

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO Y PALEOECOLÓGICO DEL YACIMIENTO PLIOCENO DE PARQUE ANTENA (ESTEPONA, MÁLAGA) (*)

*Antonio GUERRA-MERCHÁN, Paul PALMQVIST,
María del Carmen LOZANO FRANCISCO,
José Luis VERA PELÁEZ y Antonia TRIVIÑO RODRÍGUEZ*

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. 29071-Málaga.

Guerra-Merchán, A., Palmqvist, P., Lozano Francisco, M.C., Vera Peláez, J.L. y Triviño Rodríguez, A. 1996. Análisis sedimentológico y paleoecológico del yacimiento plioceno de Parque Antena (Estepona, Málaga). [Sedimentologic and paleoecologic analyses of a Pliocene site at Parque Antena (Estepona, Málaga)]. *Revista Española de Paleontología*, **11** (2), 226-234. ISSN 0213-6937.

ABSTRACT

The results obtained in a sedimentologic and paleoecologic study of one of the most typical Pliocene malacological sites from the Estepona coastal region (Málaga, Southern Spain) are presented. The prevalence of heterolithic facies (fine sands and muds) very bioturbated, without sedimentary structures related to swelling, the high faunal abundance and its great species diversity, as well as the degree of burrowing, all them indicate that the deposit was in the transitional zone comprised between the littoral fringe and the inner shelf. The taphonomic analysis of this site allows to interpret that the burial process was relatively quick because the state of preservation of the shells is excellent, although a certain degree of moderate transport is deduced. The statistical analysis of the proportions of organisms estimated according to their life styles (position in relation to the water/substrate interphase and trophic requirements) indicates a certain sequence for the inferred paleoenvironments: inlet bay, shallow shelf, mid shelf (with predominance of detritivores), and oyster banks (with greater abundance of suspensivores). The results obtained in a principal component analysis, using as variates the granulometric and bionomic composition of the sampled levels, show an inverse relationship between the relative abundance of epifaunal filterers and the proportion of fine-grained sands, at one hand, and the frequency of both infaunal detritivores and mud, at the other.

Keywords: Sedimentology, Taphonomy, Paleoecology, Bivalves, Gastropods, Pliocene, Estepona, Málaga.

RESUMEN

En este trabajo se aborda el estudio sedimentológico y paleoecológico de uno de los yacimientos malacológicos pliocénicos más característicos del litoral malagueño, el afloramiento de Parque Antena, localizado en la región de Estepona. El predominio de facies heterolíticas de arenas finas y lutitas muy bioturbadas, con ausencia de estructuras sedimentarias relacionadas con el oleaje, el elevado contenido faunístico, así como su alta diversidad específica y el grado de bioturbación, indican que su depósito tuvo lugar en la zona de transición entre la franja litoral y la plataforma en sentido estricto. Las características tafonómicas del yacimiento permiten interpretar que el proceso de enterramiento fue relativamente rápido, y si bien se deduce un cierto grado de arrastre antes del mismo, éste debió de ser bastante moderado, pues la fauna presenta un excelente estado de preservación. El análisis estadístico de las proporciones de organismos atendiendo a su movilidad y posición en el sustrato, así como al tipo de recursos tróficos, indica una cierta secuencialidad en los paleoambientes: bahía o ensenada, plataforma somera, plataforma de profundidad media (con predominio de formas detritívoras), y bancos de ostras (con mayor abundancia de formas suspensívoras). Por su parte, los resultados obtenidos mediante el análisis de componentes principales, en el que se combinan la granulometría con la composición bionómica de los niveles, permiten apreciar que existe una relación inversa entre la abundancia de organismos epifaunales filtradores y la proporción de arenas finas, respecto a la de infaunales detritívoros y lutitas.

Palabras clave: Sedimentología, Tafonomía, Paleoecología, Bivalvos, Gasterópodos, Plioceno, Estepona, Málaga.

(*) Un avance de este trabajo se presentó en las *XI Jornadas de Paleontología* (Trempe, 26-28 de Octubre de 1995).

INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista paleontológico, la región de Estepona se caracteriza por sus abundantes yacimientos malacológicos de edad Plioceno. Gracias a la abundancia y a la excelente preservación de la fauna, estos afloramientos permiten efectuar estudios sistemáticos y paleoecológicos de las comunidades bentónicas del Plioceno (González Donoso y Porta, 1977; Palmqvist *et al.*, 1989; Vera Peláez *et al.*, 1993; Lozano Francisco *et al.*, 1993; Muñiz Solís y Guerra-Merchán, 1994; Lozano Francisco *et al.*, 1995; Vera Peláez *et al.*, 1995a y b; Muñiz Solís *et al.*, en prensa).

El estudio sistemático preliminar de esta malacofauna fósil (Vera Peláez *et al.*, 1995a) ha mostrado la existencia de 841 especies (652 de gasterópodos, 168 de bivalvos y 21 de escafópodos), de las cuales sólo 247 (167 gasterópodos, 74 bivalvos y 6 escafópodos) han pervivido hasta la actualidad en el mar de Alborán (271 para todo el Mediterráneo). Destacan particularmente las de una serie de familias de gasterópodos, como Ficidae, Terebridae, Olividae, Amathinidae, Conidae, Cypraeidae, Fasciolaridae, Mitridae y Turridae. Las especies pertenecientes a las cuatro primeras ya no habitan en el Mediterráneo, restringiéndose su distribución actual a las regiones tropicales de los océanos Atlántico, principalmente, e Indopacífico; las restantes familias se encuentran representadas por escasas formas, en general de talla reducida (por ejemplo, se han identificado 27 especies de conos por sólo una actual y 26 de mitras frente a 3 vivientes hoy en día). Respecto a los bivalvos, en el Plioceno se encuentran tres familias de ámbito tropical, ausentes ya del Mediterráneo: Isognomonidae, Plicatulidae y Myidae. Entre los escafópodos cabe resaltar la familia Gadilinae, igualmente de aguas tropicales. La presencia de estos elementos faunísticos sugiere, en principio, unas condiciones paleoceanográficas bastante más cálidas para las aguas del Mediterráneo durante el Plioceno que las actualmente presentes. Esta hipótesis se encuentra, además, reforzada por el hallazgo de una fauna bien diversificada de corales -entre los que abundan las formas solitarias como los flaveliformes- y equínidos irregulares como los del género *Clypeaster* Lamarck, 1801, también ausentes hoy en día del Mediterráneo, así como por el hallazgo de géneros de braquiópodos, tales como *Terebratula* Müller, 1776, actualmente restringidos a las zonas tropicales.

