

# Evaluación de la Contaminación por Elementos Traza en Sedimentos de la Laguna de Nador (Marruecos).

/ EMILIO GALÁN, (1); KARIM BLOUNDI, (2); ISABEL GONZÁLEZ, (1); JOELLE DUPLAY (2)

(1) Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla, c/Prof. García González, 1. 41012, Sevilla. España.

(2) Institut de Géologie, Centre de Géochimie de la Surface, Rue Blessing, 1. 67084. Strasbourg,

## INTRODUCCIÓN.

Los sedimentos de lagos pueden presentar anomalías en la concentración de elementos traza, debido a procesos naturales como la meteorización y erosión de los materiales adyacentes, y/o aportes antropogénicos, como el procesado industrial de menas y metales, vertederos, balsas de decantación, lixiviado de fertilizantes, deposición atmosférica, y los vertidos urbanos de alcantarillado (Carignan & Nriagu, 1985; Förstner & Wittman, 1979; Galán, 2003; Prudencio et al., 2007; González et al., 2007).

En este trabajo se ha investigado la problemática ambiental de la laguna de Nador (Marruecos) (fig. 1), de gran interés tanto por la diversidad de especies que presenta, como por tratarse de una zona con un desarrollo económico y social importante, debido a las industrias de pesca, metalurgia y siderurgia ubicadas en sus márgenes y por el inminente crecimiento turístico de la región en los últimos años. El objetivo de este trabajo ha sido valorar la posible contaminación por elementos traza de los sedimentos traza y sus fuentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

La toma de muestras de los sedimentos de la laguna se efectuó en dos campañas (verano y en invierno), de forma aleatoria en el perímetro lagunar, y se ha intensificado en aquellas zonas donde posiblemente se pueden producir aportes de contaminantes como las desembocaduras de los arroyos y las áreas urbanas e industriales. También se tomaron muestras de los sedimentos de los arroyos tributarios de la laguna, y de los suelos agrícolas cercanos. En total se han estudiado 130 muestras.

En la fracción <2mm se realizó el análisis químico de elementos mayoritarios y trazas, mediante Activación Neutrónica Instrumental (INAA) y Espectroscopia de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). Estas determinaciones se realizaron en Activation Laboratories Ltd. (1428 Sandhill Drive; Ancaster, Ontario, Canada. En función de los resultados obtenidos en el análisis químico de los elementos traza se han seleccionado las muestras con mayores concentraciones.

Para evaluar la posible contaminación de los sedimentos de la laguna, se han utilizado los valores del índice de geoacumulación definido por Muller (1981) como  $I_{geo} = \log_2 (C_n / 1.5 B_n)$ , donde  $C_n$  es la concentración de los elementos "n",  $B_n$  el valor del background en los sedimentos superficiales de la zona estudiada. Las muestras se han dividido en cinco grupos: no contaminadas ( $I_{geo} < 1$ ), muy poco contaminadas ( $1 < I_{geo} < 2$ ), con baja contaminación ( $2 < I_{geo} < 3$ ), contaminación moderada ( $3 < I_{geo} < 4$ ), altamente contaminadas ( $4 < I_{geo} < 5$ ) y muy contaminadas ( $I_{geo} > 5$ ).

También se ha determinado el factor de enriquecimiento (EF) según la fórmula propuesta por Szefer et al., (1998)

$$EF = \frac{C_m / Alm}{C_c / Alc}$$

donde  $C_m$  es la concentración del metal en la muestra;  $C_c$ , la concentración del metal en la corteza continental (Taylor & Mc Lennan, 1985);  $Alm$ : Concentración del aluminio en la muestra; y  $Alc$ , la concentración del aluminio en la corteza continental.

Los elementos estudiados han sido los considerados por la EPA (Environmental Protection Agency)

como potencialmente tóxicos (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn).



fig 1. Localización de la Laguna de Nador.

