

Aplicación de la distribución de Poisson al análisis autoecológico de *Ammonia tepida* (Foraminifera) en medios estuarinos del suroeste de España

Application of the Poisson's distribution to the autoecological analysis of Ammonia tepida (Foraminifera) in estuarine environments of southwestern Spain

F. Ruiz⁽¹⁾, J.M. Muñoz⁽²⁾, R. Pino⁽²⁾, M.L. González-Regalado⁽¹⁾ y M. Abad⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Departamento de Geodinámica y Paleontología, Fac. Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva. Avda. de las Fuerzas Armadas, s/n. 21071-Huelva.
⁽²⁾ Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Facultad de Matemáticas, Universidad de Sevilla. C/ Tarfia, s/n. 41012-Sevilla.

ABSTRACT

This work analyzes the populations of Ammonia tepida (Foraminifera) in the southwestern Spanish estuaries with the application of the Poisson's distribution. Although the general model is unsatisfactory for a possible prediction, a partial analysis of the variables included indicates an increasing abundance from the salt marsh to the subtidal channels and a higher number of individuals in those samples subjected to very euryhaline conditions. The grain size variations do not affect significantly to this species.

Key words: Poisson, Foraminifera, estuaries, SW Spain

Geogaceta, 35 (2004), 135-138
 ISSN:0213683X

Introducción

Los foraminíferos estuarinos han sido estudiados extensivamente desde la década de los 50 para poder delimitar las zonaciones locales de estos microorganismos en relación con los niveles de marea, la salinidad, el tamaño de grano, el grado de exposición subaérea, los contenidos en metales pesados o el sustrato florístico (Scott y Medioli, 1986; Murray, 1991; Redois y Debenay, 1996; Cann *et al.*, 2002). Las conclusiones han sido posteriormente aplicadas al análisis de cambios holocenos del nivel del mar (Horton, 1999; Gehrels y Plassche, 1999), la reconstrucción de las condiciones paleoambientales (Serandrei Barbero *et al.*, 1997; Pascual *et al.* 1998), la estimación de la subsidencia durante un terremoto (Guibault *et al.*, 1995; 1996) o a problemas derivados de la contaminación metálica por metales pesados (Debenay *et al.*, 2001; Geslin *et al.*, 2002).

En la mayoría de estos estudios, sólo se ha efectuado una aproximación estadística entre las variables ambientales medidas y la abundancia relativa de las distintas especies mediante análisis visual de los datos, correlación lineal o, en algunos casos, a partir de análisis multivariantes como análisis cluster ó de componentes principales (p.e., Rijk y Troelstra, 1997; Horton *et al.*, 1999). Su

fin último era la posible predicción de los cambios cuantitativos en las asociaciones en función de los parámetros ambientales. Sin embargo, numerosos problemas limitan notablemente este objetivo, como el transporte de los caparzones, los diferentes rangos mareales, la presencia de poblaciones vivas a una profundidad variable bajo la superficie, el efecto de la bioturbación o la preservación diferencial de las distintas especies de acuerdo con el tipo de pared que presentan (Wang y Murray, 1983; Jonasson y Patterson, 1992; Goldstein *et al.*, 1995; Ozarko *et al.*, 1997).

En este trabajo se analiza la autoecología del foraminífero *Ammonia tepida* en los medios estuarinos del Suroeste de España. Para ello, se aplica la distribución de Poisson para la estimación del grado de incidencia de las distintas variables ambientales en su distribución.

Los estuarios del Suroeste de España

La costa de Huelva (SO España) está formada por amplias playas arenosas (145 km de longitud) sólo interrumpidas por la presencia de tres estuarios (Fig. 1: Guadiana, Piedras and Tinto-Odiel). En general, estos estuarios están formados por extensas marismas salobres parcialmente protegidas por flechas arenosas y

cruzadas por un canal principal estuarino más o menos profundo ($P = 5-15$ m) y ancho ($A = 30-500$ m), algunos distributarios de dimensiones más restringidas ($P = 0-4$ m; $A = 5-50$ m) y numerosos canales finalizadores de escasa entidad (Borrego, 1992; Morales, 1993).

La interacción entre los aportes fluviales y mareales permiten delimitar tres sectores: a) un estuario alto o fluvial, con caracteres morfosedimentarios derivados del dominio fluvial; b) un estuario central o medio, con mezcla de procesos mareales y fluviales; y c) un estuario marino, dominado por la marea. Este régimen mareal es mesomareal, con un rango medio de 2 m (Borrego y Pendón, 1989).

