

JORGE RIQUELME*
ANA MARÍA BLÁZQUEZ**

CARACTERIZACIÓN DE LAS EOLIANITAS CUATERNARIAS ENTRE CAP BLANC Y EL PENYAL D'IFAC (LITORAL VALENCIANO)

RESUMEN

Entre el Cap Blanc y el Penyal d'Ifac (litoral valenciano), se han identificado cuatro perfiles estratigráficos que conservan depósitos eólicos pleistocenos con interdigitación de facies coluviales. El resultado del estudio estratigráfico, sedimentológico y micropaleontológico realizado en las eolianitas permite distinguir dos grandes formaciones: una duna basal oolítica y otra de naturaleza biocalcarenítica, más potente y reciente, que trepa sobre la anterior adosándose al cantil. Ambos depósitos parecen corresponder a dos momentos distintos, con dos áreas de suministro diferente; la importancia del contenido oolítico del nivel basal podría revelar una temperatura del mar más cálida.

Palabras Clave: Eolianitas, dunas rampantes, sedimentología, micropaleontología, Cuaternario, litoral valenciano.

ABSTRACT

Pleistocene aeolianites, localized in the coast between Cap Blanc and Penyal d'Ifac (Valencia coast), and interbedded by slope deposits, have been studied in four stratigraphic sections. The stratigraphic, sedimentologic and micropaleontologic studies have individualized two different units: an older, with oolites, and another one younger, of biocalcarenitic nature, climbing dunes. Both of them belong to different ages, and sediment supplies areas, in which the major presence of oolitic grains in the lowest unit, could be explain by a warmer sea water temperature.

Key Words: Aeolianites, climbing dunes, sedimentology, micropaleontology, Quaternary, Valencia coast.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del litoral valenciano se sucede una serie de yacimientos dunares pleistocenos, testigos de los cambios del nivel relativo del mar durante los ciclos climáticos cua-

* Departament de Geografia. Universitat de València.

** INEMA, Ingenieros Asesores, S.L.

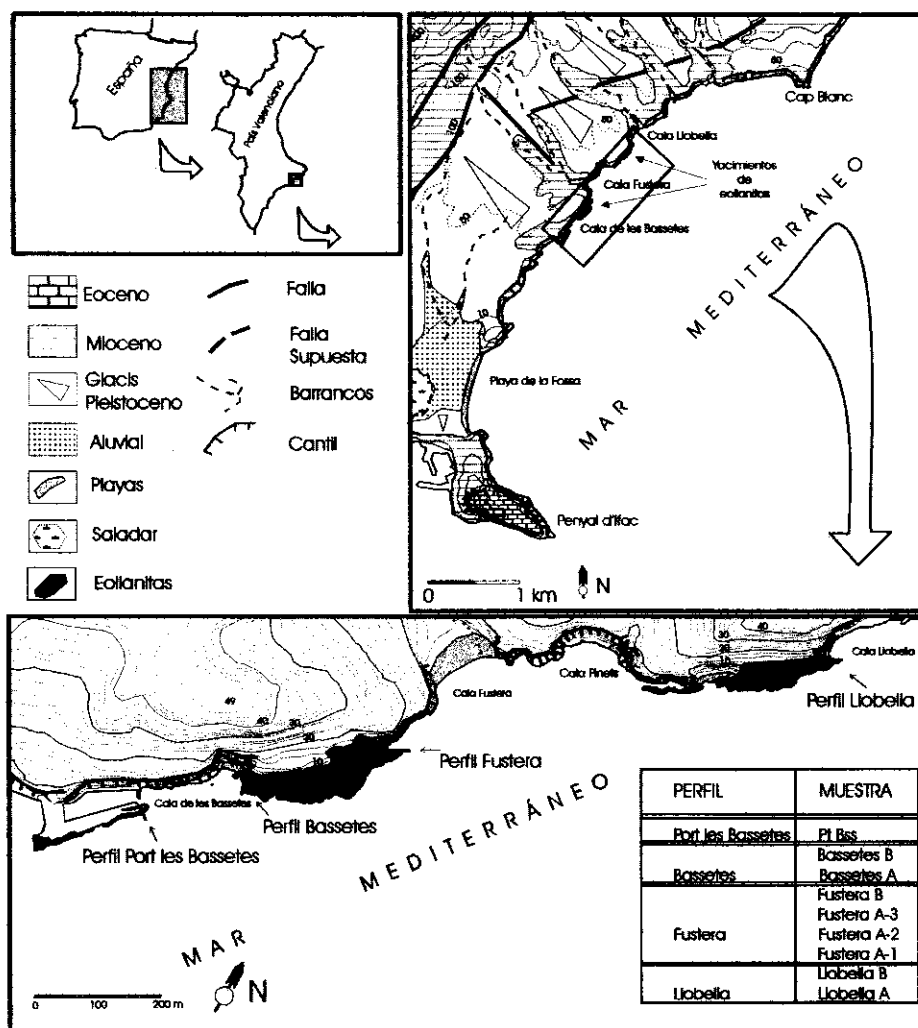


Figura 1: Mapa de situación y de los perfiles estudiados.

ternarios. Su relevancia en los estudios paleogeográficos y paleoambientales de las últimas décadas se ha manifestado en el contexto de la geomorfología litoral a través de investigaciones centradas en aspectos morfológicos, estratigráficos, sedimentológicos, dinámicos y paleoambientales, que han desvelado parcialmente su naturaleza y los han integrado en el esquema general de una aproximación evolutiva de la costa valenciana durante el Cuaternario.

El objetivo de este trabajo es la caracterización de los yacimientos dunares pleistocenos situados entre Cap Blanc y el Penyal d'Ifac (Figura 1), localizados en el litoral de

Benissa (Alicante), con el fin de aportar datos que permitan establecer, en un futuro, la correlación de los abundantes y distintos yacimientos eolianíticos valencianos en el marco cronoestratigráfico del Mediterráneo occidental. Para ello se han estudiado los afloramientos encontrados en este tramo litoral (Port Esportiu les Bassetes, Cala Bassetes-Cala Fustera y Cala Pinets-Cala Llobella) a partir de distinta metodología: análisis de la estructura sedimentaria interna, granulometría, interpretación de láminas delgadas, análisis morfoscópico de la fracción arena, micropaleontología y determinación del contenido en carbonato.

Desde el punto de vista físico, el área de estudio pertenece al tramo litoral más amplio que podría extenderse entre la bahía de Moraira y la Serra de Toix, caracterizado por la existencia de acantilados medios, esculpidos en molasas, margas y calizas burdigalienses (IGME, 1961), en la que anchos valles penetran hacia el interior formando pequeñas calas. La única excepción es el Penyal d'Ifac, formado por calizas eocenas, que presenta acantilados altos en sus vertientes marinas. En la costa el modelado responde hoy principalmente a la acción erosiva marina que destruye los depósitos continentales. Por su parte, las playas arenosas quedan reducidas al fondo de las calas (el Canaryret, el Baladrar, la Fustera, de l'Alga, etc.), siendo la playa de l'Ampolla -Moraira- y la playa de la Fossa -situada al norte del Penyal d'Ifac- las que consiguen mayor amplitud. Por último, una franja estrecha entre estos dos puntos, está surcada por ramblas cortas y de acusado gradiente, que erosionan y transportan los materiales de los glaciares pleistocenos soportados por la serie cenozoica.

Varios autores han mencionado la existencia de formaciones de edad pleistocena y holocena (paleodunas, barras y restingas), que evidencian la situación de antiguas líneas de costa (SANJAUME, 1985; FUMANAL *et al.*; 1990, MARTÍNEZ GALLEGO *et al.*, 1995) y, en concreto, mencionan las paleodunas de la Cala Fustera, Cala Bassetes, Banyes de la Reina, etc. Algunos trabajos (FUMANAL *et al.*, 1993) indican que este amplio desarrollo de los sistemas dunares está asociado a un litoral dominado por cordones litorales y restingas durante el Pleistoceno medio-superior, que da paso en el Holoceno a una costa acantilada con fuerte gradiente del fondo marino en las zonas infralitorales; todo ello evidencia la fuerte actividad neotectónica del área que se manifiesta en un hundimiento de los bloques subsidentes.

En el contexto tectónico, según Martínez Gallego *et al.*, (1995), la fracturación regional es la responsable de que el área de Benissa esté regida por una red de drenaje vergente al sur, a partir de un resalte morfológico de 300 m de altitud que funciona como divisoria de aguas respecto a los barrancos afluentes del río Gorgos. Esta zona se caracteriza por formas y contornos derivados de la red fluvial, cuyo encajamiento activo forma un sistema de dos niveles de terrazas. En la costa se aprecia una tendencia positiva del postpaís que lleva a sobreelevar la franja que antecede al litoral (FUMANAL, 1991-92); como contraste, las ensenadas y depresiones estructurales entre contrafuertes rocosos, así como los llanos aluviales distales de los ríos y segmentos de playas bajas, reflejan un movimiento negativo. En definitiva, en el área de Benissa, así como en otros tramos costeros de la provincia de Alicante, se observa una compartimentación en bloques que explica una subsidencia diferencial (GAIBAR PUERTAS, 1972).

METODOLOGÍA

Los materiales estudiados proceden de cuatro perfiles localizados entre Cap Blanc y el Penyal d'Ifac, que han sido denominados como Port les Bassetes, Bassetes, Fustera y Llobella. A partir de las características estratigráficas se distinguieron varias unidades eólicas, que fueron analizadas desde el punto de vista sedimentológico y micropaleontológico.

En los trabajos de laboratorio, en primer lugar, se ha tenido en cuenta el color, dependiente sobre todo de la mineralogía del material; para identificarlo han sido utilizadas las tablas Munsell, con la luz natural del mediodía. Desde una perspectiva sedimentológica, se han aplicado dos técnicas, por un lado, la granulometría de los materiales descalcificados y sin descalcificar y, por otro, la interpretación petrográfica a partir de láminas delgadas.

