

EVOLUCIÓN HOLOCENA DE LA MARJAL DE PEÑÍSCOLA (CASTELLÓN, ESPAÑA) DEDUCIDA DEL ESTUDIO DE SUS FORAMINÍFEROS FÓSILES

J. USERA, A. BLÁZQUEZ, J. GUILLEM Y C. ALBEROLA

Departamento de Geología, Universitat de València, Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot, Valencia.
E-mail: usera@uv.es

Resumen

Las asociaciones de foraminíferos y el estudio de su dinámica poblacional, junto con la presencia de algunos representantes del grupo de los tecamebídeos, indican la existencia de una laguna litoral de baja salinidad en Peñíscola, que es colonizada durante el Holoceno por especies de tipo eurihalino. Los cinco sondeos mecánicos estudiados permiten reconstruir la evolución de esta laguna litoral desde su inicio sobre un sustrato aluvial cuaternario hasta su colmatación en fechas recientes.

Palabras clave: Sondeos mecánicos, Estratigrafía, Foraminíferos, Marjal de Peñíscola, Castellón, España.

Abstract

[Holocene evolution of the Peñíscola marsh (Castellón, Spain) inferred from the study of its fossil foraminifera]. The foraminiferal assemblages and the study of their population dynamics together with the occurrence of some thecamoebians indicate the existence of a low salinity coastal lagoon at Peñíscola, that was colonized during the Holocene by euryhaline species. The five mechanical cores studied allow the reconstruction of the evolution of this coastal lagoon from its start, on a quaternary alluvial substratum until its recent filling.

Key words: Core, Stratigraphy, Foraminifera, Peñíscola Marsh, Castellón, Spain.

INTRODUCCIÓN

La marjal de Peñíscola se encuentra localizada al N de la provincia de Castellón, en la zona de transición entre las Cordilleras Ibérica y Catalánides.

Para su estudio se han realizado cinco sondeos mecánicos en este espacio húmedo que alcanzaron una profundidad máxima de unos 10 m, y que han sido estudiados desde el punto de vista estratigráfico, micropaleontológico y sedimentológico. El estudio micropaleontológico se ha basado en el análisis de las asociaciones de foraminíferos fósiles, ya que éstas reflejan los cambios en el medio donde se desarrollan.

La aplicación de distintas metodologías permite interpretar las variaciones en las condiciones paleoambientales de la cuenca y la correlación cronoestratigráfica de los diferentes niveles identificados en los testigos, y permite reconstruir la evolución de este espacio litoral durante el Cuaternario reciente.

CONTEXTO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

El área de estudio se localiza en la zona de transición entre las Cordilleras Ibérica y Catalánides, en una

pequeña depresión que se sitúa entre la Serra D'Irta y la desembocadura del río d'Alcalá. Como consecuencia de la influencia de las Catalánides, en este sector la dirección general del plegamiento ibérico (NW-SE) se ve interrumpida por la superposición de una densa red de fracturas de dirección NNE-SSW, cuyo resultado es la compartimentación del relieve en *horst* y *graben*. Las litologías dominantes son las calizas y dolomías que alternan esporádicamente con margas de escaso espesor (IGME, 1977).

Desde el punto de vista geomorfológico destaca el abanico aluvial construido por el río Alcalá, que nace en la Serra d'Irta y presenta un claro control estructural (Fig. 1). La morfología de abanico tiene un desarrollo hacia el N, construida por un río que sigue una dirección NE-SW en la zona intramontana, denominada fosa de Alcalá. Al llegar a la depresión litoral, el río se desvía hasta ser perpendicular a la costa y el abanico construye cuerpos que adoptan la nueva dirección. En este punto las facies distales se mezclan con los depósitos de albufera que caracterizan el sector litoral. Desde el N, cerrando la marjal de Peñíscola, destacan los depósitos aluviales construidos por la Rambla de Cervera. Por el S aparecen depósitos de coluviones, piedemontes y pequeños abanicos aluviales construidos por los pequeños barrancos que descienden de la Serra d'Irta. Las unidades morfológicas de la fosa de Alcalá han sido cartografiadas por varios autores (Mateu, 1982; Segura, 1995) quienes indican la existencia de tres unidades sedimentarias en función de la red de drenaje y proponen un modelo de evolución tectónica de dicha fosa durante el Cuaternario.

Desde el punto de vista evolutivo, el modelo de la evolución reciente de las albuferas mediterráneas está ampliamente documentado por diversos autores (Dupré *et al.*, 1988; Usera *et al.*, 1990, 1996; Sanjaume y Carmona, 1995; Segura *et al.*, 1995; Goy *et al.*, 1996; Sanjaume *et al.*, 1996; Zazo *et al.*, 1996, 1997; Fumanal *et al.*, 1997; Blázquez, 2005; Segura *et al.*, 2005) y es consecuencia tanto de la transgresión flandriense, ya que la estabilización del nivel del mar supone la construcción de barreras que las individualizan del mar abierto, como del clima estacional que parece instalarse en nuestro espacio, ya que se favorece la disponibilidad de sedimentos en la costa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han realizado cinco sondeos mecánicos que se distribuyen a lo largo de la marjal (Fig. 1), y se sitúan a distinta distancia y cota respecto a línea de costa

actual. Los testigos fueron obtenidos a partir de una sonda de 15 cm de diámetro que descendía por rotación en seco y fueron depositados en cajas convenientemente etiquetadas. A continuación se procedió a levantar la columna estratigráfica.

Con posterioridad, se tomaron muestras cada 10 cm que fueron analizadas desde el punto de vista micropa-

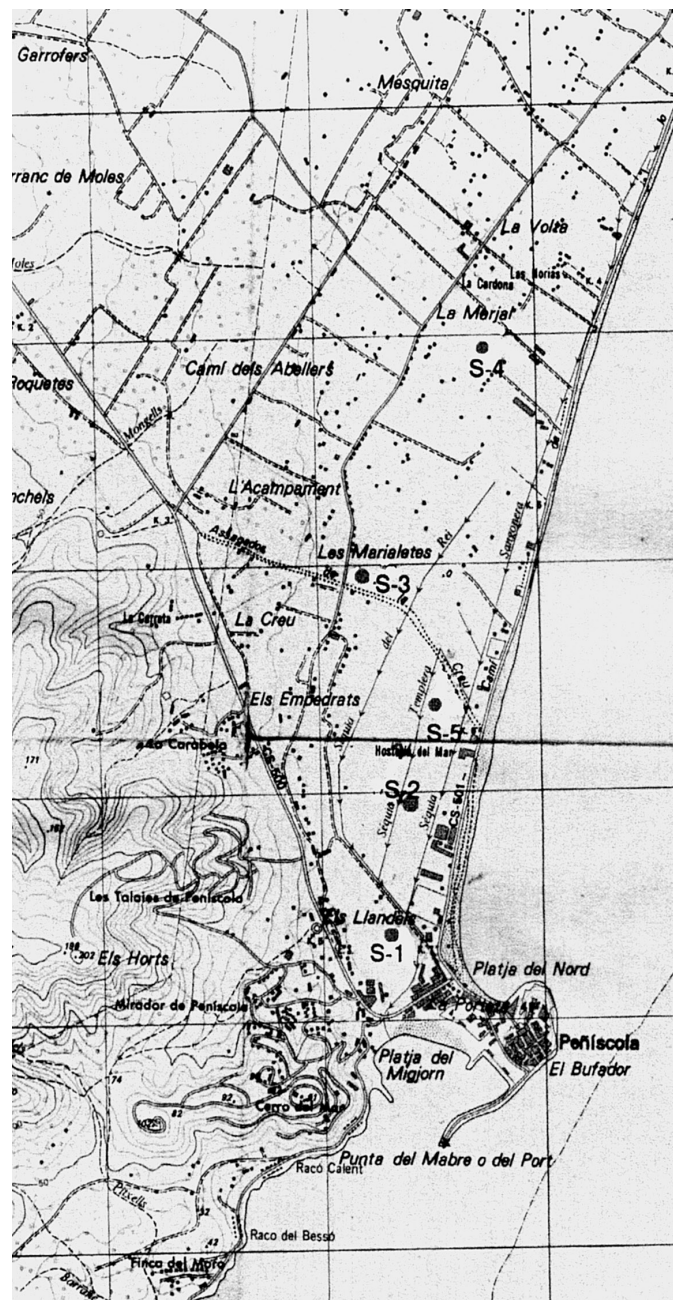


FIGURA 1—Localización de los sondeos S-1 a S-5 en la marjal de Peñíscola.

