

GEOLIS

Nov bre. 90



UNIVERSIDAD DE HUELVA
REGISTRO GENERAL
5 SET. 1997
Cotejado y Conforme con el original
El Funcionario

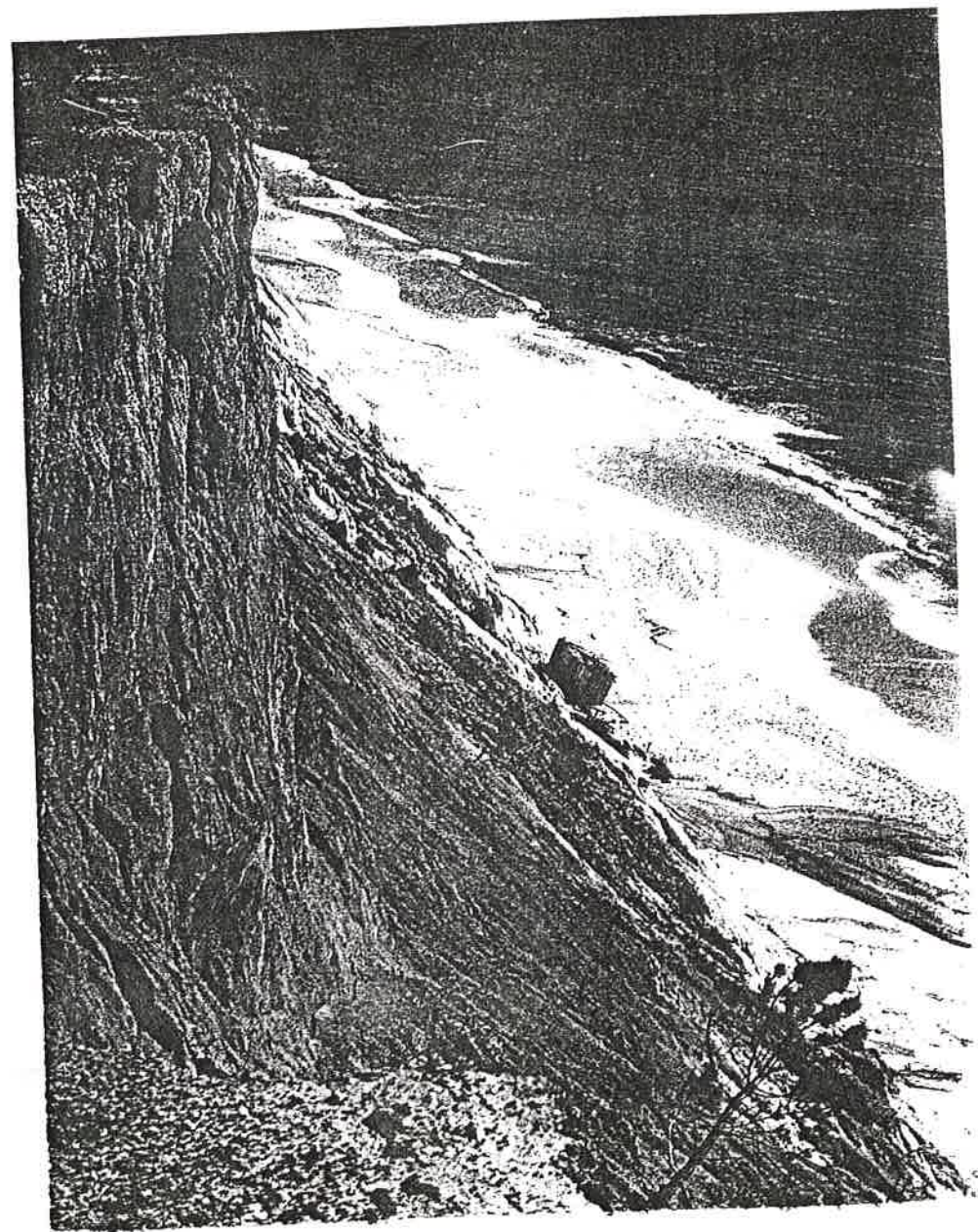
Sección de Geología Económica e Aplicada
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
LESBGA PORTUGAL

REVISTA DE
GEOLOGIA APLICADA E DO AMBIENTE

VOLUME
III

FASC. 1 e 2

DEZEMBRO-1989



EVOLUCION DEL CONTENIDO EN ALGUNOS METALES PESADOS EN LA RIA DEL PIEDRAS (HUELVA, ESPAÑA). CONSECUENCIAS AMBIENTALES

J. Borrego¹, J.A. Morales¹, J.G. Pendon¹ y M^a. J. Romero-Segura¹

ABSTRACT

Various superficial samples from the sediments accumulated at the Piedras Ría, which is a fluvio-marine system of the macrotidal coast from the Gulf of Cadix (Huelva, Spain), are studied from the geochemical point of view.

Consequently the data allow us to distinguish two patterns in the Cu-Cr-Pb-Zn contents, correlated with both the organic matter and the fine detrita:

- a) A progressive increasing from the head towards the El Terrón-El Rompido sector.
- b) And a decreasing from the El Rompido to the river-mouth.

