

# LA CALIDAD NUTRITIVA DEL SEDIMENTO DEL ESTUARIO DEL RÍO PALMONES (CÁDIZ)

*Sonia Moreno Corrales / Antonio Avilés Benítez / Laura Palomo Ríos  
María Carrasco Sierra / Ricardo Figueroa / F. Xavier Niell Castanera*

Departamento de Ecología y Geología, Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga

## RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de la calidad del sedimento del estuario del río Palmones (bahía de Algeciras) analizando el contenido pigmentario y orgánico del sedimento. El bajo valor del índice formado por estas dos variables en comparación con los observados en zonas muy productivas del NO peninsular muestran que el sedimento del estuario de Palmones no es de muy buena calidad y poco productivo, como consecuencia de la progresiva eutrofización que está sufriendo el estuario en los últimos años. Los aportes procedentes de los vertidos industrial, agrícola y urbano son entre otros factores los responsables de esta eutrofización. Todo esto afecta a la densidad y diversidad de las comunidades del zoobentos y, por tanto, a la producción anual de especies de interés comercial tales como los moluscos bivalvos.

**Palabras claves:** calidad del sedimento, eutrofización, estuario de Palmones.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los importantes recursos que aportan los ríos y estuarios al hombre hace que estos ambientes hoy en día estén sometidos a una importante presión antropogénica que afecta a las características de los sistemas naturales. Estos ambientes reciben en sus aguas aportes de nutrientes y otros compuestos químicos por vertidos puntuales (aguas residuales) o difusos (actividad agrícola o contaminación atmosférica) que fuerzan al sistema acelerando los ciclos biogeoquímicos.

La escasez de recursos hídricos al sur de la península Ibérica ha provocado la masiva construcción de canales y presas para garantizar el abastecimiento de las poblaciones, modificando el trazado de los ríos y, por tanto, la dinámica natural del agua.

El río Palmones constituye un buen ejemplo de sistema epicontinental que sufre las consecuencias de la actividad humana. Entre las peculiaridades que le afectan cabe destacar la construcción del embalse de Charco Redondo en 1985 a 23 km de la desembocadura y el azud de CELUPAL, barrera física que impide el flujo de agua desde el río al estuario. A esto hay que sumarle los vertidos ilegales o puntuales y los procedentes de la estación depuradora de aguas residuales de Los Barrios en los últimos 12 km, así como el uso agrícola de la zona baja del río, la contaminación atmosférica y la que llega al estuario desde la Bahía debido a los polígonos industriales existentes en la zona y al importante tráfico de barcos en el estrecho de Gibraltar (Avilés, 2002).

Todas estas perturbaciones han afectado a los procesos de intercambio de nutrientes en el sedimento-agua, favoreciendo la sedimentación de material particulado y aumentando el contenido orgánico. En definitiva han provocado un incremento de la eutrofización del sistema que afecta tanto a la calidad nutritiva del sedimento como a las comunidades de animales que habitan en él y a la producción anual de especies de interés comercial, haciendo que el estuario sea un buen modelo de estudio de sistemas bajo presión antropogénica. En este ámbito surge este trabajo, centrándose en la caracterización del sedimento desde el punto de vista de su calidad nutritiva.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Zona de estudio**

El estuario del río Palmones se localiza al sur de la península Ibérica (Cádiz) entre los términos municipales de Algeciras y Los Barrios. El estuario discurre a través de un canal muy sinuoso formado por cinco meandros de diferente curvatura, con una longitud de 5,5 km que comprende desde la desembocadura hasta el azud de la fábrica de CELUPAL, estructura que frena el ascenso de agua salina e impide el desarrollo del estuario. La anchura máxima del canal es de 0,5 km con una profundidad media entre 1,5 y 2 m en marea baja. Clavero *et al.* (1997) lo definen como un estuario bien mezclado, sometido a vaciado diario con régimen lento y casi total con mareas vivas. Los movimientos de marea tienen un máximo de amplitud de 2m, emergiendo durante la marea baja amplias zonas de lodo.

En el margen derecho de la desembocadura se presenta una flecha arenosa, situándose a espaldas de ésta la marisma de Palmones, espacio de 58 has declarado Paraje Natural en 1989. En el margen izquierdo se encuentra la aldea de Palmones.

