



ACTIVIDAD EÓLICA – CAMBIOS DEL NIVEL DEL MAR DURANTE LOS ÚLTIMOS 170.000 AÑOS (LITORAL DE MALLORCA, ISLAS BALEARES)

*Aeolian activity - Sea level changes during the last 170.000 years
(littoral of Mallorca, Balearic Islands)*

F. M. González-Hernández⁽¹⁾, J. L. Goy⁽¹⁾, C. Zazo⁽²⁾, P. G. Silva⁽³⁾

(1) Dpto de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced s/n.
37008 Salamanca. Fax: 923 29 45 14; E-mail: fmgh@gugu.usal.es

(2) Dpto de Geología, Museo Nacional de CC. Naturales (C.S.I.C.). C/ Gutiérrez Abascal, 2.
28006 Madrid

(3) Dpto de Geología, Universidad de Salamanca, E. U. Politécnica de Avila. 05003 Avila.

Resumen. Las terrazas marinas con *Strombus bubonius* pertenecientes al Último Interglacial en la isla de Mallorca se caracterizan por presentar tres highstands durante el subpiso isotópico 5e; las dataciones por Th/U dan dos picos a 135 ka para el nivel más antiguo y a 117 ka para los dos más recientes en la Bahía de Palma. En la Bahía de Campos se han identificado dos terrazas marinas superpuestas que correlacionamos con los dos episodios más antiguos de la Bahía de Palma.

La posibilidad de correlación de estas terrazas marinas con las unidades eólicas presentes en ambas cuencas ha permitido establecer una secuencia temporal relativa de las mismas que abarca aproximadamente los últimos 170.000 años.

Se han identificado un mínimo de dos unidades eólicas muy cementadas, separadas por paleosuelos bien desarrollados, anteriores al subpiso isotópico 5e y otras dos unidades también muy cementadas y separadas por paleosuelos pertenecientes al Último Interglacial (Piso Isotópico 5). Se han identificado tres unidades eólicas con diferentes grados de cementación en el Último Glacial (Pisos Isotópicos 4 a 2), separadas por superficies erosivas o alteraciones poco desarrolladas. Por último, se han identificado al menos tres unidades eólicas no cementadas pertenecientes al Presente Interglacial (Piso Isotópico 1) separadas por suelos negruzcos ricos en materia orgánica. La unidad inferior se encuentra ligeramente consolidada y una datación realizada sobre conchas de gasterópodos a techo de la misma señala una edad de 4.370 ± 40 ¹⁴C a.BP.

Palabras clave: Dunas, cambios del nivel del mar, Pleistoceno, Holoceno, Mallorca, cuenca de Palma, cuenca de Campos

Abstract. The Last Interglacial marine terraces bearing *Strombus bubonius* are characterized by the presence of three highstands during the Isotopic Substage 5e in the island of Mallorca. Two peaks have been recorded by Th/U measurements at 135 ka for the oldest marine unit and 117 ka for the two more recent marine units in the Bay of Palma. Two superimposed marine terraces have been identified in the Bay of Campos that we correlate with the two oldest units of the Bay of Palma.

The possibility of correlate these marine terraces with the aeolian units developed in both basins allows us to establish a relative chronology sequence of the aeolian units formed during the last 170.000 years.

At least, two cemented aeolian units pre-Isotopic Substage 5e and another two ones assigned to the Last Interglacial (Isotopic Stage 5) have been identified interbedded with paleosoils. Three aeolian units have been identified in the Last Glacial (I. S. 4 to 2) which present a variable cementation and are separated by erosional surfaces or weak soil formation. At least, three non cemented aeolian units which belong to the Present Interglacial (I. S. 1) have been identified and they are interbedded with blackish soils with high organic matter content. The

lower aeolian unit are weakly consolidated and ^{14}C dating on gastropod shells from the top of the unit yielded an age of 4.370 ± 40 ^{14}C a.BP.

Key words: Dunes, Sea-level changes, Pleistocene, Holocene, Mallorca, Palma basin, Campos basin,



González-Hernández, F. M., Goy, J. L., Zazo, C. y Silva, P. G. (2001). Actividad eólica - cambios del nivel del mar durante los últimos 170.000 años (litoral de Mallorca, Islas Baleares). *Rev. C. & G.*, 15 (3-4), 67-75. © SEG. AEQUA. GEOFORMAEdiciones

1. Introducción

La gran abundancia de depósitos eólicos fósiles y actuales en la isla de Mallorca así como el elevado número de terrazas marinas pertenecientes al Último Interglacial hace que este sector sea muy apropiado para abordar el estudio de los cambios del nivel del mar y su relación con la actividad eólica. En esta línea, Rose et al. (1999) han estudiado la respuesta ambiental a los cambios climáticos en la zona nororiental de la isla (Bahía de Alcúdia) en los últimos 140.000 años, señalando que la actividad eólica más importante se registra durante los Pisos Isotópicos (P.I.) 6 y 2. También se registra sedimentación eólica con formación de dunas discontinuas y de pequeño tamaño durante el subpiso Isotópico (s.P.I.) 5d y el P.I. 4. Además, estos autores señalan que la formación de suelos va ligada a los periodos climáticos cálidos en los que se desarrollan desde suelos arcillosos rojos muy ricos en hierro formados durante el s.P.I. 5e a suelos pardos también con alto contenido en arcillas y hierro formados durante los s.P.I. 5c y 5a y el P.I. 3.

