mayoría de los ejemplares muertos pertenecía a la familia Mugilidae, mayoritariamente a la especie *Liza ramada*. Los ejempla-

Tabla 2

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA TOTAL (individuos)	%	BIOMASA TOTAL (g)	%
Anguillidae	anguila	<i>Anguilla anguilla</i>	7	2,11	1303,9	1,91
Cyprinidae	barbo	<i>Barbus sclateri</i>	261	78,61	60692,8	89,10
	cachuelo	<i>Leuciscus pyrenaicus</i>	3	0,90	53,8	0,08
	carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	5	1,51	3032,9	4,45
Cobitidae	colmilleja	<i>Cobitis paludica</i>	2	0,60	11,3	0,02
Atherinidae	pejerrey	<i>Atherina boyeri</i>	43	12,95	31,8	0,05
Mugilidae	lisa	<i>Liza ramada</i>	11	3,31	2989,4	4,39
		TOTAL	332		68115,9	

Tabla 2. Abundancia y biomasa total de las especies de peces capturadas en el tramo bajo del río Barbate (Cádiz).

res muertos de esta familia presentaban distintas tallas, si bien parecían más abundantes los de longitud comprendida entre 15 y 20 cm. Otra clase de talla bien representada, aunque en menor proporción que la anterior, era de unos 30 cm de longitud total.

La segunda especie más numerosa entre los ejemplares muertos, aunque a gran distancia de los mugilidos, fue la anguila (*Anguilla anguilla*). Los ejemplares de esta especie variaban en longitud, desde medianos (unos 20 cm) hasta ejemplares mayores, próximos a los 40 cm. Únicamente se observó un ejemplar muerto de barbo (*Barbus sclateri*).

El número total de ejemplares muertos se desconoce, pues cuando se reconoce la zona, una fracción indeterminada de los mismos ya ha sido retirada por algunos grupos de operarios y al mismo tiempo se ha producido el arrastre de un número igualmente indeterminado de ejemplares aguas abajo.

4.2. Composición taxonómica y abundancia de la ictiofauna remanente

En total se capturaron 332 ejemplares de peces, pertenecientes a siete especies (Tabla 2), que sumaban una biomasa total de algo más de 68 kg. La ictiofauna registrada en la zona de estudio es la típica

que habita en este tipo de tramos fluviales (ver Doadrio et al., 1991). Con excepción de la carpa, son todas especies autóctonas. Barbos, carpas (*Cyprinus carpio*), cachuelos (*Leuciscus pyrenaicus*) y colmillejas (*Cobitis paludica*) son especies de aguas continentales que resisten cierto grado de salinidad, si bien su vida normalmente se desarrolla por completo en el medio fluvial. Anguilas (*Anguilla anguilla*), pejerreyes (*Atherina boyeri*) y lisas (*Liza ramada*) son especies eurihalinas que comparten el medio marino y el continental. Son típicas de los ambientes estuáricos, aunque en algunos casos pueden penetrar en aguas sin influencia marina.

La especie dominante fue sin duda el barbo, con una frecuencia de aparición superior al 78% y más del 89% de la biomasa total (Tabla 2). La segunda especie en impor-

tancia, en cuanto al número de ejemplares capturados fue el pejerrey, mientras que en biomasa carpas y lisas compartían el 4,5% cada una, aproximadamente (Tabla 2).

Otra fauna capturada durante el muestreo aparece recogida en la Tabla 3.

4.3. Distribución espacial de la ictiofauna

La distribución espacial de la ictiofauna fue muy heterogénea, tanto en lo que respecta a capturas, como a biomasa (Figura 2). Y ello a pesar de la proximidad de los puntos muestreados y de la homogeneidad estructural del curso de agua. Algunas especies como el cachuelo o la lisa presentan máximos en los tramos superiores (puntos 1 y 2). A la anguila le ocurre algo similar, si bien vuelve a aparecer en el punto inferior (7). El pejerrey muestra un

Tabla 3

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	ABUNDANCIA (INDIVIDUOS)	%
cangrejo americano	<i>Procambarus clarkii</i>	25	39,68
galápago leproso	<i>Mauremys leprosa</i>	35	55,56
culebra de agua	<i>Natrix maura</i>	1	1,59
polla de agua	<i>Gallinula chloropus</i>	1	1,59
rata de agua	<i>Arvicola sapidus</i>	1	1,59

Tabla 3. Lista de otras especies de animales vinculados al medio acuático capturadas en el tramo bajo del río Barbate (Cádiz) y abundancia total de cada una de ellas.