En el primer caso, la relativa incoherencia de los depósitos ha permitido la disgregación mecánica y el tamizado de la fracción arena, tanto de la muestra bruta, desagregada con hexametáfosfato, como de la fracción no carbonatada, producto de la descalcificación con HCl. Con ambas clasificaciones se han realizado análisis estadísticos de la distribución granulométrica basados en Folk y Ward (1957), con objeto de comparar ambos procedimientos y matizar los problemas que surgen de la aplicación del tamizado a muestras parcialmente consolidadas.

En el segundo caso, se han obtenido láminas delgadas en cada una de las muestras que, debido a su alta porosidad, ha sido necesario incluirlas en resina poliéster. Posteriormente, se procedió a su estudio a partir del microscopio petrográfico que consistió en la determinación de una serie de parámetros como: naturaleza de los granos, textura, tipo de cemento, forma del grano y contenido fósil.

El análisis paleontológico se basó en el estudio de los restos fósiles hallados en las dunas, tanto de carácter microscópico como macroscópico. Desde el punto de vista micropaleontológico se estudiaron los foraminíferos sobre un total de 20 g de sedimento, que fue levigado utilizando un tamiz de 0,150 mm. Cuando el sedimento ya estaba seco, se procedió a la separación de los caparazones de foraminíferos con la ayuda de una lupa binocular. Los ejemplares separados fueron depositados en un portaobjeto y adheridos con tragacanto una vez clasificados por especies. A partir del recuento de individuos en cada una de las muestras se calcularon los porcentajes de los subórdenes encontrados y de las especies dentro de cada uno de ellos, así como la diversidad específica en la totalidad de las muestras y los diversos índices de diversidad de Shannon-Wiener (SHANNON & WIENER, 1949), equitabilidad y riqueza de Margalef (MARGALEF, 1982).

Por último, se realizaron análisis químicos basados para obtener el porcentaje de carbonato cálcico de cada una de las muestras; éste resulta de la diferencia de peso entre 10 g de sedimento y su peso tras ser atacado con HCl.

RESULTADOS

Estratigrafía de los depósitos

En los perfiles estratigráficos se han identificado varios cuerpos dunares con interdigitaciones de depósitos coluviales (lámina I), adosados al relieve estructural cenozoico. En este apartado se indican las principales características estratigráficas de los perfiles (Figura 2) y en el siguiente serán analizados con más detalle los depósitos eólicos. De S a N, los perfiles son:

- a) *Perfil Port les Bassetes*. Se halla compuesto por una sola unidad sedimentaria (PtBss); tiene una potencia de 2 a 3 m y su base se localiza a 1 m bajo el nivel del mar. Corresponde a una formación dunar consolidada, alineada a lo largo de unos 400 m en sentido NNE-SSW y en una posición tangente a la actual costa. Su trazado puede seguirse bajo el mar desde el N de la Cala Bassetes hasta el S del puerto deportivo homónimo, donde afloran varias construcciones biogénicas apoyadas durante el Holoceno sobre la eolianita.
- b) *Perfil Bassetes*. Se sitúa al N de la localidad anterior, en la Cala Bassetes, y tiene una potencia de 10 m. Se han distinguido cuatro unidades sedimentarias, de las cuales dos son eólicas (Bassetes A y B) y dos coluviales (Bassetes I y II). De base a techo, las principales características de estos depósitos son:

Bassetes A. Constituye la base del perfil y presenta continuidad lateral con la unidad eólica del Port les Bassetes. Se trata de un cuerpo arenoso parcialmente consolidado de color blanco, de 4 m de espesor.

Bassetes I. Presenta contacto erosivo a muro y una potencia de 50-70 cm. Está formado por un sedimento gravitacional de color rojizo compuesto por una matriz arenosa y cantos pertenecientes a la unidad Bassetes A, al cantil cenozoico y a los depósitos de laderas cuaternarios. Se observan balmas erosivas en el contacto con la unidad inferior, con acumulaciones de gravas y cantos angulosos en morfología canaliforme, que apuntan a una dinámica de arroyada concentrada. El contacto a techo es gradual, por lo que deja abierta la posibilidad de ser un relleno sinsedimentario al proceso eólico. Se aprecian gasterópodos continentales.

Bassetes B. Constituye la unidad eólica del techo del perfil y presenta una potencia que oscila entre 4 y 6 m. Se aprecia un contacto neto y gradual a muro del depósito y muestra características que la distinguen claramente de la unidad eólica inferior.

Bassetes II. Constituye el techo de la serie. Con un espesor de 20 a 40 cm, este coluvio está formado por cantos angulosos, procedentes tanto de la sierra como de los glaciares cuaternarios, incluidos en una matriz limoarenosa de color pardo y rojizo.

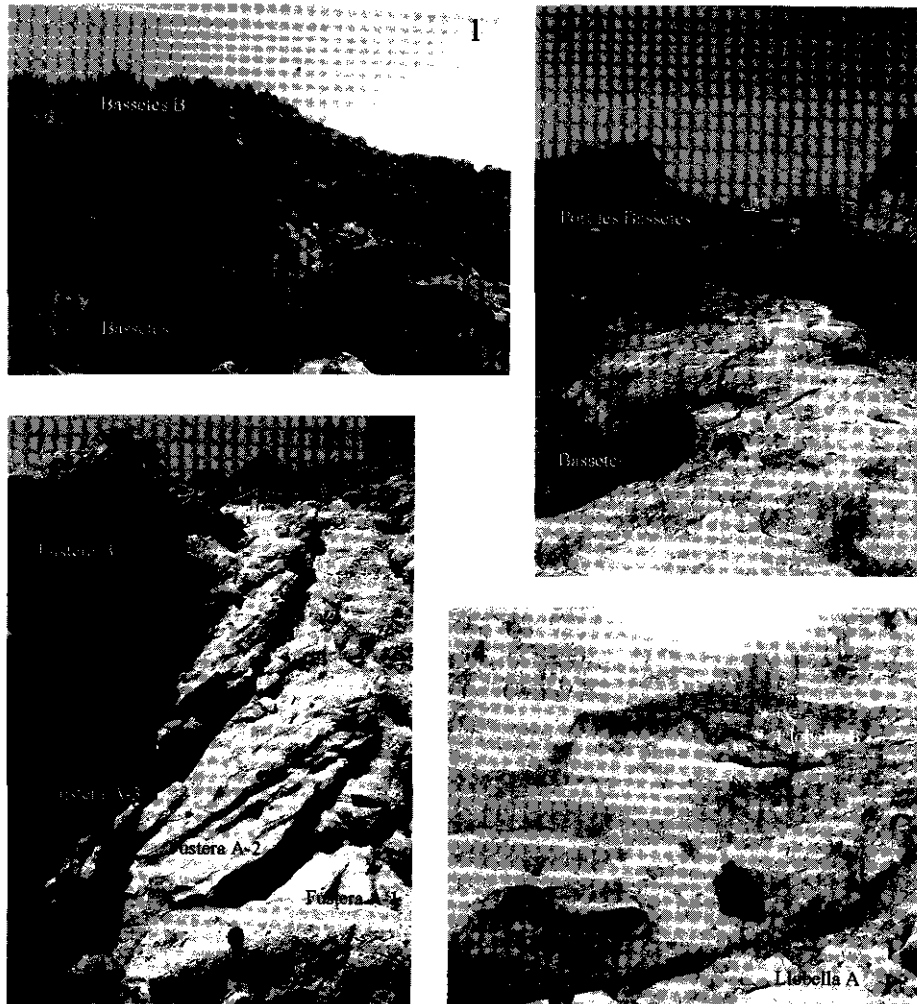


Lámina I: Fotografías de las unidades eolianíticas de los perfiles; 1) Bassetes, 2) Port les Bassetes, 3) Fustera y 4) Llobella.

- c) *Perfil Fustera*. Este perfil se localiza en la Cala Fustera, hacia el N del perfil anterior. Tiene una potencia de 12 m y está compuesto por dos unidades dunares: Fustera A, dividida en tres subunidades (Fustera A-1, Fustera A-2, Fustera A-3) y Fustera B. En la unidad Fustera A se distinguen dos depósitos coluviales interdigitados (Fustera I y II). De base a techo, las principales características de estas unidades son las siguientes:

Fustera A-1. Este depósito constituye la base del perfil, con una potencia de 1 m. Se trata de una unidad eólica formada por arenas de color beige parcialmente consoli-

dadas, interdigitadas con coluvios sinsedimentarios del cantil inmediato de poco desarrollo lateral.

Fustera I. Unidad coluvial de unos 20-30 cm de potencia en contacto erosivo sobre la unidad anterior. Este depósito presenta matriz arenolimososa con cantos y gravas angulosas provenientes del cantil cenozoico.

Fustera A-2. Constituye una nueva unidad eólica, de 3 m de potencia. Se caracteriza por la presencia de arenas beige parcialmente consolidadas.

Fustera II. En contacto erosivo respecto a la unidad anterior, se reconoce un depósito de ladera de 5 m de potencia que se desarrolla regularizando la ladera. Está constituido por cantos y bloques procedentes del relieve cenozoico y de los glaciares cuaternarios, que se incluyen en una matriz de textura arenolimososa de color beige y rojiza. Presenta a techo una subunidad de matriz limoarenosa granocreciente de color más grisáceo, que podría implicar una mayor influencia del cantil.

Fustera A-3. Esta unidad eólica constituye el techo de la unidad basal. Presenta una potencia entre 1 y 2 m y, desde el punto de vista sedimentario, es semejante a las subunidades A-1 y A-2.