These two patterns can be explained by several ways.

Nevertheless it is assumed as more practicable the next-one:

a) to consider the head of the environment as a chemical mixed zone, originated by the interaction of both salt and sweet waters. So that the change of the Red-Ox Potential will favoured the deposition.

b) At the El Terrón-El Rompido sector will be originated a "dynamic shadow" zone occasionated by the spit. In this point will be also deposited the heavy metals.

In this way it is concluded that the marine provenance of these heavy metals is clearly demonstrated. And, according to the geo-accumulation index, this zone is few or almost nothing polluted.

RESUMEN

Se estudian geoquímicamente muestras superficiales del sedimento de relleno de la ria del Piedras, que es un sistema de interacción fluvio-marina ubicado en la costa mesomareal del Golfo de Cádiz (provincia de Huelva).

El contenido en ciertos metales pesados (Cu-Cr-Pb-Zn) y su relación con la materia orgánica y detritos finos, permite distinguir dos tendencias en cuanto a su distribución:

- a) aumento progresivo desde la cabecera hasta el sector El Terrón-El Rompido
- b) disminución desde El Rompido hasta la desembocadura

Dichas tendencias pueden explicarse por varias vías. De éstas, la que nos parece más apropiada, de acuerdo con el estado actual de conocimientos, es la consideración de dos fenómenos:

a) existencia de una zona de mezcla química en la cabecera, originada por la interacción de las aguas dulce y salada, que alteraría el potencial Red-Ox favoreciéndose la decantación al ser ya un ambiente más oxidante.

b) y la consideración de una zona de "sombra dinámica" en El Terrón-El Rompido, favorecida por la pantalla de la flecha litoral, que también ocasionaría la decantación de los detritos.

El aporte de estos metales pesados se interpreta de procedencia marina. Y, de acuerdo con el índice de geoacumulación, resulta ser una zona poco ó nada contaminada.

¹ Universidad de Sevilla, Dpto. Geología y Minería, Facultad de Ciencias Experimentales, 21819 Palos Fra., Huelva, Spain

INTRODUCCIÓN

La desembocadura del río Piedras está situada en el sector nor-occidental del Golfo de Cádiz. Comprende un pequeño valle fluvial que fué inundado por el mar hace unos 5.000 años, durante la última transgresión flandriense (Nichels & Biggs, 1985) y cerrado parcialmente por la progradación en la dirección Este-Oeste de la flecha litoral de El Rompido (Fig. 1).

De la misma forma que en la desembocadura de los ríos más importantes de este sector costero, son varios los ambientes sedimentarios que se desarrollan aquí: ambientes de playa en la cara

expuesta de la flecha litoral y eólicos sobre ésta; ambientes de marcadas características mareales siendo los más importantes las marismas salobres o mareales (*tidal marshes*), en la zona interna de la misma.

El desarrollo y evolución de estos ambientes sedimentarios está controlado por una serie de factores hidrodinámicos entre los que cabe destacar: a) el régimen mareal, b) el oleaje y las corrientes de deriva litoral, y de forma menos perceptible c) los aportes fluviales (Borrego y Pendón, 1989a).

El ciclo mareal, que afecta a este sistema sedimentario, es de carácter mesomareal, semi-