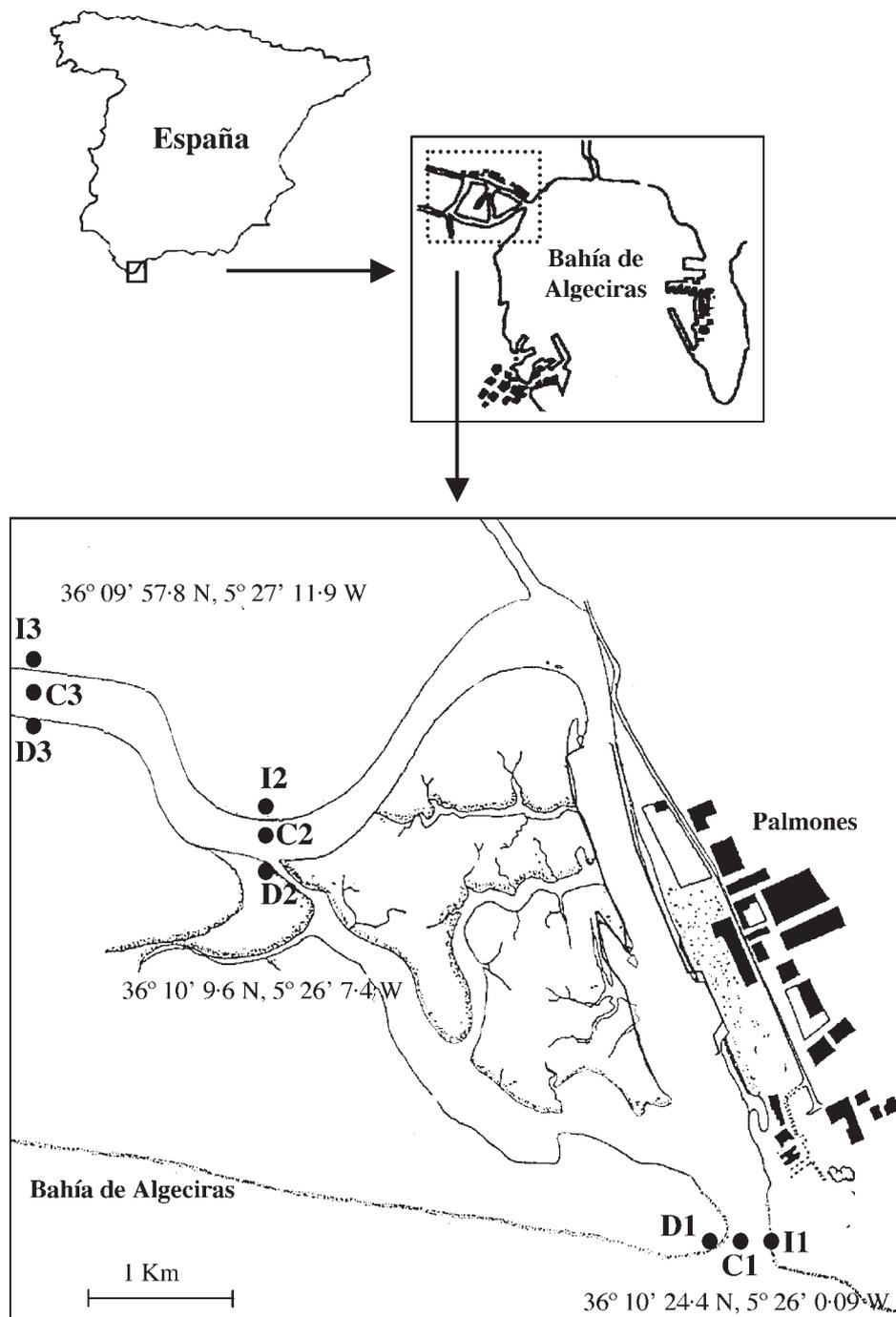
El estuario de Palmones está bajo la influencia de la intervención humana que afectan al funcionamiento de su dinámica, entre las que cabe destacar la presencia de varias barreras físicas y los vertidos de distinta naturaleza en la cuenca.

### **2.2. Toma de muestras, manipulación y técnicas analíticas**

La toma de muestras se llevó a cabo en la boca del estuario (E 1), y en el segundo y cuarto meandro (E 2 y E 3), a 3 y 5 km de la primera estación respectivamente, como se indica en la figura 1. Se tomaron un total de 45 muestras con cilindros de PVC en las orillas (sedimento intermareal) y en el centro del cauce (sedimento submareal) en bajamar. Una vez extraídos eran introducidos en posición vertical en bolsas de plástico sellando ambos extremos para mantener la estructura del sedimento. Para su correcto transporte eran depositados en nevera y una vez en el laboratorio se almacenaban en el congelador a -20°C hasta su posterior análisis.

Se utilizaron los cuatro primeros centímetros del sedimento para analizar el contenido pigmentario y de materia orgánica.

La extracción de pigmentos clorofílicos, entre los que se incluyen principalmente clorofila *a* y feopigmentos, se realizó a partir de una porción homogénea de sedimento fresco (aproximadamente 1 g) incubando con acetona al 80% durante 24



**Figura 1.** Mapa de la zona y estaciones de muestreo (I, orilla izquierda; C, centro del cauce; D, orilla derecha. Los números indican la estación de muestreo).