Metodología

Un total de 118 muestras fueron obtenidas en los distintos submedios sedimentarios de los tres estuarios estudiados. En cada punto, se midió la salinidad durante la bajamar y la pleamar. También se procedió al estudio granulométrico, con una separación mediante tamizado de la fracción arenosa y el uso del análisis Coulter para la determinación de los porcentajes en limos y arcillas. Finalmente, se le asignó un valor medio de altura mareal en función del medio (marisma alta: 3.02 m; marisma baja: 2.57 m; borde de canal: 1.15 m; ca-

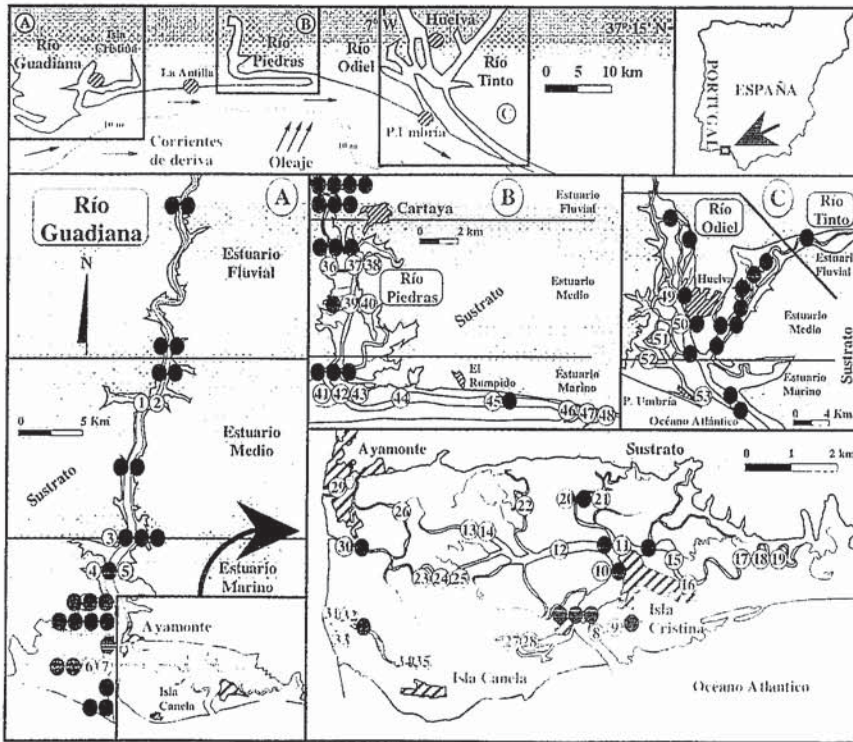


Fig. 1.- Localización de las muestras estudiadas.

Fig. 1.- Map of study area showing the location of the samples studied.

nal intermareal-canal submareal: metros bajo el nivel medio mareal), de acuerdo con los valores indicados por Borrego *et al.* (1993).

En cada muestra, se tamizaron 15 g a través de un tamiz de 125 µm para el estudio micropaleontológico. Un total de 300 individuos fueron contados, extraídos y determinados, o bien el total de los foraminíferos presentes si el número de individuos fue inferior. Para este estudio, se utilizó la población total, al integrar tanto variaciones estacionales como temporales en las poblaciones y representar más precisamente las asociaciones fosilizables (Albani y Johnson, 1975; Scott y Medioli, 1980; Scout y Leckie, 1990). Las muestras con más de 30 individuos fueron seleccionadas para el análisis estadístico mediante la distribución de Poisson, que fue aplicada a *Ammonia tepida* como especie más representativa. Las asociaciones de foraminíferos de estos estuarios pueden ser consultadas en González-Regalado *et al.* (2001).

Resultados: comparativa con otros estuarios

Distribución y abundancia de foraminíferos

Estos microorganismos están ausentes en las muestras obtenidas en el río

Tinto y son escasos o no aparecen en los sectores fluviales de los tres estuarios. En el primer caso, esta ausencia puede deberse a la alta polución derivada de actividades mineras milenarias y vertidos industriales recientes (Ruiz, 2001), en tanto que la alta hidrodinámica o el grueso tamaño de grano pueden ser factores limitantes en las zonas fluviales (González-Regalado *et al.*, 2001). En el resto, sólo se encontraron más de 30 ejemplares en 53 muestras (Fig. 1), con máximos (> 500 individuos) en canales distributarios del estuario marino del río Guadiana, próximos al mar y situados cerca de Ayamonte e Isla Cristina, así como en el canal intermareal de Punta Umbría (río Odiel).