FIGURE 1—Location of the cores S-1 to S-5 in the Peñíscola marsh.

leontológico y sedimentológico. Las unidades sedimentarias, definidas por contactos casi siempre difusos, se han enumerado de base a techo, de forma que la coincidencia numérica en los distintos perfiles no significa necesariamente semejanzas o contemporaneidad entre los estratos.

El estudio micropaleontológico se basa en el estudio de los foraminíferos fósiles y de otros protoctistas, como los tecamébidos. Para ello se utilizaron 100 gr de sedimento por muestra, pesado en seco, que posteriormente fue levigado y tamizado en tres fracciones distintas (>0,4, >0,125 y >0,063 mm) con objeto de facilitar el proceso de separación de los foraminíferos a partir de la lupa binocular. La mayor parte de las muestras han sido cuarteadas hasta conseguir un número mínimo representativo, en torno a los 500 individuos. A partir del número de foraminíferos extraídos, han sido calculados los índices de diversidad de Shannon y alfa de Fisher (Shannon-Wiener, 1949; Fisher *et al.*, 1943), equitabilidad y riqueza de Margalef (Margalef, 1982), con objeto de conocer la composición y abundancia proporcional de especies, así como el grado de dominancia de alguna de ellas en cada muestra. Las formulaciones específicas para cada una de ellos son:

$$H(S) = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

$$E = H(S)/\log_2 S$$

$$\alpha = Ni/X$$

$$R = S-1/\ln(n)$$

H(S): índice de diversidad de Shannon-Wiener; **S**: Número de especies en cada muestra; **p_i**: Frecuencia de cada especie; **E**: índice de equitabilidad; **α**: alfa de Fisher; **Ni**: tamaño de la población; **X**: constante que toma valores inferiores a 1; **R**: riqueza de Margalef y **n**: número de individuos.

Desde una perspectiva sedimentaria se ha calculado la distribución granulométrica en cada una de las unidades sedimentarias identificadas, diferenciando las arenas con el tamiz de 0,063 mm, y los limos y arcillas a partir del proceso de granulometría de sedimentación. Los materiales interpretados como de relleno antrópico no han sido analizados desde esta perspectiva.

AUTOECOLOGÍA DE LOS TAXONES DE FORAMINÍFEROS

Ammonia beccarii (Linné). Es una especie cosmopolita, infaunal, libre. Prefiere las arenas más finas y el fango, como sustrato y las aguas templadas o tropicales (Murray, 1991). Posiblemente herbívoro.

En mar abierto se identifica la variedad *beccarii* que es epifita, común de rizomas de *Posidonia oceanica* y que ha sido encontrada en todo tipo de sedimentos. Vive preferentemente en profundidades que oscilan entre 0 y 50 m, es decir, en la zona infralitoral y la plataforma interna; no obstante, puede alcanzar los -100 m. Es eurihalina y euritérmica, y se adapta a salinidades de 2-50‰ y a temperaturas entre 10 y 25 °C.

Existen numerosos trabajos donde se analizan, bien en el laboratorio o en un ambiente natural, el desarrollo de las poblaciones de *Ammonia beccarii*. En el primer caso, los trabajos de Bradshaw (1957, 1961) establecen los límites de crecimiento, reproducción y supervivencia en función de las temperaturas y salinidades y, en el segundo, el de Schnitker (1974) para la temperatura. Estos autores han observado que la temperatura mínima para el crecimiento se sitúa entre 10 °C y 10,5 °C y el máximo, antes de la muerte, es de 35 °C. En un proceso escalonado de crecimiento, se produce una cámara cada seis días a una temperatura de 15 °C; con temperaturas de 20 °C, una cámara cada cuatro días. Entre 24 °C y 27 °C se sitúa el óptimo y se añade una cámara cada dos días. A partir de este momento se alcanza con rapidez el límite de temperatura de supervivencia. Por lo que respecta a la reproducción, a 15 °C de temperatura son necesarios 134 días antes de que ésta tenga lugar, que se reducen a 72 días si la temperatura es de 20 °C, a 19 días si es de 24 °C a 27 °C, y a sólo 15 días si es de 30 °C. Por otra parte, *Ammonia beccarii* var. *tepidula* sobrevive con salinidades del 2‰, pero sólo empieza a crecer si ésta supera el 7‰. Con salinidades del orden del 67‰ se añade una nueva cámara cada 35 días. Con un 13‰ o un 50‰ la producción de una nueva cámara se realiza cada tres días y se incrementa a dos días cuando la salinidad está entre 20‰ y 40‰. Salinidades por encima del 50‰ parecen frenar el proceso de reproducción. No obstante, es el resultado de la combinación de estas variables del medio lo que puede proporcionar una idea del óptimo de crecimiento y reproducción. En cultivos en el laboratorio *Ammonia beccarii* se reproduce cada 28 días y crece continuamente a temperatura de 30 °C y salinidades de 20‰ al 40‰. La reproducción se

produce, por regla general, a partir de la formación de la cámara número 13.

La forma encontrada en las marjales y lagunas es la variedad *tepida* (Cushman), de aguas hiposalinas.

Trichohyalus aguayoi (Bermúdez). Especie eurihalina muy frecuente en las marjales y albuferas del área Mediterránea. En el hábitat natural es frecuente encontrarla en aguas cálidas, aunque soporta amplios rangos de temperatura en cultivos de laboratorio. Forma libre, infaunal y detritívora. Habita en fondos fangosos. Esta especie fue descrita originalmente en la isla de Cuba, si bien su distribución conocida actualmente es mucho más amplia, habiéndose encontrado en ambientes salobres en distintos lugares del Caribe y golfo de Méjico (Arnold, 1954; Boltovskoy & Hincapié de Martínez, 1983; Scott *et al.*, 1991), del Mediterráneo y Mar Negro (Tufescu, 1969, 1973; Lévy, 1982; Foresi *et al.*, 2004), del Atlántico (Javaux & Scott, 2003), de la costa norteamericana del Pacífico (Murray, 1991) de la costa atlántica (Scott *et al.*, 1990) y pacífica (Boltovskoy & Vidarte, 1977) de Sudamérica, de Australia (Albani, 1968), o incluso en Hawai (Resig, 1974). En la Península Ibérica, las citas de esta especie se limitan al área mediterránea (Usera, 2003).

Elphidium excavatum (Terquem). Esta especie eurihalina y euritámica de quilla redondeada es infaunal, libre, vive sobre arena y fango y habita desde las aguas salobres hasta las hipersalinas (Murray, 1991). Presenta muy variada morfología externa, con numerosas formas como consecuencia de su extensa distribución geográfica. Algunas de ellas son hiposalinas y están presentes en lagunas litorales y estuarios, donde vive, enterrada, entre 0,5 y 6,0 cm en el sedimento. Se encuentra frecuentemente en aguas salobres, cercanas a la costa, y se relaciona con fondos limo-arcillosos. En mar abierto está asociada a praderas de fanerógamas y ha sido citada en diferentes tipos de fondos, preferentemente arenosos.

Trochammina inflata (Montagu). Especie eurihalina y euritámica, muy común en aguas frías y templadas. Es frecuente en lagunas de aguas hiposalinas. Epifaunal e infaunal, de vida libre, herbívora o detritívora. Vive en el interior de fangos o limos ricos en materia orgánica.

Spirillina vivipara (Ehrenberg). Forma epifaunal de vida libre que habita en sustratos muy variados sobre los que se desplaza. Es típica de estuarios. Admite un amplio rango de salinidad (Murray, 1991). Ha sido citada en arenas, fangos y fondos biodetríticos.

Miliolinella eburnea (D'Orbigny). Especie euri-tópica, capaz de soportar notables variaciones de temperatura y salinidad, asociada a estuarios y marja-

les. Epifaunal, vive sobre plantas y sustratos duros. Es herbívora y puede vivir también en lagunas hipersalinas.

Disconorbis bulbosus (Parker). Esta especie vive en ambientes marinos litorales, aunque también se ha encontrado en medios someros hipohalinos asociada con otras especies eurihalinas.

Rubratella intermedia (Grell). Especie encontrada en ambientes marinos litorales y también en lagunas costeras, si bien no ha sido citada en marjales.