La segunda especie más numerosa entre los ejemplares muertos, aunque a gran distancia de los mugílidos, fue la anguila

patrón fluctuante, en lo que respecta a abundancia, mientras que en biomasa presenta un fuerte máximo en el punto 2. El barbo presenta un pico muy marcado de abundancia y biomasa en el punto 6, mientras que la carpa sólo aparece en el punto más bajo. La colmilleja sólo se captura en el punto 1 del canal. El galápagos y el cangrejo de río, dos especies oportunistas de hábitos carroñeros [12], presentaron máximos en el punto 4 (Figura 2).

Los cambios tan marcados que se aprecian en todas las especies analizadas delimitan una zona comprendida entre los puntos 2 y 7, donde se sitúa el episodio de mortandad masiva observado días antes. Es, por tanto, posible atribuir estos cambios al episodio contaminante y a la subsiguiente desaparición masiva de efectivos piscícolas.

Para valorar los efectos globales de la mortandad sobre la ictiofauna, se analizaron algunos de los principales parámetros descriptores de la comunidad, tales como: abundancia y biomasa totales, diversidad de las capturas y de la biomasa, calculadas con el índice H' de Shannon-Wiener, y riqueza total a lo largo del transecto estudiado (Figura 3). En el caso de la diversidad y la riqueza de especies se pone de manifiesto un patrón muy similar, en el que se aprecia un descenso muy acu-