En este trabajo se estudia, desde un punto de vista sedimentológico y paleoecológico, el yacimiento de Parque Antena, localizado junto a la urbanización del mismo nombre, en el término municipal de Estepona, en las proximidades de la desembocadura del río Guadalmanza (Fig. 1A).

CONTEXTO GEOLÓGICO

En la región al N de Estepona, destaca una zona montañosa perteneciente a Sierra Bermeja, que está constituida por materiales ígneos, metamórficos y

sedimentarios, fuertemente estructurados, que forman parte de los Complejos Alpujárride y Maláguide, pertenecientes a las Zonas Internas de la Cordillera Bética (Chamón *et al.*, 1978). En la zona próxima al litoral, con relieve más suave, afloran materiales sedimentarios pertenecientes al Complejo del Campo de Gibraltar y a formaciones transgresivas sobre las Zonas Internas, de edad Mioceno Inferior, que junto con los anteriores configuran el sustrato pre-plioceno. Los sedimentos del Plioceno, discordantes sobre los anteriores, ocupan una franja de 1-2 km paralela al litoral, adentrándose hacia tierra en las áreas de los valles fluviales. Estos depósitos son, a su vez, cubiertos en discordancia por depósitos aluviales cuaternarios y los sedimentos recientes de las terrazas y valles fluviales (Fig. 1A).

En los materiales pliocénicos se reconocen varios conjuntos litológicos (Guerra-Merchán, en prensa) que se superponen y cambian de facies entre sí, los cuales se pueden agrupar en dos ciclos sedimentarios (Fig. 1B). El ciclo inferior está constituido por depósitos aluviales ("Conjunto conglomerático inferior") sobre los que se superponen facies litorales ("Unidad arenosa") y facies de plataforma ("Unidad lutítica"). El ciclo superior, generalmente expansivo sobre el anterior, está representado por dos unidades de facies. Hacia los bordes se localiza una unidad constituida por facies detríticas gruesas ("Unidad conglomerática"), relacionada con el desarrollo de depósitos deltaicos y localmente depósitos litorales. Esta unidad cambia lateral y verticalmente a otra en la que predominan facies arenosas y lutíticas bioturbadas, con abundante fauna marina indicativa de un medio no muy profundo ("Conjunto arenoso-lutítico superior").

Los materiales del ciclo superior destacan por el elevado contenido malacológico. No obstante, si bien en los afloramientos de la "Unidad conglomerática" la fauna suele aparecer transportada, mostrando selección por tamaños, rotura y desgaste en las conchas, en los afloramientos del "Conjunto arenoso-lutítico superior", de los que representa un claro ejemplo el yacimiento estudiado en este trabajo (Fig. 1B), predominan los niveles en los que el estado de conservación de la fauna es excepcional, encontrándose algunos lamelibranchios con ambas valvas, apareciendo equínidos con las placas y espinas articuladas, y los gasterópodos presentando todos los detalles de la escultura e incluso a veces la coloración original de la concha.

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

Caracterización de las facies

El afloramiento de Parque Antena, con una potencia de unos 10 m, está constituido por un conjunto de estratos con espesores que varían desde unos centímetros a un metro, destacando el gran predominio de facies arenosas. Dentro de este yacimiento se reconoce una superficie irregular que separa dos conjuntos de materiales. Dicha superficie supone la erosión de parte del conjunto inferior, el cual muestra, además, una relación angular con el superior, por lo que puede considerarse como una discordancia angular y erosiva (Figs. 1B y 2).

