

# Distribución de los foraminíferos bentónicos en climas semiáridos: las lagunas de Nador (Marruecos) y El Meleh (Túnez)

*Distribution of benthic foraminifera in semi-arid climates: Nador (Morocco) and El Meleh (Tunisia) lagoons*

M.L. González-Regalado<sup>(1)</sup>, F. Ruiz<sup>(1)</sup>, M. Abad<sup>(1)</sup>, N. Hamoumi<sup>(2)</sup>, E.H. Boumaggard<sup>(2)</sup>, I. Bouamterhane<sup>(2)</sup>, F. Gueddari<sup>(3)</sup>, A. Toumi<sup>(4)</sup>, K. Dassy<sup>(4)</sup> y R. Ben Ahmed<sup>(3)</sup>

Corresponding author: montero@uhu.es

<sup>(1)</sup> Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva. Avda. de las Fuerzas Armadas, s/n. 21071-Huelva (España)

<sup>(2)</sup> Faculté des Sciences, Université Mohammed VI, Rabat, Marruecos.

<sup>(3)</sup> Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Tunis. Túnez.

<sup>(4)</sup> Département de Géographie, Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Université de Tunis. Túnez

## ABSTRACT

*This paper effectuates a preliminary analysis of the foraminiferal distribution in two coastal lagoons of northern Africa: Nador (Morocco) and El Meleh (Tunisia). In Nador lagoon, the highest richness of species was found in the inner margin of the lagoon, with frequent specimens of Ammonia and Quinqueloculina. A single species (Nonion depressulum Walker & Jacob) was collected near an old iron mine, whereas low densities and diversities were observed near the artificial mouth. In El Meleh lagoon, high number of both individuals and species characterize the marine connection. In the remaining zones, these microorganisms are very scarce (mainly Ammonia spp.), especially near the treatment station of the Slimene town.*

**Key words:** foraminifera, coastal lagoons, northern Africa

*Geogaceta*, 37 (2005), 211-214

ISSN:0213683X

## Introducción

En las últimas décadas, numerosos trabajos han analizado la abundancia y diversidad de los foraminíferos bentónicos en medios costeros (estuarios, deltas, lagoons, etc). En estas zonas, la distribución de las distintas asociaciones está parcialmente controlada por la salinidad, la estratificación de la columna de agua, el tamaño de grano de los sedimentos, el contenido en nutrientes o el grado de exposición subaérea (Pascual, 1992; Redois y Debenay, 1996; Horton, 1999; González-Regalado *et al.*, 2001). Diversas actuaciones antrópicas (dragados, polución industrial y/o urbana, vertidos agrícolas, etc) pueden alterar las condiciones normales de estos medios, ocasionando una disminución de la densidad y diversidad, así como la aparición de individuos con anomalías morfológicas como caparazones deformes, cámaras con tamaño reducidos, malformaciones de cámaras, fusión de estadios juveniles, etc. Diversos ejemplos pueden ser consultados en Debenay *et al.* (2001), Samir y El-Din (2001) o Geslin *et al.* (2002).

En este trabajo, se analizan los foraminíferos de dos lagunas norteafricanas

(Nador y El Meleh), relacionando su densidad y diversidad con los parámetros físico-químicos del agua y los posibles focos de contaminación.

## Área de estudio

### Laguna de Nador (Marruecos)

El complejo lagunar de Nador (Fig. 1, A) es el más importante del Reino de Marruecos, con una extensión superficial de unos 115 km<sup>2</sup>. Es una laguna relativamente somera, con una profundidad máxima de 6-7 m en su sector central, próximo a su bocana artificial. Sus aguas presentan una salinidad media de 38 ‰, una temperatura variable a lo largo del año (12-13 °C en Enero y 18-25 °C en Septiembre) y valores oscilantes de O<sub>2</sub> disuelto, entre 3.9 ml/l en el centro y 10.5 ml/l cerca de la bocana. Sus sedimentos son esencialmente limo-arcillosos en las zonas más internas, con una transición hacia facies arenosas (arenas finas y muy finas) cerca de la flecha litoral (Tesson y Gensous, 1981). Su vegetación está formada básicamente por praderas de *Caulerpa* y *Cyamodocea*, aunque el margen interno puede presentar un tapiz cianobacteriano paralelo al borde. Las zonas más confinadas, situadas en los secto-

res suroriental y noroccidental, presentan praderas de *Ruppia*.