Fustera B. Esta unidad constituye el techo del perfil Fustera. Con una potencia que oscila entre los 4 y los 8 m, se dispone en contacto neto y gradual, sólo interrumpido por algún clasto procedente del relieve.

- d) *Perfil Llobella.* Este perfil es el más septentrional de todos los estudiados y se sitúa en el extremo sur de la Cala Llobella. Tiene 10 m de potencia y cuatro unidades estratigráficas, dos de las cuales son eólicas (Llobella A y B); de base a techo son:

Llobella A. Este material forma la base del perfil, con 1 m de espesor. Está constituido por arenas de color beige y conforma la unidad eólica basal.

Llobella I. Se dispone en contacto erosivo con la unidad anterior y tiene una potencia entre 20 y 80 cm, en función de la geometría de la ladera. Se trata de un cuerpo conglomerático interdigitado entre los depósitos eólicos. Está formado por arenas limosas que incluyen cantos y gravas grisáceas, procedentes del relieve cenozoico; éstos presentan tonalidades rojizas cuando provienen de los glaciares pleistocenos.

Llobella B. Tiene un espesor de 5 a 8 m. Presenta similares características a Llobella A y forma la unidad eólica del techo.

Llobella II. Constituye el techo del perfil Llobella. Se trata de un depósito reciente de ladera, de 10-20 cm de potencia, que corona la serie. Está formado por limos y arenas

Leyenda

-  Calcarenta
-  Calcarenta oolítica
-  Conglomerado coloidal
-  Gasterópodos continentales
-  Foraminíferos
-  Caliches
-  Rizocancreciones
-  Granoselección laminar puntual
-  Estructuras de colapso
- Estratificación cruzada**
 -  De alto ángulo cara de sotavento
 -  De alto ángulo cara barlovento
 -  De bajo ángulo

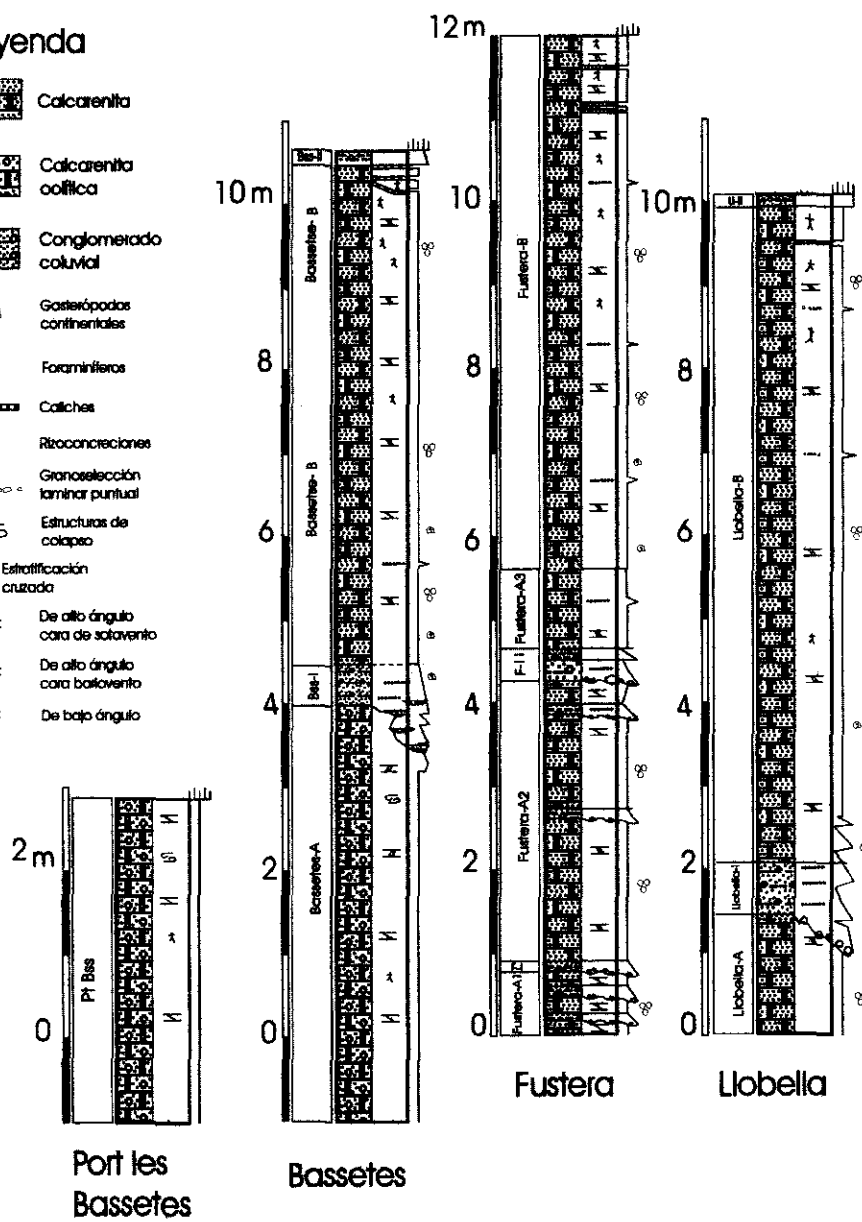


Figura 2: Columnas estratigráficas ideales de los perfiles de Port les Bassetes, Bassetes, Fustera y Llobella.

que incluyen cantos de calcarenita y del depósito cuaternario que se observa a partir de los 30 m en el relieve, al que se adosa el edificio dunar.

Caracterización de los niveles eólicos

El resultado del análisis sedimentológico aplicado a las unidades eolianíticas se indica en la fig 3 y los resultados micropaleontológicos, sobre de los foraminíferos fósiles, se reflejan en la fig. 4 y en la Tabla 1.

a) Perfil Port les Bassetes (muestra PtBss)

Se trata de una calcarenita de color blanco-rosado (8\1-5 YR White), cuyo contenido en carbonato es del 92%. A la lupa binocular se aprecia un dominio significativo de ooides y la presencia relevante de fracción detrítica terrígena, compuesta por calcita y, en menor medida, sílice y granos de ooesparita. Los bioclastos son escasos, entre los que se identifican gasterópodos marinos y radiolas de equinodermos.

El tamaño medio de grano es de 240 μm , es decir, de arenas medias y finas. Los histogramas indican un carácter bimodal y una moderada selección, cuya primera moda es de 302,5 μm y la segunda de 152,5 μm . La fracción no carbonatada mantiene su carácter bimodal, aunque se trata de arenas más finas al intercambiarse las modas; están mejor clasificadas respecto a la muestra no atacada. El estudio petrográfico revela que se trata de una ooesparita por la estructura laminar y concéntrica característica de los oolitos; éstos muestran un tamaño homométrico, morfologías ovoides o elípticas y núcleos formados por granos de calcita. La textura es granosostenida y la cementación es escasa y de naturaleza esparítica. Algunos núcleos de los ooides son de calcarenita. No se han encontrado ejemplares de foraminíferos en esta unidad.

Las estructuras internas primarias son láminas de estratificación translacional rampante de bajo ángulo y láminas de *topset* y *foreset* pertenecientes a una cresta dunar prácticamente continua. Las estructuras secundarias observadas pertenecen a puntuales deformaciones por carga, que atribuimos a pequeños desplomes gravitatorios en la evolución de la cresta, así como a rizoconcreciones poco abundantes.

b) Perfil Bassetes

Bassetes A: La característica dominante de este depósito de color blanco-rosado (8\1-5 YR White) es el contenido en oolitos que constituye más del 90% de la muestra; el 10% restante está formado por granos de naturaleza calcítica y silíceo y por algún resto biogénico muy diagenizado; el contenido en carbonatos es del 90,5%.

El análisis textural indica un depósito de arenas medias moderadamente bien clasificadas de carácter unimodal, cuya media y moda son de 254,1 μm y 302,5 μm , respectivamente. Sin embargo, la textura descalcificada es bimodal y comparte los mismos rasgos que Port les Bassetes. Los granos de la muestra descalcificada son subredondeados y subangulosos; presentan la superficie pulida y muescas de choque por abrasión eólica.

Desde el punto de vista petrológico, este material es muy semejante a Port les Bassetes, aunque con un menor contenido en detritos de origen terrígeno y una menor cementación.

El contenido fósil encontrado son fragmentos de bivalvos, gasterópodos de origen marino, radiolas y placas de equinodermo. Respecto a los foraminíferos fósiles apenas se ha apreciado algún ejemplar del suborden Rotaliina.

La unidad presenta la influencia de procesos gravitacionales en su estructuración interna, debido al contacto con el cantil, que evoluciona desde una cresta dunar de enganche, en la que se insertan bloques métricos y cantos aislados, con estructuras de *topset* de bajo ángulo en la base, hasta *sets* de cresta y de sotavento, de entre 18 y 26°, con estructuras secundarias de desplome e inserción de pequeños cantos aislados a techo de la serie. Se observan pocas rizoconcreciones y se hallan dentro del rango de las observadas en Port les Bassetes. La dirección de los paleovientos oscila entre los 120 y los 150°, correspondientes al sector SSE.

Bassetes B. Se trata de una biocalcarenita de color pardo (7,5\4-7,5YR Pink) formada por granos calcíticos, de calcarenita, algunos de origen silíceo y bioclastos de diversa índole (foraminíferos, gasterópodos marinos, radiolas y placas de equinodermo, etc.); todo ello muy diagenizado y con una película de carbonato que recubre la superficie de todos los granos. En este depósito los oolitos constituyen un elemento más de la fracción arenosa. La proporción de carbonato supera el 94%.