Jadammina macrescens (Brady). Especie común en ambientes salobres, estuarinos y de marjal de buena parte del planeta. En la Península Ibérica se ha citado también en medios litorales y en fondos marinos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sondeos mecánicos (Fig. 2) realizados en la marjal de Peñíscola que proporcionaron foraminíferos y tecamébidos para el estudio micropaleontológico fueron PÑ-1, PÑ-2 y PÑ-5; los sondeos PÑ-3 y PÑ-4 son prácticamente estériles desde este punto de vista. Los principales resultados obtenidos son los siguientes (Tablas 1 y 2):

Sondeo PÑ-1

Este sondeo se localiza a 250 m de la línea de costa actual y alcanzó una profundidad de 5 m. En este testigo se distinguen tres unidades (Fig. 2). La unidad basal (unidad I) se extiende entre -5 m y -3 m y está formada por abundantes cantos redondeados y subredondeados de naturaleza calcárea englobados en una matriz limoarcillosa de color marrón; hacia techo la matriz adquiere una coloración grisácea y la morfología dominante de los cantos es subangulosa. En contacto erosivo, desde los 3 m de profundidad hasta los -0,5 m (unidad II) se observan limos grises con concreciones calcáreas y nódulos ferruginosos; en ocasiones se distinguen restos de gasterópodos. Los últimos 0,5 m (unidad III) están ocupados por rellenos antrópicos a partir de arenas limosas con cantos y fragmentos de ladrillos.

Del conjunto de foraminíferos fósiles que aparecen en los sedimentos de este testigo (unidad II) hay que destacar la presencia de *Ammonia beccarii* var. *tepida* (Cushman), entre las que dominan las formas macroféricas (Usera *et al.*, 2002) junto con otros foraminíferos eurihalinos como *Trichohyalus aguayoi* (Bermúdez) y *Spirillina vivipara* Ehrenberg. A estas especies de foraminíferos se añade un tecamébido: *Centropyxis aculeata* (Ehrenberg).

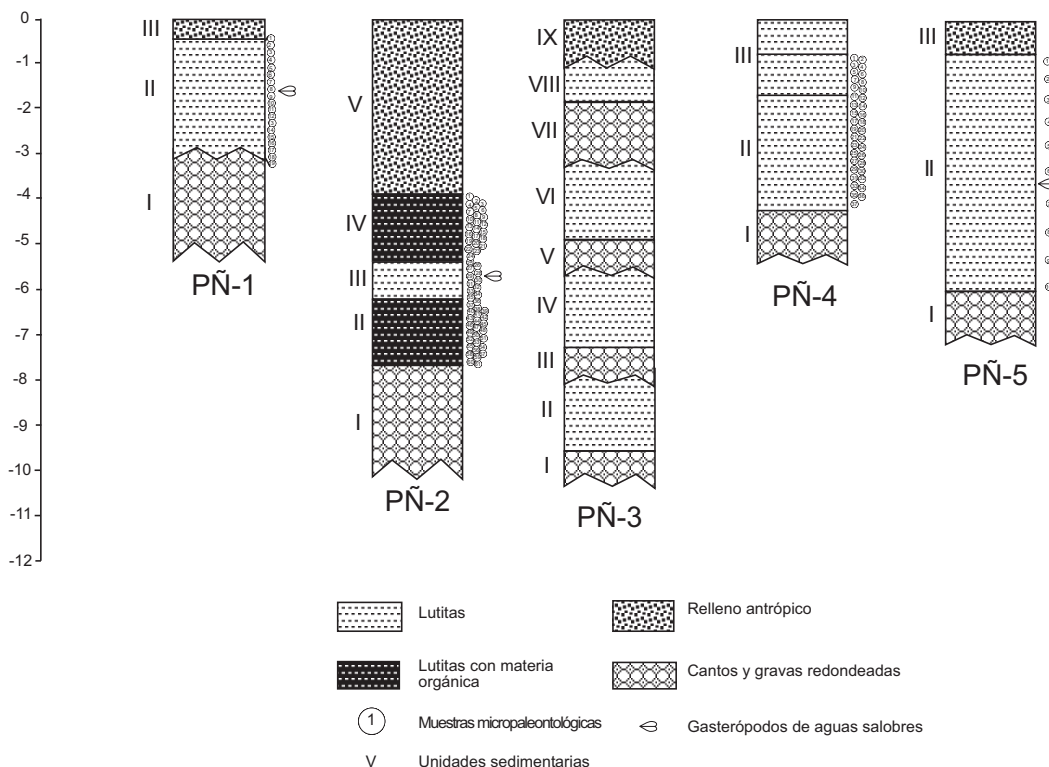


FIGURA 2—Columnas estratigráficas PÑ-1 a PÑ-5 y localización de las muestras.
 FIGURE 2—Stratigraphical sections PÑ-1 to PÑ-5 and location of the samples.

Los cálculos estadísticos (Tabla 3) realizados sobre este conjunto de especies muestran valores muy bajos en los índices de diversidad, riqueza y equitabilidad, lo que indicaría la existencia de un medio caracterizado por la inestabilidad, al menos, en cuanto a salinidad y temperatura (Murray, 1991). No obstante, se observa un incremento de estos índices hacia techo de la unidad II, debido a la aparición de otras especies como aff. *Physalidia* sp., *Elphidium excavatum* (Terquem) o *Rubratella intermedia* Grell, etc.

Por tanto, desde el punto de vista paleoambiental esta serie podría indicar la existencia de una facies aluvial canalizada que sirve de base a un depósito lagunar de aguas salobres. Dicha laguna parece encontrar una mayor estabilidad entre las muestra PÑ1-14 y PÑ1-4, lo que justifica el aumento del número de especies y de los índices de diversidad en este tramo.

Sondeo PÑ-2

Este sondeo se localiza a unos 400 m de la línea de costa actual, a unos 650 m en línea recta hacia el N del sondeo anterior. En este testigo de 9,6 m de potencia se diferencian cinco unidades que de base a techo son (Fig. 2): unidad I que se extiende entre -9,6 m y -7,6 m

y está formada por un material de textura arcillosa de color marrón claro con abundantes cantos de morfología angulosa. Entre -9,6 m y -8,7 m el color es más amarillento y contiene foraminíferos litorales del Mioceno superior, y entre -7,8 y -7,7 m se aprecian señales de reducción de la materia orgánica en un nivel de color más grisáceo. En contacto progresivo se identifica la unidad II (entre -7,6 y -6,2 m), formada por limos y arcillas de color gris oscuro que adquiere una tonalidad más oscura entre -7,2 m y -7,1 m. Hacia techo, en contacto neto y entre -6,2 m y -5,4 m, se observa un material gris negruzco, de textura limoarcillosa, muy rico en materia orgánica con abundantes conchas de gasterópodos, donde pueden apreciarse cantos aplanados (unidad III). A continuación, la unidad IV, en contacto neto y entre -5,4 y -4 m, que presenta similares características a la unidad II. Finalmente, el techo del testigo está constituido por la unidad V formada por un material depositado en condiciones artificiales y que se atribuyen al relleno antrópico, por los fragmentos de ladrillos incluidos en este sedimento.

Del conjunto de foraminíferos que se registran en este testigo, destaca la asociación, presente en todas las

PÑ1	PÑ1-19	PÑ1-18	PÑ1-17	PÑ1-16	PÑ1-15	PÑ1-14	PÑ1-13	PÑ1-12	PÑ1-11	PÑ1-10	PÑ1-9	PÑ1-8	PÑ1-7	PÑ1-6	PÑ1-5	PÑ1-4	PÑ1-3	PÑ1-2	PÑ1-1
<i>Trichohyalus aguayoi</i>	1684	473	74	176	296	917	507	480	362	173	620	153	981	233	318	97	24	7	49
<i>Ammonia beccarii</i> var. <i>tepida</i>	522	384	616	781	797	96	190	485	131	219	575	302	1204	336	619	104	22	6	65
<i>Spirillina vivipara</i>	2	6			1	91	646	6	379	24	44	1	59	7	5	1			
<i>Turrspirillina</i> ? Sp								1					1			1			
<i>Elphidium excavatum</i>	3	1	1	22	18	2	5	3	1	14	2	11	3						1
<i>Disconorbis bulbosus</i>				2	8	1	2	2	4	3	13	3	27	2	7	6			1
aff. <i>Physalidia</i> sp.				1		8	8	4	20	3	8	2	1	1	1	1			
<i>Rubratella intermedia</i>	1			2	18	2	4	5	3	1	12		49	9	6	3	1		
<i>Milolinella eburnea</i>	2		1				1	3											
<i>Cornuspira involvens</i>			1			1	10		1	1			2	1		1			
<i>Bolivina pseudoplicata</i> (resedimen.)	1			1															
Fora. Idet.							1	8	1	2			1						
<i>Cibicides</i> sp (resedimentado)							1										3		
<i>Brizalina</i> sp (resedimentado)									1										
<i>Jadammina macrescens</i>											2								
<i>Ammonia beccarii</i> (reelaborado)														1					
<i>Quinqueloculina</i> sp (reelaborado)														1					
<i>Asterigerinata mammilla</i>														2					