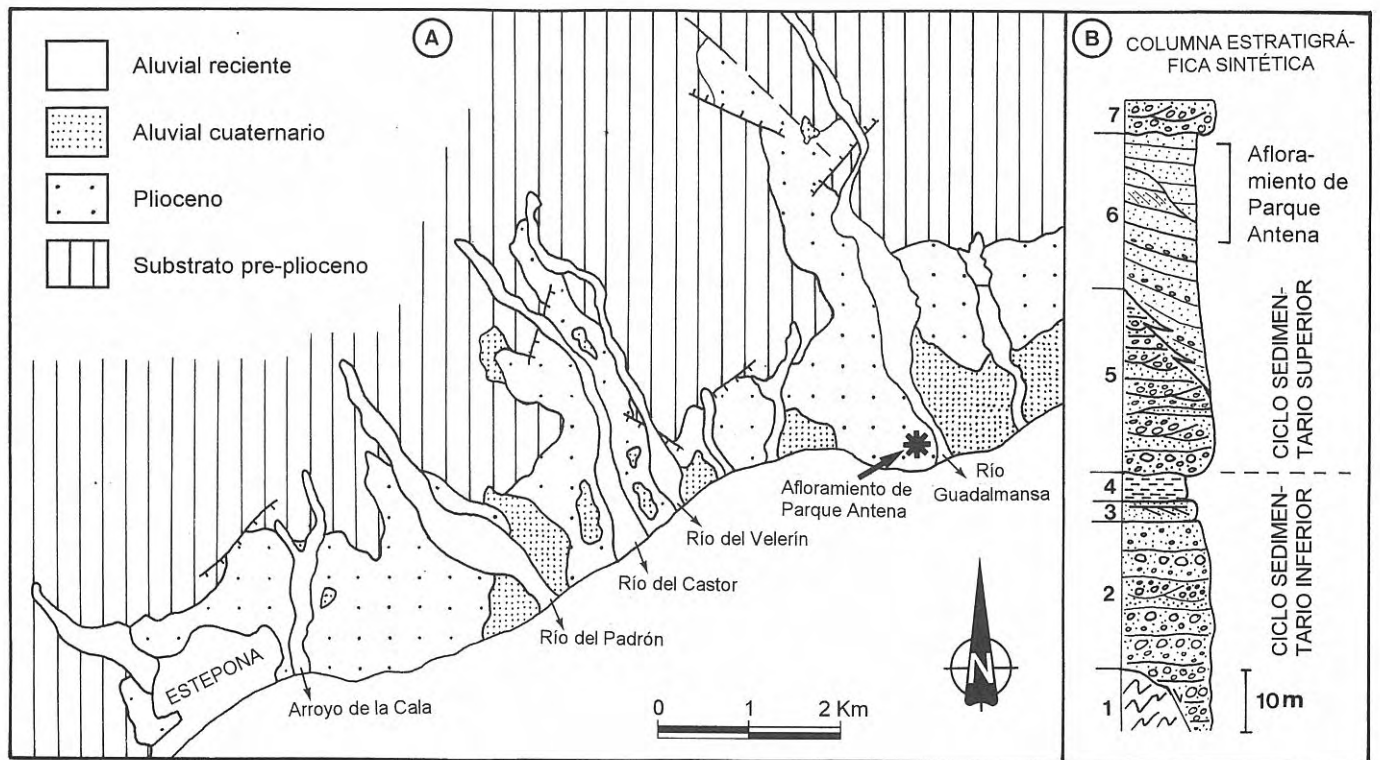


Figura 1. A: Mapa geológico de la región de Estepona (Málaga) y localización geográfica del yacimiento de Parque Antena. B: Columna estratigráfica sintética del Plioceno de Estepona. (1: Substrato; 2: Conjunto conglomerático inferior; 3: Unidad arenosa; 4: Unidad lutítica; 5: Unidad conglomerática; 6: Conjunto arenoso-lutítico superior; 7: Aluvial cuaternario).

En la Fig. 2 se representa la columna estratigráfica de este afloramiento. El conjunto inferior está constituido por varios niveles de arena media a gruesa, masiva, con abundantes conchas fósiles fragmentadas, entre los que se intercala un nivel de arena gruesa con laminación cruzada, fósiles muy fragmentados y bioturbación. Los primeros niveles del conjunto superior (arenas y limos, masivos o con laminación paralela) muestran una morfología en cuña y son los primeros en ir rellenando la depresión originada por la discordancia. En ellos la fauna se encuentra frecuentemente fragmentada y se reconocen cantos de arenas redepositados. Ocasionalmente, algunos niveles presentan galerías verticales. Todos estos niveles evidencian, claramente, que la fauna que contienen ha sido en parte elaborada antes de ser enterrada, por lo que no fueron muestreados, dado el enfoque paleoecológico del trabajo.

Los seis niveles superiores, en los que se centra este estudio (Fig. 2), consisten en arenas finas con abundante fauna malacológica y ocasionalmente restos de vegetales carbonizados. Por lo general, se trata de arenas masivas muy bioturbadas en las que localmente se observa una vestigial estratificación horizontal decimétrica, ligada al diferente contenido en fauna o en cantos de arena gruesa y grava fina (5-10 mm). Los contactos entre los niveles son más o menos planos, presentando puntualmente ciertas irregularidades debidas a pequeñas estructuras de deformación (escape de agua o estructuras de carga). En relación con ello destaca el primer nivel muestreado (muestras a, b y c), que se caracteriza por mostrar un

muro plano y un techo irregular por erosión en la parte más proximal del afloramiento, donde termina acuñándose.

Desde un punto de vista litológico, resalta la gran homogeneidad que presentan los distintos niveles muestreados, constituidos fundamentalmente por arenas grises o amarillas, masivas y muy bioturbadas. Tan sólo se observan pequeñas variaciones en el contenido en fauna y cantos de tamaño grava. Para caracterizar cuantitativamente las facies se procedió a realizar un análisis granulométrico de las muestras estudiadas. En la Fig. 2 se han representado los porcentajes de las diferentes fracciones para cada muestra, así como las curvas acumulativas de algunas de ellas. Del análisis granulométrico destaca, en primer lugar, el bajo contenido en todas las muestras de las fracciones correspondientes a arenas medias y, sobre todo, a arenas gruesas y gravas. En segundo lugar, a excepción de las muestras i, j y k, en las que el contenido en lutitas supera al 50%, las demás tienen unos valores muy similares (lutitas entre 15-30% y arenas finas entre 40-60%), lo que indica que se trata de facies heterolíticas, constituidas por una mezcla de arenas finas y lutitas.

Interpretación sedimentaria

La fauna malacológica existente en el afloramiento evidencia, claramente, que su depósito tuvo lugar en un medio marino. Por otra parte, los niveles muestreados,