Son arenas medias, moderadamente clasificadas, bimodales y cuya media granulométrica es de 420 μm ; la moda principal es de 427 μm . En las arenas descalcificadas dominan las texturas finas de carácter trimodal, moderadamente clasificadas, cuya moda principal es de 302,5 μm , correspondiente a las arenas medias. Ambas distribuciones texturales representan un aumento claro de tamaño respecto a la unidad eólica Port les Bassetes y Bassetes A. La morfología de los granos es más heterogénea, aunque dominan los subredondeados. El estudio de la lámina delgada permite apreciar una biocalcarenita de cemento escaso y de naturaleza con algas calcáreas, fragmentos de bivalvos y gasterópodos, radiolas y placas de equinodermos y foraminíferos. En la sección delgada no se han observado oolitos y es frecuente la aparición de óxido de hierro. La textura es granosostenida y el cemento es escaso y de naturaleza esparítica.

Se han encontrado dos especies de gasterópodos continentales: *Pseudotachea splendida* (Draparnaud) y *Trochoidea Xerocrassa barceloi* (Hidalgo) que son frecuentes en los cordones litorales actuales, en dunas con cierta cobertura vegetal. Las conchas no presentan indicios de abrasión y pueden considerarse autóctonas. En especial *P. splendida* no vive en dunas móviles o pioneras con vegetación de gramíneas sino que se encuentran en dunas fijadas por matorral. Es muy abundante en la Devesa de l'Albufera de València (ROBLES, F. Comunicación oral).

Los foraminíferos se han encontrado en las fracciones mayores del sedimento. Los 142 individuos estudiados corresponden a tres especies: *Quinqueloculina bicornis* (D'Orbigny), *Elphidium crispum* (Linné) y *Ammonia beccarii beccarii* (Linné), incluyendo 28 individuos que no han podido identificarse debido al mal estado de conservación, por lo que han sido clasificados como *Quinqueloculina* sp. En esta muestra es dominante el suborden

Miliolina, al que pertenece el género *Quinqueloculina*, con más del 83%. Los índices de diversidad y riqueza calculados indican para esta muestra uno de los valores más bajos de los sedimentos estudiados; la equitabilidad es próxima a 0,5 como reflejo de la dominancia de la especie *Q. bicornis*.

La estructuración interna del edificio dunar se basa en *sets* dunares rampantes de carácter translacional, que pasan de bajo ángulo (10-12°) a medio (20-26°) y trepan desde el SSE, apoyándose en la duna Bassetes A y en los depósitos arenosos masivos de la unidad Bassetes II. Las láminas, milimétricas, presentan granoselecciones locales donde gravas cenozoicas y biotriticas se disponen ocasionalmente en láminas puntuales, debido tanto al reacomodo gravitacional de las unidades eólicas rampantes como a cambios dinámicos. La presencia de rizoconcreciones aumenta de muro a techo de la serie, algunas de varios metros de profundidad y de 10-15 cm de diámetro, que atraviesan todo el depósito y presentan similitudes morfológicas con las chimeneas de arena observadas por Paskoff en Tunicia (PASKOFF, 2000). También a techo de la serie dunar se observan caliches interestratificados y conectados entre sí, que se desarrollan superficialmente a lo largo de un posible nivel freático conforme a la pendiente del depósito.

c) Perfil Fustera

Fustera A-1. Se trata de una biocalcarenita de color blanco-rosado (8\1-5 YR White) en la que domina la fracción detrítica terrígena, constituida sobre todo por calcita, cuarzo, granos de calcarenita y abundantes concreciones carbonáticas muy diagenizadas. En este depósito son muy frecuentes los elementos procedentes de la erosión del acantilado, caracterizados por la presencia de óxido de hierro en su forma férrica. El contenido bioclástico está formado por restos de gasterópodos marinos, otolitos de peces, foraminíferos bentónicos, radiolas y placas de equinodermos, etc. Los oolitos también están presentes en la fracción arenosa, pero se concentran especialmente en los tamaños más pequeños. El contenido en carbonatos es del 94,8%.

Desde el punto de vista textural, son arenas medias moderadamente clasificadas, con una distribución bimodal muy parecida a Bassetes B, aunque con una media granulométrica algo más fina (372,4 µm), debido a la mayor incidencia en la curva de las arenas medias. La fracción descalcificada también es equivalente a la de Bassetes B, pero la media es algo más gruesa (178,8 µm). La heterogeneidad de los componentes del depósito se traducen en la morfología de los granos, donde predominan los subredondeados y redondeados algo aplanados. La fracción descalcificada muestra granos silíceos transparentes y con impurezas, donde son más comunes las formas más angulosas. La interpretación de la sección delgada indica una biocalcarenita de textura granosostenida y cemento escaso (en la que el cemento se sitúa en las superficies de contacto, dejando libres los espacios intergranulares), de naturaleza esparítica. Se observan abundantes secciones de oolitos, elementos detrítico terrígenos (calcita y cuarzo), fragmentos de bivalvos, gasterópodos y foraminíferos del suborden Rotaliina.

El estudio de los foraminíferos fósiles indica la presencia en similares proporciones de los subórdenes Miliolina y Rotaliina. Se han encontrado un total de 126 individuos dis-

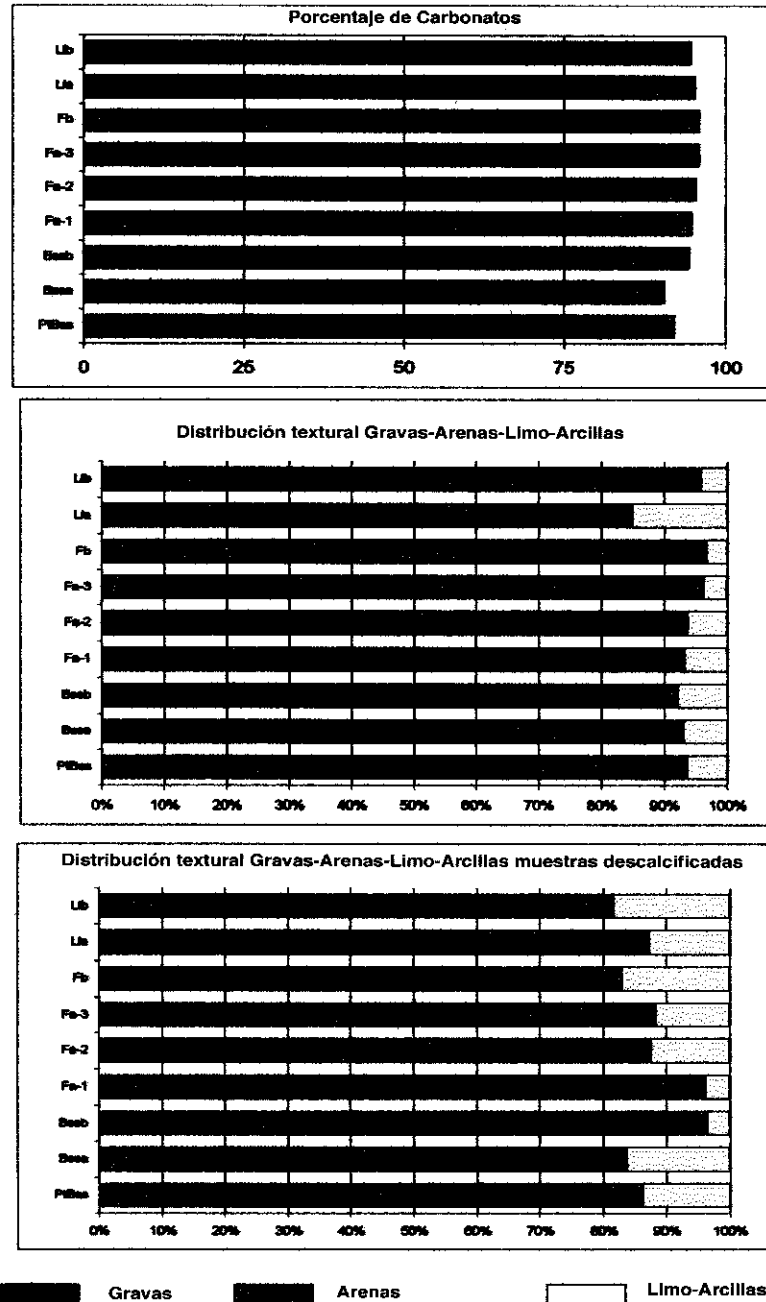


Figura 3: Histogramas de frecuencia, curvas acumulativas, proporción textural y contenido en carbonato cálcico de las unidades eolianíticas identificadas.

[12]

tribuidos en cinco especies, entre las que destacan por su proporción *Q. bicornis* y *E. crispum*, seguida de *A. beccarii beccarii*. Los índices de diversidad y riqueza calculados indican valores altos.

Se dispone internamente en una estratificación dunar rampante de bajo ángulo (10-12°) que evoluciona a *sets* de cresta en el contacto con el cantil cenozoico, en la que se interponen procesos de ladera testimoniados por cantos angulosos y limos grises. Estos procesos pueden ser considerados sinsedimentarios a la relación dinámica entre la duna y el cantil inmediato, teniendo en cuenta la escasa potencia de los depósitos gravitacionales y el pequeño desarrollo areal. No presenta rizoconcreciones, de modo que las únicas estructuras secundarias observadas son pequeñas fracturas paralelas al cantil y ondulaciones por carga correspondientes al acomodo local de los *sets* en el proceso de compactación diagenética.

Fustera A-2. Las diferencias respecto al nivel eólico previo son mínimas, de acuerdo con la sedimentología y micropaleontología, aunque parecen indicar un menor grado de diagenización. En esta subunidad aumenta la fracción detrítica terrígena, sobre todo los clastos heredados del acantilado, y apenas se aprecian bioclastos. El contenido en oolitos también parece menos importante y, al igual que la subunidad anterior, se concentran en los tamaños inferiores. En general, los clastos presentan un mayor desgaste superficial. La proporción de carbonatos es del 95,4%.