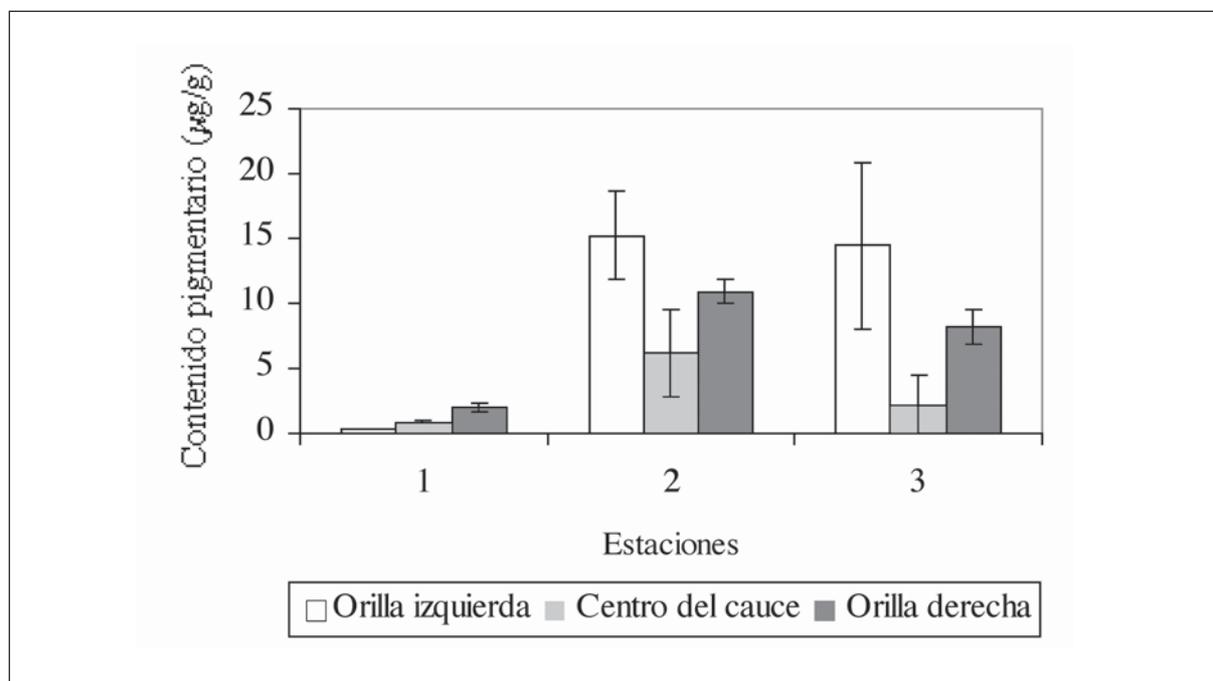


Figura 2. Contenido pigmentario medio en las estaciones de muestreo.

horas en oscuridad a 4°C (Lorenzen y Jeffery, 1980). Se emplearon métodos espectrofotométricos para determinar la concentración pigmentaria que se expresó como µg de pigmentos clorofílicos por g<sup>-1</sup> de peso seco de sedimento (µg g<sub>PS</sub><sup>-1</sup>).

El contenido orgánico del sedimento se estimó midiendo las pérdidas por ignición a 550°C durante cuatro horas a partir de aproximadamente 1 g de sedimento seco homogeneizado. La materia orgánica del sedimento se expresa como el porcentaje de las pérdidas por ignición frente al peso seco total.

A partir de estas dos variables se calculó el índice de calidad del sedimento definido por Niell (1980) como el contenido pigmentario/contenido orgánico expresado en mg g<sup>-1</sup>.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las figuras 2 y 3 se representan la concentración media del contenido pigmentario y orgánico del sedimento respectivamente. En general, el contenido pigmentario en Palmones no difiere del obtenido por Niell (1980) en otro sistema sedimentario cercano a focos de contaminación (vertido de la fábrica de pasta de papel de Placeres, Pontevedra) (3-14 µg g<sub>PF</sub><sup>-1</sup>), aunque el contenido orgánico medio tiene un valor de 13% algo más alto que el obtenido en este trabajo (3-6%).