En este trabajo se pretende establecer una secuencia de sistemas dunares durante los últimos 170.000 años teniendo en cuenta los cortes más completos encontrados en las cuencas de Palma y Campos basándonos en las relaciones geométricas de las diferentes unidades morfosedimentarias eólicas (cartografía y cortes), en las características de las superficies que las limitan y en su relación con las terrazas marinas emergidas.

La estructura de Mallorca, a gran escala, está constituida por un conjunto de horsts y semigra-

bens generados durante el Mioceno superior dentro del contexto tectónico distensivo (Pomar *et al.*, 1983) que impera con posterioridad a la etapa de compresión alpina que tiene lugar desde el Oligoceno superior al Mioceno medio. Estos semi-grabens (cuencas de Palma, Inca, Sa Pobla-Alcúdia y Campos) se encuentran limitados por importantes accidentes tectónicos (Del Olmo y Alvaro, 1984) cuya actividad ha condicionado su evolución hasta la actualidad (Goy *et al.*, 1993; Goy *et al.*, 1997).

Las cuencas de Palma y Campos se sitúan en la parte suroccidental de Mallorca (fig.1) y se encuentran separadas por los Complejos Arrecifales de edad Tortoniense-Mesiniense que forman la Plataforma de Lluçmajor (Pomar *et al.*, 1983). Esta disposición estructural es el resultado de la actividad de importantes fallas normales que controlan la evolución del litoral y su morfología actual correspondiendo básicamente a las fallas de Palma, Enderrocat y Felanitx - Sant Jordi (Del Olmo y Alvaro, 1984; Díaz del Río *et al.*, 1993). El litoral de ambas cuencas presenta unas características morfoestructurales similares a gran escala, que pueden resumirse en los siguientes puntos: a) Existencia en el límite oriental de importantes barreras topográficas de origen tectónico que han favorecido el apilamiento de sucesivos sistemas dunares; b) Existencia hasta tiempos muy recientes de albuferas litorales en los sectores más subsidentes de las mismas; c) Orientación del litoral NW-SE, ligeramente oblicua respecto a los vientos dominantes de componente W y SW que condicionan los procesos de deriva litoral y la distribución espacial de las unidades morfosedimentarias de origen eólico.

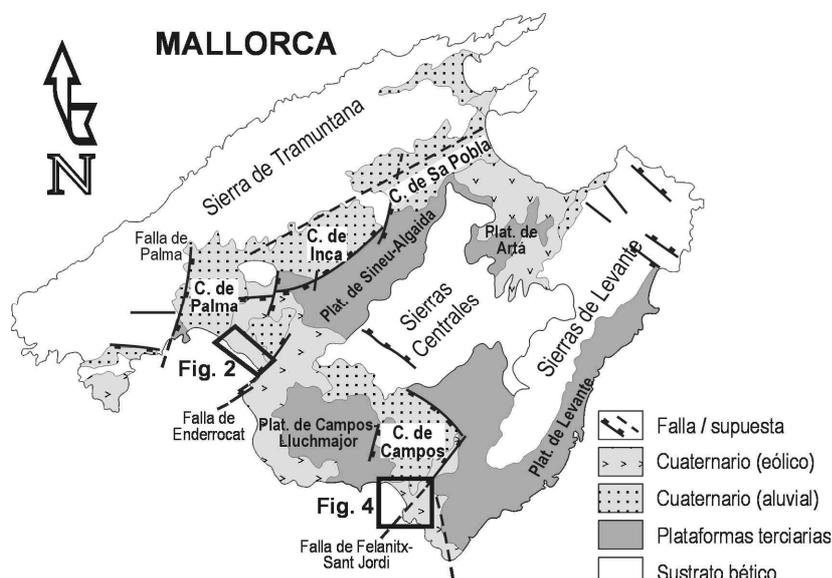


Figura 1. Esquema morfoestructural de la isla de Mallorca con la situación de las principales cuencas sedimentarias y las fallas más importantes que controlan su evolución reciente
 Figure 1. Morphostructural sketchmap of Mallorca island indicating the location of the main sedimentary basins and the most important faults that controlled its recent evolution

2. Secuencias dunares de la cuenca de Palma: su correlación con las terrazas marinas

Los afloramientos estudiados en el litoral de la cuenca de Palma corresponden en su totalidad a dunas preholocenas ya que en este sector la presión antrópica ha hecho desaparecer las dunas holocenas prácticamente en su totalidad. Las secuencias más completas se localizan en dos canteras de extracción de materiales de construcción al NE y N de S'Arenal correspondientes a las canteras de San Francisco y Ses Cadenes (fig. 2), aunque únicamente se describe el corte de la última por presentar una secuencia más completa. En la cantera de Ses Cadenes (fig. 3) es posible reconocer hasta 8 unidades dunares separadas por superficies de discontinuidad que representan intervalos de no sedimentación eólica de diferente magnitud. A escala de afloramiento las unidades dunares no presentan rasgos característicos que hagan posible su diferenciación, excepto el sistema más moderno holoceno constituido por arena blanca suelta.