Estas altas abundancias de foraminíferos no parecen guardar una relación aparente con el tamaño de grano de las muestras que los contienen, con porcentajes variables de arena (Tab. 1: 34,3-99,9 %) o limos (0,1-58,2 %). No obstante, y en relación con los distintos medios sedimentarios, sí parece existir un aumento relativo de especímenes desde la marisma alta (48-152; media 83,8) hacia los canales submareales (32-4146; media 347,6).

Ammonia tepida está presente en 40 de estas muestras, representando más del 30 % del total en 21 de ellas. Sus máxi-

mos aparecen ligados a los valores máximos de abundancia de foraminíferos, en tanto que son escasos sus ejemplares en el canal principal del río Guadiana o en el canal marino del río Piedras. También es destacable su ausencia en 6 de las 11 muestras estudiadas de marisma.

Aplicación de la distribución de Poisson a Ammonia tepida

El modelo deducido para esta especie es:

$$N^{\circ} \text{ individuos} = e^{12.74 - 0.207 A - 0.166 B - 0.192 C - 0.110 D + 0.303 E + 0.054 F}$$

donde A es la altura mareal, B equivale al porcentaje de arenas, C representa el porcentaje de limos, D es la salinidad en marea baja, E indica la salinidad en marea alta y F define el porcentaje en carbono orgánico.

El contraste del modelo indica que no es significativo debido a la alta varianza residual (3551,1 para 46 grados de libertad) en relación a los valores críticos de la chi-cuadrado (62,83 para p < 0.05). Ello supone que no se podría predecir con precisión el número de individuos de esta especie en función de las variables analizadas. No obstante, un análisis parcial de cada variable indica un grado de significación superior al 99 % (p < 0.01) para todas ellas (Tabla II). De ello pueden derivar interesantes deducciones:

a) Un aumento de una unidad de elevación mareal (1 m) implicaría una multiplicación del número medio de individuos por $e^{-0.207}$ (0.81), es decir, una disminución de un 19 %. Este dato es coherente con la disminución media observada de las formas calcáreas en los medios de marisma de numerosos estuarios, en correlación con un incremento de los ejemplares aglutinados (Jonasson y Patterson, 1992; Horton, 1999)

b) Un aumento en los porcentajes de las dos clases dominantes de tamaños de grano (arenas y limos) también implicaría un descenso en la abundancia de esta especie en cualquier tipo de sedimento. Esta posible paradoja podría explicarse por la ausencia de relación entre el tamaño de grano y su distribución. Esta abundancia tanto en arenas limosas como en limos arenosos también ha sido observada en diversos estuarios de Francia (Debenay *et al.*, 1998).

c) Los valores de salinidad en marea baja restringirían la abundancia de *Ammonia tepida* en un 10,4 % ($e^{-0.11} = 0.896$) por cada 1 ‰ que aumentara este parámetro. Por el contrario, el número de individuos aumenta considera-