Esta laguna sufre actualmente una fuerte presión antrópica (Fig. 1, A), con efluentes urbanos no depurados (Beni Ensar, Nador, Kariet Arkmane), presencia de una antigua mina de hierro (Atalayoune), aplicación de un sistema de lagunaje contaminante en la estación de depuración de Nador, vertidos de residuos industriales (Oued Selouane) y agrícolas (canal de irrigación) o introducción de desechos de construcción en la laguna para aumentar la superficie edificable.

### Laguna de El Meleh (Túnez)

La laguna de El Meleh (Fig. 1, B) es una pequeña laguna (200 Ha) situada al norte de Túnez, cerca de la localidad de Slimene. Tiene una forma alargada en dirección E-O, con una estrecha abertura artificial (8 m de ancho) que la une con el Golfo de Túnez y evita su aislamiento. La salinidad de la laguna varía entre 5,9 y 40,3 ‰, con máximos cerca de la bocana artificial y mínimos en el sector confinado próximo a la descarga de la estación de depuración. La temperatura es máxima (19-21 °C) en esta zona confinada durante el periodo de muestreo (Febrero), con valores mínimos (12,5 °C) cerca del

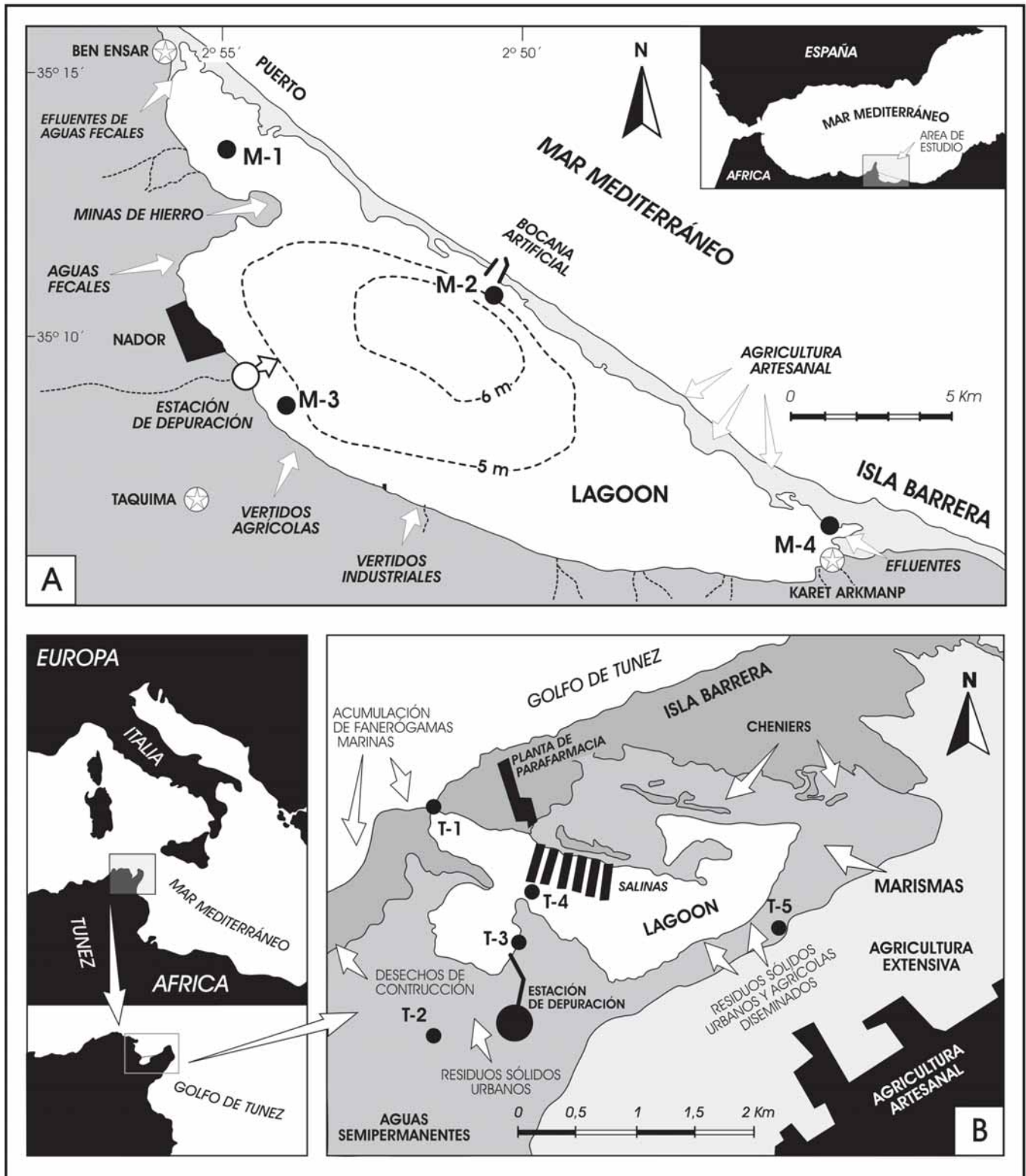


Fig. 1.- Situación de las muestras estudiadas y principales impactos antropogénicos: A) Laguna de Nador (Marruecos); B) laguna de El Meleh (Túnez).

Fig. 1.- Location map and main anthropogenic actions: A) Nador lagoon (Morocco); B) El Meleh lagoon (Tunisia).

borde suroriental. Los valores de oxígeno disuelto son mínimos en el sector confinado y máximos en el canal marino. Los nutrientes presentan sus valores más elevados en este sector confinado (Ben Ahmed, 2002).

En general, los sedimentos del fondo lagunar son arcillas limosas (arcillas: 42-62 %; limos: 26-45 %), de color negro en las proximidades del margen lagunar debido a la materia orgánica derivada de la degradación de una cubierta superficial

algal. La única excepción es el canal marino, con dominio de arenas limosas.

Las actuaciones antrópicas han sido numerosas en su entorno (Fig. 1, B), como el vertido de una estación de depuración parcial (30.000 m<sup>3</sup>/día) al sector