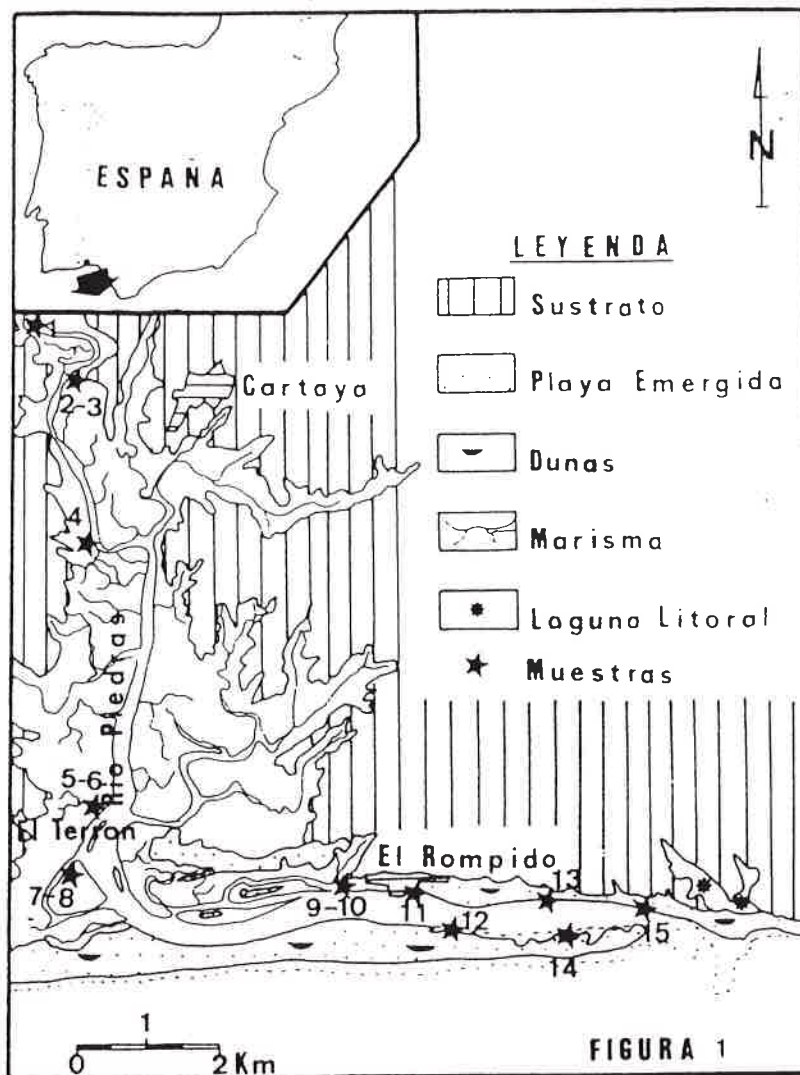


Figura 1 - Localización de la desembocadura del río Piedras
Figure 1 - Localization of the Piedras River-mouth

diurno y con una desigualdad diaria leve (Borrego y Pendón, 1989b). La oscilación de la onda de marea da lugar al establecimiento de cuatro niveles de marea críticos (C.T.Ls. critical-tide levels; Swinbanks & Murray, 1979), que subdividen la zona intermareal en tres subzonas (Fig. 2), caracterizadas por periodos de sumersión y exposición que varían cíclicamente, para un día lunar (Fig. 2b) o para ciclos bisemanales (Fig. 2c).

El área fuente del material aportado sobre este sistema estuarino está constituida, en un 20% por la franja de materiales plio cuaternarios, que ocupan la desembocadura. Y el resto del área de drenaje corresponde a materiales de edad paleozóica (pizarras, rocas ígneas, etc.), donde son abundantes los yacimientos de sulfuros polimetálicos y otros óxidos de hierro y manganeso (Fig. 3).

Los problemas de contaminación por metales pesados en este sector costero han ido en aumento año tras año. Por ello interesa conocer el origen de esta polución, si es uni o polimodal etc. Y es en esta línea en la que se insertan algunos resultados del presente trabajo.

METODOLOGIA

Para la realización de este estudio se ha procedido al muestreo sistemático del sedimento reciente (los 5 cm. más superficiales), que rellena este sistema sedimentario. Se han utilizado 15 muestras distribuidas desde la cabecera del estuario hasta su desembocadura (Fig. 1).

Se han aplicado técnicas de laboratorio a dichas muestras, en el sentido siguiente:

a) análisis geoquímico de muestra total, mediante absorción atómica, previo ataque con ácidos. Realizado en los X-RAY ASSAY Laboratories de Canadá. De cuyos resultados se presentan aquí los datos de contenido en ppm de cuatro metales pesados: cobre, cromo, plomo y zinc.

b) el contenido en materia orgánica se ha obtenido mediante el ataque con agua oxigenada de las muestras.

c) los distintos tamaños de grano de cada una de las muestras se han obtenido a partir del tamizado de éstas.

Posteriormente se procedió a la consulta de

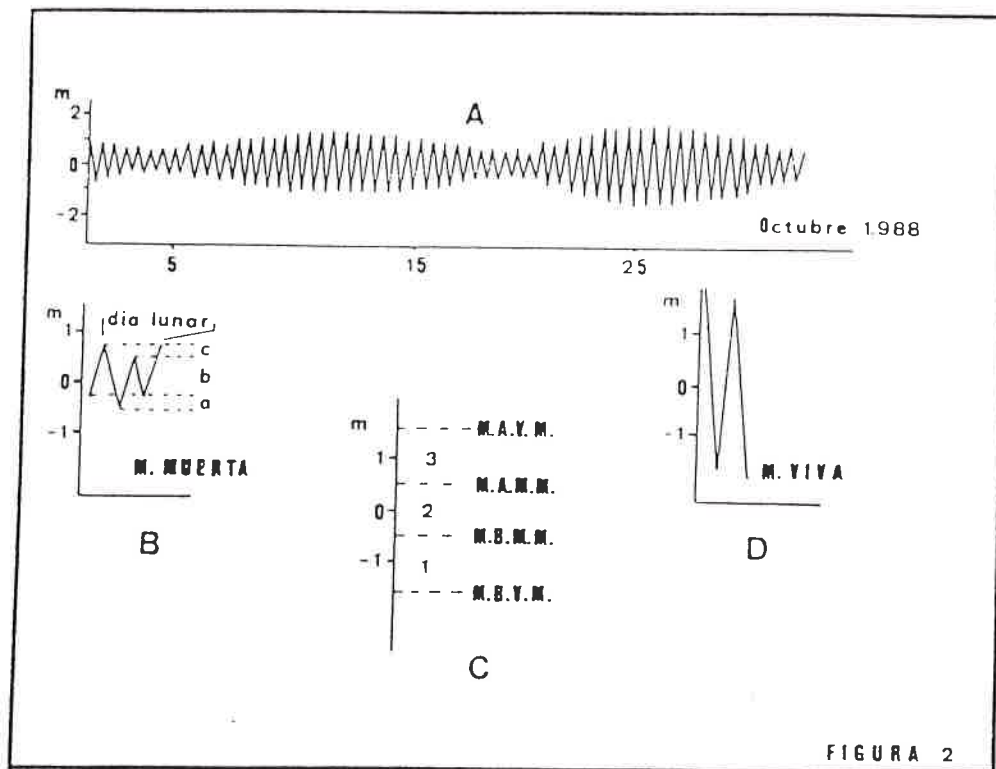


Fig. 2 - Caracterización del ciclo mareal en la desembocadura del río Piedras (Borrego y Pendón, 1989b).
 Fig. 2 - Characterization of the tidal cycle at the Piedras River-mouth (Borrego and Pendón, 1989b).