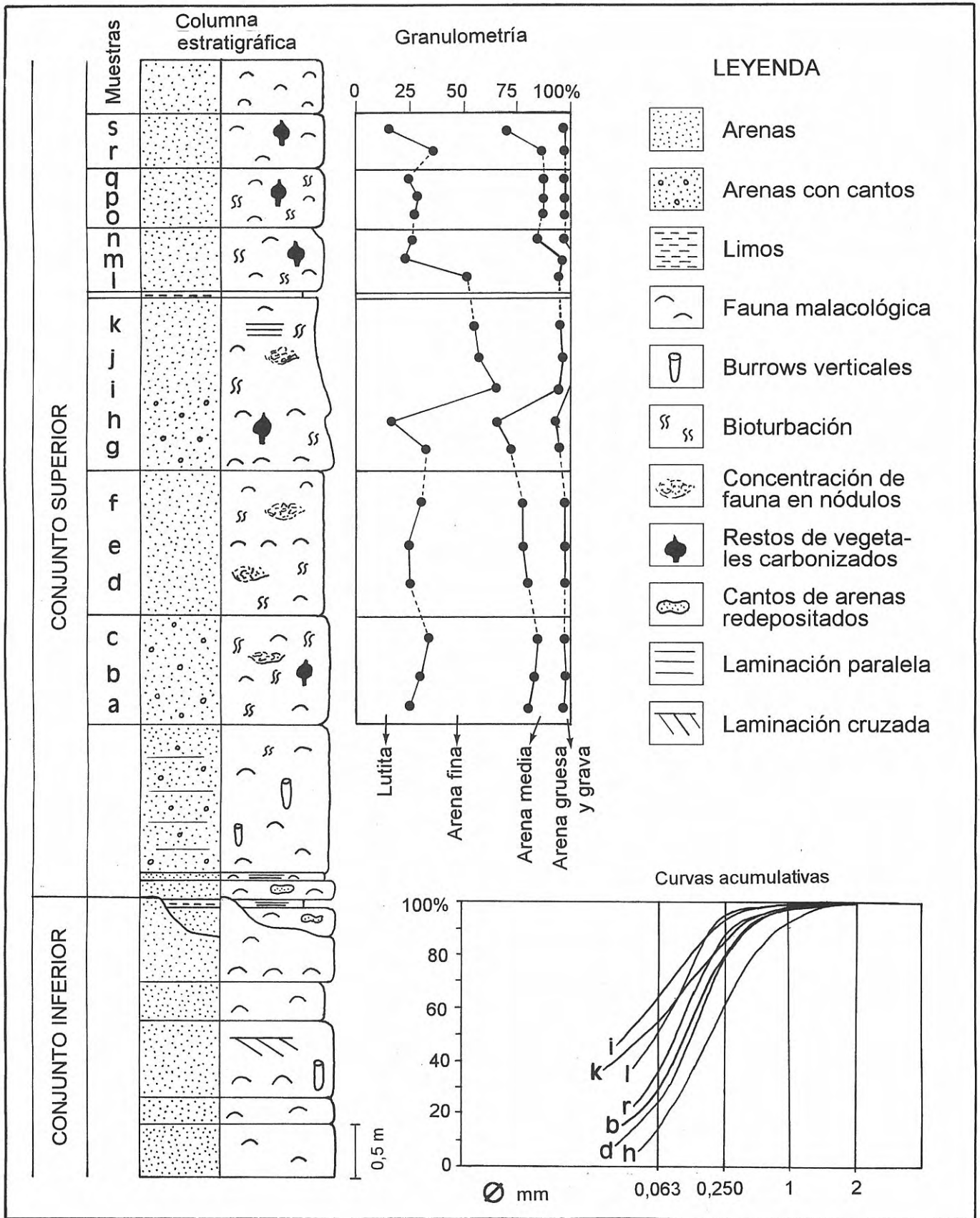


Figura 2. Columna estratigráfica del yacimiento de Parque Antena y composición granulométrica de las muestras estudiadas.

constituidos fundamentalmente por arenas finas y lutitas, muestran un alto contenido de la fracción procedente de

la suspensión. En ellos, las variaciones en los porcentajes de las restantes fracciones (Fig. 2), podrían relacionarse

Nivel	% Valvas articuladas (1)	% Valvas predadas (2)	% Valvas derechas de <i>Corbula</i> (3)	% Valvas derechas de <i>Propeamussium</i> (3)
6	7,4 % (38/514)	7,6 % (40/526)	88,9% (8/9)	----
5	7,2 % (38/526)	6,2 % (48/775)	66,7 % (32/48)	75,0 % (3/4)
4	4,0 % (36/896)	5,0 % (10/199)	83,9 % (26/31)	----
3	5,4 % (44/814)	5,5 % (54/975)	70,5 % (55/78)	46,1 % (41/89)
2	7,3 % (34/465)	11,2 % (64/573)	81,8 % (18/22)	57,1 % (4/7)
1	6,2 % (22/354)	6,3 % (40/631)	90,0 % (18/20)	75,0 % (3/4)
Total	5,9 % (212/3.569)	7,0 % (256/3.67)	75,5 % (157/208)	49,0 % (51/104)

Tabla 1. Variables analizadas para el estudio tafonómico del yacimiento: Proporción de valvas de lamelibranquios articuladas [(n° conchas con ambas valvas articuladas x 2 / n° total de valvas) x 100]; frecuencia de valvas con orificios de predación ocasionados por gasterópodos perforadores [(n° valvas perforadas / n° total de valvas) x 100] y proporción de valvas derechas de *Corbula gibba* y *Propeamussium duodecimlammellatum* [(n° valvas derechas / n° total de valvas) x 100]. (1): Contajes efectuados directamente sobre la superficie aflorante de los estratos; (2): estimado a partir de las conchas suministradas por el lavado de las muestras; (3): calculadas a partir de los contajes sobre superficie y las muestras levigadas.

con pequeñas variaciones en la energía del medio durante el depósito de cada estrato. De esta forma, los depósitos estudiados muestran una granulometría intermedia entre las arenas más gruesas y gravas, características de la zona litoral (*nearshore*), y las facies más finas, limoso-arcillosas o margosas, propias de la zona de plataforma (*offshore*). En relación con ello, la ausencia de estructuras sedimentarias relacionadas con el oleaje, el elevado contenido faunístico, así como su alta diversidad específica y el grado de bioturbación, hacen que estas facies sean muy similares a las descritas por Reineck y Singh (1971), depositadas en la zona de transición. Así pues, los niveles estudiados se interpretan como depositados en la franja infralitoral, correspondiente a la zona de transición entre la franja litoral y la plataforma propiamente dicha.

En relación con los procesos, destaca, por una parte, el elevado contenido en las fracciones de lutita y arena fina, lo que evidencia un medio poco energético, alimentado

fundamentalmente por partículas en suspensión. La ausencia de niveles conglomeráticos originados por el depósito de corrientes acuosas canalizadas o por tormentas, abundantes en otros sectores de la región de Estepona (Guerra-Merchán, en prensa), sería indicativo de que esta zona pudiera corresponder a un área algo más protegida dentro de la zona de transición. Por otra parte, el estado de conservación y articulación de la fauna (ver más adelante) implica un transporte no muy acentuado. Así pues, estos materiales se interpretan como depositados bajo el nivel de acción del oleaje y, en todo caso, parte de los sedimentos podrían haber sido puestos en suspensión por las tormentas y depositados posteriormente. En este sentido, la erosión que presenta en su parte proximal el techo del nivel 1, donde se tomaron las tres primeras muestras, puede estar relacionada con la acción erosiva de las olas en época de tormenta. En épocas de buen tiempo, la abundante actividad de los organismos contribuye a una fuerte bioturbación y homogeneización de las facies. Esta interpretación paleobatimétrica concuerda con la ausencia de fauna intermareal (como *Patella* Linné, 1758; *Nerita* Linné, 1758; *Littorina* Ferussac, 1822; *Donacilla* Philippi, 1836; *Solen* Linné, 1758; *Ensis* Schumacker, 1817; *Gastrona* Schumacker, 1817 o *Mytilus* Linné, 1758) y la escasa presencia de formas del piso infralitoral superior (como *Gibbula* Risso, 1826; *Calliostoma* Swainson, 1840; *Monodonta* Lamarck, 1799; *Jujubinus* Monterosato, 1884 y *Diloma* Philippi, 1845) en los niveles muestreados, lo que permite inferir que el sustrato sobre el que se desarrollaron estas comunidades bentónicas estuvo sumergido entre los pisos infra y circalitoral.