En las estaciones alejadas de la boca del estuario el contenido pigmentario llegó a ser hasta 10 veces mayor que en la desembocadura del estuario y el orgánico hasta 12 veces. Este aumento de las variables estudiadas en las estaciones interiores es debido a que estas zonas están menos expuestas a los fuertes procesos hidrodinámicos (oleaje, viento, corriente, etc) que afectan principalmente a las desembocaduras de los ríos y que dificultan los procesos de sedimentación (Moreno, 2002). Por otro lado, los aportes de arena de la Bahía y de la parte alta del río disminuyen el contenido orgánico

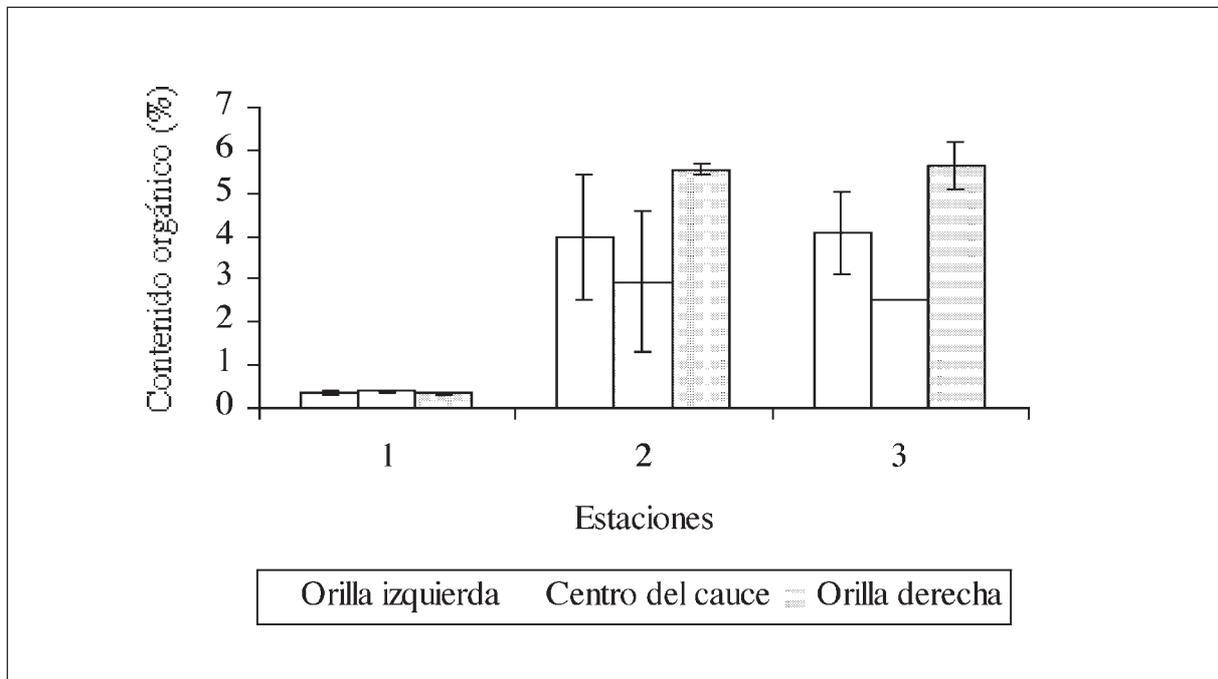


Figura 3. Contenido orgánico medio en las estaciones de muestreo.

en las desembocaduras al reducirse el contenido de arcilla, y por tanto, la adsorción de partículas orgánicas al sedimento (Estacio *et al.*, 1999).

Los valores observados en el sedimento submareal, tanto del contenido pigmentario como del orgánico, son considerablemente menores a los registrados en las orillas. En ambos casos, la elevada velocidad de la corriente en el centro del cauce ( $5 \text{ ms}^{-1}$  en la subida y  $4.8 \text{ ms}^{-1}$  en la bajada de la marea) provoca la resuspensión del sedimento, impidiendo la deposición tanto de organismos como de partículas (Clavero *et al.*, 1997). Además, la profundidad de la columna de agua limita la luz que llega a estos sedimentos, por lo que las condiciones no son favorables para la proliferación de algas microscópicas que habitan en él, tales como diatomeas, cianobacterias, euglenoides y dinoflagelados entre otros, genéricamente conocidos como microfítobentos, y a los que se les atribuye la mayor parte de los pigmentos clorofílicos de la superficie del sedimento de los estuarios (Delgado, 1989; Lukatelich y McComb, 1986). La presencia de vegetación de marisma cercana a las orillas supone un aporte de biomasa al medio acuático (Cunha-Lana *et al.*, 1991; Soriano-Sierra, 1992; Clarke y Jacoby, 1994; Taylor y Allanson, 1995). Parte de este material se deposita en las orillas durante la bajamar (Jorcin, 2000) lo que supone un aporte adicional a los márgenes de materia orgánica y pigmentos.