Las características granulométricas, la distribución textural y la morfología de los granos son prácticamente idénticas a la observadas en *Fustera A-1*; la única diferencia es la media, situada aquí en 403,6 µm, debido a la presencia de casi un 2% de materiales de fracción superior a los 2 mm (gravas). El estudio de la lámina delgada revela una biocalcarenita con abundantes secciones de foraminíferos, algún fragmento ooide, granos de limolita, etc. Destaca en esta lámina la existencia de un oolito cuyo núcleo es otro oolito, lo que indicaría la existencia de retrabajamiento de oolitos previos. La textura es granosostenida.

Desde el punto de vista micropaleontológico, de los 198 foraminíferos fósiles estudiados, el 78% pertenece al suborden Miliolina. La asociación característica está formada por *Q. bicornis*, *A. beccarii beccarii*, *E. crispum* y en menor medida *Q. vulgaris* (Walker & Jacob). Las diversidades y la riqueza de Margalef son semejantes a la unidad anterior y el descenso de la equitabilidad indica el peor reparto del número de individuos entre las especies.

Las estructuras internas son *foresets* de carácter translacional rampante de alto ángulo (30-33°), que trepan paralelamente a la superficie del depósito de ladera *Fustera I* y reducen su buzamiento en el contacto con el cantil, para acomodarse a una apuntada cresta de enganche. No se han apreciado rizoconcreciones reseñables.

Fustera A-3. Es de color parduzco (7,5\2-7,5YR Pinkish Grey) y se caracteriza por el predominio de la fracción detrítica terrígena de origen calcítico, con abundantes estructuras ooides. Son numerosos los granos de calcarenita y de ooesparita como indicadora de la mayor consolidación. El contenido bioclástico es semejante al de las subunidades inferiores, aunque con un porcentaje menor. La proporción de carbonatos es del 96%.

Tanto el análisis granulométrico disgregado como el descalcificado, revelan arenas más finas respecto al resto de las formaciones dunares estudiadas, con una media de 214 μm ; no obstante, es la peor clasificada debido al porcentaje de limoarcillas (más del 15%); estas fracciones presentan una proporción de 12,8% en la muestra atacada. La morfología del tamaño arena es semejante a la descrita en la subunidad anterior. La interpretación petrográfica indica una biocalcarenita de textura granosostenida aunque más consolidada respecto a A-1 y A-2; el cemento es también de naturaleza esparítica. Se aprecia la importancia de los oolitos, algunos de los cuales tienen núcleos de calcarenita. Los bioclastos, muy frecuentes, están formados por caparazones de foraminíferos, radiolas de equinodermos, etc.; no obstante, en el levigado no se han encontrado ejemplares de foraminíferos.

Los sets dunares vuelven a ser rampantes con ángulos acusados (30°), que no se reducen en el contacto con el cantil y en los que aparecen de nuevo procesos de granoselección puntual de arenas gruesas y macrorrestos biodetríticos, como en Bassetes B, aunque a diferencia de en esta última no se observan rizoconcreciones.

Fustera B. Esta unidad presenta continuidad lateral con la unidad Bassetes B. El material es de color pardo (7,5\4-7,5YR Pink) y está formado por una fracción detrítica de origen fundamentalmente terrígeno al que se añaden abundantes bioclastos. El tamaño de grano es mayor respecto a la unidad anterior y son muy frecuentes los elementos procedentes de la erosión del acantilado, sobre todo a muro de la unidad, donde abundan los bloques decimétricos cenozoicos y pleistocenos.

La granulometría vuelve a los valores medios de las dunas ya comentadas, aunque en este caso se trata de arenas medias y gruesas de carácter unimodal y bien clasificadas, cuya media y moda es de 428 μm y 302,5 μm , respectivamente. Desde el punto de vista morfoscópico, predominan los granos subredondeados y subangulosos. El estudio petrológico de esta muestra indica de nuevo una biocalcarenita poco consolidada por un cemento de naturaleza esparítica, constituido por calcita, granos de limolita, algún oolito y un conjunto de bioclastos, entre los que destacan radiolas de equinodermos, gasterópodos y algas calcáreas. La textura es granosostenida. La proporción de carbonatos es del 95,9%.

El contenido fósil es semejante a la unidad *Fustera A*; aquí se han encontrado además moluscos bivalvos identificados como *Dosinia* sp. y *Arca* sp. que funcionan como clastos, tal y como indica el deterioro de los caparazones. También se han reconocido los mismos gasterópodos terrestres comentados en Bassetes B. El análisis micropaleontológico de los 152 foraminíferos fósiles estudiados revela la existencia de una asociación conservada formada por *Q. bicornis*, *A. beccarii beccarii* y *Q. vulgaris*; el 33% de los caparazones no pueden identificarse más que como *Quinqueloculina* sp. debido a la mala conservación. Los valores de los índices de diversidad y riqueza y de la equitabilidad son semejantes a los que ofrecen la unidad A de este perfil.

Los sets dunares presentan un carácter rampante, algo menos agudos que en *Fustera A-3* (entre los 22 y 26°). También se observan procesos de granoselección puntual, así como macrorrestos biodetríticos de tamaño milimétrico. En esta unidad, al igual que Bassetes B,

abundan las rizoconcreciones que se incrementan hacia arriba, pasando desde las aisladas y milimétricas en la base hasta un tejido denso muy carbonatado y carstificado en el techo, donde son centimétricas. Además, la presencia de caliches, con señales de procesos complejos de recarbonatación, que se sitúan en una banda de 1 a 2 m de potencia, nos permiten identificarla como una duna vegetada. Los vientos responsables de su formación provenían del SSE, entre los 110-120°, y no varían en toda la serie Fustera.

d) Perfil Cala Llobella

Lobella A. Constituye la base del perfil. Se trata de un depósito de color pardo (7,5\2-7,5YR Pinkish Grey) formado por componentes detríticos de origen terrígeno y en menor medida de naturaleza biogénica; además se observan abundantes oolitos. Presenta gran semejanza con las subunidades A-1 y A-2 de la unidad A del perfil Fustera, tanto en el contenido lítico como bioclástico.

Texturalmente se trata de unas arenas medias y gruesas, unimodales y moderadamente bien clasificadas con una media de 437,8 μm y una moda de 427,5 μm . La distribución de la muestra descalcificada es más fina (160,4 μm) y de carácter trimodal. La morfología de los granos es redondeada y con cierto aplanamiento, donde los bioclastos aparecen más rodados. En la lámina delgada se ve una biocalcarenita formada por calcita, granos de limolita, oolitos, además de un conjunto de bioclastos constituido por foraminíferos, fragmentos de bivalvos y especialmente gasterópodos; estos últimos están rellenos de la misma matriz del depósito. La textura es también granosostenida y el cemento es escaso y de naturaleza esparítica. La fracción carbonatada representa el 95,3%.

Esta muestra contiene el mayor número de individuos de foraminíferos de todas las analizadas. De un total de 354 caparazones, más del 70% pertenece al suborden Miliolina, con dos especies principales: *Q. bicornis* y *Q. vulgaris*. El suborden Rotaliina está representado por *A. beccarii beccarii* y *E. crispum*, con un 12% y un 14% del total de individuos. Los valores de los índices de diversidad y riqueza son también los más altos de los estudiados.

Los sets dunares son *topsets* de cresta de enganche, de bajo ángulo (8-10°), que podrían estar condicionados por la posición basal con poco desarrollo vertical y la exposición más transversal a los vientos generadores, por lo que no se desestima la existencia de posibles ángulos más agudos de acrecimiento. Las estructuras secundarias están ausentes, aunque sí se aprecian clastos aislados, provenientes del cantil inmediato.

Lobella B. Presenta similares características que Llobella A, desde todos los puntos de vista. El estudio de los foraminíferos encontrados (196 caparazones) indica la presencia de las mismas especies que en el nivel anterior y se constata un descenso brusco de los valores de los índices de diversidad y riqueza. Es posible que se trate de un retrabajamiento de la unidad precedente. Al igual que Fustera B, se ha podido reconocer el género de bivalvo *Dosinia* sp., también con conchas muy erosionadas y procedentes del ambiente marino. Se han encontrado los mismos gasterópodos continentales presentes en Bassetes B y Fustera B.

Los datos morfoscópicos, granulométricos y texturales son muy similares en todos los parámetros a la unidad Llobella A. Sólo cabría destacar una peor clasificación de la muestra atacada, debido a la mayor presencia de los productos de descalcificación.

Las estructuras observadas son *foresets* rampantes de alto ángulo (28-32°), que entroncan directamente con el cantil cenozoico, con ausencia de cresta de enganche. Se observan de tanto en cuanto las láminas con macrorrestos biodetríticos y clastos aislados, cenozoicos y pleistocenos de tamaño decimétrico, alojados entre los *sets*. El corte es el más transversal al flujo eólico, lo que permite observar disposiciones lenticulares de los *sets*, que se adaptan a la topografía previa y a las relaciones locales del viento y la estructura-barrera. De muro a techo se acrecienta la presencia de rizoconcreciones, aunque la concentración de rizolitos no llega a la observada en la unidad Fustera B. También se observan caliches en la parte superior de la serie, pero no tan desarrollados como en Fustera B.

DISCUSIÓN

Las acumulaciones eólicas estudiadas difieren mucho en sus aspectos sedimentológicos y micropaleontológicos. Desde ambos puntos de vista se han identificado dos tipos de sedimentos: el más antiguo, localizado en la base de las series (Perfil Bassetes y perfil Port les Bassetes), está formado por oolitos en una proporción superior al 92%, que contrasta con otro superior y más reciente constituido por elementos detríticos terrígenos que se mezclan con bioclastos; estos restos fósiles que se comportan como clastos varían mucho de cantidad y tipo de asociación entre unas unidades y otras. Estas diferencias pueden obedecer bien a condiciones ambientales y geodinámicas distintas, bien a una transformación postdeposicional por procesos tafonómicos (CEARRETA *et al.*, 1990).