Las superficies de discontinuidad, sin embargo, presentan rasgos diferenciadores que pueden tenerse en cuenta a efectos de correlación y de significa-

do. Las superficies P1, P5 y P6 corresponden a cicatrices de erosión que se manifiestan por la distinta

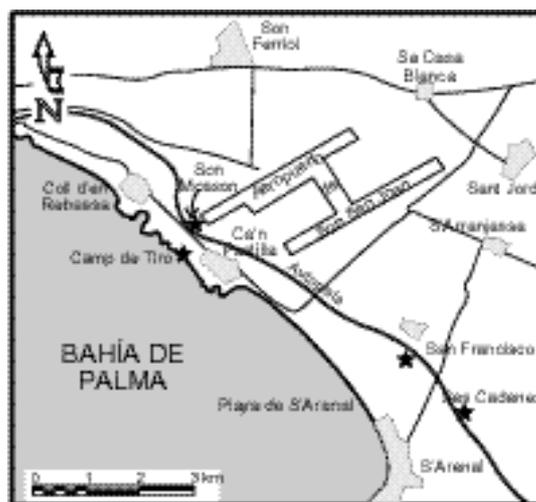


Figura 2. Localización de los afloramientos correspondientes a la cuenca de Palma citados en el texto. La situación del área aparece en la figura 1
 Figure 2. Location map of the outcrops of the Palma basin referred in the text. The location of the studied area is depicted in figure 1

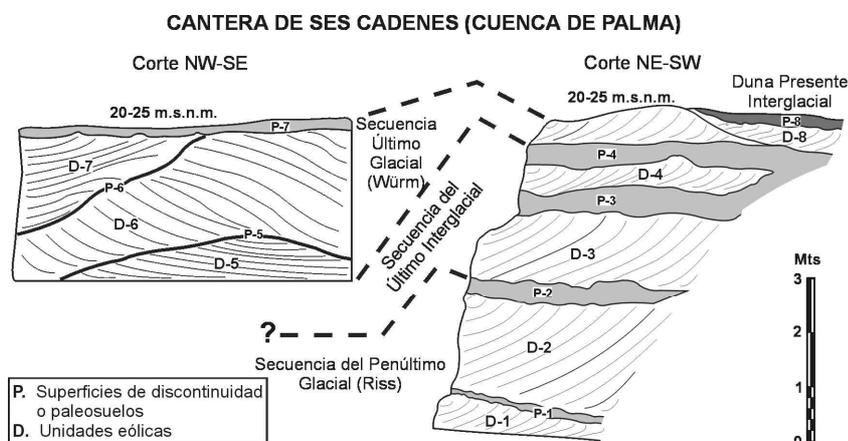


Figura 3. Cortes esquemáticos y correlación de las unidades eólicas y paleosuelos que aparecen en la cantera de Ses Cadenes (Cuenca de Palma). m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar
 Figure 3. Schematic cross-sections and the correlation between the aeolian units and the paleosols identified in the Ses Cadenes quarry (Palma basin). m.s.n.m.: meters above sea-level

orientación de las láminas de avalancha y por una bioturbación más abundante (especialmente visible en P1 y P6) que da un aspecto más esponjoso por cementación diferencial. Las superficies P4 y P7 corresponden a paleosuelos de limos y arcillas de colores ocres, con gasterópodos (géneros *Helicella* y *Helix*), de 20 a 40 cm. de potencia que incorporan cantos y lascas de las dunas inferiores. El paleosuelo P3 está constituido por limos-arcillas de color marrón rojizo con estructuras de bioturbación más cementadas y con cantos angulosos relativamente abundantes. Dicho paleosuelo está fosilizado por una duna de poca potencia y extensión discontinua por lo que lateralmente el paleosuelo P4 se superpone al P3. El paleosuelo P2 está constituido por limos y arcillas rojas con estructuras de bioturbación y gasterópodos de los mismos géneros que los anteriores; lo más característico es que presenta una incipiente estructura prismática que indica una evolución mayor del mismo, representando un lapso de tiempo probablemente más extenso que las otras superficies de discontinuidad lo que ha permitido la diferenciación clara de un horizonte argílico. Por último, el suelo actual P8, se caracteriza por su color negruzco indicativo de su alto contenido en materia orgánica.