semiconfinado occidental de las aguas permanentes ó la ubicación del depósito de residuos sólidos urbanos de Slimene. Además, la construcción de las urbanizaciones en los márgenes septentrionales de la laguna y la agricultura intensiva del borde suroriental han ocasionado el vertido de residuos sólidos en la periferia lagunar.

### Metodología

Se han estudiado 4 muestras superficiales de la laguna de Nador y 5 muestras de la laguna de El Meleh, tomadas entre los meses de Febrero y Marzo de 2003 (ver localización en Fig. 1). En cada muestra, se diluyeron 50 g de sedimento seco en agua con una mezcla de pirofosfato sódico, CALGON™ y agua oxigenada durante 48 horas, con un levigado de la solución resultante a través de un tamiz de 63 µm. En cada muestra, se han estudiado 300 ejemplares, con una extrapolación posterior a la muestra total.

### Resultados y Discusión

#### Nador

Los foraminíferos bentónicos están únicamente representados por ejemplares de *Nonion depressulum* Walker & Jacob cerca de las balsas de decantación y lagunaje de la antigua mina de hierro de Atalayoune (Tabla I, M-1). Esta zona parcialmente confinada presenta las mayores concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Pb) de la laguna (Águila *et al.*, 2004) y se caracteriza por la ausencia de ostrácodos durante los meses secos o la presencia esporádica de formas dulceacuícolas resedimentadas en invierno (Ruiz *et al.*, 2004). En consecuencia, presenta un alto estrés ambiental que incide en la escasa presencia de microorganismos.

Densidades medias y bajas diversidades (Tabla I, M-2) se han observado cerca de la bocana artificial de la laguna, con predominio de los miliólidos (*Quinqueloculina seminulum* Linne, *Sinuloculina rotunda* d'Orbigny). Este sector presenta el mayor gradiente hidrodinámico de la laguna, con altos porcentajes de arenas medias bioclásticas pobres en nutrientes. Estos factores son desfavorables para el desarrollo de los foraminíferos bentónicos (González-Regalado *et al.*, 2001).

El margen lagunar interno (Tabla I: M-3 y M-4) contiene las asociaciones de foraminíferos más abundantes (> 120 individuos/gramo) y diversas (10-11 especies), con *Ammonia* y *Quinqueloculina*

como géneros más representativos. Las mayores densidades se registran cerca de la estación de depuración de Nador y coinciden con altas concentraciones en nutrientes (Benchrif, 1993).