PÑ2	PÑ2-57	PÑ2-55	PÑ2-53	PÑ2-51	PÑ2-49	PÑ2-47	PÑ2-45	PÑ2-43	PÑ2-41	PÑ2-39	PÑ2-37	PÑ2-35	PÑ2-33	PÑ2-31	PÑ2-29	PÑ2-27	PÑ2-25	PÑ2-23	PÑ2-21
<i>Trichohyalus aguayoi</i>	102	116	48		17	1	18	851	5	76	104	150	90	66	42	90	66	38	7
<i>Ammonia beccarii</i> var. <i>tepida</i>	472	659	334	493	537	529	619	29	582	635	675	794	434	779	493	547	496	529	714
<i>Spirillina vivipara</i>												1							
<i>Elphidium excavatum</i>	19	91	32		132	21	23		4	28	4	2	2	4					37
<i>Disconorbis bulbosus</i>					1			10							3				5
<i>Milolinella eburnea</i>								4		2		4			1	1	1	1	1
<i>Arenoparella mexicana</i>												1	1				1		
<i>Milolinella eburnea</i>			3																
<i>Jadammina macrescens</i>												1							
<i>Centropxis aculeatum</i> (tecamévido)							1	1	15	2									
<i>Neocorbina terquemi</i>																			
<i>Bolivina pseudoplicata</i>															1				
<i>Trochammina inflata</i>					1							1	1						

PÑ2	PÑ2-19	PÑ2-17	PÑ2-15	PÑ2-13	PÑ2-11	PÑ2-9	PÑ2-7	PÑ2-5	PÑ2-3	PÑ2-1
<i>Trichohyalus aguayoi</i>	64	113	102	69	161	162	106	214	53	75
<i>Ammonia beccarii</i> var. <i>tepida</i>	506	489	650	492	567	685	627	504	548	483
<i>Spirillina vivipara</i>										
<i>Elphidium excavatum</i>	3	8	13	11	3	3				3
<i>Disconorbis bulbosus</i>					15	10	11	11	3	
<i>Milolinella eburnea</i>	10	2		3	1	1	13	5		
<i>Arenoparella mexicana</i>							9			1
<i>Milolinella eburnea</i>										
<i>Jadammina macrescens</i>							1			
<i>Centropxis aculeatum</i> (tecamévido)							5			
<i>Neocorbina terquemi</i>								2		
<i>Bolivina pseudoplicata</i>								3	2	
<i>Trochammina inflata</i>										1

PÑ5	PÑ5-10	PÑ5-9	PÑ5-8	PÑ5-7	PÑ5-6	PÑ5-5	PÑ5-4	PÑ5-3	PÑ5-2	PÑ5-1
<i>Trichohyalus aguayoi</i>	141	146	151	196	77		102	275	190	237
<i>Ammonia beccarii</i> var. <i>tepida</i>	172	168	255	136	261		159	243	141	372
<i>Elphidium excavatum</i>	1	1						8		3
<i>Trochammina inflata</i>		2								

Tabla 1—Número de individuos de las diferentes especies de foraminíferos y tecamebídeos, obtenidos de las muestras de los sondeos PÑ-1, PÑ-2 y PÑ-5.

TABLE 1—Number of individuals of the different foraminiferal and thecamoebian species obtained from the samples of the cores PÑ-1, PÑ-2 and PÑ-5.

muestras, formada por *Ammonia beccarii* var. *tepida* y *Trichohyalus aguayoi*, que hacia techo se acompañan de la especie *Elphidium excavatum*. En este testigo, localizado más hacia el interior de la laguna, se registran algunas ejemplares de foraminíferos de caparazón aglutinado sobre base orgánica, como *Trochammina inflata* (Montagu) y *Arenoparrella mexicana* (Kornfeld), que podrían indicar la baja salinidad del medio y la presencia de una marisma vegetada. Los cálculos estadísticos (Tabla 4) realizados sobre el conjunto de individuos de estas especies muestran también valores muy bajos en los índices de diversidad, riqueza y equitabilidad, lo que sugiere la existencia de un medio inestable en cuanto a salinidad y temperatura. No obstante, la riqueza en materia orgánica de las unidades II y IV indica la estabilidad de los cuerpos de agua, al menos en estos niveles.

Desde el punto de vista paleoambiental esta serie podría interpretarse como un depósito marino del

Mioceno superior que es cubierto por otro de tipo aluvial que, a su vez, es sustituido en momentos posteriores por un ambiente lagunar. En este punto, dada la posición del sondeo y los resultados sedimentológicos y micropaleontológicos, los cuerpos de agua parecen tener una mayor profundidad y estabilidad en comparación con PÑ1, especialmente en las unidades II y IV. Los niveles ricos en materia orgánica han sido descritos también en el sector septentrional del golfo de Valencia (Segura *et al.*, 1995, 2005); en la marjal de Torreblanca (a unos 26 km de distancia hacia el S) se han encontrado niveles de este tipo con una asociación de foraminíferos similar, que han sido datados e interpretados como posteriores al máximo flandriense (Usera *et al.*, 1990, 1996; Segura *et al.*, 1997).

Sondeo PÑ-3

Este sondeo alcanzó una profundidad de 10 m; es el más alejado de la línea de costa actual, situado a 850 m,

PÑ-1	ARENAS (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)
Unidad II	25	50	25
Unidad I	55,5	25	19,5
PÑ-2	ARENAS (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)
Unidad IV	15	44	41
Unidad III	11,5	42	46,5
Unidad II	13	47	40
Unidad I	10	44,5	45,5
PÑ-3	ARENAS (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)
Unidad VIII	40	30	30
Unidad VII	63	23,6	13,4
Unidad VI	39,4	42	18,6
Unidad V	58	31,5	10,5
Unidad IV	38,5	30,5	31
Unidad III	65	20,8	14,2
Unidad II	30	35	35
Unidad I	70	20,5	9,5
PÑ-4	ARENAS (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)
Unidad III	18	42,3	39,7
Unidad II	34	45,5	20,5
Unidad I	52	23,8	24,2
PÑ-5	ARENAS (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)
Unidad II	30	35	35
Unidad I	65,7	18	16,3

TABLA 2—Tamaño de grano del sedimento en las diferentes unidades establecidas en los sondeos PÑ-1 a PÑ-5.

TABLE 2—Sediment grain size in the different units in the cores PÑ-1 to PÑ-5.

y se encuentra a 1 km del sondeo anterior en dirección NW, junto al Assagador de la Creu.

Desde el punto de vista estratigráfico se han identificado nueve unidades sedimentarias que, de base a techo, son (Fig. 2): la unidad I, que se extiende entre -10 m y -9,5 m y está constituida por cantos de morfología redondeada con una matriz limosa de color amarillento. La unidad II comienza en contacto progresivo entre -9,5 m y 8 m de profundidad; está formada por arcillas y limos rojizos con algunos cantos de morfología redondeada que son más frecuentes en la base de esta unidad. En contacto erosivo, la unidad III se extiende entre -8 m y -7,2 m y es similar a la unidad I; de igual modo, progresivamente se da paso a la unidad IV, entre -7,2 m y -5,3 m, que presenta características semejantes a la unidad II. A 5,3 m de profundidad el contacto erosivo da paso a la unidad V, de 30 cm de espesor, formada por cantos y gravas redon-

deados que progresivamente incorporan mayor cantidad de limos y arcillas hacia el techo, hasta constituir la unidad VI, compuesta por materiales finos de color rojizo. Entre -3,3 m y -1,8 m aparece un material de color beige formado por cantos y gravas subredondeadas y subangulosas, coronado por una costra calcárea que se identifica en el testigo a partir de concreciones carbonáticas de tamaño canto y grava (unidad VII); a partir de -1,8 m hasta 0,9 m de profundidad la unidad VIII muestra un material limoso de color rojizo con algunos cantos de morfología subangulosa, que son