En cuanto a las terrazas marinas del Último Interglacial del litoral de Mallorca, su estratigrafía es conocida gracias a los estudios realizados en los

últimos 50 años por D. Juan Cuerda (una síntesis de estos trabajos aparece en Cuerda (1989). El contenido faunístico de las mismas le permite diferenciar dos pisos dentro del Último Interglacial denominados Eutirreniense (el más antiguo) y Neotirreniense, siendo característico del primero la presencia de especies «senegalesas» de clima cálido con especial abundancia de *Strombus bubonius*. El Neotirreniense se caracteriza por la escasez de las especies «senegalesas» y por la práctica desaparición del característico *S. bubonius*.

En Camp de Tiro (fig. 2), que es el afloramiento más completo del Tirreniense balear (situado en la parte central de la Bahía de Palma), aparecen 4 unidades marinas que se disponen sobre una duna cementada (Goy *et al.*, 1993) que presenta a techo un paleosuelo de arcillas rojas con estructuras de bioturbación, gasterópodos y cantos de la duna inferior. Las dos primeras unidades marinas (M1 y M2) se sitúan a +3 m. sobre el nivel del mar, encontrándose superpuestas y separadas por un delgado y discontinuo horizonte de limos rojos continentales que lateralmente se manifiesta por una superficie erosiva. Cuerda (1989) las atribuye al piso Eutirreniense por la fauna que contienen. Las otras dos unidades (M3 y M4) se encuentran solapadas y separadas por superficies erosivas mayores, siendo atribuidas por su fauna al Neotirreniense (Cuerda o.c.). La última unidad

estratigráfica corresponde a una duna parcialmente cementada (actualmente no se conserva) que se atribuye al Würm II. Medidas isotópicas de Th/U por el método TIMS realizadas sobre la fauna de estas unidades arrojan unas edades de 135 ka para la unidad M1, 117 ka para las unidades M2 y M3 y unos datos dispersos de edades en torno a los 100 ka. para la unidad M4 (Hillaire-Marcel *et al.*, 1996). No se ha podido diferenciar por este método, debido a restricciones del mismo, la edad de las unidades M2 y M3, aunque en campo su diferenciación es incuestionable y, de hecho, la unidad M3 incorpora bloques de las anteriores, lo que indica una cementación temprana de las mismas.

Según esto, en este afloramiento se registran tres highstands en el s.P.I. 5e representados por tres unidades morfosedimentarias marinas con unas edades entre 135 ka. y 117 ka. produciéndose durante la tercera (M3) el cambio observado en las asociaciones faunísticas (paso del Eutirreniense al Neotirreniense, según la nomenclatura de Cuerda, 1989).

El primer intento de correlación entre las terrazas marinas de Camp de Tiro y una secuencia dunar cercana, la de Son Mosson (fig. 2) se hizo por Cuerda *et al.* (1982). Está basada fundamentalmente en la relación entre las asociaciones de gasterópodos continentales que aparecen en los paleosuelos de la secuencia dunar y las asociaciones que se encontraron en los paleosuelos de la secuencia de Camp de Tiro, así como en algunas características de estos paleosuelos. En este corte aparecen 4 unidades eólicas y atribuyen la inferior a la glaciación Riss, las dos intermedias las relacionan con las unidades marinas M1, M2 y M3 y la más moderna se atribuye al final de la unidad M4 y la posterior regresión que tiene lugar.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, además de las propiedades de las superficies de discontinuidad, en la interpretación elaborada del corte de Ses Cadenes (fig. 3) consideramos que el paleosuelo más desarrollado con horizonte argílico (P2) corresponde al techo de la secuencia del Penúltimo Glacial (Riss), a la que corresponderían las secuencias dunares D1 y D2. Las unidades D3 y D4 corresponderían al Último Interglacial (s.P.I. 5e) identificado claramente en Camp de Tiro. Las superficies P5 y P6 representan pequeños hiatos en la sedimentación eólica dentro de la secuencia correspondiente al Último Glacial (Wurm), al cual asignamos los sis-

temas dunares D5, D6 y D7. Por último, aparece escasamente representado el ciclo del Presente Interglacial con la duna D8 y el suelo actual.

3. Secuencias dunares de la cuenca de Campos: su correlación con las terrazas marinas

Como se ha señalado anteriormente, en la Bahía de Campos hay una mejor conservación y posibilidades de observación en corte de los sistemas dunares holocenos, aunque no hay buenos afloramientos que permitan analizar secuencias verticales de los sistemas dunares más antiguos. Cartográficamente también es posible establecer una secuencia teniendo en cuenta los datos puntuales de campo. Las dunas litorales holocenas de este sector han sido estudiadas desde un punto de vista fundamentalmente morfológico por Servera (1998) que ha identificado tres pulsaciones eólicas durante el Holoceno. En cuanto a los sistemas dunares del Último Glacial e Interglacial no se dispone de ningún dato, ni tampoco de sus relaciones con los sistemas más antiguos y holocenos. Al SE de la zona estudiada (fig. 4) también hay extensiones importantes de sistemas dunares fósiles y actuales asociados



Figura 4. Localización de los afloramientos correspondientes a la cuenca de Campos citados en el texto. La situación del área aparece en la figura 1

Figure 4. Location map of the Campos basin outcrops referred in the text. The situation of the studied area is shown in figure 1

a otras playas de menor entidad como la dels Dols, Es Carbó y d'es Caragol, pero no se han encontrado cortes representativos, por lo que la secuencia relativa se ha establecido teniendo en cuenta los cortes de la Playa de Es Trenc y los afloramientos próximos.