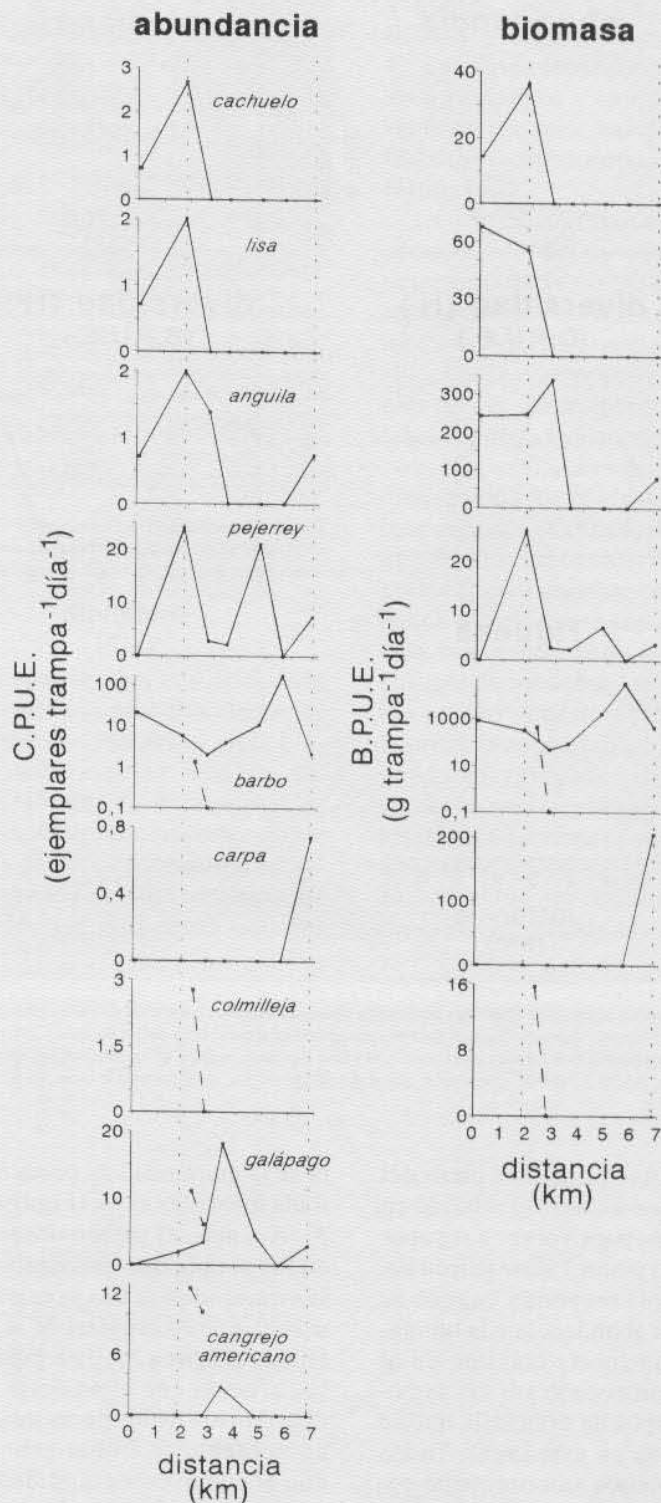


Figura 2. Distribución de la abundancia [C.P.U.E.] y biomasa [B.P.U.E.] de las distintas especies capturadas a lo largo del perfil longitudinal del tramo estudiado, incluyendo al galápagos y al cangrejo rojo americano. En el eje de abscisas se representa la distancia entre puntos de muestreo, comenzando en el punto 1, como distancia 0. También se representan los dos puntos muestreados en el canal (1C y 2C) con una línea a trazos. El tramo en el que se registra la mortandad se delimita con líneas punteadas. Nótese que el eje de ordenadas, en el caso del barbo, está en escala logarítmica.

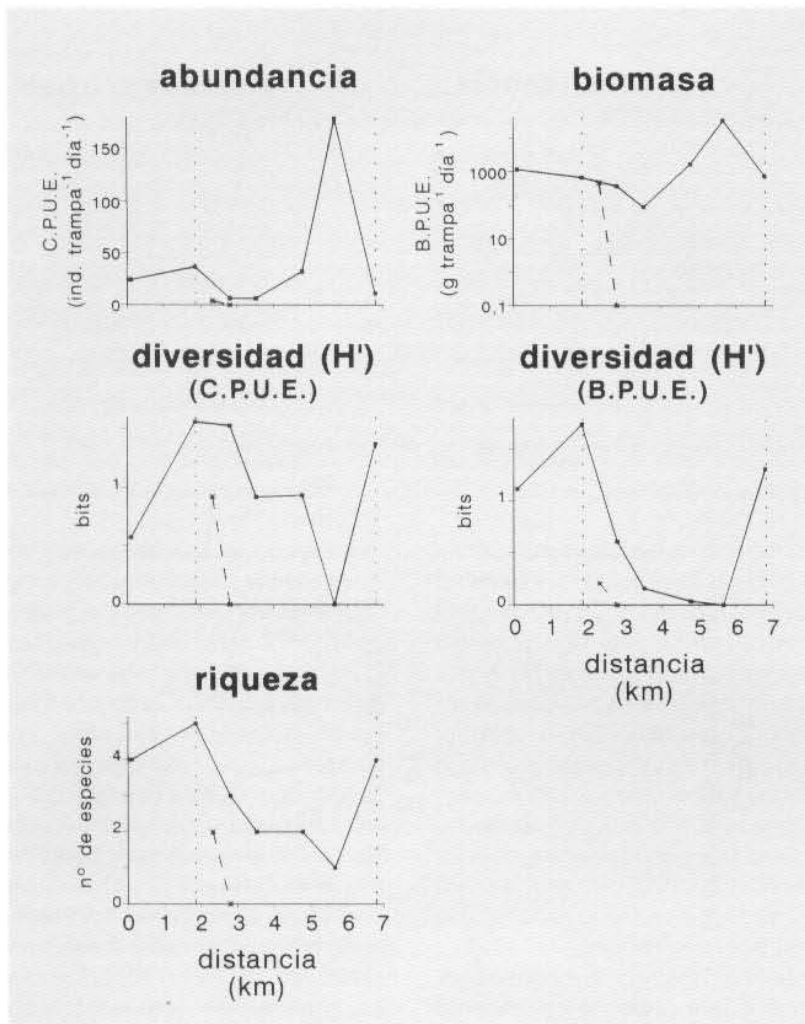


Figura 3. Variación espacial de diferentes parámetros descriptores de la comunidad de peces (abundancia, diversidad de Shannon-Wiener y riqueza) del tramo estudiado en el curso bajo del río Barbate (Cádiz). El eje de abscisas, los puntos muestreados en el canal y el tramo donde se registra la mortandad, se representan igual que en la Figura 2. Nótese, igualmente, que el eje de ordenadas, en el caso de la biomasa está en escala logarítmica.

sado de estas variables a partir del punto 2 que alcanza el mínimo en el punto 6, para volver a recuperarse en el punto 7. Este patrón sufre casi una inversión cuando se trata de la abundancia y la biomasa, con un fuerte máximo en el punto 6, provocado por los numerosos barbos de gran talla que se capturaron en este lugar. Todos los parámetros anteriormente comentados mostraron valores inferiores en los puntos muestreados en el canal, respecto a los situados en el río a su mismo nivel.