#### El Meleh

El mayor número de especies (36) se ha observado en el canal artificial de comunicación con el Golfo de Túnez (Tabla II, T-1). Su sustrato está constituido por arenas finas limosas con abundantes detritos procedentes de las praderas adyacentes de *Posidonia*. Dominan las formas marinas someras pertenecientes a los géneros *Ammonia*, *Elphidium*, *Quinqueloculina* y *Triloculina*, con poblaciones bien desarrolladas en la plataforma adyacente (Burolet *et al.*, 1979).

Las marismas fluvio-marinas (T-2), los fondos submareales (T-4) y los sectores intermareales de la laguna (T-5) muestran bajas densidades (~ 5 individuos/gramo) y bajo número de especies (6-11). Son frecuentes los especímenes de *Ammonia beccarii* Linne y *Ammonia tepida* Cushman, junto con fragmentos pertenecientes probablemente a *Acervulina inhaerens* Schultze. En estos sectores, sólo se observan residuos sólidos diseminados (urbanos, agrícolas, construcción).

Los foraminíferos bentónicos están pobremente representados (< 1 individuo/

gramo) por escasos ejemplares de *Haynesina germanica* Erenberg, *Ammonia beccarii* Linne y *Elphidium crispum* Linne en las proximidades del efluente de la estación de depuración de la ciudad de Slimene. Este efluente provoca una disminución notable en la salinidad (hasta 5,9 ‰) y el contenido en O<sub>2</sub> disuelto, que pasa de 14-18 mg/l, en el resto de la laguna, a 9 mg/l. Este último dato puede deberse al aumento y posterior degradación del fitoplancton debido al incremento de nutrientes, como los nitratos (de 6-20 mg/l a 55-115 mg), los fosfatos (de 0,1-0,4 mg/l a 1,99 mg/l) o el amonio (de 7-12 mg/l a 360 mg/l) (Ben Ahmed, 2002).

### Conclusiones

Un análisis preliminar de los foraminíferos bentónicos de las lagunas de Nador (Marruecos) y El Meleh (Túnez) ha permitido realizar una primera aproximación a los factores que controlan su distribución en estos medios costeros. En Nador, estos microorganismos son moderadamente abundantes en el margen lagunar interno, en tanto que disminuyen notablemente en el sector noroccidental, contaminado por una antigua mina de hierro, y en la bocana artificial, debido al alto gradiente energético y el bajo contenido en

ESPECIES / MUESTRAS	M-1	M-2	M-3	M-4
<i>Ammonia ammoniformis</i>			1640	172
<i>Ammonia beccarii</i>		189	1800	1690
<i>Ammonia inflata</i>			640	
<i>Bolivina striatula</i>			12	
<i>Cymbaloporeta squamosa</i>				34
<i>Elphidium aculeatum</i>				33
<i>Elphidium crispum</i>		114	240	862
<i>Martinotiella communis</i>				207
<i>Nonion depressulum</i>	1349		1240	
<i>Quinqueloculina</i>				
<i>Quinqueloculina laevigata</i>			480	
<i>Quinqueloculina oblonga</i>			120	
<i>Quinqueloculina seminulum</i>		2008	200	310
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>			440	1828
<i>Sinuloculina rotunda</i>		1477		621
<i>Triloculina oblonga</i>		606		276
<i>Triloculina trigonula</i>			400	
	1	5	11	10
INDIVIDUOS POR GRAMO	27	87,9	144,2	120,7
Tipo de sedimento	Arcilla limosa	Arena fina	Arcilla	Arcilla
Salinidad (0/00)	38,7	38,1	37,3	40,1
Fosfatos (mll)	0,002	0,001	0,004	0,003
Amonio (mll)	0,001	0,001	0,048	0,001

Tabla I.- Abundancia y diversidad de los foraminíferos bentónicos en la laguna de Nador (Marruecos). La situación de las muestras se encuentra en la figura 1, A.

Table I.- Foraminiferal abundance and diversity in the Nador lagoon. Sample location in figure 1, A.