Los cortes más completos de las dunas holocenas en los que es posible observar las relaciones con otros sistemas dunares más antiguos se encuentran en el parking de Ses Covetes y en Clot de S' Arena, situados en la Playa des Trenc (fig. 4). Ambos corresponden a antiguas zonas de extracción de arena que ahora presentan cortes en la vertical de 10-15 metros de altura. En ambos se registra la presencia de tres unidades dunares de color blanco, de las cuales las dos superiores son de arena suelta y la inferior se encuentra ligeramente consolidada, aunque no cementada (fig. 5). Están separadas por suelos poco evolucionados, de color grisáceo-negruczo ricos en materia orgánica, cuya potencia normal oscila entre 10 y 30 cm, siendo relativamente abundantes los gasterópodos (géne-

ros *Helicella* y *Helix*). En las arenas dunares también aparecen gasterópodos, aunque en menor proporción que en los suelos, que en el caso de la duna inferior se encuentran preferentemente a techo. La datación llevada a cabo en los mismos ha dado una edad de 4.370 ± 40 ^{14}C a.BP. (Tabla 1). En el área de Ses Covetes estas dunas no penetran más de 1 km. tierra adentro como puede observarse en las canteras al SW de Sa Barrala Nova. En la mayor de estas canteras (fig. 5) aparece una única duna cementada preholocena de unos 15 mts. de altura de color blanco amarillento y grano fino, que desarrolla un paleosuelo de limos marrón rojizos, y que es recubierta por un manto eólico holoceno de arena suelta de no más de 1 metro de potencia con desarrollo a techo del característico suelo gris-negruczo.

En la base de los dos arenales citados afloran de forma puntual las dunas que sirven de sustrato a los sistemas holocenos y que se caracterizan por su total cementación y por las tonalidades marrón-rojizas que adquiere el suelo en algunos puntos. En el parking de

Tabla 1. Datación por ^{14}C de la muestra Ses Covetes. Laboratorio: Geochron Laboratories, Cambridge-Massachusetts, USA. Los datos han sido calibrados con el programa calib, versión 4.2 (Stuiver y Reimer, 1993; Stuiver et al., 1998), utilizando una corrección del efecto reservorio de 402 yr dado por este programa. La posición de la muestra se señala en la figura 5

Tabla 1. ^{14}C dating of the Ses Covetes sample. Laboratory: Geochron Laboratories, Cambridge-Massachusetts, USA. Data have been calibrated with Calib. 4.2 Program (Stuiver and Reimer, 1993; Stuiver et al., 1998), using a reservoir effect correction of 402 yr provided by the software. Sample location in figure 5

Muestra	Localidad	Laboratorio	^{14}C a. BP	$\delta^{13}\text{C}$	Edad Cal. BP	Material	Unidad
Ses Covetes	B. de Campos	GX-26712	4370 ± 40	- 8.1 ‰	4950	Concha	Duna

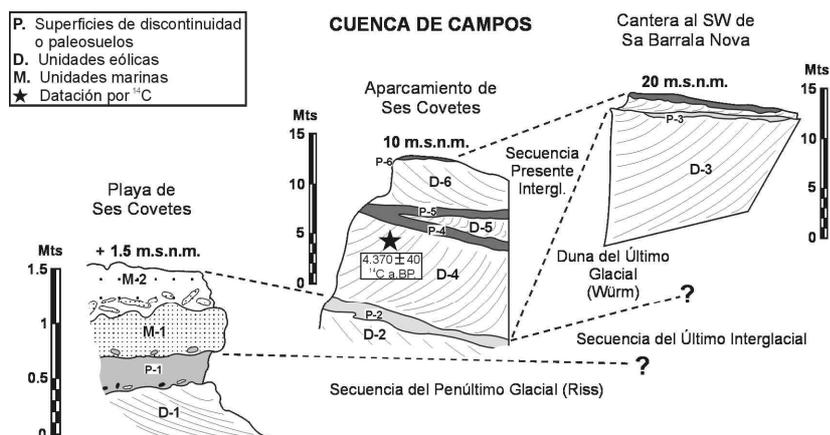


Figura 5. Cortes y correlación de los sistemas dunares, paleosuelos y unidades marinas identificados en diferentes afloramientos de la cuenca de Campos. m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar.