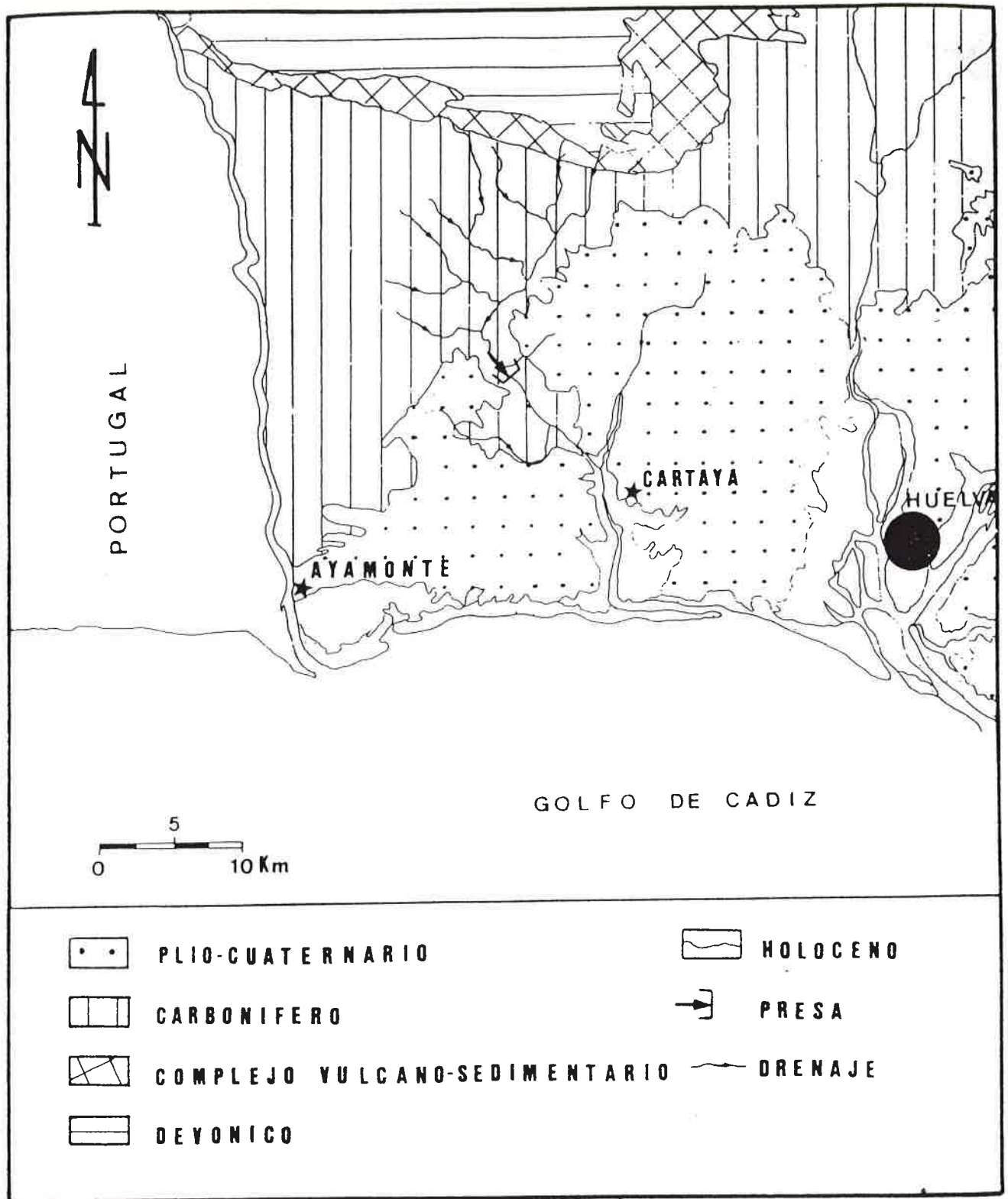


Figura 3 - Esquema geológico y red de drenaje de la rívera septentrional del Golfo de Cádiz.
Figure 3 - Geological scheme and system of drainage at the north-western sector of the Gulf of Cadix.

algunos informes inéditos de organismos públicos, con el fin de completar y correlacionar los resultados obtenidos con otros de análisis ya realizados.

LOS DATOS DE ANALISIS

En la Fig. 4 y Tabla 1, se indican los resultados de los análisis de laboratorio realizados sobre las muestras recogidas, diferenciando las de facies de borde de canal de las de marisma mareal.