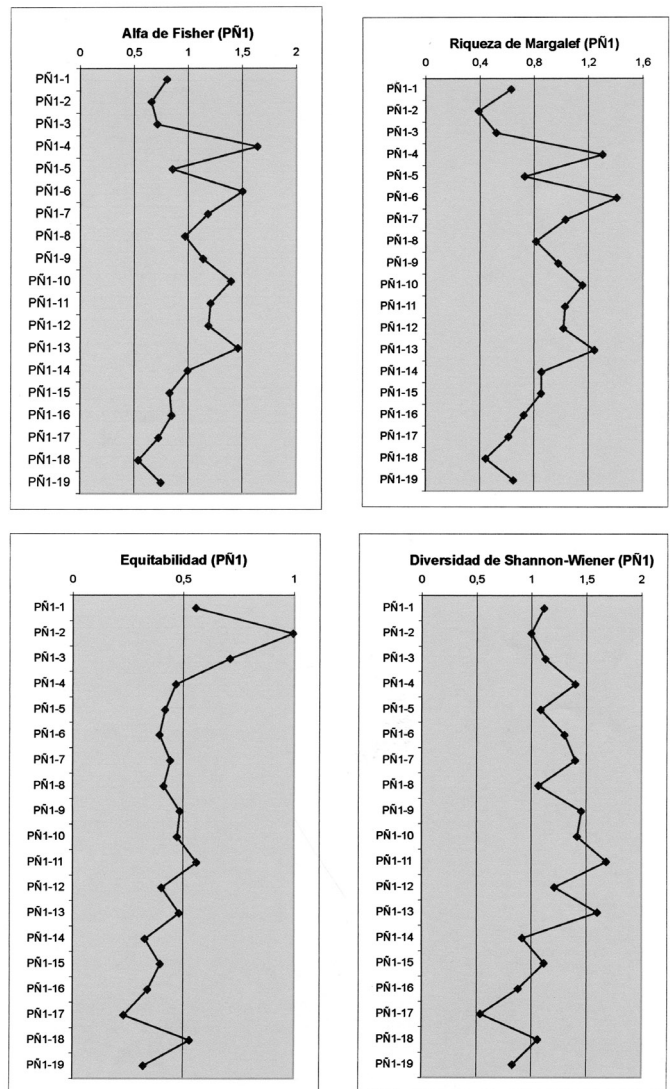


TABLA 3—Variación de los valores del índice de riqueza de Margalef, Diversidad de Shannon, Alfa de Fisher y Equitabilidad, en el sondeo PÑ-1.

TABLE 3—Variation of the Margalef richness index, Shannon Diversity, Fisher Alpha and Evenness values in the core PÑ-1.

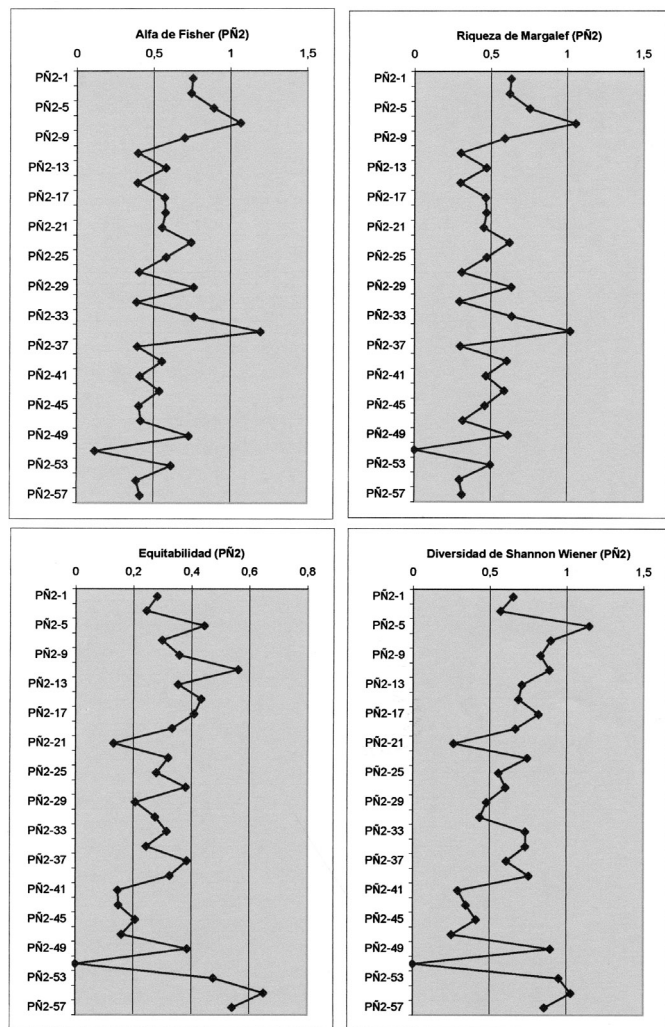


TABLA 4—Variación de los valores del índice de riqueza de Margalef, Diversidad de Shannon, Alfa de Fischer y Equitabilidad, en el sondeo PÑ-2.

TABLE 4—Variation of the Margalef richness index, Shannon Diversity, Fisher Alpha and Evenness values in the core PÑ-2.

más frecuentes hacia la base de la unidad. Los últimos 90 cm que constituyen el techo del sondeo están formados por cantos en la base y un relleno antrópico en el techo; intercalado se aprecia un material de color blanco formado por concreciones calcáreas que indica la existencia de una costra carbonática.

El conjunto del testigo muestra una secuencia de cuatro ciclos formados cada uno de ellos por un material grueso de morfología redondeada en la base, que se corona por un sedimento más fino y oxidado. Estas facies podrían interpretarse como la secuencia de un abanico aluvial, con facies de canal intercaladas (unidades I, III, V y VII). Dado el contexto geomorfológico, podría

tratarse de una formación aluvial construida por uno de los barrancos que descienden de la Serra d'Irta, es decir, de los barrancos de Moles o dels Mochels (Fig. 1). Este abanico aluvial presenta dos momentos de estabilización que se manifiestan a partir de dos costras calcáreas, caracterizadas por la porosidad del carbonato y, por tanto, por su carácter deleznable.

La secuencia completa podría indicar un abanico aluvial distal que ha sido formado como consecuencia de la descarga de un canal procedente de las sierras adyacentes y que, debido a la ruptura de pendiente, al salir del relieve deposita los materiales transportados. Las fracciones más finas del techo podrían corresponder a los paquetes lutíticos de las facies no canalizadas relacionadas con los sistemas de abanicos aluviales. Esta granoselección positiva puede obedecer a una regresión del abanico, posiblemente relacionada bien con una disminución de la sedimentación por descenso pluviométrico, documentado en diversas áreas de nuestro entorno en momentos del Cuaternario reciente (Dupré *et al.*, 1988; Fumanal, 1986, 1994), o bien con el ascenso del nivel de base ligado al ambiente de marjal. No obstante, la secuencia retrogradante de un abanico es la misma que se puede producir si el abanico se desplazara lateralmente, por medio de la migración del canal principal o sistemas de canales tributarios. El procedimiento para distinguir ambas situaciones es la medición de paleocorrientes, pero no se han encontrado estructuras sedimentarias en estos materiales que permitan optar por uno de los dos supuestos.

En todos los casos, tras el máximo transgresivo flandriense que se puede identificar también en áreas próximas, alrededor del 6.000 BP (Dupré *et al.*, 1988; Segura *et al.*, 1997; Blázquez y Usera, 2005), se inicia una fase de cierta estabilidad del nivel marino que conlleva la reactivación de la sedimentación continental, facilitada por el régimen climático estacional que se instala durante el Holoceno superior, y por la acción antrópica ligada a la destrucción de suelos por la intensificación de la ocupación del territorio (Fumanal y Ferrer, 1998). Según Ferrer y Blázquez (1999a, 1999b) estos procesos de agradación de la sedimentación aluvial continúan en época ibérica, romana e incluso en momentos posteriores.