Los resultados granulométricos indican también esta diferenciación, ya que las dunas del complejo oolítico presentan calibres más finos (240-254 μm) respecto a las biocalcareníticas, cuyo diámetro medio se sitúa entre 370 y 440 μm ; la muestra Fustera A-3 constituye una excepción debido a la importancia de la fracción limoarcillosa que, junto a una mayor presencia de arenas finas, disminuye el tamaño de grano medio. Las curvas granulométricas son unimodales y bimodales en las muestras analizadas en bruto y bimodales y trimodales en las descalcificadas. Indican sedimentos moderadamente clasificados, cuyas curvas son mucho más tendidas que las eólicas típicas, como consecuencia de la interferencia de los aportes del cantil, los procesos de granoselección por reacomodo gravitatorio en los *sets* y los problemas metodológicos planteados por la disgregación y descalcificación de las muestras; como la incorporación de agregados a las arenas más gruesas, del cemento y componentes menos resistentes a los calibres finos y la poca representatividad de la fracción inerte al HCl (SANJAUME, 1985). La moda secundaria del carácter bimodal en las muestras disgregadas, obedece al contenido en limoarcillas, excepto en PtBss (Port les Bassetes) donde corresponde a arenas finas, que proceden tanto del cantil como del método de estudio. La morfoscopía de los granos muestra la heterogeneidad de la duna más reciente (lámina II); la fracción descalcificada presenta mayor angulosidad y efectos de la acción abrasiva del viento.

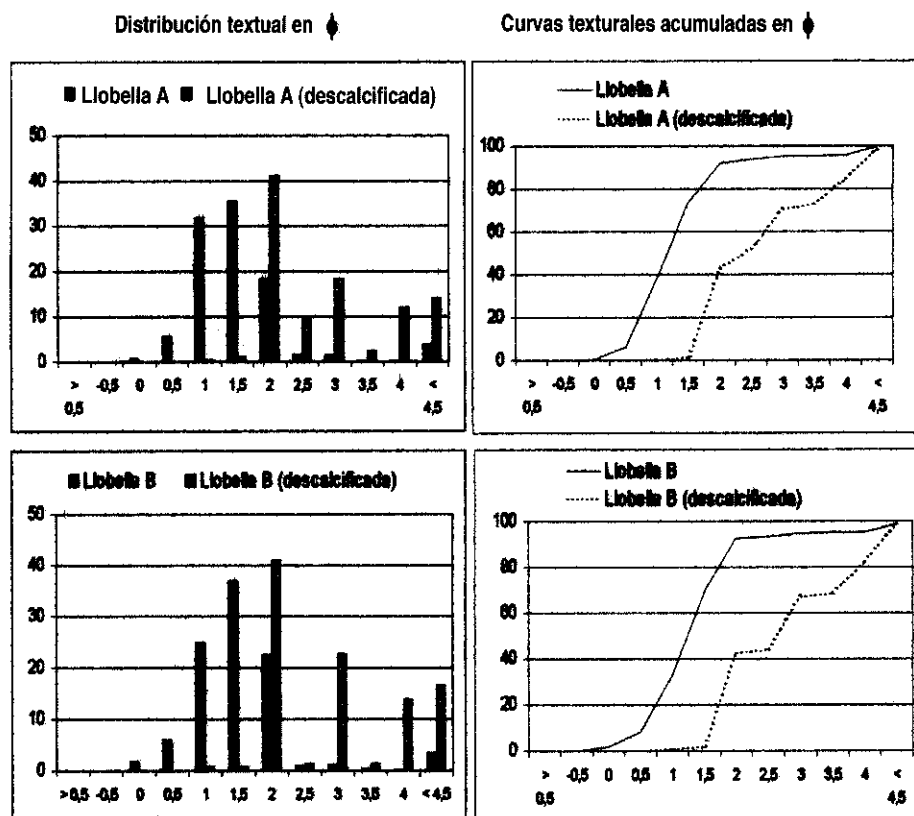


Figura 4: Representación del número de individuos, diversidad específica y resultado de los índices de diversidad, riqueza y equitabilidad obtenidos a partir de los foraminíferos fósiles estudiados.

En la lámina delgada, los oolitos se distinguen por las estructuras concéntricas laminadas y están constituidos por núcleos de calcita de distintas morfologías; tienen formas esféricas y ovoides. Los depósitos biocalcarenticos están formados por granos calcáreos de diversa índoles (calcita, limolita, sílice, bioclastos, etc.), cohesionados por un cemento escaso y de naturaleza esparítica. La mayor proporción de cemento se aprecia en el Port les Bassetes. La duna más reciente es una biocalcarentita formada por litoclastos y bioclastos de diversa índole, donde persiste el cemento escaso y de naturaleza esparítica (lámina II)

Desde el punto de vista micropaleontológico, la unidad basal presenta muy bajo contenido, a diferencia de la unidad biocalcarentica donde son frecuentes los foraminíferos, entre otros restos. Estos individuos no sólo podrían individualizar los distintos depósitos bioestratigráficamente, sino que también informan acerca de los condicionantes ambientales del área fuente de las dunas. No obstante, la actuación de procesos tafonómicos, de gran importancia en el modelado eólico, producen la pérdida de bioclastos y con ello un

	Lobelia A	%	Lobelia B	%	Fuitera A-1	%	Fuitera A-2	%	Fuitera B	%	Basarinea B	%
SUBORDEN MILIOLINA												
<i>Adekosana cf. laevigata</i>					4	3,175	2	1,0				
<i>Adekosana</i> sp.												
<i>Atuberculina cf. lucifuge</i>	2	0,6										
<i>Quinqueloculina bicornis</i>	154	43,5	158	80,6	46	36,5	76	38,4	44	28,9	90	63,4
<i>Quinqueloculina cf. disparis</i>							2	1,0				
<i>Quinqueloculina undulata</i>	4	1,1			2	1,6						
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>	14	4,0							22	14,5		
<i>Quinqueloculina cf. vulgaris</i>			4	2,0			12	6,1				
<i>Quinqueloculina</i> sp.	58	16,4			14	11,1	58	29,3	50	32,9	28	19,7
<i>Triloculina</i> sp.							2	1,0				
<i>Vertebralis striata</i>	4	1,1										
Miliólido indet.	20	5,6										
SUBTOTAL	254	71,8	162	82,7	62	49,2	150	75,8	116	76,3	118	83,1
SUBORDEN ROTALINA												
<i>Ammonia beccarii beccarii</i>	42	11,9	6	3,1	24	19,0	28	14,1	24	15,8	14	9,9
<i>Elphidium crispum</i>	50	14,1	22	11,2	40	31,7	20	10,1	10	6,6	10	7,0
<i>Lobatula lobatula</i>	8	2,3	2	1,0					2	1,3		
Rotalído indet.			4	2,04								
SUBTOTAL	100	28,2	34	17,3	64	50,8	48	24,2	36	22,7	24	16,9
TOTAL Nº DE INDIVIDUOS	354	100	196	100	126	100	198	100	152	100	142	100
TOTAL Nº ESPECIES	8		5		5		6		5		3	
TOTAL Nº DE INDIVIDUOS CONTADOS												1168

Tabla 1: Número de caparazones de foraminíferos, distinguidos por especies y subórdenes, y sus proporciones en cada una de las muestras estudiadas.

registro incompleto de la fauna que en origen pudo llegar arrastrada desde la zona de producción.

A nivel general, las unidades biocalcareníicas están formadas por litoclastos a los que se añaden restos de origen biogénico y otros componentes como oolitos. Al funcionar como clasto, el contenido biogénico se beneficia de ciertas condiciones aerodinámicas, favorecidas por la fragmentación a que le somete el transporte del agente eólico. Encontramos en estas facies entidades conservadas muy resistentes debido a los procesos de diagenización; es el caso de caparazones de moluscos bivalvos y gasterópodos (éstos últimos tanto de origen marino como continental), radiolas y placas de equinodermos, foraminíferos, etc. Los procesos de destrucción mecánica selectiva han sido ampliamente estudiados por Chave (1964).

Entre los 1.168 foraminíferos fósiles estudiados se han identificado exclusivamente formas bentónicas; en general, los ejemplares presentan caparazones bien desarrollados y calcificados, indicadores de su origen marino, aunque se aprecia en la totalidad de los individuos la ausencia de ornamentación externa y procesos de fractura con pérdida de cámaras. Estos fenómenos tafonómicos biostratinómicos se produjeron probablemente con anterioridad a la diagenización; el pulimento superficial de los granos asociado al transporte eólico se relaciona con un momento posterior a este proceso. Las especies clasificadas pertenecen a dos subórdenes distintos: Miliolina y Rotalina, el primero de los cuales es dominante en la mayor parte de los casos; las especies más frecuentes son *Quinqueloculina bicornis* del primer suborden y *Elphidium crispum* y *Ammonia beccarii beccarii* del segundo. Estas tres formas son muy abundantes en el Mediterráneo durante el Pleistoceno y el Holoceno (MATEU, 1981), relacionadas actualmente con fondos de praderas de fanerógamas marinas (COLOM, 1974), que probablemente colonizarían la plataforma en los momentos de formación de estas dunas. Estas especies son típicas de mar abier-

to, es decir, de ambientes estables, con pocas variaciones en cuanto a salinidad y temperatura; se limitan a la plataforma interna con una distribución ligada a sus condiciones estenohalinas. En las dunas biocalcareníicas de Serra Gelada, la asociación característica está formada por *A. beccarii* y *E. crispum* (BLÁZQUEZ y USERA, 1996).