El estuario también recibe continuos aportes de nutrientes relacionados con la actividad humana (vertido industrial, agrícola y urbano) que junto con la escasez de precipitaciones en el período 1993-1995 y la retención de agua por el embalse de Charco Redondo a partir de 1987 ha provocado la progresiva eutrofización del mismo durante los últimos 15 años (Carreira *et al.*, 1995; Niell *et al.*, 1996; Clavero *et al.*, 1997a, 1999, 2000). La llegada de nutrientes representa una sobrecarga de energía que es aprovechado por los organismos fotosintéticos del plancton para producir nueva materia orgánica particulada que es empleada por los productores primarios. El agotamiento de oxígeno del medio por la degradación de la materia orgánica producida en exceso por los productores primarios es una consecuencia de la

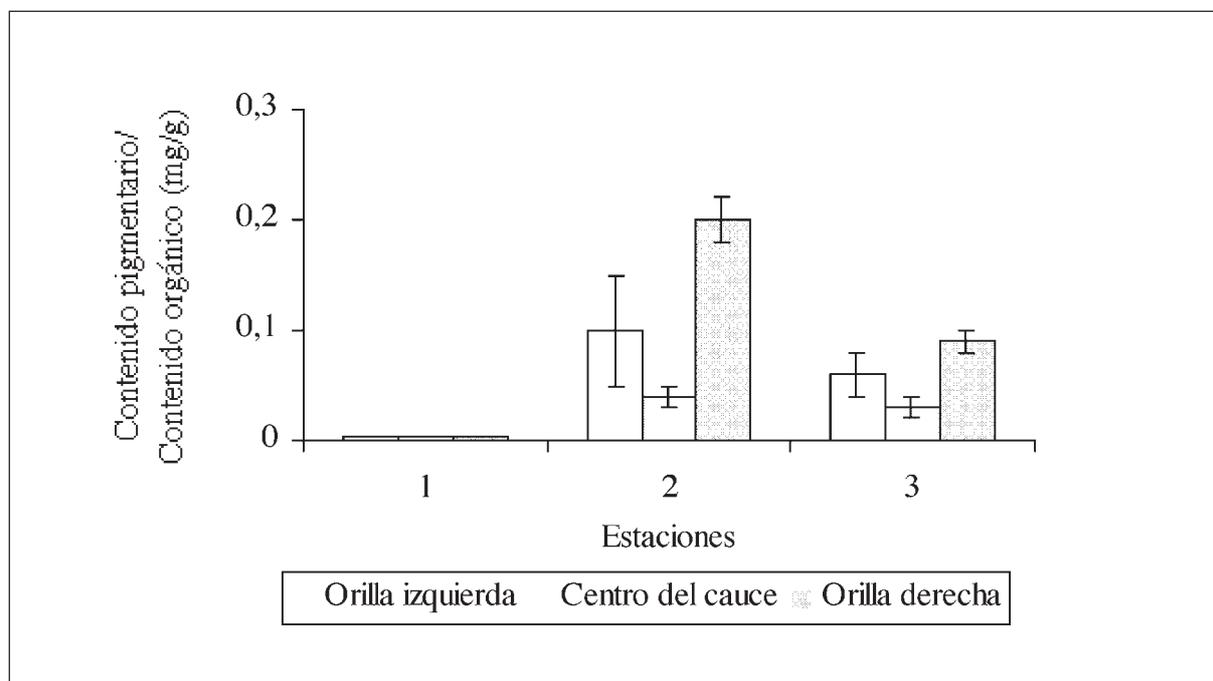


Figura 4. Índice de calidad del sedimento en las estaciones de muestreo.

eutrofización. A su vez, la ausencia de oxígeno hace que la degradación sea más lenta aumentando el contenido de partículas en el agua y acumulándose materia orgánica en el sedimento. Así lo indica el alto contenido orgánico observado en el sedimento de Palmones en los últimos años (alrededor del 10%) que supera con creces el límite establecido en 2% para sedimentos oligotróficos (figura 5).

La progresiva eutrofización del estuario de Palmones repercute en las comunidades del zoobentos que se pueden encontrar en el estuario. Las modificaciones que sufre el medio durante períodos de sequía, y por los aportes de arena de la parte alta del río y los vertidos de distinta naturaleza hacen que las especies que habitan en el estuario sufran fluctuaciones en sus densidades de un año a otro y que estén adaptadas a ambientes contaminados con gran contenido de materia orgánica (Estacio *et al.*, 1999).

Estos cambios han favorecido a algunas especies por presentar una mayor capacidad de adaptación a las nuevas condiciones. En la última década especies que carecen de interés comercial como son el molusco *Hydrobia ulvae*, y el poliqueto *Capitella capitata*, se establecen en Palmones como especies dominantes (Estacio *et al.*, 1999) debido a su carácter oportunista en condiciones de contaminación y su alta capacidad reproductiva (Muus, 1967; Leviton and Bianchi, 1981; Planas and Mora, 1987; Bridges *et al.*, 1994); por ello, estas especies pueden llegar a desaparecer siendo reemplazadas por otras cuando las condiciones del medio mejoran. Como consecuencia de este dominio disminuye la biodiversidad de las comunidades del zoobentos.