Sondeo PÑ-4

Este sondeo alcanzó una profundidad de 5 m; se localiza a 350 m de la línea de costa actual y a 1,2 km del sondeo anterior en dirección NE. En este testigo pueden diferenciarse tres unidades sedimentarias (Fig. 2): la unidad basal (unidad I) se extiende desde los 5 m de profundidad hasta los -3,6 m y está formada por

cantos y gravas de morfología redondeada con una matriz limoarenosa de color rojizo. Hacia techo, sobre todo a partir de -4,2 m, cambia progresivamente de color y de textura hacia un material limoso de color beige. La unidad II, entre -3,6 m y -1,7 m, está constituida por limoarcillas de coloración grisácea con algún canto disperso. En contacto progresivo y hacia techo se identifica la unidad III, de 1,7 m de espesor, formada por limos y arcillas de color beige con vetas grisáceas que indican la existencia de alternancia de procesos de reducción y oxidación propia de un suelo hidromorfo; a techo se localiza el suelo actual.

Sólo han podido identificarse algunos ejemplares de *Ammonia beccarii* var. *tepida*.

Desde el punto de vista paleoambiental, esta serie parece mostrar las mismas características que las indicadas en los sondeos PÑ-1 y PÑ-2, aunque por los resultados del estudio sedimentológico es posible que el sedimento grisáceo haga referencia a una facies distal de laguna.

Sondeo PÑ-5

Este sondeo alcanzó una profundidad de 5 m y se localiza a 150 m de la línea de costa actual, cercano a los sondeos PÑ-3 y PÑ-2 y al punto de contacto entre el Assagador de la Creu y la Acequia Sangonera. En este testigo pueden distinguirse hasta tres unidades sedimentarias que, de base a techo, son (Fig. 2): la unidad I, entre -7 y -6 m, semejante a la base de los sondeos anteriores, es decir, con cantos y gravas de morfología redondeada y matriz limoarenosa de color rojizo. Hacia techo y en contacto neto se localiza la unidad II (entre -6 m y -0,7 m) constituida por limos y arcillas de color grisáceo con presencia de conchas de gasterópodos de aguas salobres. Finalmente, se aprecia un relleno antrópico que individualiza la unidad III en el techo del sondeo, con una potencia de 0,7 m.

Desde el punto de vista micropaleontológico, la asociación de foraminíferos vuelve a estar constituida por *Ammonia beccarii* var. *tepida* y *Trichohyalus aguayoi*, acompañados en la base de la unidad II por la especie de caparazón aglutinado sobre base orgánica *Trochammina inflata*, que indicaría un menor grado de salinidad del medio.

Los cálculos estadísticos (Tabla 5), muestran valores muy bajos en los índices de diversidad, riqueza y equitabilidad, lo que parece indicar la existencia de un medio con amplias variaciones estacionales de salinidad y temperatura. Desde el punto de vista paleoambiental, la interpretación es semejante a la indicada en el sondeo PÑ-2.

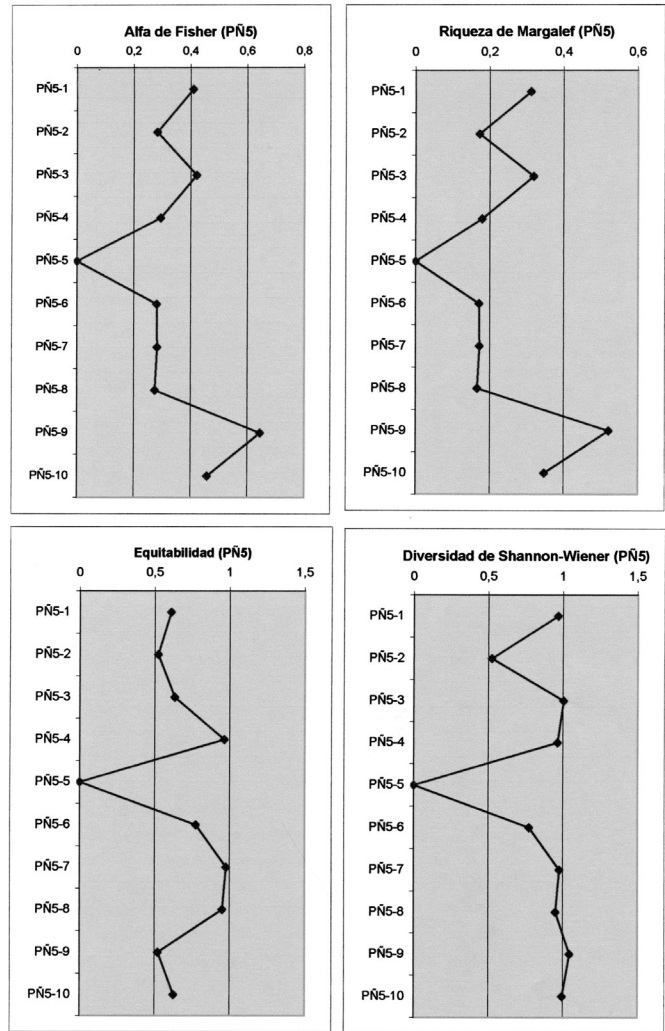


Tabla 5—Variación de los valores del índice de riqueza de Margalef, Diversidad de Shannon, Alfa de Fisher y Equitabilidad, en el sondeo PÑ-5.

TABLE 5—Variation of the Margalef richness index, Shannon Diversity, Fisher Alpha and Evenness values in the core PÑ-5.

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LA MARJAL DE PEÑÍSCOLA

A partir de los resultados micropaleontológicos y sedimentológicos obtenidos en el total de sondeos estudiados en la marjal de Peñíscola, pueden extraerse las siguientes interpretaciones paleoambientales:

En la base de todos los sondeos, a excepción de PÑ-2, se aprecia un sedimento grueso, formado por cantos y gravas incluidos en una matriz arenolimososa, localizado por debajo de los -5 m.

Este ambiente es sustituido hacia techo por una laguna hiposalina, cuyo centro se encontraría en las inme-

diaciones del sondeo PÑ-2. Desde el punto de vista sedimentario en estos niveles dominan los limos y arcillas grises. La laguna estaría colonizada sobre todo por *Ammonia beccarii* var. *tepida* y *Trichohyalus aguayoi*, además de otras especies también abundantes como *Spirillina vivipara* y *Elphidium excavatum*. En menor medida se registran individuos de las especies aff. *Physalidia* sp., *Rubratella intermedia*, *Trochammina inflata* y *Arenoparrella mexicana*, que indican el carácter hiposalino del agua. A estas especies de foraminíferos se añade un tecamévido: *Centropyxis aculeata*, también de aguas salobres.

En los sondeos PÑ-4 y PÑ-5 esta facies lagunar se registra a partir de sedimentos distales de laguna o de borde (unidad II de PÑ-5) e incluso de suelos hidromorfos. En estos ambientes distales no se han encontrado fósiles, a excepción de aquellos niveles en que se concentran conchas de gasterópodos de aguas salobres. Dada la posición de ambos sondeos, podría tratarse de una *backbarrier flat*, es decir, una facies correspondiente a la parte interna de la barra que separaría del mar un antiguo espacio inundado salobre, según indica la fauna de foraminíferos encontrada en los sondeos PÑ-1 y PÑ-2. Los depósitos de *backbarrier flat* se caracterizan por las altas proporciones de materia orgánica e incluso de óxido férrico.

Paralelamente al depósito lagunar que caracteriza las posiciones más cercanas a la línea de costa y las de menor cota, en posiciones más continentales se desarrollan depósitos aluviales bajo la morfología de aba-

nico (PÑ-3), cuyas facies distales llegan hasta la laguna. Este sondeo se relaciona con los depósitos aluviales de los barrancos de Moles y dels Mochels.

Como se ha comentado, este modelo de comportamiento de la evolución reciente de las albuferas mediterráneas podría obedecer tanto a movimientos eustáticos, ligados a la estabilización del nivel del mar tras el máximo flandriense, como al clima estacional que parece registrarse en este territorio, facilitando el aporte sedimentario al área costera. Además, el factor antrópico parece revelarse como un condicionante importante en la evolución reciente de estos sistemas litorales. La estacionalidad acusada, la tectónica y los cambios introducidos por la antropización, son relevantes para explicar el avance de la sedimentación continental sobre las facies lagunares recientes.

En la actualidad la laguna está colmatada, por lo que el paisaje dominante es de marjal. Diversos autores (Sanjaume y Carmona, 1995; Fumanal y Ferrer, 1998; Ferrer y Blázquez, 1999a, 1999b; Blázquez y Ferrer, 2003), defienden un incremento de la sedimentación litoral atribuida a causas dinámicas desde época iberorromana en nuestras costas, lo que podría haber facilitado la acción antrópica en el proceso de colmatación de este espacio húmedo.