En este contexto, teniendo en cuenta la diversidad específica que caracteriza los fondos de la plataforma continental interna adyacente (USERA y BLÁZQUEZ, 1997), que constituirían el área fuente de los cuerpos eólicos si el mar actual experimentara un movimiento regresivo, la escasa diversidad constatada en las muestras podría atribuirse a la actuación de estos factores tafonómicos de tipo destructivo, tanto biostratinómicos como fosildiagenéticos, que afectarían selectivamente a las formas menos resistentes. La presencia de estos procesos también explicaría la ausencia de foraminíferos de caparazón aglutinado (*Textulariina*). Estos fenómenos tafonómicos parecen más acusados en unidad B de Llobella y se manifiestan, no sólo en las características de los caparazones de foraminíferos sino en el descenso de los índices de diversidad y riqueza respecto al nivel precedente, constituido por elementos sedimentarios similares. Estos factores tafonómicos podrían ser los causantes de la ausencia de caparazones en la subunidad A-3 de la unidad basal del perfil de Fustera.

Estos dos tipos dunares podrían revelar condiciones paleoambientales diferentes del área que suministró el material. El grado de dominio de los oolitos en la base de la Bassetes y en Port les Bassetes nos inducen a pensar en un mar cálido con disponibilidad de carbonato cálcico fácilmente precipitable, mientras que la presencia de dunas calcareníicas podría indicar una temperatura menor del medio. En este sentido, en el complejo dunar de la Serra Gelada la duna oolítica identificada en la base de la serie se relaciona con el estadio isotópico 5 (FUMANAL y YÉBENES, 1996), episodio en el que se atribuye al mar Mediterráneo una temperatura tropical que justifica la migración de la fauna senegalesa. En Tunicia encontramos dunas oolíticas, de características similares a las observadas en nuestro estudio, correspondientes a la formación *Rejiche*, que ha sido fechada en 125 ka BP (PASKOFF, 1996). En Egipto, las dunas oolíticas de El Max-Abu Sir han sido datadas por U\Th y racemización de aminoácidos en 110 ka y 90 ka BP, respectivamente, siendo adscritas por El Asmar (1994) entre los estadios isotópicos 5a y 5c. En la base del complejo eolianítico de la rada de Moraira se observan dos generaciones de características parecidas, en la que la duna oolítica basal corresponde a una restinga asignada al 132 ka BP por U\Th (VIÑALS, 1995). Por último, Goy *et al.*, (1993) proponen que las facies oolíticas podrían constituir un indicador petrológico del estadio isotópico 5e o Tirreniense II. El material que constituye la biocalcarenita perteneciente a la duna más reciente podría indicar la existencia de unas condiciones semejantes a las actuales; el perfil Fustera ha sido datado por termoluminiscencia (FUMANAL, 1995) y dio un resultado de 39.000 ± 6.000 BP.

Desde el punto de vista de las estructuras sedimentarias, todas las dunas están formadas por *foresets* de naturaleza translacional rampante, con ángulos que oscilan entre los 22-26° y los 30-32° que pasan, allí donde el contacto con el relieve previo lo permite, a *topsets* de bajo ángulo (8-12°); este hecho se interpreta como las distintas secuencias dinámicas de acreción vertical, por superposición de estratos eólicos, de las distintas fases de

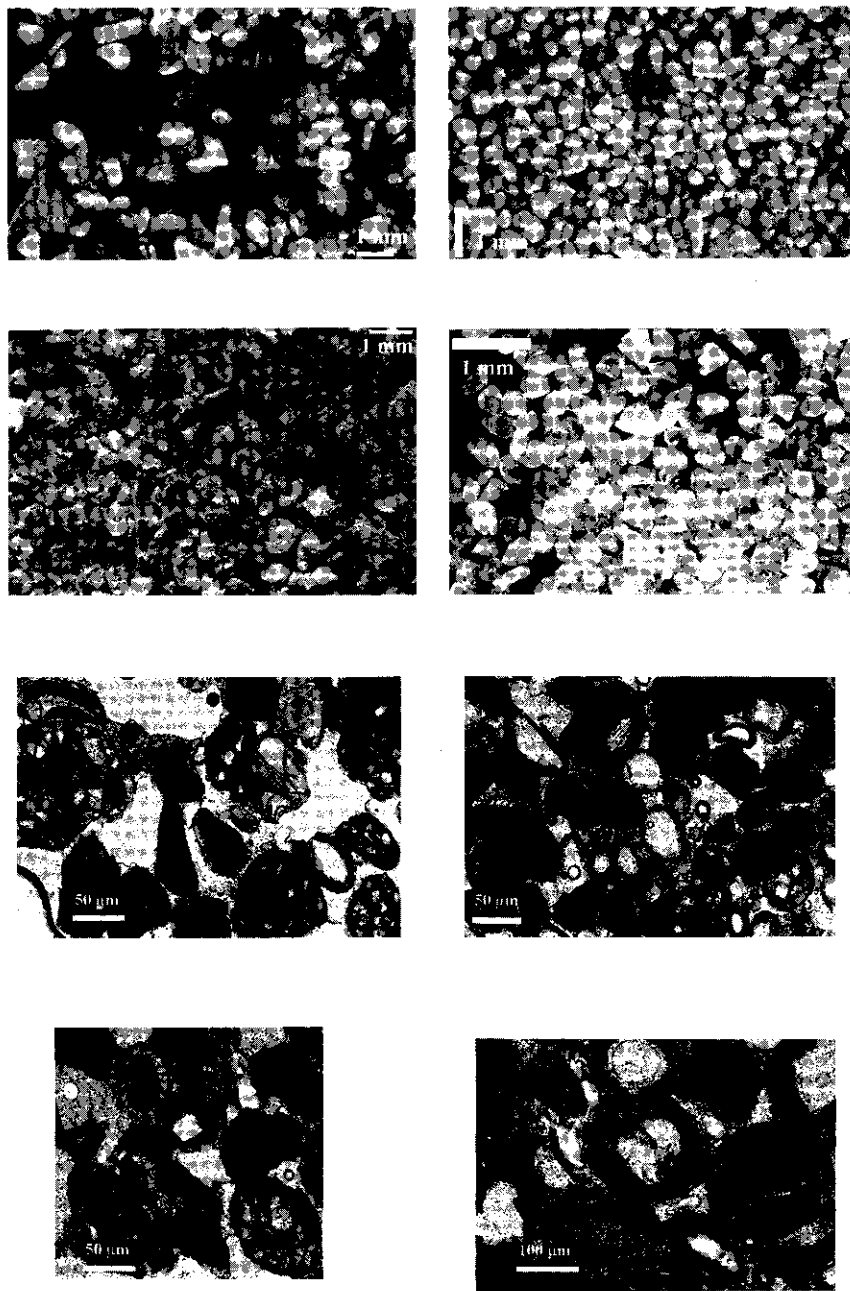


Lámina II: Morfoscopia comparativa de las unidades Bassetes A (duna oolítica) y Fustera B (duna biocalcarenítica); muestra bruta, descalcificada, y fotografías a partir del microscopio petrográfico.

sedimentación dunar; algunas de éstas se separan por interrupciones, con evolución de superficies netas o erosivas que dan paso al desarrollo de taludes continentales. Otras son claramente sinsedimentarias y pueden ser explicadas tanto por interrupciones menores en la sedimentación eólica como por la evolución puntual del cantil inmediato. Sólo en el caso del techo de la unidad Bassetes A se presentan estructuras de sotavento, acumuladas por flujo y caída granular, que muestran *slumps* gravitacionales y que permiten recomponer parcialmente una línea diferente de contacto con el cantil y el proceso trepador, que tendría su cresta algo separada del mismo y no en contacto directo, como el resto de crestas de enganche observadas. Este tipo de estructura de sotavento en dunas rampantes ha sido descrito en las dunas de Serra Gelada (RIQUELME, 1996; ROSSELLÓ y FUMANAL, 1999) y en Mallorca (CLEMMENSEN *et al.*, 1997), donde sucesivas crestas dunares preceden a los *sets* rampantes en su adaptación al relieve. De forma experimental, en túnel de viento, se han documentado *sets* inversos debido a la influencia del relieve-barrera (TSOAR, 1983), pero la relación entre el sistema cantil-talud detrítico y la forma trepadora, en el caso de la tipología de estructura rampante que nos ocupa, está por desarrollarse, debido a la incertidumbre en la reconstrucción de los parámetros morfológicos condicionantes (ESTEBAN, 1996).

El entramado de rizoconcreciones y caliches de la parte superior de la unidad Bassetes B-Fustera B, indica que la duna estuvo vegetada, idea reforzada por la presencia de los gasterópodos continentales encontrados, y desarrolló procesos de carbonatación en medio vadoso. Por el contrario las dunas Fustera A-1,A-2,A-3, Llobella A, no presentan signos de haber sido perturbadas por procesos edáficos, sugiriendo un medio geomorfológico y/o variables medioambientales, no favorables al desarrollo de una cobertura vegetal estable. La presencia eventual de rizoconcreciones en las crestas de contacto de las dunas oolíticas, sugiere cierta presencia vegetal, pero sin llegar a los niveles de las unidades superiores.

Desde el punto de vista micropaleontológico y sedimentológico pueden encontrarse semejanzas entre los distintos cuerpos biocalcareníicos característicos de los diferentes perfiles. De este forma, se aprecia el parecido entre la unidad del techo de los perfiles Bassetes y Fustera y la totalidad del perfil Llobella. No obstante, debido a la actuación posterior de procesos tafonómicos, para el caso de la micropaleontología, y de procesos diagenéticos, para el caso de la sedimentología, las semejanzas o diferencias que se puedan constatar en los distintos niveles no son suficientes para establecer una correlación estratigráfica.