Entre las especies de moluscos bivalvos de interés comercial que están adaptadas a las condiciones actuales del medio, destacan en la desembocadura la concha fina, *Callista chione*, el corruco, *Acanthocardia tuberculata*, la almeja fina, *Venerupis decussatus*, el perrillo, *Phaphia aurea*, entre otros. Desde la desembocadura al azud se encuentran el berberecho

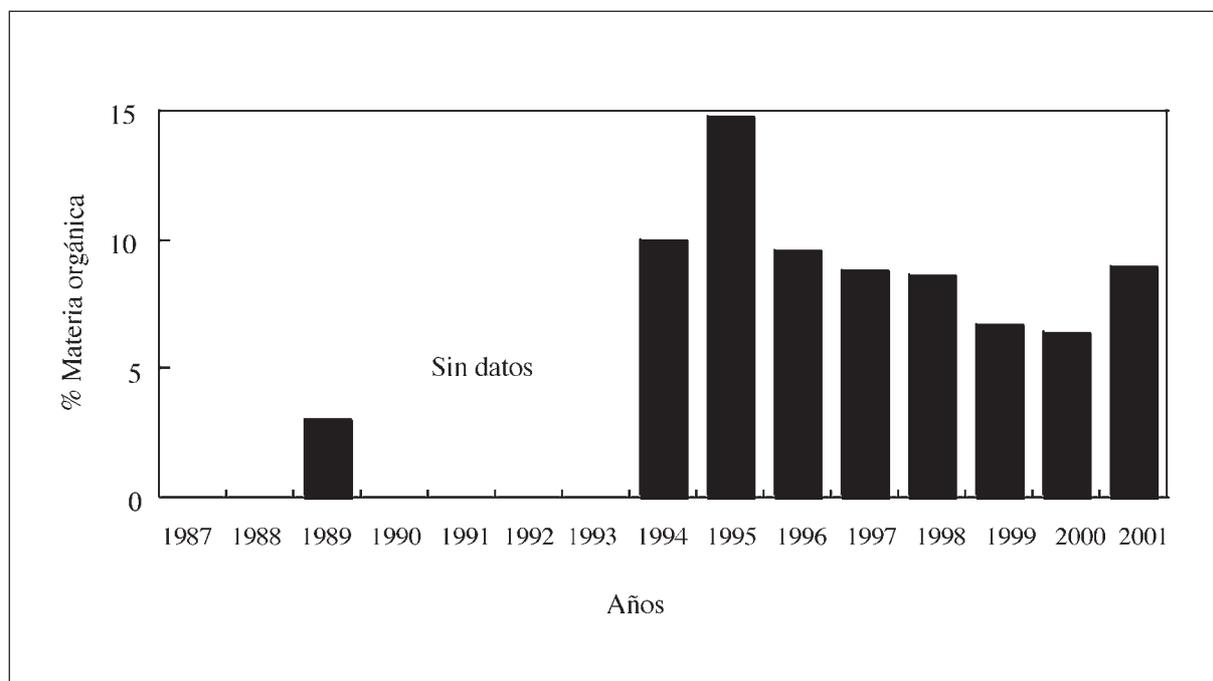


Figura 5. Contenido de materia orgánica del sedimento de Palmones de los últimos 15 años.

*Cerastoderma edule* L., zamburriña, *Chlamys varia*, la chirla, *Chamalea gallina*, etc. Entre los crustáceos se ha descrito la presencia de una especie de gran interés comercial, el langostino *Pennaeus kerathurus*, aunque prácticamente ha desaparecido del río debido al gran acumulo de fango en la desembocadura (EPYPSA, 1993).

Todas estas especies viven y se alimentan en arenas y fangos, por lo que están condicionadas por la calidad nutricional del sedimento. En la actualidad la baja calidad nutricional del mismo, como refleja el bajo valor del índice contenido pigmentario/contenido orgánico del sedimento del estuario, 0,004-0,1 mg g<sup>-1</sup>, en comparación con zonas estuáricas muy productivas del NO de la Península, 1,9 mg g<sup>-1</sup> (tabla 1), es responsable de que algunas especies de bivalvos; como la almeja fina y el perrillo, que en 1996 sufren una drástica disminución por las fuertes precipitaciones; no se hayan recuperado a pesar del cese de precipitaciones y de que el contenido de materia orgánica del sedimento no haya sufrido grandes cambios

Situación	Contenido pigmentario/orgánico (mg g <sup>-1</sup> )	Referencia
Areiño, Ría Vigo	1,9	Figueras (1956) y Margalef (1958)
Foz del Miñor, Ría Vigo	0,2-1,9	Anadón (1977)
Placeres, Pontevedra		Niell (1980)
300m del foco contaminación	1,1-1,8	
100m del foco contaminación	0,2	
Palmones, bahía de Algeciras		Moreno (2003)
E. 1	0,004	
E. 2	0,1	
E. 3	0,07	

Tabla 1. Índice de calidad del sedimento en diversas zonas intermareales de la Península.