CONCLUSIONES

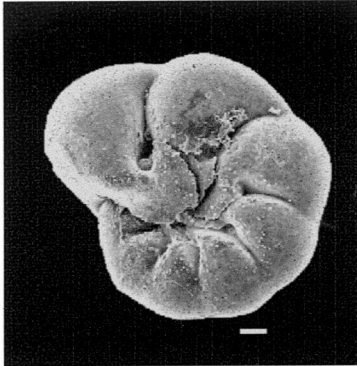
A partir de los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

→

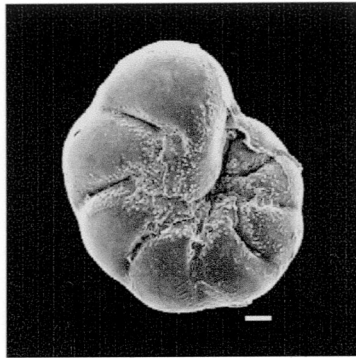
LÁMINA 1-1. *Ammonia beccarii* var. *tepida* (Cushman). Forma dextrógira. La barra representa 38 μ . 2. *Ammonia beccarii* var. *tepida* (Cushman). Forma levógira. La barra representa 38 μ . 3. *Arenoparrella mexicana* (Kornfeld). La barra representa 15 μ . 4. *Disconorbis bulbosus* (Parker). La barra representa 12 μ . 5. *Elphidium excavatum* (Terquem). La barra representa 18 μ . 6. *Trochammina inflata* (Montagu). La barra representa 18 μ . 7. *Miliolinella eburnea* (D'Orbigny). La barra representa 19 μ . 8. *Trichohyalus aguayoi* (Bermúdez). La barra representa 30 μ . 9. *Centropyxis aculeata* (Ehrenberg). La barra representa 18 μ .

PLATE 1-1. *Ammonia beccarii* var. *tepida* (Cushman). Dextral form. Scale bar = 38 μ . 2. *Ammonia beccarii* var. *tepida* (Cushman). Sinistral form. Scale bar = 38 μ . 3. *Arenoparrella mexicana* (Kornfeld). Scale bar = 15 μ . 4. *Disconorbis bulbosus* (Parker). Scale bar = 12 μ . 5. *Elphidium excavatum* (Terquem). Scale bar = 18 μ . 6. *Trochammina inflata* (Montagu). Scale bar = 18 μ . 7. *Miliolinella eburnea* (D'Orbigny). Scale bar = 19 μ . 8. *Trichohyalus aguayoi* (Bermúdez). Scale bar = 30 μ . 9. *Centropyxis aculeata* (Ehrenberg). Scale bar = 18 μ .

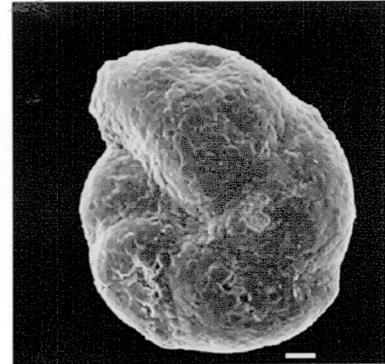
LÁMINA 1



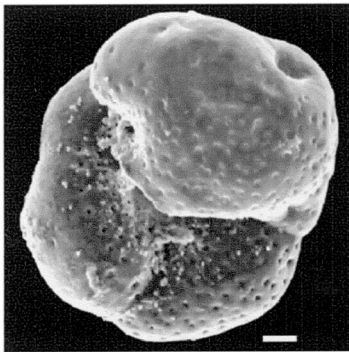
1



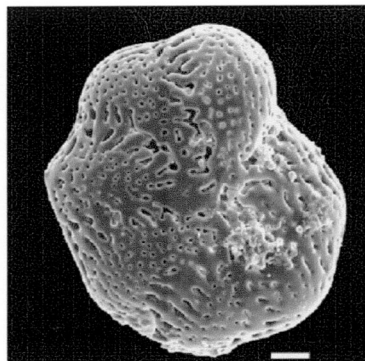
2



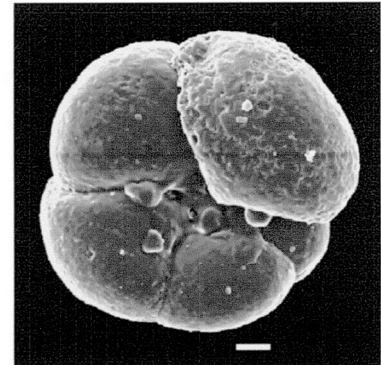
3



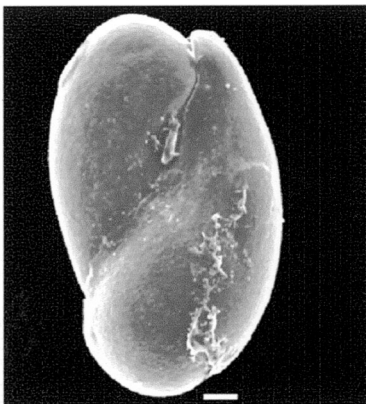
4



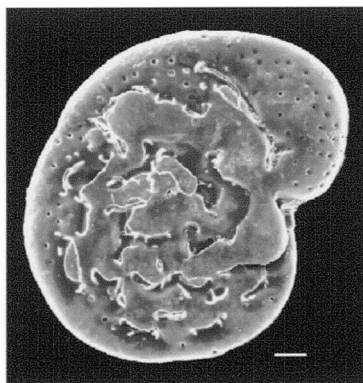
5



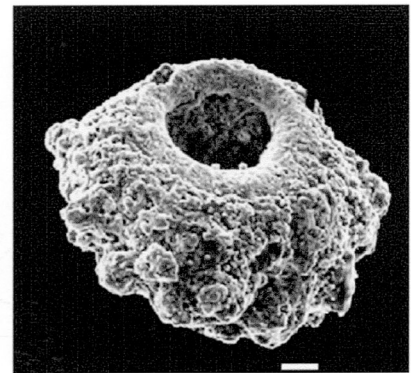
6



7



8



9

– Las primeras fases de laguna en Peñíscola ocupan un antiguo espacio aluvial formado durante momentos de regresión marina, y por tanto del nivel de base de los ríos. Posteriormente, se registra una formación lagunar de carácter salobre, hiposalina y estable que, por similitud sedimentaria y estratigráfica y por proximidad geográfica con la marjal de Torreblanca (a 26 km de distancia hacia el S), se atribuye a una fase posterior al máximo flandriense.

– La asociación de foraminíferos, típica de ambientes restringidos, en la marjal de Peñíscola está formada por: *Ammonia beccarii* var. *tepida*, *Trichoyalus aguayoi*, *Elphidium excavatum* y *Spirillina vivipara*. Algunos individuos de las especies *Trochammina inflata* y *Jadammina macrescens* indican medios de marisma vegetada hacia el techo de la serie durante la evolución reciente de la laguna de Peñíscola.

– En la actualidad se trata de un espacio húmedo colmatado, tanto como consecuencia de procesos naturales recientes, como por la acción antrópica.