MUESTRAS	MEDIO	Número Individuos	Individuos <i>A. tepida</i>	% ARENAS	% LIMOS	% ARCILLAS	SAL. MAREA BAJA (o/oo)	SAL. MAREA ALTA (o/oo)	% C ORGÁNICO
1	Canal submareal	32	2	0,9	97,7	1,4	0,4	6	21,4
2	Canal submareal	44	2	88	9,3	2,7	0,4	6	6,7
3	Marisma baja	44	0	24,9	70,1	5	0,4	8	20,5
4	Marisma baja	102	0	2,5	94,3	3,2	11	22	22,6
5	Canal submareal	32	0	100	0	0	11	22	10,4
6	Borde de canal	105	29	59,3	31,1	9,6	30	36	11,5
7	Marisma baja	56	9	79,1	17,5	3,4	30	36	9,9
8	Borde de canal	583	64	99,9	0,1	0	34	36	4,8
9	Borde de canal	248	0	99,8	0,2	0	34	36	2,4
10	Marisma alta	71	6	9,2	86,2	4,4	33	36	23,3
11	Borde de canal	78	24	91,4	8,5	0,1	32	35	10,6
12	Canal submareal	130	42	59,9	35,8	5,3	32	35	31,5
13	Borde de canal	95	40	9,2	86,2	4,6	28	35	17,9
14	Marisma alta	79	11	1	95,5	3,5	28	35	23,2
15	Marisma alta	67	11	3,8	85,6	10,6	33,6	35,6	26,8
16	Canal submareal	132	132	69,1	27,1	3,8	29	34	10,2
17	Canal intermareal	124	79	59,9	38,1	2	28	33	7,8
18	Borde de canal	61	11	14,2	73	12,8	28	33	18,5
19	Marisma baja	47	0	1,6	88,4	10	28	33	27,5
20	Borde de canal	35	20	2,6	91,4	6	28	32	15,5
21	Canal intermareal	131	83	15,1	80,9	4	28	33	15,7
22	Canal submareal	427	239	67,4	26,9	5,7	25	35	8,9
23	Canal submareal	63	49	42,7	55,3	2	25	35	7,8
24	Borde de canal	133	59	4,8	90,9	4,3	25	35	16,4
25	Marisma alta	152	0	1,5	94,4	4,1	25	35	19,4
26	Canal intermareal	57	12	77,9	18,2	3,9	30	35	9
27	Canal intermareal	786	283	81,4	15,3	3,3	32	36	10,1
28	Borde de canal	847	356	98,9	1,1	0	32	36	19,6
29	Canal submareal	76	25	19,8	75,5	3,7	30	36	14,7
30	Borde de canal	528	164	54,4	39,2	6,4	30	36	12,1
31	Canal intermareal	80	34	43,6	50,3	6,1	30	36	12,8
32	Borde de canal	44	14	49,2	42,9	7,9	30	36	9,8
33	Canal intermareal	1209	0	34,3	58,2	7,5	2	25	7,8
34	Canal intermareal	117	42	29	63,6	7,4	28	36	9
35	Borde de canal	49	12	82,1	15,3	2,4	28	36	8
36	Canal intermareal	54	26	91,4	4,1	4,3	29	34,3	2,9
37	Canal intermareal	49	17	76	22,3	1,7	29	34,3	1,5
38	Canal submareal	47	22	51,5	47,1	1,4	29	34,3	5,2
39	Borde de canal	83	13	24,5	69,7	5,8	30	35	7,5
40	Marisma alta	48	0	3,6	92,7	3,7	30	35	1,1
41	Canal submareal	74	0	43	54,8	2,2	34	35,4	1,5
42	Borde de canal	38	11	19,2	79	1,8	34	35,4	1,1
43	Marisma baja	100	0	3,9	90,8	5,3	34	35,4	1,1
44	Canal submareal	46	3	70,2	27,1	2,7	34,1	35,6	1
45	Canal submareal	110	9	98,5	0,9	0,6	34,1	35,6	1,7
46	Canal submareal	31	7	99	1	0	35,2	36,3	0,5
47	Canal submareal	85	4	100	0	0	35,2	36,3	0,3
48	Canal submareal	86	0	100	0	0	35,2	36,3	0,1
49	Borde de canal	66	45	16,5	78,8	4,7	12	33	12
50	Marisma baja	299	0	13,5	82,2	4,3	13,1	34,3	10
51	Borde de canal	33	8	5,1	94,6	0,7	13,1	34,4	7,8
52	Canal submareal	4146	539	41,5	49,3	9,2	25,8	34	14,3
53	Canal intermareal	390	39	98,4	1,6	0	34,6	36	23,5

Tabla I.- Distribución de los foraminíferos y variables ambientales medidas.

Table I.- Distribution of foraminifera and environmental variables measured.

blemente al elevarse la salinidad en marea alta, con un factor multiplicador de $e^{0.303476}$ (1,35) por cada 1 ‰ de incremento. En consecuencia, esta especie parece preferir medios con altas variaciones de salinidad cuyos valores de pleamar se aproximen a los intervalos observados en medios marinos (> 30 ‰). Esta eurihalinidad ha sido también observada en otros estuarios españoles (Pascual *et al.*, 1991).

d) El contenido en carbono orgánico es también un factor levemente positivo, con un incremento de un 5,6 % ($e^{0.05473} = 1,056$) por cada 1 ‰ de aumento.

Conclusiones

El estudio de las poblaciones de *Ammonia tepida* en los estuarios del Suroeste de España mediante la distribución de Poisson ha permitido detectar ciertas

pautas estadísticas en su abundancia, si bien el modelo general no es satisfactorio. El número medio de individuos de esta especie aumenta significativamente desde los medios más expuestos (marisma) hacia los canales submareales, así como con el aumento de la variación en salinidad y del contenido orgánico. Por último, el tamaño de grano no parece jugar un papel significativo, en tanto que una alta hidrodinámica o importantes niveles de contaminación pueden ocasionar su desaparición.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la DGYCIT (Proyecto BTE2000-1153), por el Plan Andaluz de Investigación (grupo RNM-238) y por el Plan Propio de Investigación de la Universidad de Huelva (grupo de Paleontología y Ecología Aplicadas). Es una contribución al IGCP 397.