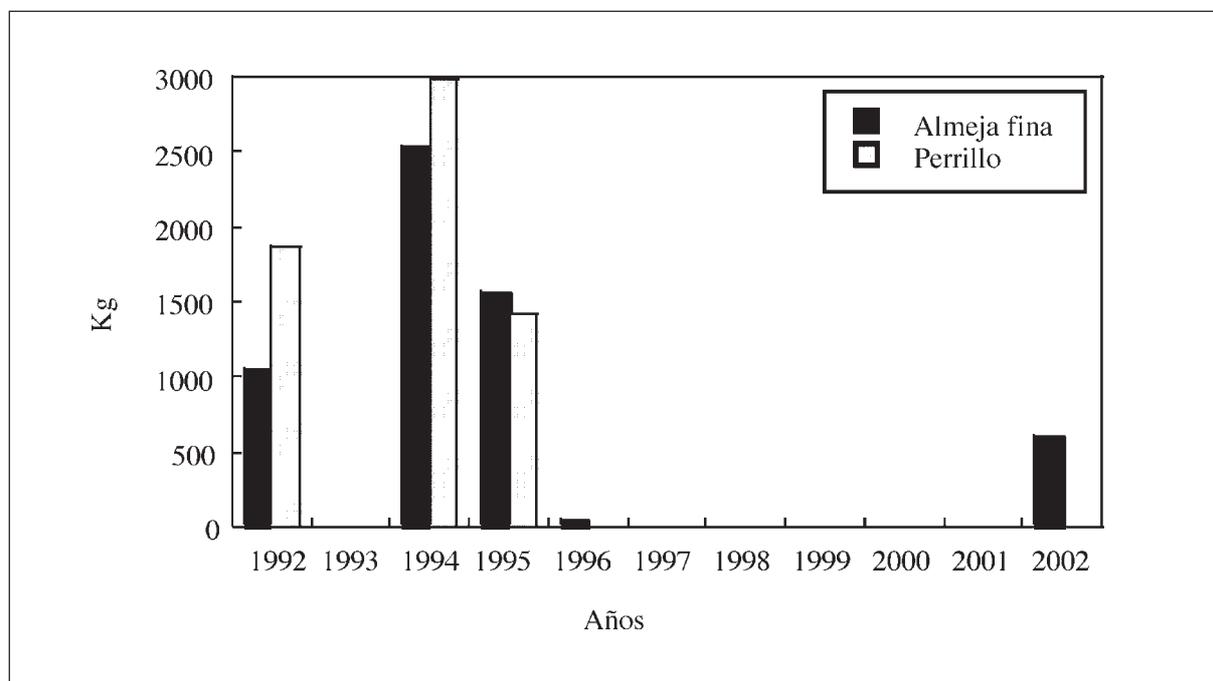


Figura 6. Capturas de almeja fina y de perrillo en el río Palmones.

(figura 6). La calidad nutricional del sedimento en Palmones es inferior incluso a aquellas zonas afectadas por vertido industrial (fábrica de pasta de papel en Placeres, Pontevedra), lo que es indicativo del deterioro de la calidad del sedimento que están ejerciendo los distintos vertidos en Palmones.

En resumen, el efecto combinado de las alteraciones de origen antropogénico y los cambios climáticos explican la acumulación de materia orgánica en el sedimento del estuario y su baja calidad nutricional afectando a las comunidades de zoobentos viéndose más alteradas por la contaminación las zonas menos expuestas a la renovación de agua. El escaso valor nutricional del sedimento en la actualidad hace difícil pensar en una pronta recuperación de estas comunidades.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- ANADÓN, R. "Estudio ecológico de la playa de la Foz, Ría de Vigo, España, durante los años 1973-1975". Tesis doctoral. Universidad Complutense Madrid, (1977), pp. 264.
- AVILÉS, A. "El papel del sector fluvial en la Biogeoquímica del río Palmones (Los Barrios, Cádiz)". Tesis doctoral. Universidad de Málaga. 2002.
- BEJARANO, A. y J. L. Valencia. "Estudio sobre las repercusiones que tendría la eliminación del Azud sobre el Estuario del Río Palmones", 2000.
- BRIDGES, T. S., L. A. Levin, D. Cabrera y G. Plana. "Effects of sediment amended with sewage algae or hydrocarbons on growth and reproduction in two opportunistic polychaetes", *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 177 (1994), pp. 99-119.
- CARREIRA, J., V. Clavero, J. A. Gálvez, J. Guevara, I. Hernández, J. Lucena, F.X. Niell, G. Peralta, J. L. Pérez-Llorens, R. Rodríguez y J. J. Vergara (eds. P. Kamermans y P. H. Nienhuis). *Eutrophication process in estuaries situated at the end of small catchments areas. Eutrophication and macrophytes*, 1995.
- CLARKE, P. J. y C. A. Jacoby. "Biomass and above-ground productivity of salt-marsh plants in south-eastern Australia". *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 45 (1994), pp. 1521-1528.
- CLAVERO, V., J. A. Fernández y F. X. Niell. "The influence of tidal regimen on phosphate accumulation in a shallow small estuary (Palmones River, Southern Spain)", *Sci. Mar.*, 6 (1997), pp. 59-65.
- CLAVERO, V., J. J. Izquierdo, J. A. Fernández y F. X. Niell. "Influence of bacterial density on the exchange of phosphate between sediment and overlying water". *Hydrobiol.*, 392 (1999), pp. 55-63.