En conjunto, estos resultados pueden ser la consecuencia direc-

ta de la mortandad de peces registrada unos días antes (**Figuras 2 y 3**). Además, el patrón observado en los parámetros descriptores de la comunidad fética precisa aún más el ámbito espacial de la mortandad (**Figura 3**). Esta hipótesis se refuerza con el análisis de la distribución de los peces muertos, coincidente en líneas generales con el tramo comprendido entre los puntos 2 y 7. El día 23 de mayo aún fue posible ver peces muertos en los puntos 4, 5, 6, 7 y 2c.

En relación a las especies, analizadas de forma individual, son las lisas, cachuelos y anguilas las

Los barbos, en condiciones normales, poseen una elevada capacidad dispersiva

que aparentemente más se han visto afectadas. Este dato se ve apoyado por el censo de ejemplares muertos, la gran mayoría lisas y en menor medida anguilas. Los cachuelos deben mostrar, en general, densidades bajas o muy bajas. Esta especie compite mal con otros ciprínidos y puede verse desplazada por los barbos [13], muy abundantes en la zona estudiada. A pesar de ello, sus previsibles escasos efectivos han podido verse también afectados y, o bien han desaparecido de los puntos inferiores o bien su densidad está por debajo del límite de detección de la técnica de muestreo empleada. Conviene mencionar que esta especie es muy susceptible de ser capturada en trampas como las nasas. Las anguilas reaparecen en el último punto muestreado fuera ya del ámbito de la mortandad.

Los pejerreyes son relativamente abundantes en los puntos 2 y 5. En principio esta distribución no parece relacionada con la mortandad. Algo similar se puede comentar sobre los barbos, capturados en gran número en el punto 6. Aparentemente, esta especie se ha visto menos afectada por el episodio contaminante (como se confirma por el bajo número de ejemplares observados muertos) y/o ha recolonizado rápidamente el tramo que sufrió los efectos de los plaguicidas. Los peces tienen muy desarrollado el sentido del

ESPECIES	ABUNDANCIA		BIOMASA	
	CP1 (42,10%)	CP2 (21,09%)	CP1 (42,32%)	CP2 (17,87%)
Anguila	0,78*	-0,41	0,79*	-0,11
Barbo	0,42	0,80*	0,36	0,48
Cachuelo	0,79*	-0,42	0,80**	-0,56
Carpa	0,08	-0,07	0,11	-0,60
Colmilleja	-0,57	-0,29	-0,54	-0,32
Pejerrey	0,54	-0,43	0,50	-0,02
Lisa	0,79*	-0,39	0,80**	-0,55
Galápago	-0,67*	-0,60	-0,73*	-0,23
Cangrejo	-0,83**	-0,36	-0,83**	-0,48

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre los dos primeros componentes principales extraídos del ACP de las matrices de abundancia (C.P.U.E.) y biomasa (B.P.U.E.) y los datos de abundancia y biomasa de cada una de las especies capturadas. Entre paréntesis se incluye el porcentaje de varianza explicado por cada componente. n=9. *P<0,05; **P<0,01

olfato y reaccionan con rapidez ante la presencia de tóxicos en las aguas, normalmente alejándose del foco donde se localizan las sustancias nocivas. Los barbos, en condiciones normales, poseen una elevada capacidad dispersiva [13] [14]. Es posible, por tanto, que la combinación de ambos factores haya conducido a la respuesta observada en esta especie, que además por su carácter oportunista esté explotando una zona donde el número de potenciales competidores (por ejemplo anguilas y lisas) se ha reducido drásticamente.