## RESULTADOS.

En función de la mineralogía, y contenido en elementos traza se han diferenciado cuatro zonas en la laguna (fig. 2): 1) Beni Enzar y Atelouane (zona A), cuya asociación mineralógica es de filosilicatos > cuarzo = feldespatos = calcita, dolomita, ilmenita, hematites, yeso, halita y piritita como minoritarios, y esmectitas como filosilicatos mayoritarios. En esta zona las anomalías encontradas son de Cd, Co, Cr y Pb; 2) Entorno de la ciudad de Nador (zona B), con elevados contenidos en feldespatos y cuarzo, e illita > esmectitas > caolinita + clorita, con anomalías para Mn, Cu y Zn; 3) Barra litoral y el paso de Kedbana (zona C), con una asociación mineralógica de carbonatos ≥ cuarzo > filosilicatos y como minoritarios feldespatos, dolomita, hematites, halita. En la fracción <2µm se han encontrado illita > clorita + caolinita > esmectitas, y se han detectado altas concentraciones de Cd (2.7 ppm), Cr (120 ppm) y Ni (62 ppm), y 4) SE de la laguna (zona D) los minerales mayoritarios son carbonatos >> filosilicatos > cuarzo con feldespatos, dolomita, halita, hematites como minoritarios. No hay valores a destacar respecto al contenido en elementos traza, excepto para el Cd.

**palabras clave:** Elementos traza, Sedimentos, Nador (Marruecos)

**key words:** Trace elements, Sediments, Nador (Marruecos)

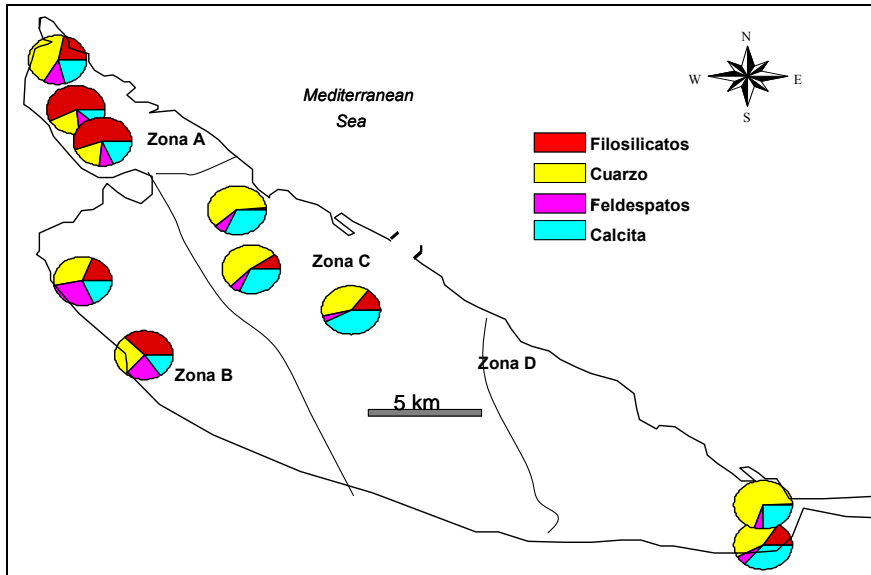


fig 2. Composición mineralógica de las muestras seleccionadas.