Puede observarse que la evolución del contenido en Zn-Cu-Pb presenta una tendencia muy similar, en valores relativos, aumentando desde la cabecera (muestra 1) hasta el sector de El Terrón (muestra 6). Entre este último sector y el de El Rompido (muestras 9 y 10) estos metales presentan sus contenidos absolutos máximos. Desde El Rompido hacia la zona de desembocadura, se produce un descenso rápido en el valor absoluto de dicho contenido.

Por lo que respecta al contenido en Cr, se conserva la tendencia descrita anteriormente hasta el sector de El Terrón, y a partir de aquí el contenido sufre una serie de oscilaciones, con una tendencia general al descenso.

La tendencia de los contenidos en detritos finos y materia orgánica es relativamente similar a la general, ya descrita. Con la única salvedad de que la materia orgánica sufre un descenso progresivo desde la cabecera hacia El Terrón.

CONTROL SEDIMENTARIO

Las tendencias de los contenidos indicados previamente, han de venir regidas forzosamente por los procesos de transporte-depósito en el sistema sedimentario.

En este sentido, los máximos absolutos de acumulación existentes en el sector El Terrón-El Rompido pueden deberse al efecto de pantalla, a que dá lugar el cambio de dirección del canal principal; lo que origina una deceleración de las corrientes mareales, a la vez que se propicia la decantación del material fino que marchaba en suspensión.

Figura 4 - Evolución del contenido de los elementos analizados. Se indica el contenido medio teórico (Brownlow, 1979) en arenas (puntos) y arcillas (rayas).

Figure 4 - Evolution of the contents of the analysed elements. The theoretic average contents (Brownlow, 1979) is indicated in sands (points) and shales (lines).

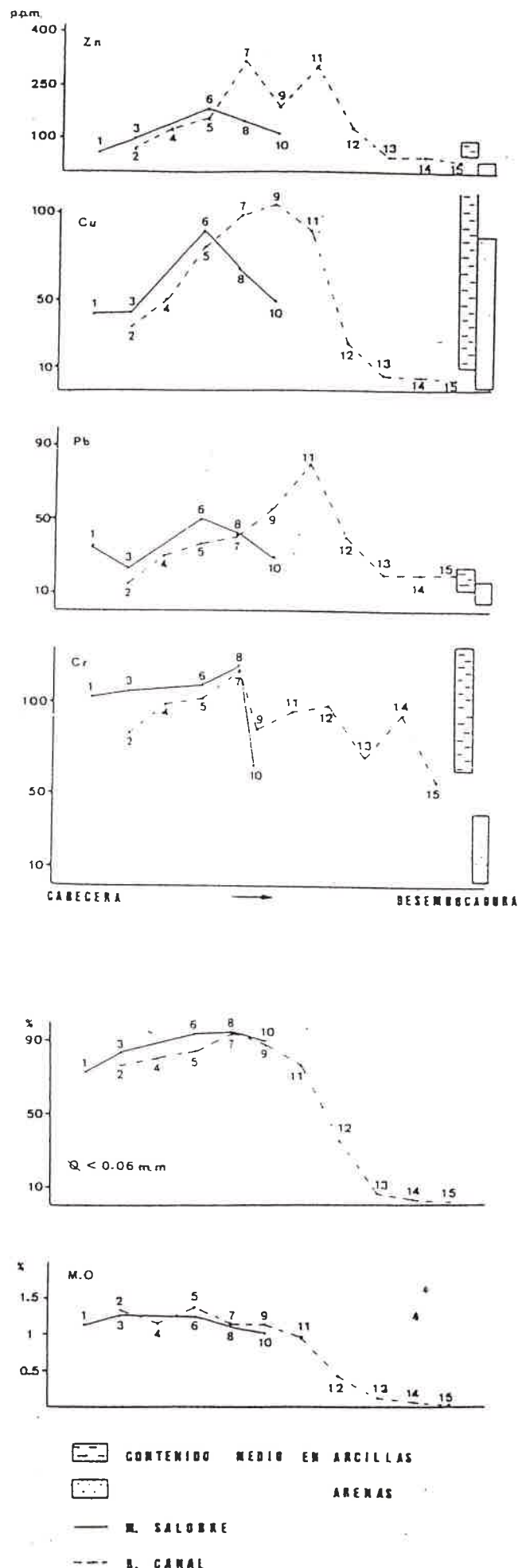


Tabla 1

| Muestra | Cu | Cr | Zn | Pb | M.O. | % finos |
|---------|-----|------|-----|-----|------|---------|
| 1 | 42 | 103 | 57 | 34 | 1.14 | 72 |
| 2 | 36 | 83 | 65 | 16 | 1.4 | 75 |
| 3 | 43 | 106 | 90 | 23 | 1.34 | 83 |
| 4 | 50 | 99 | 108 | 30 | 1.1 | 80 |
| 5 | 79 | 103 | 152 | 36 | 1.4 | 83 |
| 6 | 88 | 110 | 180 | 50 | 1.29 | 92.44 |
| 7 | 95 | 118 | 311 | 40 | 1.1 | 95 |
| 8 | 68 | 120 | 148 | 42 | 1.08 | 94 |
| 9 | 103 | 84 | 186 | 55 | 1.09 | 89 |
| 10 | 58 | 65 | 105 | 29 | 1 | 87 |
| 11 | 97 | 88 | 80 | 298 | 0.99 | 76.5 |
| 12 | 99 | 26.9 | 40 | 126 | 0.43 | 34.8 |
| 13 | 71 | 8.7 | 20 | 48 | 0.14 | 6 |
| 14 | 96 | 7.7 | 20 | 48 | 0.07 | 3 |
| 15 | 58 | 5.4 | 20 | 36 | 0.01 | 1.6 |