Figure 5. Cross-sections and the correlations between the aeolian units, the paleosols and the marine units identified in several outcrops of the Campos basin. m.s.n.m.: meters above sea - level

Ses Covetes, en un afloramiento muy reducido, puede observarse que se trata de dunas cementadas de grano grueso y tonalidades marrón-rojizas que presentan a techo un horizonte de limos rojizos con gasterópodos continentales. En Clot de S'Arena, en una zanja de 1 m. de profundidad también se observa el sustrato de los sistemas holocenos que, en este caso, está constituido por un paleosuelo de limo-arcillas rojizas de unos 50 cm de potencia, con motas negras de materia orgánica y fósiles de gasterópodos terrestres, que se desarrolla sobre unos depósitos calcareníticos marron-rojizos muy cementados.

En lo que respecta a depósitos marinos, en la Bahía de Campos no se dispone de afloramientos tan completos como ocurre en la cuenca de Palma. De hecho, no se han descrito terrazas marinas del Último Interglacial en esta zona tal y como señala Cuerda (1989) en su Síntesis del Cuaternario de Mallorca, donde cita textualmente: «la costa sur de la gran balear desde Torre S'Estalella hasta punta Salinas es pobre en depósitos pleistocénicos, salvo algunos restos de terrazas neotirrenienses en S'Estanyol y Colonia San Jorje. Procedentes de las salinas de Campos nos fue entregado por D. L. Gassull un ejemplar de *Strombus bubonius*, muy rodado, lo que indica que allí, y cerca del litoral, existe el Eutirreniense, aunque no ha podido ser localizado con exactitud el yacimiento».

En este sentido, hemos encontrado terrazas marinas en el litoral de la playa de Es Trenc en dos puntos situados a no más de 500 mts de los arenales de Es Clot de S'Arena y del parking de Ses Covetes. El primer emplazamiento corresponde a la zanja realizada para la toma de agua de las Salinas, justo en la playa, donde se observan unos depósitos calcareníticos cementados con estructuras sedimentarias correspondientes a facies que representan el paso del foreshore al backshore. Se sitúan a 0.5 mts s.n.m. y no se ha encontrado fauna en los mismos. Lateralmente pasan a arenas cementadas de tonos rojizo-amarillentos correlacionables con las dunas que forman el suelo del Clot de S'Arena.

El segundo emplazamiento se sitúa en Ses Covetes (fig. 4) entre los dos afloramientos rocosos de dunas fósiles en la playa del pueblo. Aquí se observa una pequeña plataforma situada a no más de 1.5 mts s.n.m. y anchura superior a 20 mts constituida por dos unidades marinas superpuestas de color rojizo y base erosiva (fig. 5). Se apoyan sobre

una duna muy cementada que soporta a techo un paleosuelo de arcillas rojas con estructuras de bioturbación muy desarrolladas, cantos negros de pequeño diámetro y conchas de gasterópodos continentales. Las unidades marinas tienen una potencia media de 30-40 cm. cada una y la mitad superior de las mismas presenta estructuras de bioturbación. La inferior (M1) está constituida por un microconglomerado y arena gruesa muy cementado con fragmentos de fauna marina muy desgastados relativamente abundantes y algunos cantos del paleosuelo inferior. La superior (M2) corresponde a un sedimento arenoso grosero que incluye fragmentos muy pequeños de conchas marinas dispersos y en su base incorpora cantos y bloques del nivel inferior que, en algunos puntos, se presentan imbricados.

Tanto en Clot de S'Arena como en Ses Covetes es posible asumir que estas terrazas marinas son correlacionables con las dunas rojizas de grano grueso que forman la base de los arenales, tanto por su posición geomorfológica y su cercanía como por la similitud litológica de las dunas y estos niveles de playa. Otro problema es asignar una edad a estas terrazas, que como puede constatarse, presentan un dispositivo morfosedimentario similar al de las unidades M1 y M2 de Camp de Tiro. La altura sobre el nivel del mar y el marco geomorfológico también son coherentes con el que adoptan otros muchos yacimientos pertenecientes al Último Interglacial en la isla en un contexto tectónico similar al de Camp de Tiro y Ses Covetes. Esto, unido a la cita hecha anteriormente (Cuerda, 1989) del hallazgo de un *Strombus bubonius* en esta zona, hace que tentativamente consideremos las dos unidades marinas de Ses Covetes como correlacionables con las unidades M1 y M2 de Camp de Tiro y, por tanto, correspondientes al Último Interglacial (s.P.I. 5e) en la cuenca de Campos.

En el área de Es Trenc de la cuenca de Campos, teniendo en cuenta lo señalado hasta ahora se pueden identificar, al menos, una unidad dunar cementada anterior al s.P.I. 5e que soporta a techo un suelo de arcillas rojas, una unidad cementada de grano grueso y tonos rojizos correlacionable con las terrazas marinas que asimilamos al s.P.I. 5e, una unidad de grano fino y color blanco amarillento correspondiente al Último Glacial y tres unidades holocenas, desarrolladas aproximadamente entre los 4.370 ± 40 ^{14}C a.BP. y la actualidad, separadas por suelos de escaso desarrollo ricos en materia orgánica.