CONCLUSIONES

A partir de la aplicación de diversos métodos y técnicas en el estudio de los depósitos eólicos costeros que se conservan entre Cap Blanc y Penyal d'Ifac, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Una duna oolítica que se localiza al pie del perfil Bassetes y Port les Bassetes puede tomarse como base de un perfil tipo. Sobre ella se superpone una duna biocalcareníica

que se reconoce en el techo del perfil Bassetes y en la totalidad de los perfiles de Fustera y Llobella; con disposición rampante sobre el acantilado y los depósitos previos.

La estructura general de los edificios dunares y la interna de los *sets*, presenta un claro carácter rampante que, como consecuencia de la inmediatez del cantil y de las sucesivas superficies de desarrollo, muestra varias crestas de contacto interdigitadas con cuerpos coluviales, en lo que se apunta como la parte superior de un complejo dunar realimentado por las sucesivas oscilaciones del nivel relativo del mar, cuya base se halla a profundidad indeterminada en la plataforma continental adyacente. Las estructuras de sota-vento de las dunas oolíticas presentan la cresta separada del cantil, por lo que la dimensión y morfología del edificio dunar basal no puede ser reconstruida debido al acusado proceso erosivo posterior.

La duna oolítica y la biocalcarenítica parecen responder a momentos regresivos distintos a partir de áreas de producción con ambientes diferentes; no obstante, el contenido micropaleontológico de la última indica la actuación de factores tafonómicos, biostratinómicos y fosildiagnéticos que se manifiestan en la pérdida de la ornamentación de los caparzones, la pulimentación superficial, la diagénesis de las conchas y los bajos valores de los índices de diversidad y riqueza. La importancia del contenido oolítico del nivel basal podría revelar una temperatura del mar más cálida en el momento de formación de la duna, con mayor disponibilidad de carbonatos disueltos fácilmente precipitables.

El contenido fósil y las características sedimentológicas de los cuerpos biocalcareníticos podrían indicar la semejanza entre la unidad del techo de los perfiles Bassetes y Fustera y la totalidad del perfil Llobella; esta última serie parece indicar un aumento progresivo de los procesos tafonómicos hacia techo, de forma que la unidad superior parece ser producto del retrabajamiento de la unidad basal por parte del agente eólico. Este mismo proceso parece observarse en el techo de la unidad A del perfil Bassetes, donde se constata la ausencia de foraminíferos en la subunidad A-3.

La adscripción cronológica de los distintos depósitos queda abierta, ya que la falta de dataciones absolutas de las unidades descritas no permite ulteriores conclusiones; no obstante la presencia en el ámbito regional mediterráneo de dunas oolíticas asociadas al episodio isotópico 5, podría indicar que la formación de la duna basal, Port les Bassetes-Bassetes A, correspondería a este momento. La datación del perfil Fustera podría indicar que este afloramiento podría asociarse con el interestadio 3 y su tránsito al estadio isotópico 2.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a una beca doctoral financiada por la Fundación Herederos de M^a Pilar Fumanal. Se agradece la colaboración del profesor Fernando Robles por la determinación de las especies de gasterópodos y bivalvos encontrados en los depósitos.

Los autores dedican este trabajo a la profesora Michele Dupré del Departament de Geografia de la Universitat de València, en quien reconocen su magnífica labor docente e

investigadora. Si cabe, es aún más inestimable su calidad personal y la disposición que siempre ha mostrado para cuanto le pedimos.

BIBLIOGRAFÍA

- BLÁZQUEZ, A.M. y USERA, J. (1996): Foraminíferos cuaternarios en las dunas de Serra Gelada (Alicante, España). *Cuadernos de Geografía*, 60: 327-340
- CEARRETA, A., EDESO, J.M., MERINO, A., UGALDE, Tx. y F.M. UGARTE (1990): Las dunas litorales de Barrika (Costa Occidental de Bizkaia), *KOBIE Serie Ciencias Naturales*, Bilbao, XIX: 77-83
- CHAVE, K.E. (1964): Skeletal durability and preservation. En IMBRIE J. & N.D. NEWELL (Eds.): *Approaches to Paleocology*, Wiley, Nueva York, pp. 377-387
- CLEMMENSEN, L. B., FORNÓS, J. J. y RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1997): Morphology and architecture a late Pleistocene cliff-front dune, Mallorca, Western Mediterranean. *Terra Nova*, 9: 251-254
- COLOM, G. (1974): Foraminíferos Ibéricos. *Investigación Pesquera*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Patronato Juan de la Cierva, Tomo 38 (1): 1-245
- I.G.M.E. (1961): *Mapa Geológico de España*. Hoja de Benissa nº 822
- EL ASMAR, H. M. (1994): Aeolianite sedimentation along the northwestern coast of Egypt: evidence for middle to late quaternary aridity. *Quaternary Science Reviews*, 13: 699-708
- ESTEBAN, V. (1996): Modelización de los depósitos eólicos y marinos de la Serra Gelada Les Penyes de l'Albir. *Cuadernos de Geografía*, 60: 363-373
- FOLK, R.L. y WARD, W. C. (1957): Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26
- FUMANAL, M.P. (1991-1992): El litoral valenciano: Nuevos datos sobre su estudio. *Notes de Geografía Física*, 20-21: 79-87
- FUMANAL, M.P., SANTISTEBAN, C. y VIÑALS, M.J. (1990): Implicaciones geomofológicas de las formaciones de restinga en el sector prebético externo (Alicante). *Actas I Reunión Nac. de Geomorfología*, Teruel, pp. 341-349
- FUMANAL, M.P., MATEU, G., REY, J., SOMOZA, L. y VIÑALS, M.J. (1993): Las unidades morfo-sedimentarias cuaternarias del litoral del Cap de la Nau (Valencia-Alicante) y su correlación con la plataforma continental. En FUMANAL, P. y BERNABEU, J. (Eds): *Estudios sobre Cuaternario*. Valencia. pp. 53-64
- FUMANAL, M.P. (1995): Los acantilados béticos valencianos. *El Cuaternario del País Valenciano*. Universidad de Valencia-Asociación Española para el Estudio del Cuaternario. Valencia, pp. 177-186
- FUMANAL, M.P. y YÉBENES, A. (1996): Los depósitos cuaternarios de les Penyes de l'Albir en el contexto sedimentológico litoral valenciano. *Cuadernos de Geografía*, 60: 259-295
- GAIBAR-PUERTAS, C. (1972): Los movimientos recientes del litoral alicantino en el segmento septentrional hasta el Penón de Ifach. *Rev. Inst. Est. Alicant.*, 7: 21-66
- GOY, J.L., ZAZO, C., BARDAJÍ, T., SOMOZA, L., CAUSSE, C. & HILLAIRE-MARCELL, C. (1993). *Éléments d'une chronostratigraphie du Tyrrhénien des régions d'Alicante-Murcie*,

- Sud-Est de l'Espagne. *Geodin. Acta. Paris*, 6, 2: 104-119
- MARGALEF, R. (1982): *Ecología*. Ed. Omega, 4ª Edición, 951 pp.
- MARTÍNEZ GALLEGO, J., REY, J., FUMANAL, M.P. y SOMOZA, L. (1995): Evolución cuaternaria del dominio marino-continental situado entre el Puntal de Moraira y la Serra de Bèrnia (Alicante, España). *Cuaternario y Geomorfología*, 9: 75-85
- MATEU, G. (1981): Los foraminíferos plio-pleistocénicos de las formaciones litorales del mar Menor (Murcia) y las condiciones paleoecológicas del Mediterráneo. *Bol. Inst. Esp. Oceanografía*, VI: 273-304
- PASKOFF, R.P. (1996): Upper Quaternary eolianites in coastal Tunisia: A review. *Z. Geomorph. N.F.*, 102: 135-149
- PASKOFF, R.P. (1999): Chemineés de dissolution et eólianites du Pléistocène supérieur en Tunisie septentrionale. *Geoarqueología i Quaternari Litoral. Memorial M^a Pilar Fumanal*. Universitat de València. Dept .de Geografia.Valencia. pp. 375-380
- RAUP, D.M. y STANLEY, S. M. (1978): *Principios de Paleontología*. De. Ariel, Barcelona, 456 pp.
- RIQUELME, J. (1996): Estructuras internas de les Penyes de l'Albir. *Cuadernos de Geografía*, 60: 341-361
- RODRÍGUEZ PEREA, A. (1998): Ventalls al-luvials i sistemes dunars a Betlem, Artá, (Mallorca). En FORNÓS, J. (Ed.): *Aspectes Geològics de les Balears. Mallorca, Menorca i Cabrera*. Universitat de les Illes Balears. Palma. pp. 169-189
- ROSSELLÓ, V. M. y FUMANAL, M.P. (1999): Climbing dunes and interbedded rubble fans. Quaternary patterns of Serra Gelada Spanish mediterranean littoral. *Z. Geomorph. N.F.*, 43,2: 235-254
- SANJAUME, E. (1985): *Las costas valencianas. Sedimentología y morfología*. Universitat de València, Valencia, 505 pp.
- SHANNON, C. E. & WIENER, W. (1949): *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117 pp.
- USERA J. y BLÁZQUEZ, A.M. (1997): Influencia del sustrato en la distribución y ecología de los foraminíferos bentónicos de la plataforma continental interna entre Valencia y Alicante (España). *Revista Española de Micropaleontología*. Vol. XXIX, 2: 85-104
- VIÑALS, M.J., (1995): Formaciones litorales fósiles en la costa de Moraira. *El cuaternario del País Valenciano*. Universidad de Valencia-Asociación española para el Estudio del Cuaternario. Valencia, pp. 187-192