- CLAVERO, V., J. J. Izquierdo, J. A. Fernández y F. X. Niell. "Seasonal fluxes of phosphate and ammonium across the sediment-water interface in a shallow small estuary (Palmones River, southern Spain)", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 198 (2000), pp. 51-60.
- CUNHA-LANA, P., C. Guiss y S. Trevisan-Disaro. "Seasonal variation of biomass and production dynamic for above and belowground components of *Spartina alterniflora* marsh in the euhaline sector of Paranagua Bay (SE Brazil)", *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 32 (1991), pp. 231-241.
- DELGADO, M. "Abundance and distribution of microphytobenthos in the bays of Ebro Delta (Spain)", *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 29 (1989), pp. 183-194.
- ESTACIO, F. J., E. M. García-Adiego, J. E. Carballo, J. E. Sánchez-Moyano, J. J. Izquierdo y J. C. García-Gómez. "Interpreting temporal disturbances in an estuarine benthic community under combined anthropogenic and climatic effects", *J. Coastal Res.*, 15 (1999), pp. 155-167.
- FIGUERAS, A. "Moluscos de las playas de la Ría de Vigo. I Ecología y Distribución". *Investigación Pesquera* 5 (1956) pp. 51-88.
- JORCIN, A. "Physical and chemical characteristics of the sediment in the estuarine region of Cananéia (SP), Brazil", *Hydrobiologia*, 431 (2000), pp. 59-67.
- LEVITON, J. S. y T. S. Blanchi. "Nutrition and food limitation of the deposit-feeders. I. The role of microbes in the growth of mud snails (Hydrobiidae)". *Journal of Marine Research*, 39 (1981), pp. 531-545.
- LORENZEN, C. J. y S. W. Jeffrey. "Determination of chlorophyll in seawater". *Unesco technical paper in marine science*, 35 (1980), pp. 20.
- LUKATELICH, R. J. y A. J. McComb. "Distribution and abundance of benthic microalgae in a shallow southwestern Australian estuarine system", *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 27 (1986), pp. 287-297.
- MORENO, S. "Escalas de variabilidad en el contenido pigmentario del sedimento del estuario del río Palmones". Tesis de Licenciatura. Universidad de Málaga. 2002.
- MORENO, S. y F.X. Niell. "Scales of variability on the chlorophyll pigments (CP) content in the sediment of a shallow estuary (Palmones river estuary, south Spain)". En prensa.
- MUUS, J. B. "The fauna of Danish Estuaries and Lagoons. Distribution and ecology of dominating species in the shallow reaches of the mesohaline zone", *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri og Ha Vunders gelseser*, 5 (1967), pp. 1-326.
- NIELL, F. X. "Incidencias de vertidos industriales en la estructura de poblaciones intermareales. Algunas variables de los sistemas sedimentarios en el espacio". *Inv. Pesq.*, 44 (1980), pp. 337-345.
- PLANAS, M. y J. Mora. "Dinámica poblacional de *Hydrobia ulvae* (Pennat) en la ría de Pontevedra (NO España)", *Cahier de Biologie Marine*, 28 (1987), pp. 447-464.
- SORIANO-SIERRA, E. J. "Standing crops and primary production of Arcachon Basin salt marshes (Gironde, France). 1 degree. *Spartina maritima* (Curt.) Ternald; *Halimione portulacoides* (L.) Aellen et *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott.", *J. Rech. Oceanogr.* 16 (1992), pp. 59-65.
- TAYLOR, D.I. y B.R. Allanson. "Organic carbon fluxes between a high marsh an estuary, and the inapplicability of the outwelling hypothesis", *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 120 (1995), pp. 263-270.

Estudio financiado por los Proyectos AMB99-1088 y REN2002-00340/MAR del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

*Almoraima, 31, 2004*