ANÁLISIS PALEONTOLÓGICO

Material y métodos

El material fósil (moluscos bivalvos y gasterópodos) estudiado en este trabajo, se recolectó de un total de seis niveles de arenas del yacimiento de Parque Antena. De cada nivel se tomaron un número variable de muestras ordenadas de muro a techo, según sus espesores, tomándose en total 19 muestras (Fig. 2). Dado el enfoque paleoecológico de este trabajo, el muestreo se centró en la parte alta del yacimiento por sus características sedimentológicas y tafonómicas. Para obtener los fósiles se levigaron las muestras (aproximadamente 2,5-3 kg de sedimento de cada una) sobre un tamiz con luz de malla de 1 mm.

El estudio de la composición faunística de cada muestra se centró en los moluscos, por ser éstos su principal componente. A efectos de su cuantificación, se le asignó el valor 1 a las conchas enteras de gasterópodos o porciones que incluyan la abertura, y 0,5 a las valvas completas de lamelibranquios o fragmentos que incluyan el umbo.

Aspectos tafonómicos

La malacofauna se encuentra en un excelente estado de conservación, pues las conchas poseen, en la mayoría de los casos, la ornamentación superficial y el

periostraco, apreciándose a veces incluso la coloración original, se encuentran representados todos los tamaños y algunos ejemplares aparecen en "posición de vida". Respecto a las trazas de bioerosión, únicamente son relativamente abundantes los orificios de predación ocasionados por gasterópodos perforadores (principalmente natícidos, de hábitos infaunales), las cuales representan el 7,0% (256/3.679) de las conchas suministradas por el lavado de las muestras. Por el contrario, la frecuencia de fósiles con huellas de epizoos, como colonias de briozoos y tubos de poliquetos serpúlicos, o con perforaciones producidas por esponjas cliónidas, es comparativamente muy escasa, representando apenas el 0,1% de las conchas, lo cual indicaría, en principio, que el período de tiempo transcurrido hasta su enterramiento fue muy corto, imposibilitando su colonización por los epizoos (aunque también hay que considerar que la fauna es, en general, de tamaño muy pequeño como para servir de sustrato a estas formas). Esta idea se encuentra avalada, además, por el hallazgo de numerosos especímenes completos de equínidos irregulares, con las placas y espinas articuladas, ya que el tejido conjuntivo que las conecta se descompone a los pocos días de la muerte del animal (Müller, 1979); ello tiende a corroborar la hipótesis emitida anteriormente en la interpretación sedimentaria del yacimiento, en el sentido de que parte de los sedimentos podrían haber sido puestos en suspensión por las tormentas y depositados posteriormente, ya que los equínidos irregulares, que viven enterrados, no pueden atravesar un espesor de más de 30 cm, espesor que normalmente se deposita al producirse tormentas en las plataformas someras que habitan.

No obstante, con base en una serie de variables tafonómicas (Tabla 1), se aprecian indicios de que la malacofauna pudo haberse visto sometida a un grado moderado de arrastre y selección, sobre todo en lo concerniente a la fauna de pequeño tamaño, aunque, en conjunto, el transporte efectivo fuese pequeño. En primer lugar, destaca la relativa escasez de conchas de lamelibranquios preservadas con ambas valvas articuladas, tan sólo un 5,9% (212/3.569) de las visualizadas en los contajes efectuados sobre la superficie aflorante de los estratos (aunque la desarticulación podría deberse también a la intensa actividad de bioturbación detectada en muchos niveles). Un segundo aspecto a tener en cuenta es la desigual frecuencia con que se encuentran representadas las valvas derechas e izquierdas en las especies de lamelibranquios fuertemente inequivalvas, como es el caso de *Corbula gibba* (Oliv, 1792) (Φ umbo-paleal valva derecha: entre 4 y 8 mm; Φ antero-posterior valva derecha: entre 4,9 y 9,5 mm; Φ umbo-paleal valva izquierda: entre 2,5 y 3,8 mm; Φ antero-posterior valva izquierda: entre 3,2 y 5,2 mm), en la que de las conchas provenientes de las muestras lavadas y el material expuesto en la superficie aflorante se han identificado un 75,5% (157/208) de valvas derechas (este porcentaje difiere de manera estadísticamente significativa respecto al 50% esperado, de acuerdo con un test *t* de Student). En cambio, en el caso de

Propeamussium duodecimlamellatum (Bronn, 1931) (Φ umbo-paleal: entre 5,5 y 9 mm; Φ antero-posterior: entre 5,0 y 9,5), especie ligeramente inequivalva, la proporción de valvas derechas representa aproximadamente la mitad, el 49,0% (51/104) del total de valvas obtenidas en todos los niveles analizados, lo que sugiere una escasa selección.

De esta forma, los valores analizados indicarían que si bien el transporte efectivo no debió ser muy acentuado, dado que las conchas presentan un buen estado de conservación, la removilización y puesta en suspensión de las mismas, en épocas de tormenta, pudo condicionar el grado de desarticulación de las valvas y producir, a la vez, la eliminación de parte de las valvas izquierdas de *Corbula*, así como de otras formas de pequeño tamaño.

Aspectos sistemáticos

Para la realización de la sistemática se siguieron las clasificaciones de Vaught (1989) y Moore (1969), en lo referente a las categorías supraespecíficas, y la identificación específica se ha basado fundamentalmente en el trabajo de Vera Peláez *et al.* (1995a), realizado en esta área, y en los más significativos sobre malacofauna pliocena mediterránea (Bellardi y Sacco, 1877-1904; Malatesta, 1974; Martinell, 1976; Andrés Galache, 1982; Domènech, 1983; González Delgado, 1983; Marquina, 1988) y actual (Poppe y Goto, 1991, 1993).

Los 5.279 ejemplares recolectados han permitido identificar un total de 361 especies (244 de gasterópodos, 108 de bivalvos y 9 de escafópodos), pertenecientes a 187 géneros, los cuales se encuadran en 81 familias (33 de gasterópodos, 43 de bivalvos y 5 de escafópodos) y 41 superfamilias. La abundancia relativa de cada superfamilia en los niveles estudiados, con indicación del género de vida de los organismos atendiendo a la posición que ocupan respecto a la interfase agua/sustrato y al tipo de recursos tróficos que consumen, se encuentra recogida en la Tabla 2.

Análisis estadísticos y discusión de los resultados

Para el análisis estadístico, las especies identificadas se clasificaron, a partir de su comparación con las formas vivientes, atendiendo a la posición que ocupan respecto a la interfase agua/sustrato (epifaunales; infaunales) y al tipo de recursos tróficos (filtradoras o suspensívoras; detritívoras y/o herbívoras; carnívoras -incluyendo predatoras, carroñeras y parásitas), lo que ha permitido elaborar diagramas triangulares sobre su abundancia relativa, con vistas a la comparación con la fracción potencialmente preservable en diversas comunidades bentónicas actuales y del Plio-Pleistoceno (Scott, 1978).