ESPECIES / MUESTRAS	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5
<i>Acervulina inhaerens</i> ?		35		58	42
<i>Ammonia beccarii</i>	328	89	15	35	67
<i>Ammonia inflata</i>	80				
<i>Ammonia sobrina</i>	33				
<i>Ammonia tepida</i>	13	17		13	81
<i>Amphisorus hemprichi</i>	20				
<i>Bolivina striatula</i>	13	1			
<i>Eponides repandus</i>	87				
<i>Elphidium aculeatum</i>	13				
<i>Elphidium advenum</i>	20				
<i>Elphidium complanatum</i>	7				
<i>Elphidium crispum</i>	194	19	2	6	
<i>Elphidium excavatum</i>	34				
<i>Elphidium macellum</i>	20	2			
<i>Elphidium williamsoni</i>	20	5			
<i>Globulina gibba</i>	7				
<i>Guttulina lactea</i>	13				
<i>Haynesina germanica</i>			31		
<i>Heterolepa bellincionii</i>		16			
<i>Lobatula lobatula</i>	47	11		3	
<i>Neoconorbina terquemii</i>				29	
<i>Nonion depressulum</i>	34	11		60	37
<i>Nonionella atlantica</i>	7				
<i>Nubecularia massutiniana</i>	147				
<i>Peneroplis pertusus</i>	27				
<i>Peneroplis planatus</i>	13				
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	54			6	
<i>Prosonion granosum</i>	27				
<i>Quinqueloculina carinata</i>	7				
<i>Quinqueloculina longirostra</i>	154				
<i>Quinqueloculina seminula</i>	34				
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>	114	28		15	2
<i>Rosalina bradyi</i>	360	19		7	
<i>Rosalina globularis</i>		2			
<i>Sigmollina costata</i>	40				
<i>Sinuloculina rotunda</i>	154			19	17
<i>Spiroloculina depressa</i>	34				
<i>Triloculina gibba</i>	80				
<i>Triloculina oblonga</i>	235				
<i>Triloculina trigonula</i>	201				
<i>Trochammina inflata</i>	47				
	36	13	3	11	6
<b>INDIVIDUOS POR GRAMO</b>	54,4	5,1	1	5	4,9
<b>Tipo de sedimento</b>	Arena limosa	Arcilla	Arcilla limosa	Arcilla limosa	Arcilla
<b>Salinidad (0/00)</b>	35,9	2	12,4	31,4	29
<b>Fosfatos (mg/l)</b>	0,06	/	0,3	1,99	0,3
<b>Amonio (mg/l)</b>	0,009	/	0,013	0,36	0,01

Tabla II.- Abundancia y diversidad de los foraminíferos bentónicos en la laguna de El Meleh (Túnez). La situación de las muestras se encuentra en la Fig. 1, B.

Table II.- Foraminiferal abundance and diversity in the El Meleh lagoon. Sample location in Fig. 1, B.

nutrientes. En El Meleh, sólo se encuentran bien representados cerca de la conexión artificial con el Golfo de Túnez.

Son escasos en el resto, especialmente cerca del efluente de la estación de depuración de la ciudad de Slimene.

**Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto ICA3-CT-2002-10012 COLASU “Sustainability of Mediterranean Coastal Lagoon Ecosystems under semi-arid climate” de la Unión Europea.

**Referencias**

Águila, E., González, I., Galán, E., Hamoumi, N., Labraimi, M. y Bloundi, K. (2004). *Geo-Temas*, 6, 195-198.

Ben Ahmed, R. (2002). *These 3er cycle*, Univ. Tunis, 210 p.

Benchrif, A. (1993). *CEA Sciences de l'environnement 1992-1993*, 135 p.

Burollet, P. F., Clairefont, P. y Winnock, E. (1979). *Géologie méditerranéenne*. Univ. Marseille. 345 pp.

Debenay, J. P., Tsakiris, E., Soulard, R. y Grossel, H. (2001). *Marine Micropaleontology*, 43, 75-118.

Geslin, E., Debenay, J. P., Duleba, W. y Bonetti, C. (2001). *Marine Micropaleontology*, 45, 151-168.

González-Regalado, M. L., Ruiz, F., Baceta, J. I., González-Regalado, E. y Muñoz, J. M. (2001). *Geobios*, 34, 39-51.

Horton, B. P. (1999). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149, 127-149.

Pascual, A. (1992). *Revista Española de Micropaleontología*, 24, 33-57.

Redois, F. y Debenay, J. P. (1996). *Revue Paléobiologie*, 15, 243-260.

Ruiz, F., Abad, M., García, E. X. M., Hamoumi, N., Labraimi, M., Bouamgard, E. H. y Bouamterhane, I. (2004). *GeoTemas*, 6, 307-310.

Samir, A. M. y El-Din, A. B. (2001). *Marine Micropaleontology*, 41, 193-227.

Tesson, M. y Gensous, B. (1979). *106<sup>ème</sup> Congrès des Sociétés savantes, Perpignan, Fac. Sciences*, fasc. 111, 183-194.