En la cabecera, por otro lado, existe algún máximo relativo (Pb y Cu), que interpretamos sea originado como consecuencia de los procesos de mezcla de aguas dulce-salada, con el consiguiente paso de un sistema claramete oxidante (rio) a otro relativamente reductor (estuario), lo que incide en la movilidad de los diferentes elementos, fundamentalmente el Cu y el Pb, fácilmente transportable en un medio oxidante y con una fuerte tendencia a la precipitación en medio reductor.

En la zona más externa del sistema, la desembocadura, los bajos contenidos en detriticos finos, materia orgánica y metales pesados, responden de nuevo a un control dinámico; en este sector es ya perceptible la actividad de los trenes de olas que tienden a lavar y clasificar los detriticos finos manteniendolos en suspensión, y provocando también una mejor oxigenación del material, con pérdida de materia orgánica.

En la mencionada figura 4 puede apreciarse, también, cómo para el sector comprendido entre la cabecera y El Terrón, los contenidos en metales pesados son mayores para las muestras de marisma salobre, que para las de borde de canal; por el contrario, entre El Terrón y El Rompido la tendencia es a la inversa. En el primer sector, la sedimentación se produce preferentemente en la zona de marisma salobre, por el efecto de pantalla que ejerce la vegetación en los últimos momentos de los semiperiodos de pleamar; mientras que en el segundo los procesos de decantación se producen, sobre todo en los momentos centrales de los semiperiodos de bajamar y pleamar debido al anteriormente comentado, efecto de pantalla que se produce en este sector. Con lo cual los bordes de

canal son zonas de sedimentación activa.

En cuanto a lo que se refiere a los contenidos en materia orgánica, ésta se acumula con preferencia en la zona de borde de canal, donde el efecto de oxigenación producido por la bioturbación es menor, al igual que las horas de exposición que sufre este submedio (Fig. 2).

Por otro lado, la distribución de los valores acumulados de estos metales estudiados (Fig. 5) permite dividir el sistema estuarino en tres zonas, con un comportamiento dinámico diferente:

- Sector 1 (Cabecera El Terrón)

Funciona solamente una corriente lineal y que fluye en los dos sentidos (marea). La zona de erosión preferente es la de canal, mientras que la zona de sedimentación activa es la marisma salobre.

- Sector 2 (El Terrón El Rompido)

Representa una interacción compleja entre las corrientes mareales, lo que origina una zona de calma dinámica.

- Sector 3 (El Rompido desembocadura)

Es el estuario marino s. str., donde el proceso de transporte en este canal representa el factor dominante. Aquí se combina la acción de oleaje y corrientes mareales.

Esta diferenciación realizada se basa en los cambios de pendiente registrados en el gráfico de la figura mencionada (Fig. 5), y que expresan una evolución homogénea de dichas pendientes, para cada uno de los sectores.

SISTEMAS DE APORTE

Hay varias posibilidades que expliquen la procedencia de los metales pesados:

a) procedencia fluvial

- del desmantelamiento de los relieves paleozoicos

- del aporte de la escorrentia lateral a partir de los materiales neógenos y cuaternarios que orlan el estuario.

b) origen antrópico

c) procedencia marina

Con respecto a la primera posibilidad, puede ser una explicación para sedimentos antiguos, pero desde hace unos 30 años el represamiento del cauce inferior del río Piedras (Fig. 3) impide que la mayor parte del material avance corriente abajo.