Los resultados obtenidos en el análisis de las proporciones de organismos en las muestras, tanto atendiendo a su movilidad y posición en el sustrato, como al tipo de recursos alimentarios (Fig. 3A), indican una secuencia paleoambiental, con abundantes reversiones, en

Niveles Taxones	Nivel 1			Nivel 2			Nivel 3					Nivel 4			Nivel 5			Nivel 6		Ecología
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	
NUCULOIDA	5	2	2	2	1	7	9	32	31	11	2	2	1	0	0	2	0	2	I, D	
ARCOIDEA	3	3	0	5	1	2	2	7	3	0	1	2	1	1	2	5	1	0	E, F	
LIMOPSOIDEA	57	106	132	29	50	60	50	84	20	31	28	221	105	206	214	361	194	239	203	E, F
MYTILOIDEA	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	E, F
LIMOIDEA	0	2	0	2	0	0	3	3	7	1	3	1	0	1	1	3	0	0	1	E, F
OSTREOIDEA	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	4	1	0	E, F
PECTINOIDEA	10	13	8	10	5	20	85	77	10	3	1	2	11	5	3	8	3	5	0	E, F
ANOMIOIDEA	1	6	5	4	1	10	2	4	3	2	11	5	4	1	3	14	10	4	3	E, F
LUCINOIDEA	0	2	0	2	6	3	4	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	I, D	
CARDITOIDEA	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	8	0	1	1	0	1	0	E, D
ASTARTOIDEA	6	9	14	16	25	27	7	31	5	12	6	9	14	7	2	14	1	1	8	I, D
CARDIOIDEA	2	2	3	1	3	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	I, D	
MACTROIDEA	1	6	6	5	7	1	0	7	22	10	4	5	14	9	0	0	0	4	0	I, D
TELLINOIDEA	33	37	29	13	12	16	35	75	11	6	9	3	14	4	2	10	6	5	8	I, F
VENEROIDEA	24	25	26	29	94	52	22	48	10	4	4	9	7	2	10	21	11	10	17	I, F
MYOIDEA	4	7	5	1	7	7	12	27	7	6	10	4	2	15	12	25	16	0	4	I, F
HIATELLOIDEA	2	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	E, F	
PHOLADOIDEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	I, F	
POROMYOIDEA	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	4	0	1	0	I, C
DENTALIIDA	4	6	2	1	5	20	8	17	22	7	5	12	3	3	1	1	0	2	3	I, C
SIPHONODONTALIIDA	1	1	0	1	0	3	0	0	3	4	3	3	2	0	0	0	1	0	I, C	
PLEUROTOMARIOIDEA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	E, H	
FISSURELLOIDEA	2	0	0	1	3	0	1	2	0	2	0	0	1	2	1	3	0	2	0	E, H
PATELLOIDEA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	1	0	0	E, H
LEPETELLOIDEA	9	10	4	14	9	10	23	28	9	19	9	15	24	15	7	13	5	10	3	E, H
TROCHOIDEA	2	0	0	5	4	2	1	1	3	8	2	4	9	0	3	5	0	0	1	E, H
RISOOIDEA	0	1	1	14	1	3	0	4	8	3	2	3	3	2	3	5	1	3	0	E, H (D)
CERITHIOIDEA	2	4	2	2	1	0	1	3	2	2	12	2	4	5	4	6	3	1	0	E, F
HIPPONICOIDEA	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I, C	
CALYPTROIDEA	1	0	1	2	2	2	4	3	7	3	2	3	0	1	3	6	1	0	1	I, C
CYPRAEOIDEA	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E, C	
NATICOIDEA	0	0	0	1	0	0	2	3	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	E, D	
TONNOIDEA	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	E, C
CERITHIOPSOIDEA	1	1	1	0	3	0	0	0	2	1	2	1	2	2	2	2	0	0	0	E, C
EPITONIOIDEA	2	4	1	5	4	6	7	6	12	3	13	6	4	5	8	9	1	0	0	E, Cr
MURICOIDEA	2	0	0	0	2	4	3	8	2	2	2	1	0	1	0	2	1	2	0	E, C (Cr)
CANCELLAROIDEA	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	E, C
CONOIDEA	0	2	0	2	2	4	7	13	9	2	3	5	1	1	3	2	3	0	1	E, C
ARCHITECTONICOIDEA	1	0	0	1	2	0	0	1	3	1	0	3	2	1	1	1	0	1	0	E, C
PYRAMIDELLOIDEA	2	1	2	1	3	4	0	5	4	5	1	6	2	2	0	4	1	2	2	E, P
BULLOMORPHA	3	3	2	9	3	4	6	10	1	7	5	1	4	2	7	7	0	0	2	E, C
Totales	199	254	247	180	258	271	296	510	222	158	147	338	246	297	297	535	266	298	260	5.279

Tabla 2. Abundancia relativa de cada superfamilia en los niveles muestreados, con indicación del género de vida de los organismos atendiendo a la posición que ocupan respecto a la interfase agua/sustrato y al tipo de recursos tróficos que consumen (I: infaunal; E: epifaunal; D: detritívoro; F: filtrador; C: carnívoro; H: herbívoro; Cr: carroñero).

la que partiendo de un medio tipo bahía o ensenada se pasa a un ambiente de plataforma somera (< 25 m) y, posteriormente, de profundidad media (> 25 m), en el que abundan progresivamente más los organismos detritívoros, para finalmente llegar a una comunidad similar a las de bancos de ostras, dominada totalmente por formas suspensívoras.