En conexión con la hipótesis que se viene planteando, la abundancia de galápagos y cangrejos, especialmente de los primeros, en la zona más afectada por la mortandad podría ser consecuencia de la abundancia de carroña –principal alimento de estos animales– en forma de peces muertos, acumulada en esta zona.

4.4. Asociaciones ícticas

Las repercusiones de la mortandad a nivel de la asociación íctica en su conjunto, se manifiestan a través de una acentuada re-

ducción en la riqueza y diversidad de especies y, probablemente, de incrementos asociados en la biomasa de las especies más oportunistas (Figura 4). Para establecer las principales asociaciones de especies de peces y examinar su variación a lo largo del transecto estudiado se realizaron sendos

ACPs sobre las matrices especies x puntos, para las C.P.U.E. y B.P.U.E., respectivamente (Tabla 4). En estos análisis se han incluido a galápagos y cangrejos, por ser especies acuáticas que pueden facilitar la interpretación de los resultados.

La distribución al azar de las especies dentro del tramo estudiado determinaría la no existencia de agrupaciones y el ACP no revelaría ningún grupo de especies. Los resultados de este análisis ponen de manifiesto, sin embargo, la existencia de dos asociaciones de especies independientes y de otras cuya distribución no se ajusta a un patrón definido (Tabla 4). Por un lado están los cachuelos, lisas y anguilas (positivamente correlacionados con el primer componente), y en menor medida los pejerreyes, con una distribución localizada en los puntos superiores. Por otro, aparece la asociación compuesta por galápagos, cangrejos (negativamente correlacionados con el primer componente) y colmillejas que tiende a dominar en el canal y en los puntos intermedios del tramo estudiado (Tabla 4).

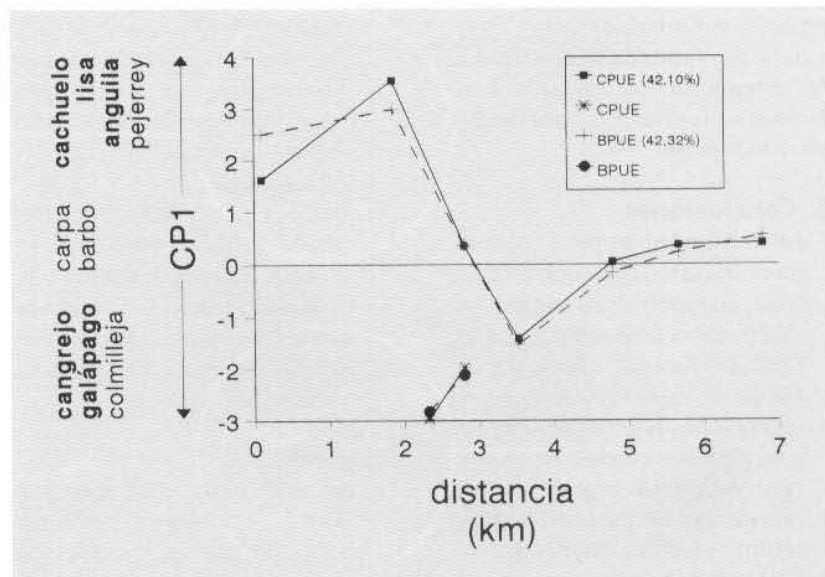


Figura 4. Evolución del primer componente principal (CP1) de las matrices de abundancia (C.P.U.E., línea continua) y biomasa (B.P.U.E., línea discontinua) a lo largo del transecto estudiado. El eje de abscisas y los puntos muestrados en el canal se representan igual que en la Figura 2. La carpa y el barbo no forman asociación alguna y se distribuyen indistintamente a lo largo de todo el tramo muestreado.

Desde un punto de vista espacial se pone de manifiesto una serie de cambios en la composición de las asociaciones ícticas desde los puntos superiores al sector inferior (**Figura 4**). Al comienzo domina la asociación constituida por cachuelos, lisas y colmillejas para rápidamente cambiar hacia otra situación intermedia en la que tienden a predominar cangrejos y galápagos y especies como el barbo. Finalmente se produce un nuevo cambio hacia una situación intermedia dominada por barbos, carpas, especies generalistas no encuadradas en asociación alguna dentro del área de estudio (**Figura 4**).