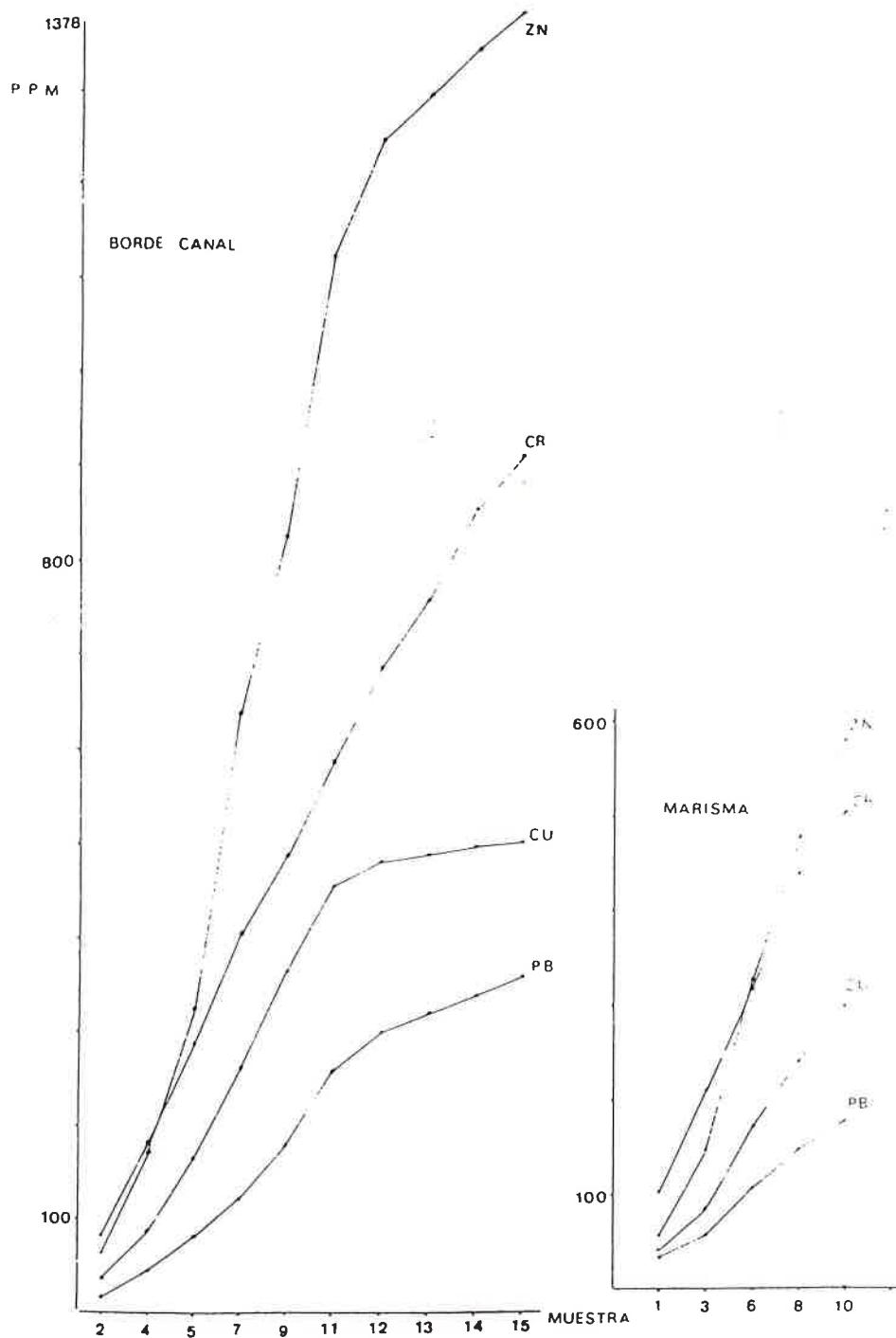


Figura 5 - Contenidos acunados de metales pesados en las muestras analizadas. Se diferencian las muestras de borde de canal de las de marisma salobre.

Figure 5 - Accumulated contents of heavy metals at the studied samples. It is differentiated the samples of channel-margen from those of salt-marsh.

En cuanto al origen de caracter antrópico, en la zona de influencia de este sistema, las actividades industriales, agrícolas y asentamientos urbanos, no produciría acumulaciones apreciables de metales pesados.

Queda, pues, la interpretación de un presunto aporte marino de estos metales pesados. En este sentido, conviene recordar (Fig. 3) que para conocer exactamente la procedencia de estos metales, habría que estudiar más detalladamente el marco hidrodinámico litoral y de plataforma en este sector del Golfo de Cádiz. Con ello podría delimitarse la componente resultante de las direcciones de aproximación de corrientes (deriva litoral, mareas, temporales) y oleaje; de forma que pudiera precisarse la dirección y el sentido de entrada a este sistema.

EFECTOS AMBIENTALES

Se ha calculado, para los datos expuestos en este trabajo, el INDICE de GEO-ACUMULACION (CEDEX, 1989), que viene caracterizado por la fórmula siguiente:

$$I_g = \log_2 \frac{C_n}{1.5 \times B_n}, \text{ siendo}$$

C_n = la concentración media del elemento "n" en la zona

B_n = la concentración natural base en sedimentos antiguos no contaminados

Y se ha realizado a partir de la media de una serie de datos obtenidos por diversos autores.

Como puede observarse en la Tabla 2, los valores extremos (mínimos y máximos) del índice de geo-acumulación para cada uno de los elementos estudiados, oscilan de la forma siguiente:

Cu: 0.3786 y 1.0405

Cr: 0.7614 y 0.8977

Pb: 0.8724 y 1.3788

Zn: 0.7409 y 1.1868

Quiere decir ésto que la desembocadura del Rio Piedras está poco o muy poco contaminada. Teniendo en cuenta que los valores máximos calculados se sitúan en el sector 2 (El Terrón-El Rompido), se confirman las tendencias de acumulación mencionadas antes, lo que puede interpretarse en términos de que este sector 2 sería el menos idóneo para su utilización como área de instalación de cultivos marinos o aprovechamientos que incluyan la utilización directa de sus sedimentos.