Por otra parte, se ha efectuado un análisis de componentes principales en modo *R*, en el que se combinan la granulometría con la composición biónmica de los niveles. Dicho análisis permite apreciar cuando se examinan los factores de carga de las muestras y variables en el diagrama definido por los dos primeros

vectores propios (Fig. 4), que existe una relación directa entre la abundancia de organismos epifaunales filtradores y la proporción de arenas finas, tomando ambas variables factores de carga positivos en el eje I, así como entre la de infaunales detritívoros y lutitas, cuyos factores de carga son, en este caso, negativos; así pues, las dos primeras variables (epifaunales filtradores y arenas finas) se encuentran inversamente correlacionadas con las dos últimas (infaunales detritívoros y lutitas). La distribución de las muestras analizadas en el plano factorial, que resume más del 80% de la varianza original de las variables, sugiere una cierta forma de parábola o efecto Guttman, indicativo de la existencia de un marcado

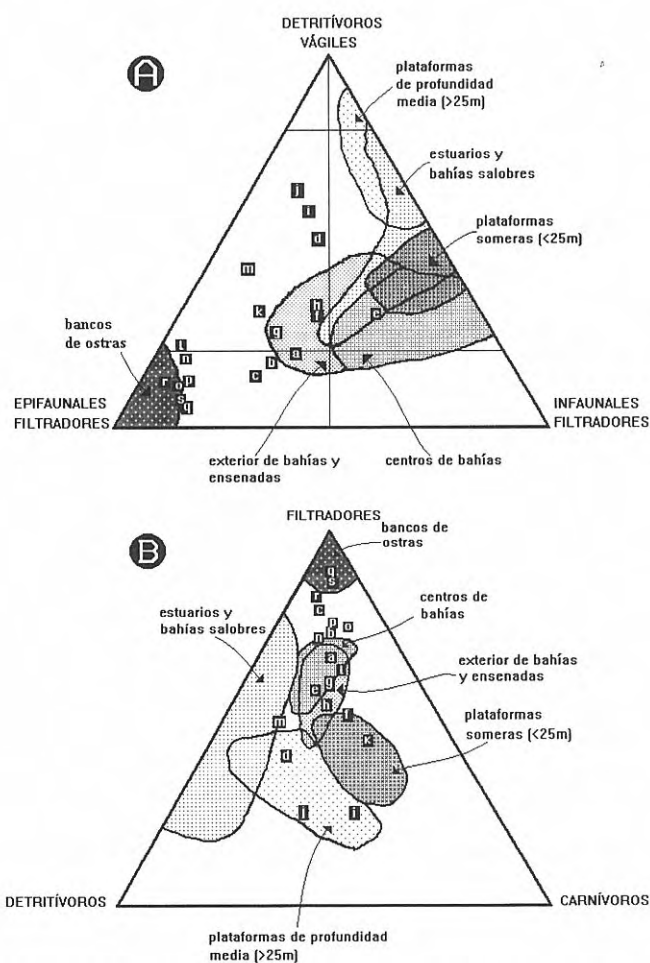


Figura 3. Situación de las muestras analizadas en los diagramas de Scott (1978).

gradiente en su composición (véase Reymont y Jöreskog, 1993). Así, partiendo para las primeras muestras (a-c) de una situación caracterizable por la abundancia de arenas finas y medias, donde la comunidad se encuentra dominada por las formas suspensívoras, se pasa a niveles (d-h) en los que aumenta la proporción de individuos endopsámmicos, donde ya son más abundantes las especies sedimentívoras; esta tendencia se acentúa en las siguientes muestras (i-l), cuando el sedimento se hace más fino, predominando las lutitas, y entonces las tafocenosis se enriquecen aún más en formas detritívoras; finalmente, la tendencia se revierte en los últimos niveles muestreados (m-s), en los que las lutitas son progresivamente sustituidas por arenas finas y la comunidad vuelve a estar dominada por organismos epifaunales suspensívoros, fenómeno que se acentúa particularmente hacia el techo de la serie, en la última muestra estudiada.

CONCLUSIONES

A) El afloramiento pliocénico de Parque Antena, constituido exclusivamente por facies arenosas, destaca por su elevado contenido faunístico, su alta diversidad específica y el excelente estado de preservación de la

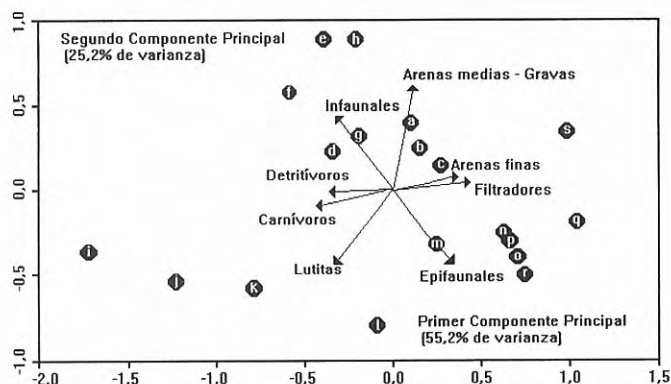


Figura 4. Distribución de las muestras y variables en el plano definido por los componentes principales I y II.

malacofauna. La ausencia de especies intermareales y la escasa presencia de formas del piso infralitoral superior, junto con el grado de bioturbación y la ausencia de estructuras ligadas al oleaje, permiten interpretar que su depósito tuvo lugar en la zona de transición entre la franja litoral (*nearshore*) y la zona de plataforma (*offshore*).

B) Desde un punto de vista tafonómico, la parte inferior del afloramiento muestra claras evidencias, por la fragmentación y el estado de preservación de la fauna, de que ésta se vio sometida a un cierto transporte y mezcla antes del enterramiento. Por el contrario, en la parte más alta del yacimiento el estado de preservación es excelente, aparecen representados todos los tamaños y algunos ejemplares se encuentran en "posición de vida". Por otra parte, si bien las trazas de bioerosión son escasas y aparecen con cierta frecuencia equínidos irregulares con las placas y espinas articuladas, lo que evidenciaría un rápido enterramiento, el bajo porcentaje de conchas de lamelibranchios preservadas con ambas valvas articuladas y la desigual frecuencia con que aparecen representadas las valvas derechas e izquierdas en especies de lamelibranchios fuertemente inequivalvas, son indicios de que la malacofauna pudo verse sometida a un cierto grado de transporte y selección antes de su enterramiento definitivo.