Este último resultado, de gran relevancia, señala la existencia de, no sólo cambios cuantitativos (abundancia, diversidad y riqueza) asociados al episodio contaminante que produjo la mortandad de los peces, sino a cambios cualitativos significativos en la composición taxonómica de la ictiofauna. Es decir, la asociación íctica dominante de los tramos superiores no afectados por el evento contaminante, es substituida por otra muy diferente al final del transecto estudiado. Queda por dilucidar la persistencia espacio-temporal de estos cambios, y por tanto de la elasticidad del sistema para recuperar las condiciones previas a la mortandad masiva de peces.

5. Conclusiones

1. La mortandad de peces acaecida en el tramo bajo del río Barbate comprendido entre las compuertas de San Fernando y Cañada Ancha, cerca de La Barca de Vejer afectó especialmente a las lisas (*Liza ramada*) y en menor medida a las anguillas (*Anguilla anguilla*). La mortandad de barbos (*Barbus sclateri*) fue mucho menor.
2. La distribución espacial de las especies de peces mostró un patrón muy marcado no atribuible, en principio, al efecto del

azar. La diversidad y riqueza ícticas disminuyeron apreciablemente en los puntos donde se habían localizado los peces muertos. La abundancia, especialmente de barbos se incrementó notablemente en la zona afectada por la mortandad. Previsiblemente, la mortandad causada por el evento contaminante fue la responsable del patrón observado en la distribución de los peces.

6. Agradecimientos

Juan Manuel Prenda Morales y Arturo Menor Campillo colaboraron en el trabajo de campo. Miguel Clavero Pineda hizo valiosas sugerencias a una primera versión del manuscrito.

7. Bibliografía

- [1] VANNI, M. J. 1990. Effects on lower trophic levels of massive fish mortality. *Nature*, 344: 333-335.
- [2] QUINTANA, X Y F. A. COMIN. 1993. Modificaciones en las relaciones tróficas en marismas tras la aplicación de insecticidas. *Act. VI Cong. Esp. Limnol.*: 141-148.
- [3] HECKMAN, C. W. 1981. Long-term effects of intensive pesticides applications on the aquatic community in orchard ditches near Hamburg, Germany. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 10: 393-426.
- [4] NIEMI, G. J., P. DEVORE, N. DETENBECK, D. TAYLOR, J. D. YOUNT, A. LIMA, J. PASTOR Y R. J. NAIMAN. 1990. Overview of case studies on recovery of aquatic systems from disturbance. *Environ. Manage.*, 14: 571-588.
- [5] LINDHOLM, T., P. OHMAN, K. KURKIHELASMO, B. KINCAID AND J. MERILUOTO. 1999. Toxic algae and fish mortality in a brackish-water lake in Angstrom-Land, SW Finland. *Hydrobiologia*, 397: 109-120.
- [6] OLIVELLA, L., M. FIGUERAS, LL. TIRAPU, A. GINEBREDÀ, J. ROVIRA, LL. GODÉ, J. BORRELL, J. CAIXACH, F. PAUNÉ, M. OM, J. RIVERA Y F. PADROS. 1999. Mortandad de peces por vertido de pesticidas en el río Foix (Barcelona). *Tecnología del Agua*, 189: 17-24.
- [7] SHELDON, A. L. Y G. K. MEFFE. 1995. Short-term recolonization by fishes of experimentally defaunated pools of a coastal plain stream. *Copeia*, 4: 828-837.
- [8] DUEÑAS, M. A. Y J. M. RECIO. 2000. Bases ecológicas para la restauración de los humedales de La Janda (Cádiz, España). Servicio de Publicaciones. Universidad de Córdoba.
- [9] GONZALEZ DEL TANAGO, M. Y D. GARCIA DE JALON. 1995. Restauración de ríos y riberas. E.T.S. Ingenieros de Montes. UPM.
- [10] ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International.
- [11] DOADRIO, I., B. ELVIRA Y Y. BERNAT. 1991. Peces continentales españoles. Inventario y clasificación de zonas fluviales. ICONA. Colección Técnica.
- [12] ILHÉU, M. Y J. M. BERNARDO. 1993. Aspects of trophic ecology of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii* Girard) in Alentejo, South of Portugal. *Act. VI Cong. Esp. Limnol.*: 417-423.
- [13] PRENDA, J. 1993. Uso del hábitat en algunas poblaciones de animales acuáticos de un río del sur de España. Influencia de las interacciones bióticas. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- [14] PRENDA, J. Y C. GRANADO. 1995. Estimaciones del dominio vital y calidad del hábitat a lo largo del invierno en tres especies de peces (Cyprinidae) de un río de régimen mediterráneo. Doñana, *Acta Vertebrata*, 21: 61-77.