De los cuatro metales analizados, es el plomo el que presenta un "índice de geo-acumulación"

Tabla 2

| Muestra | Cu | Cr | Pb | Zn |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.110 | 0.836 | | |
| 2 | 0.805 | 0.829 | 0.872 | 0.863 |
| 3 | 0.844 | 0.875 | 0.987 | 0.930 |
| 4 | 0.878 | 0.862 | 1.070 | 0.968 |
| 5 | 0.981 | 0.869 | 1.128 | 1.038 |
| 6 | 1.001 | 0.881 | 1.231 | 1.074 |
| 7 | 1.022 | 0.895 | 1.161 | 1.187 |
| 8 | 0.947 | 0.898 | 1.176 | 1.033 |
| 9 | 1.041 | 0.831 | 1.261 | 1.080 |
| 10 | 0.912 | 0.783 | 1.059 | 0.962 |
| 11 | 1.001 | 0.858 | 1.378 | 1.178 |
| 12 | 0.739 | 0.862 | 1.161 | 0.999 |
| 13 | 0.486 | 0.799 | 0.943 | 0.80 |
| 14 | 0.458 | 0.856 | 0.943 | 0.80 |
| 15 | 0.379 | 0.761 | 0.943 | 0.741 |

mayor. Puede observarse un comportamiento idéntico, comparando los contenidos de plomo con los contenidos medios de este metal en rocas arcillosas y arenosas (Fig. 4 y Brownlow, 1979)

Algo similar ocurre con el cinc, donde una buena parte de los contenidos de las muestras arcillosas supera los valores habituales en este tipo de rocas.

Por el contrario, el cobre y cromo se encontrarían dentro de los valores habituales, que se han citado para este tipo de rocas.

CONCLUSIONES

La interpretación de los datos precedentes permite establecer las puntualizaciones siguientes:

1) Se ha dividido el estuario del rio Piedras en tres sectores hidrodinámicos, controlados por factores puramente sedimentarios.

2) De entre estos, dos de ellos son zona de acumulación preferencial de metales pesados, así como también zonas de sedimentación activa.

Este hecho está también confirmado por la forma en artesa de los canales mareales con fondos muy aplanados en el sector 2 (El Terrón-El Rompido); al contrario, los perfiles del fondo de estos canales, tanto hacia la cabecera como hacia la desembocadura del estuario presentan formas en "V" muy acusada que denotan los efectos de la erosión de éstos.

3) En la cabecera, el cambio en el potencial Redox puede ser la causa que provoque un primer incremento en la velocidad de sedimentación

(muestra 1).

4) La zona de acumulación importante (El Terrón El Rompido), debe de recibir fundamentalmente material de origen marino que sedimenta en esta zona de sombra dinámica; donde el cambio de la trayectoria del canal principal posibilita el aumento en la tasa de sedimentación.

5) Durante los semiciclos de marea alta, la zona vegetada supone una barrera, que atrapa los sedimentos en disolución.

6) Es preciso indicar que los contenidos en metales pesados referidos en este trabajo, están dentro de límites tolerables, ya que el "índice de geo-acumulación" (Tabla 2) alcanza valores inferiores a 1, lo que viene a decir que se trata de un medio poco o muy poco contaminado. Hay que añadir también que estos contenidos están muy por debajo de los valores que se alcanzan para estos mismos metales en el estuario de los ríos Tinto y Odiel (Tabla 3).

Tabla 3

| | Cu | Cr | Pb | Zn |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| ria del Tinto-Odiel | 1.442 | 88 | 1.050 | 1.378 |
| ria del Piedras | 53.25 | 94.13 | 53.5 | 130.5 |

7) Para finalizar, podemos decir, que dentro de la ria del Piedras el único sector potencialmente inadecuado, para la instalación de cultivos marinos u otros aprovechamientos que impliquen una utilización directa de sus sedimentos, es el comprendido entre El Terrón y El Rompido. Además parece claro que, la distribución de metales pesados en la desembocadura del río Piedras, se debe fundamentalmente a un control dinámico de los aportes externos al sistema, sobre todo de aquellos de origen marino.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BORREGO, J. & PENDON, J.G. (1989a) - Influencia de la actividad humana sobre la evolución sedimentaria de un sector de la ria de Huelva (España), VI Simp. Geol. Aplic. e Amb., Resumen 1p. (manuscrito en prensa, Geolis). Lisboa.
- BORREGO, J. & PENDON, J.G. (1989b) - Caracterización del ciclo mareal en la desembocadura del río Piedras (Huelva), XII Congr. Esp. Sedim., Comunicac. 1, 97-100, Bilbao.
- BROWNLOW, A.H. (1979) - *Geochemistry*, Prentice-Hall Inc., 498 p.
- CEDEX (1989) - Estudio de contaminación en relación con el vertido del material dragado en el Puerto Autónomo de Huelva, Informe inédito, 131 p.
- NICHELS, M. & BIGGS, R. (1985) - Estuaries, *In* Davis Jr.-Edit. Coastal Environments, Springer-Verlag 77-173
- SWINBANKS, D.D. & MURRAY, J.W. (1981) - Biosedimentological zonation of Boundary Bay tidal flats, Fraser River Delta, British Columbia, *Sedimentology*, 28, 201-237.