C) Los resultados del análisis estadístico realizado en relación con la composición bionómica y granulométrica de los niveles estudiados, permiten inferir la siguiente secuencia paleoambiental: de un medio tipo bahía o ensenada, caracterizado por arenas finas y medias, y con mayor abundancia de formas suspensívoras (nivel 1), se pasa a un medio de plataforma somera (< 25 m) donde aumenta el contenido en lutitas y son más abundantes las especies sedimentívoras (nivel 2 y parte baja del 3). Esta tendencia se acentúa en la parte alta del nivel 3 y parte más baja del nivel 4, al pasar a un medio de plataforma de profundidad media (> 25 m), en el que se hace más fino el sedimento y dominan las formas detritívoras. Finalmente, la tendencia se revierte en los últimos niveles estudiados (4, 5 y 6), en los que aumenta de nuevo el contenido en arenas finas y pasan a predominar los organismos epifaunales suspensívoros. De esta forma, se observa que existe una relación inversa entre la abundancia de organismos epifaunales filtradores y la

proporción de arenas finas, por un lado, y la de infaunales detritívoros y lutitas, por otro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias efectuadas por el Dr. Miquel de Renzi y el Dr. Jordi Martinell, que contribuyeron a mejorar distintos aspectos del manuscrito original. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PB93-1000, PB94-1222-CO2-02 y PB94-0946 de la DGICYT de España y por los Grupos de Investigación nº 1350 y nº 4039 de la Junta de Andalucía.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrés Galache, I. 1982. *Estudio Malacológico (Clase Bivalvia) del Plioceno Marino de Bonares (Huelva)*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 410 pp. (Inédita).
- Bellardi, L. e Sacco, F. 1887-1904. *I Molluschi dei Terreni Terziarii del Piemonte e della Liguria*. 8 vol.. C. Clausen, Torino.
- Chamón, C., Estévez, C. y Piles, E. 1978. *Mapa geológico de España, E. 1:50.000. MAGNA, Hoja nº 1072 (Estepona)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid. 34 pp.
- Domènech, R. 1983. *Els Bivalvos del Pliocè de L'Empordà: Sistemàtica i Paleoecologia*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, 482 pp. (Inédita).
- González Delgado, J. A. 1983. *Estudio de los Gasterópodos del Plioceno de Huelva*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 474 pp. (Inédita).
- González Donoso, J.M. y Porta, J. de 1977. Datos preliminares sobre un afloramiento de materiales pliocénicos en Estepona (prov. de Málaga). *Studia Geologica Salmanticensis*, **13**, 31-57.
- Guerra-Merchán, A. (en prensa). Registro sedimentario de la transgresión pliocena al Sur de Sierra Bermeja (Cordillera Bética, Mediterráneo Occidental). *Cuadernos de Geología Ibérica*.
- Lozano Francisco, M.C., Vera Peláez, J.L. y Guerra-Merchán, A. 1993. Arcoidea (Mollusca, Bivalvia) del Plioceno de la provincia de Málaga. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, **3**, 157-188.
- Lozano Francisco, M.C., Vera Peláez, J.L., Palmqvist, P., Guerra-Merchán, A., Martinell, J. y Domènech, R. 1995. Estudio morfométrico multivariante de *Limopsis (Pectunculina) aradassi* (Testa) y *Limopsis (Pectunculina) anomala* (Eichwald) (Limopsidae, Bivalvia, Mollusca) del Plioceno marino de Estepona (Málaga, España). *Revista Española de Paleontología*, nº extraordinario homenaje al Dr. Guillermo Colom, 94-100.
- Malatesta, A. 1974. Malacofauna Pliocénica Umbra. *Memorie della Carta Geologica D'Italia*, **13**, 498 pp. Roma.
- Marquina, M. J. 1988. *Estudio de los Gastropoda (Fam. Turridae) del Plioceno del Baix Llobregat, Barcelona*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 705 pp. (Inédita).
- Martinell, J. 1976. *Estudio de la fauna malacológica (Gastropoda) del Plioceno del Empordà (Girona)*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 525 pp. (Inédita).
- Moore, R. C., (Ed.). 1969. *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part. N, Mollusca 6, Bivalvia. vol. 3 The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas, 1224 pp.
- Müller, A.M. 1979. Fossilization (Taphonomy). In: *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Eds. R.A. Robinson and C. Teichert). Part A. The Geological Society of America & University of Kansas, Boulder, Colorado, 2-78.
- Muñiz Solís, R. y Guerra-Merchán, A. 1994. Estudio malacológico del Plioceno de Estepona (Málaga). La familia Muricidae, Rafinesque 1815 (Gastropoda, Prosobranchia). *Iberus*, **12**, 7-44.
- Muñiz Solís, R., Vera Peláez, J.L., Martinell, J., Domènech, R., Lozano Francisco, M.C. y Guerra-Merchán, A. (en prensa). Cassidae (Gastropoda) del Plioceno de Málaga. *Coloquios de Paleontología*.
- Palmqvist, P., Guerrero, S. y Salva, M.I. 1989. Estudio paleoecológico de la fauna de moluscos de un afloramiento de materiales pliocénicos de Estepona (Málaga, España). *Revista Española de Paleontología*, **4**, 29-38.
- Poppe, G. and Goto, Y. 1991. *European Seashells. Vol. I (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda)*. Verlag Christa Hemmen, Alemania, 352 pp.
- Poppe, G. and Goto, Y. 1993. *European Seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Verlag Christa Hemmen, Alemania, 221 pp.
- Reineck, H.E. und Singh, H. E. 1971. Der Golf von Gaeta (Tyrrhenisches Meer) III. Die Gefuge von Vorstrand und Schelfsedimenten. *Senckenberg Marine*, **3**, 185-201.
- Reyment, R. A. and Jöreskog, K.G. 1993. *Applied Factor Analysis in the Natural Sciences*. Cambridge University Press, Cambridge, 371 pp.
- Scott, R.W. 1978. Approaches to trophic analysis of paleocommunities. *Lethaia*, **11**, 1-14.
- Vaught, C. 1989. *A Classification of the Living Mollusca*. R. Tucker Abbott and Kenneth J. Boss Ed. Melbourne, Florida, 195 pp.
- Vera Peláez, J.L., Lozano Francisco, M.C. y Guerra-Merchán, A. 1993. Escafópodos (Mollusca, Scaphopoda) del Plioceno de la provincia de Málaga. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, **3**, 117-156.
- Vera Peláez, J.L., Lozano Francisco, M.C., Muñiz Solís, R., Gili, C., Martinell, J., Domènech, R., Palmqvist, P. y Guerra-Merchán, A. 1995a. Estudio preliminar de la malacofauna del Plioceno de Estepona (Málaga, España). *Iberus*, **13** (2), 93-117.
- Vera Peláez, J.L., Muñiz Solís, R., Lozano Francisco, M.C., Martinell, J., Domènech, R. y Guerra-Merchán, A. 1995b. Cancellariidae Gray, 1853 del Plioceno de la provincia de Málaga. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, **4**, 133-179.