SUMARIO

TECNOLOGIA DEL AGUA Nº 218 • Noviembre • 2001

Editorial

- 5** Riesgo sanitario

Artículos Técnicos

- 24** Implantación de un sistema LIMS en un laboratorio de control de calidad de aguas de consumo
Implantation of a LIMS system in a quality control laboratory of drinking water
- 33** Caracterización ecológica de los efectos de una mortandad de peces en el tramo bajo del río Barbate (Cádiz)
Ecological evaluation of the effects of a massive fish killing in the lower Barbate river (Cádiz)
- 49** Optimización y modelado del consumo del agua en la industria de azúcar de caña
Optimisation and modelling of water consumption in the sugar cane industry
- 60** Efectos de la ozonización sobre la formación de trihalometanos durante la desinfección final del agua potable con cloro
Ozonation effects on trihalomethane formation during the disinfection of drinking water with chlorine

- 67** Trihalometanos en agua para consumo humano de la ciudad de San Juan (Argentina)
Trihalometanes in San Juan city (Argentina) drinking water

- 72** Estudio comparativo de la calidad de las aguas embalsadas en la provincia de Cádiz
Comparative study of the quality waters dammed in the county of Cádiz (south of Spain)

- 94** La gestión de aguas y la agricultura, nexo de unión en la próxima cita de Ifat 2002

Ferias y Congresos

- 96** La gestión avanzada de los residuos orgánicos: el compost
- 99** Jornadas sobre nuevas fórmulas de gestión de las aguas residuales urbanas
- 100** Arcoatlántica analizará la calidad ambiental del medio hídrico y el tratamiento de las aguas residuales



- 9** Noticias del sector
- 88** Agenda
- 106** Productos y Equipos

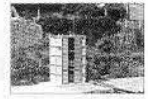
- 116** Libros y Catálogos
- 121** Índice compras
- 128** Índice anunciantes

Portada

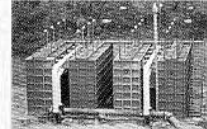
Plantas Potabilizadoras Compactas Modulares



Colocación Fe 6th y CP-250 (350 m³/día)



Compacta CP-200 (700 m³/día)



Rotabilizadora modular (24.000 m³/día)



Módulo M-3000 (2.580 m³/día)



Ampliación ETAP (8.640 m³/día)

MADESA
MAQUINARIA, DEPURACIÓN Y SERVICIOS, S.A.
Provenza, 388, 5ª planta
08025 BARCELONA
Tel. 932 080 740
Fax: 934 592 087
http://www.madesa.es
E-MAIL: madesa@madesa.es



En la portada de este número, MADESA presenta varias soluciones para el abastecimiento municipal de agua potable, aplicando PLANTAS POTABILIZADORAS MODULARES de su fabricación.

Estas plantas son de rápida y fácil instalación, su manejo es simple y los costes de explotación se abaratan mucho respecto a las plantas convencionales que funcionan mediante filtros de arena de lavado a contracorriente, ya que estas plantas se basan en filtros de lavado ininterrumpido, los cuales no precisan de presión ni manejo de válvulas automáticas programadas. El lavado es continuo y automático sin precisar de atenciones especiales de técnicos muy cualificados.

Existe una extensa gama de módulos que permiten solventar las necesidades tanto para pequeños municipios como para grandes ciudades, instalando varias unidades en paralelo y permitiendo con facilidad realizar una obra en varias fases que se amplían según las necesidades reales de cada momento.

Maquinaria, Depuración y Servicios, S.A., tiene una dilatada experiencia en el sector medioambiental y posee desde marzo de 1999 la certificación de calidad ISO 9001 de AENOR (Registro 0214/1/99).

MADESA
MAQUINARIA, DEPURACIÓN Y SERVICIOS, S.A.

Provenza, 388, 5ª planta
08025-Barcelona
Tel. 932 080 740 - Fax: 934 592 087
http://www.madesa.es
E-mail:madesa@madesa.es