BIBLIOGRAFÍA

- Albani, A. D. 1968. Recent Foraminiferida from Port Hacking, New South Wales. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 19, 85-119.
- Arnold, Z. M. 1954. Field and laboratory techniques for the study of living foraminifera. In: *Foraminifera* (Eds: R. H. Hedley & C. G. Adams), Academic Press, London, 1, 153-206.
- Blázquez, A. M. 2005. *Evolución cuaternaria de l'Albufera d'Elx: Paleoambientes y foraminíferos fósiles*. MUPE y Universidad de Alicante, 314 pp.
- Blázquez, A. M., y Ferrer, C. 2003. L'Albufereta d'Alacant: Foraminíferos fósiles y Paleoambiente. *Cuaternario y Geomorfología*, 18 (3-4), 55-72.
- Blázquez, A. M., y Usera, J. 2005. Variaciones de la línea de costa en l'Albufera d'Elx (Alicante) durante el Cuaternario reciente. Sanjaume, E y Mateu, J. (Eds.): *Geomorfología litoral i Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger*. Dpto. Geografía, Universitat de València, 59-72.
- Boltovskoy, E., y Vidarte, L. M. 1977. Foraminíferos de la zona de manglar de Guayaquil (Ecuador). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*, 5, 31-40.
- Boltovskoy, E., y Hincapié de Martínez, S. 1983. Foraminíferos del manglar de Tesca, Cartagena, Colombia. *Revista Española de Micropaleontología*, 15 (2), 205-220.
- Bradshaw, J. S. 1957. Laboratory studies of the rate of growth of the Foraminifera *Streblus beccarii* (Linné) var. *tepida* Cushman. *Journal of Paleontology*, 31 (6), 1138-1147.
- . 1961. Laboratory experiments on the ecology of Foraminifera. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 12 (3), 87-106.
- Dupré, M.; Fumanal, M. P.; Sanjaume, E.; Santisteban, C.; Usera, J., y Viñals, M. J. 1988. Quaternary evolution of Pego coastal lagoon (Southern Valencia, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 68, 291-299.
- Ferrer, C., y Blázquez, A. M. 1999a. Algunos aspectos de la dinámica sedimentaria durante el Holoceno superior de un sector del Baix Vinalopó (Alicante, España). In: *Avances en el Estudio del Cuaternario Español* (Eds. L. Pallí & C. Roqué), 99-105.
- . 1999b. El abanico del Vinalopó a lo largo del Holoceno superior: Una aproximación geoarqueológica. *Cuadernos de Geografía*, 65-66, 347-358.
- Fisher, R. A.; Corvet, A. S., & Williams, C. B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal Animal Ecology*, 12, 42-58.
- Foresi, L. M.; Zampi, M., & Focardi, S. 2004. Test morphology and organic layer of *Discorinopsis aguayoi* (Bermúdez): relationships with environmental conditions. *Revista Española de Micropaleontología*, 36, 323-347.
- Fumanal, M. P., y Ferrer, C. 1998. El yacimiento arqueológico de La Picola (Litoral de Santa Pola, España). Estudio geomorfológico y sedimentológico. *Cuaternario y Geomorfología*, 12 (1-2), 77-93.
- Fumanal, M. P. 1986. *Sedimentología y clima en el País Valenciano*. Diputación Provincial de Valencia, 207 pp.
- . 1994. Paleoclima y registro geológico de la Comunidad Valenciana. In: *Atlas climático de la Comunidad Valenciana* (Ed. A. Pérez Cueva), Valencia. Conselleria d'Obres Publiques, Urbanisme i Transport, 18-20.
- Fumanal, M. P.; Rey, J.; Usera, J.; Martínez, J.; Mateu, G.; Blázquez, A. M., y Ferrer, C. 1997. El Proyecto La Nao: evolución cuaternaria del litoral meridional valenciano. In: J. Rodríguez Vidal (Ed.): *Cuaternario Ibérico*, AEQUA, 98-112.
- Goy, J. L.; Zazo, C.; Dabrio, C.; Lario, J.; Borja, F.; Sierro, F. J., y Flores, J. A. 1996. Global and regional factor controlling changes of coastlines in Southern Iberia (Spain) during the Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 15 (8-9), 773-780.
- IGME, 1977. *Hoja 541. Mapa Geológico Nacional a Escala 1:50.000*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Javaux, E. J. & Scott, D. B. 2003. Illustration of Modern Benthic Foraminifera from Bermuda and Remarks on Distribution in Other Subtropical/tropical Areas. *Palaeontologia Electronica*, 6, 29 pp.
- Lévy, A. 1982. Sur la survie de certains Foraminifères dans les eaux continentales et sur ses conséquences. *Mémoires-Société Géologique de France*, 144, 161-171.
- Margalef, R. 1982. *Ecología*. Ed. Omega, 4.^a Edición, 951 pp.
- Mateu, J. 1982. *El Norte del País Valenciano. Morfología litoral y prelitoral*. Universitat de València. 352 pp.
- Murray, J. W. 1991. *Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera*. Longman Scientific and Technical, 397 pp.

- Resig, J. M. 1974. Recent foraminifera from a landlocked Hawaiian lake. *Journal of Foraminiferal Research*, 4, 69-76.
- Sanjaume, E., y Carmona, P. 1995. L'Albufera de València: rasgos geomorfológicos y evolución cuaternaria. *El Cuaternario del País Valenciano*, Universitat de València-AEQUA, 155-162.
- Sanjaume, E.; Rosselló, V. M.; Pardo, J. E.; Carmona, P.; Segura, F., y López García, M. J. 1996. Recent Coastal Changes in the Gulf of Valencia (Spain). *Zeitschrift für Geomorphologie. N.F.*, 102, 95-118.
- Schnitker, D. 1974. Ecotypic variation in *Ammonia beccarii* (Linné). *Journal of Foraminiferal Research*, 4, 217-223.
- Scott, D. B.; Schnack, E. J.; Ferrero, L.; Espinosa, M., y Barbosa, C. F. 1990. Recent marsh foraminifera from the east coast of South America: comparison to the northern hemisphere. In: *Paleoecology, Biostratigraphy, Paleocceanography and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera*, eds.: C. Hemleben, M.A. Kaminski, W. Kuhnt & D.B. Scott, NATO ASI Series, Series C, 327, 717-737.
- Scott, D. B.; Suter, J. R., y Kisters, E. C. 1991. Marsh foraminifera and arcellaceans of the lower Mississippi Delta: Controls on spatial distributions. *Micropaleontology*, 37, 373-392.
- Segura, F. 1995. El Cuaternario continental en las tierras septentrionales valencianas. *El Cuaternario del País Valenciano*, 83-96.
- Segura, F.; Pardo, J., y Sanjaume, E. 1997. Evolución cuaternaria de la albufera de Torreblanca. *Cuaternario y Geomorfología*, 11(1-2), 3-18.
- Segura, F.; Sanjaume, E., y Pardo, J. 1995. Evolución cuaternaria de las albuferas del sector septentrional del Golfo de Valencia. *El Cuaternario del País Valenciano*, 139-154 pp.
- Segura, F.; Sanjaume, E.; Pardo, J. E., y Riquelme, J. 2005. Canvis del nivell del mar en l'evolució del Prat de Cabanes. In: *Geomorfologia litoral i Quaternari*, Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger, Eds.: E. Sanjaume i J. F. Mateu, Universitat de València, 455-469.
- Shannon, C. E., & Wiener, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117 pp.
- Tufesco, M. 1969. Sur la présence de *Trichohyalus aguayoi* (Bermúdez) dans la Mer Noire. *Revue de Micropaléontologie*, 12, 46-52.
- . 1973. Les associations de foraminifères du nord-ouest de la Mer Noire. *Revista Española de Micropaleontología*, 5, 15-32.
- Usera, J. 2003. Guillermo Colom y los estudios de foraminíferos de cuencas parálicas y atalásicas. In: *Guillem Colom Casanovas, naturalista i geòleg: pioner i mestre de la Micropaleontologia espanyola*. Ed.: Guillem Mateu, Universitat de les Illes Balears, Palma, 33-55.
- Usera, J.; Alberola, C.; García Forner, A., y Guillem, J. 1996. Proceso de colonización y evolución en la composición de las asociaciones de foraminíferos fósiles, en la turbera cuaternaria de Torreblanca (Castellón). *Coloquios de Paleontología*, 48, 147-159.
- Usera, J.; Blázquez, A. M.; Guillem, J., y Alberola, C. 2002. Biochronological interest of foraminifera lived in restricted environments: Application to the study of the Western Mediterranean Holocene. *Quaternary International*, 93-94, 139-147.
- Usera, J.; Robles, F.; Martínez-López, F., y Arco, Y. 1990. Fauna actual de gasterópodos y foraminíferos de la marjal de Torreblanca (Castellón). *Iberus*, 9, 515-526.
- Zazo, C.; Dabrio, C.; Goy, J. L.; Bardají, T.; Ghaleb, B.; Lario, J.; Hoyos, M.; Hillaire-Marcel, Cl.; Sierro, S.; Flores, J. A.; Silva, P. G., & Borja, F. 1996. Cambios en la dinámica litoral y nivel del mar durante el Holoceno en el Sur de Iberia y Canarias Orientales. *Geogaceta*, 20 (7), 1679-1682.
- Zazo, C.; Goy J. L.; Hillaire-Marcel, C.; Hoyos, M.; Cuerda, J.; Ghaleb, B.; Dabrio, C. J.; Bardají, T., & Lario, J. 1997. The records of sea level variations in Spanish littoral during the Quaternary interglacials. *INQUA Mediterranean and Black Sea Shorelines*, 19, s.p.

MANUSCRITO RECIBIDO: 11 diciembre, 2006

MANUSCRITO ACEPTADO: 27 diciembre, 2006