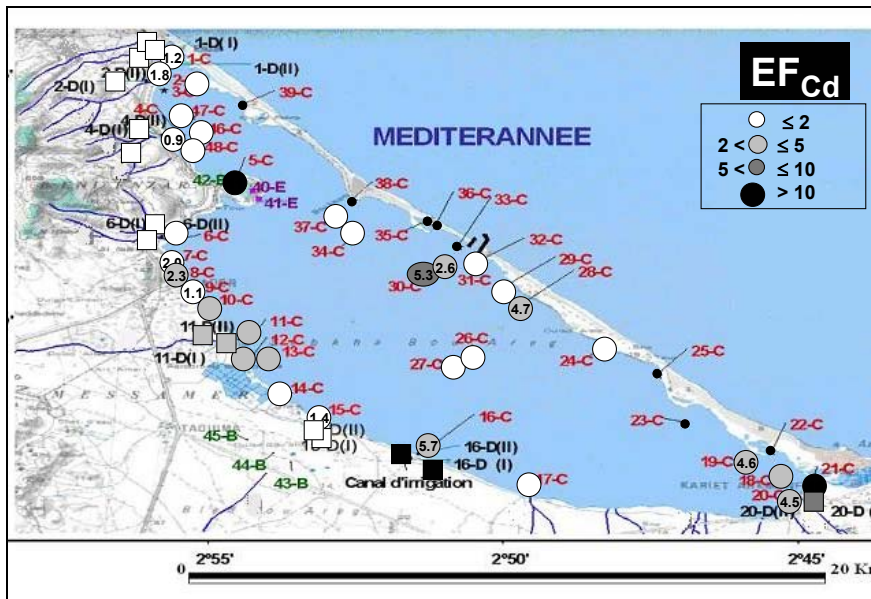


fig 3. Valores del factor de enriquecimiento para el Cadmio, en las muestras estudiadas.

□ Sedimentos de arroyos ○ Sedimentos de la laguna.

Los resultados obtenidos, del estudio estadístico, indican que existen coeficientes de correlación elevados entre Co, Cr y Al, para los sedimentos de la laguna y Pb, Zn, Co y Cu con Fe, por lo que podemos suponer, que en el primer caso estarán asociados a filosilicatos (esmectitas, en la zona A) y en el segundo a los oxi-hidróxidos de hierro. Hay que destacar que As y Cd en

ninguna de las zonas estudiadas están relacionados con Al y Fe, por lo que se les puede suponer un origen antrópico y/o aportes puntuales procedentes de la erosión de los materiales cercanos.

Los valores obtenidos para el índice de geoacumulación son en general <math>< 1</math> para toda la laguna, lo que indica que no está contaminada. Sólo en algunas

muestras de la zona A se alcanzan valores de 4 (moderadamente contaminado), para algunos elementos.

El Cd aparece con un índice de geoacumulación <math>< 3</math> (poco contaminado) en la zona B.

Los índices de geoacumulación también indican que son sedimentos poco contaminados (excepto para el Cadmio) (fig. 3). Sólo se han encontrado algunas muestras con valores anómalos de As, Cd, Cu y Pb.

Las fuentes que producen estas concentraciones de elementos traza pueden ser de origen natural meteorización de suelos (As, Co, Pb), aporte de los "oued" cercanos (Cr y Pb); y/o antrópico (Cd) debido a la presencia de industrias, antiguas explotaciones mineras, vertidos urbanos, y agricultura intensiva.

REFERENCIAS

Carignan, R. & Nriagu, J.O. (1985): Trace metal deposition and mobility in the sediments of two lakes near Sudbury, Ont. *Geochim. Cosmochim. Acta* **49**, 1753-1764.

Förstner, U. & Wittman, G.T. (1979): *Metal Pollution in the aquatic environment*. Springer Verlag, New York, 485 pp.

Galán, E. (2003): Contaminación de suelos por metales pesados y regeneración. In Galán E. (Ed.): *Mineralogía Aplicada*. Editorial Síntesis. Madrid, 267-286.

González, I., Águila, E. Galán, E. (2007): Partitioning bioavailability and origin of heavy metals from the Nador lagoon sediments (Morocco) as a basis for their management. *Environmental Geology*, **52**, 1581-1593.

Muller, G. (1981): Die Schwermetallbelastung der Sedimente des Neckars und seiner Nebenflüsse: Eine Bestandsaufnahme. *Chemical Zeitung*, **105**, 157-164.

Prudencio, I., González, I., Dias, I., Galán, E. Ruiz, F. (2007): Geochemistry of sediments from el Melah lagoon (NE Tunisia): A contribution for the evaluation of anthropogenic inputs. *Journal of Arid Environments*, **6**, 285-298.

Szefer, P., Kusak, A., Szefer, K. (1998): Evaluation of the anthropogenic influx of metallic pollutants into Puck Bay, southern Baltic. *Applied Geochemistry*, **13**, 293-304.

Taylor S.R & McLennan, S. M. (1995): The Geochemical Evolution of The Continental Crust. *Reviews of Geophysics* **33**, 241-265.