4. Conclusiones

Las terrazas marinas con *S. bubonius* pertenecientes al Último Interglacial (s.P.I. 5e) están representadas en Mallorca (Bahía de Palma) por tres highstands a los que se asocian tres unidades morfosedimentarias marinas que se desarrollan entre los 135 ka. y 117 ka. (Goy et al., 1993; Hillaire-Marcel et al., 1996). Por primera vez se describen depósitos marinos en la cuenca de Campos correlacionables con las dos unidades marinas más antiguas (s.P.I. 5e) de la Bahía de Palma.

La posibilidad de correlación de las terrazas marinas con unidades dunares (fig. 6) pertenecientes

al mismo subpiso isotópico ha permitido establecer una secuencia temporal relativa de los últimos 170.000 años aproximadamente. Esta secuencia está basada en las características de las diferentes dunas, grados de cementación, tipo de las superficies de discontinuidad que separan las diferentes unidades eólicas, cartografía detallada y relaciones entre las diferentes unidades morfosedimentarias eólicas y marinas. La correlación entre la cuenca de Palma y la de Campos se ha elaborado teniendo en cuenta los datos aportados por los cortes más completos de secuencias dunares preholocenas en la zona de Can Pastilla-S'Arenal de la cuenca de Palma y los aportados por los cortes de la secuencia holocena de la Playa de Es

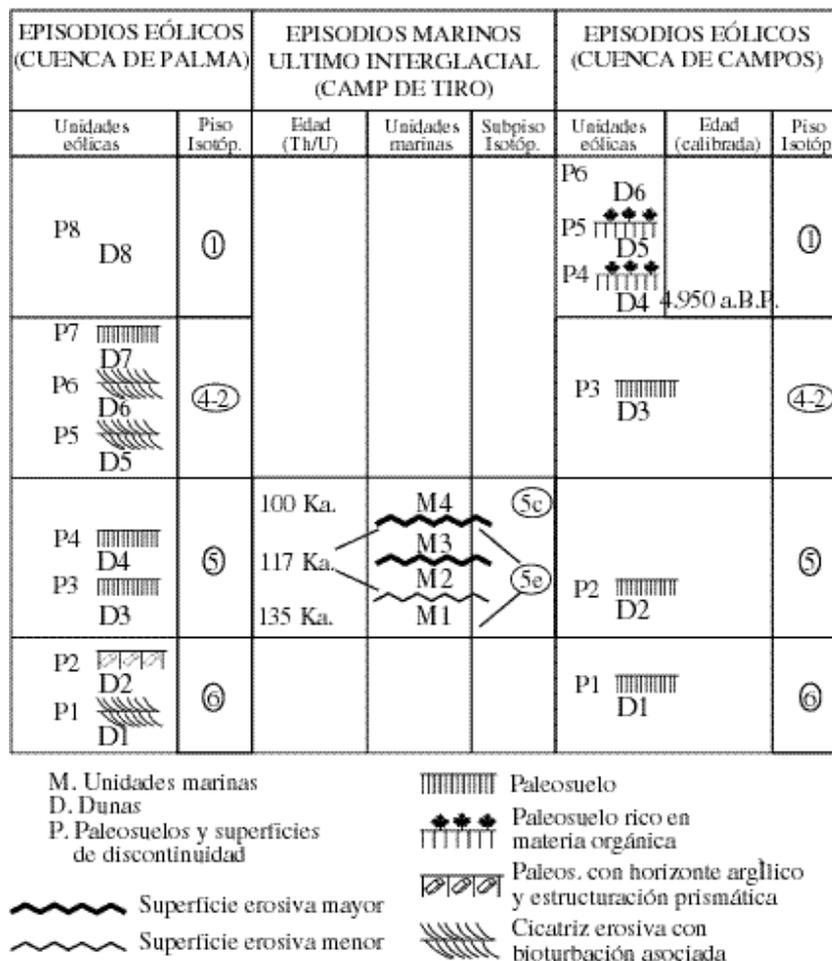


Figura 6. Secuencia de unidades eólicas identificadas en el litoral occidental de Mallorca correspondientes a los últimos 170.000 años aproximadamente y correlación con las terrazas marinas pertenecientes al Último Interglacial registradas en la Bahía de Palma
 Figure 6. Sequence of the last 170.000 years aeolian units identified on the western littoral of Mallorca and its correlation with the marine terraces belonging to the Last Interglacial period as identified in the Bay of Palma

Trenc en la cuenca de Campos, así como las relaciones cartográficas observadas en ésta última.