Referencias

- Albani, A. D. y Johnson, K. R. (1975). *J. Geol. Soc. Australia*, 22, 435-446.
- Borrego, J. (1992). *Tesis Doctoral* (inédita). Universidad Sevilla, 311 pp.
- Borrego, J. y Pendón, J. G. (1989). *Com. XII Cong. Esp. Sedimentología*, 1, 97-100.
- Borrego, J., Morales, J. A. y Pendón, J. G. (1993). *J. Coastal Res.*, 9: 242-254.
- Cann, J. H., Harvey, N., Barnett, E. J., Belperio, A. P. y Bourmann, R. P. (2002). *Mar. Micropal.*, 44, 31-55.
- Debenay, J. P., Bénétiau, E., Zhang, J., Stoff, V., Geslin, E., Redfos, F. y Fernández-González, M. (1998). *Mar. Micropal.*, 34, 235-244.
- Debenay, J. P., Tsakiridis, E., Soulard, R. y Gossel, H. (2001). *Mar. Micropal.*, 43, 75-118.
- Gehrels, W. R. y Plassche, O. (1999). *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecol.*

VARIABLE	ESTIMACIÓN	ERROR	VALOR DE Z	PROBABILIDAD
Ordenada Origen	12.74	0.832572	15.30	***
Altura mareal	0.207633-	0.009056	22.93-	***
Porcentaje arena	0.166819-	0.007478	22.31-	***
Porcentaje limos	0.192120-	0.008025	23.94-	***
Salinidad marea baja	0.110678-	0.005673	19.51-	***
Salinidad marea alta	0.303476	0.015392	19.72	***
C orgánico	0.05473	0.002607	21	***

Tabla II.- Aplicación de la distribución de Poisson a *Ammonia tepida*. ***: $p < 0.01$

Table II.- Application of the Poisson's distribution to *Ammonia tepida*. ***: $p < 0.01$

149: 89-101.

Geslin, E., Debenay, J. P., Duleba, W. y Bonetti, C. (2002). *Mar. Micropal.*, 45, 151-168.

Goldstein, S. T., Watkins, G. T. y Kuhn, R. M. (1995). *Mar. Micropal.*, 26, 17-29.

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

Guibault, J. P., Clague, J. J. y Lapointe, M. (1995). *Palaeogeo., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 118, 49-71.

Guibault, J. P., Clague, J. J. y Lapointe, M. (1996). *Quat. Sci. Rev.*, 15, 913-937.

Horton, B. P. (1997). *Tesis Doctoral*. Universidad de Durham.

Horton, B. P. (1999). *Palaeogeo., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 149, 127-149.

Jonasson, K.E. y Patterson, R. T. (1992). *Micropaleontology*, 38, 289-301.

Lanesky, D. E., Logan, B. W., Brown, R. G. y Hine, A. C. (1979). *Journ. Sed. Petrol.*, 39, 655-657.

Morales, J. A. (1993). *Tesis Doctoral*. Universidad de Sevilla. 300 pp.

Murray, J. W. (1991). *Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera*. Longman, Harlow, 397 pp.

Ozarko, D. L., Patterson, R. T. y Williams, H. F. L. (1997). *J. Foram. Res.*, 27, 51-68.

Pascual, A., Pujos, M. y Orúe-Etxebarria, X. (1991). *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 50, 93-105.

Pascual, A., Weber, O., Rodríguez-Lázaro, J., Jouanneau, J. M. y Pujos, M. (1998). *Oceanol. Acta*, 21, 263-269.

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

Rijk, S., Troelstra, S. R., 1997. *Palaeo-geog., Palaeoclim., Palaeoecol.* 130, 81-112.

Scott, D. B. y Leckie, E. M. (1990). *J. Foram. Res.*, 20, 248-266.

Scott, D. B. y Medioli, F. S. (1980). *J. Paleontology*, 54, 814-831.

Serandrei Barbero, R., Albani, A. D. y Zecchetto, S. (1997). *Palaeo-geog., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 136: 41-52.

Wang, P. y Murray, J. W. (1983). *Mar. Geol.*, 51, 239-250.