En conjunto, se han identificado un mínimo de dos unidades de dunas muy cementadas anteriores al s.P.I. 5e, que consideramos pertenecientes al P.I. 6, que soportan suelos y/o alteraciones bien desarrolladas, sobre las que se apoya toda la secuencia eólica y las unidades marinas del Pleistoceno superior. Pertenecientes al Último Interglacial (P.I. 5) se han identificado otras dos unidades que soportan sendos paleosuelos, correspondiendo la más moderna a dunas de menor tamaño y carácter discontinuo. En la cuenca de Campos sólo se ha identificado claramente una unidad de color marrón-rojizo y tamaño de grano grueso. Se han reconocido un mínimo de tres unidades eólicas pertenecientes al Último Glacial (P.I. 4 a 2) que presentan diferentes grados de cementación y que, en general, se encuentran separadas por superficies erosivas o alteraciones poco desarrolladas. La secuencia del Presente Interglacial (P.I. 1) está compuesta por un mínimo de tres generaciones de dunas blancas, ligeramente consolidada la más antigua y con una edad, a techo, de 4.370 ± 40 ^{14}C a.BP., y de arena suelta las dos superiores, separadas por suelos grisnegruzcos ricos en materia orgánica.

Los sistemas eólicos holocenos, por tanto, están relacionados con la tendencia general regresiva del nivel del mar, que según los datos de las unidades marinas estudiadas en la costa de Mallorca (Goy *et al.*, 1997) se manifiesta claramente hacia los 5.500 ± 225 ^{14}C a.BP., coincidiendo también con el inicio de un periodo más árido, una vez superado el «Óptimo Climático Holoceno» que según los datos polínicos (Burjarchs *et al.*, 1994) finalizaría hacia los 6.000 ^{14}C a.BP.

Agradecimientos

Trabajo financiado por los Proyectos de Investigación PB98-0265 y PB98-0514 de la D.G.E.S. Este trabajo es una aportación al PICG 437 y a las comisiones de INQUA «Sea-level changes and Neotectonics Commissions».

Referencias bibliográficas

Burjachs, F., Pérez-Obiol, R., Roure, J. M. y Juliá, R. (1994): Dinámica de la vegetación durante el Holoceno en la isla de

Mallorca. En: *Trabajos de Palinología Básica y Aplicada. X Simposio de Palinología (A.P.C.E.)*. Universitat de Valencia, Valencia, 199-210.

Cuerda, J. (1989): *Los Tiempos Cuaternarios en Baleares*. Direcció General de Cultura, Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Govern Balear, Palma de Mallorca, 310 pp.

Cuerda, J., Antich, S. y Soler, A. (1982): La secuencia pleistocénica dunar de Son Moson (Mallorca) y sus correlaciones faunísticas y estratigráficas. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Balears*, 26: 13-35.

Del Olmo, P. y Alvaro, M. (1984): Control estructural de la sedimentación neógena y cuaternaria de Mallorca. *I Congreso Español de Geología*, III: 219-228.

Díaz del Río, V., Somoza, L., Goy, J. L., Zazo, C., Rey, J. Hernández Molina, F. J. y Mateu, G. (1993): *Mapa Fisiográfico de la Bahía de Palma y memoria explicativa*. Instituto Español de Oceanografía, Publ. Esp., nº 16, 39 p.

Goy, J. L., Hillaire-Marcel, CL., Zazo, C. y Cuerda, J. (1993): The Last Interglacial in the Balearic Islands: Morphosedimentary record and neotectonic implications. *MBSS Newsletter*, Nº 15: 23-25

Goy J. L., Zazo, C. y Cuerda, J. (1997): Evolución de las áreas margino-litorales de la costa de Mallorca (I. Baleares) durante el último y presente interglacial: Nivel del mar Holoceno y clima. *Boletín Geológico y Minero*, Vol., 108-4 y 5: 455-463.

Hillaire-Marcel, C., Garipey, C., Ghaleb, B., Goy, J. L., Zazo, C. y Cuerda, J. (1996): U-series measurements in Tyrrhenian deposits from Mallorca-Further evidence for two last-interglacial high sea levels in the Balearic Islands. *Quaternary Science Reviews*: 15, 53-62

Pomar, L., Marzo, M. y Barón, A. (1983): El Terciario de Mallorca. En: *El Terciario de las Baleares. Guía de las excursiones del X Congr. Nac. de Sedimentología*. Menorca, 21-44

Rose, J., Meng, X. y Watson, C. (1999): Palaeoclimate and palaeoenvironmental responses in the western Mediterranean over the last 140 ka: evidence from Mallorca, Spain. *Journal of the Geological Society*, London, vol. 156: 435-448.

Servera, J. (1998): Els sistemes dunars litorals holocènics: les dunes de Sa Ràpita-es Trenc (Mallorca). En: J. J. Fornós (Ed.), *Aspectes geològics de les Balears*. Univ. de les Illes Balears, Palma, 251-306.

Stuiver, M. y Reimer, P. (1993): Extended ^{14}C data base and revised CALIB. 3.0 ^{14}C calibration program. En: *Calibration 1993* (M. Stuiver, A. Long, R. S. Kra edit.), *Radiocarbon*, 35: 231-237.

Stuiver, M., Reimer, P., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S. Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, F. G., Plicht, J. Y Spurk, M. (1998): INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration, 24.000-0 cal BP. *Radiocarbon*, 40, 1041-1083.

Enviado el 21 de febrero de 2000
Aceptado el 2 de octubre de 2001