

Trets mineralògics i texturals de la seqüència dunar holocena de la depressió de Campos (Mallorca)

Jaume SERVERA i Guillem X. PONS

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Servera, J. i Pons, G.X. 2007. Trets mineralògics i texturals de la seqüència dunar holocena de la depressió de Campos (Mallorca). In: Pons, G.X. i Vicens, D. (Edit.). Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 353-373. ISBN 84-96376-13-3. Palma de Mallorca.

A partir d'una revisió bibliogràfica es comenta i es resumeix el que més cal destacar del que s'ha publicat sobre els dipòsits eòlics holocens de Mallorca. Mitjançant les tècniques de l'anàlisi mineralògica i textural de deu mostres de sediment, recollides a dos perfils verticals del sistema platja-duna de la badia de Campos, s'analiza els sediments dels dipòsits eòlics deixats durant l'Holocè. Es descriuen per cada perfil els tres nivells de dunes que se hi identifiquen i els dos nivells de paleosòls intercalats entre ells. En la composició textural de les mostres analitzades destaca la dimensió d'arenas mitjanes-fines i una aclaparadora majoria de la fracció de bioclasts (97 %) front a la dels litoclasts que just arriba a un 3%. En la composició mineralògica el que predomini és la calcita i l'aragonita, mentre que, de forma menys important hi apareix el quars, fracció relacionada amb les precipitacions de fang provinents del nord d'Àfrica.

Paraules clau: *Holocè, sistema platja-duna, anàlisi granulomètrica, mineralogia, Mallorca.*

MINERALOGICS AND TEXTURALS CHARACTERISTICS OF THE HOLOCENE DUNE SEQUENCE OF THE CAMPOS DEPRESSION (MAJORCA). From a bibliographical revision the most remarkable writing comments and summarizes on the Holocene aeolian deposits of Majorca. By means of techniques of mineralogic and textural analysis of ten sediment samples, collections in two vertical profiles of the system beach-dune of the bay of Campos, analyze sediments of these Holocene aeolian deposits. The three present dune levels and two levels of paleosoils put in among them are described by each profile. In the textural composition of them analyzed samples in front of emphasize the dimension of medium-fine sands and a majority of the fraction of bioclasts (97%) the one of the litoclasts that only arrives at a 3%. In the mineralogic composition the calcite predominates and aragonite, whereas, of less important form appears the quartz, fraction related to originating mud precipitations of North Africa.

Keywords: *Holocene, beach-dune system, grain-size analysis, mineralogy, Mallorca island.*

Jaume SERVERA i Guillem X. PONS, Dept. Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. Ctra. Váldemossa, km. 7,5. 07122 Palma (Illes Balears). Email J. Servera: vdc-tjsn0@uib.es; G. X. Pons: guillemx.pons@uib.es

Introducció

Sobre el desenvolupament del camp de dunes d'un sistema platja-duna litoral, són diverses les teories que es manegen, inclòs algunes es poden arribar a contradir-se. Així doncs, Cooper (1958) apuntava que les fases més àlgides en la construcció de noves formes dunars es corresponien amb les etapes de pujada del nivell relatiu de la mar. En síntesi, el seu plantejament es fonamentava en què el comportament transgressiu de la línia de costa acompanyada d'una major erosió de la mar sobre les formes dunars preexistents, remou importants quantitats de sediment i proporciona així, una major disponibilitat d'aquest; de manera que, en un moment determinat pot ésser deflacionat més fàcilment cap a l'interior del camp dunar. Al mateix temps, aquest procés fa suposar que la major freqüència en que les ones dels temporals arriben a la base de les avantdunes –*foredunes*–, afavoreix una important manca d'estabilitat de la cobertura de la vegetació dunar, fet que provoca l'aparició de formes erosives tipus canals –*trough blowouts*–. Són aquests canals i els seus lòbuls més interiors, els que amb el temps evolucionen com a formacions de dunes tipus parabòliques i que prograden cap a dintre del camp dunar. Malgrat que la teoria de Cooper (1958) potser respongui a un model de construcció de determinats camps de dunes litorals, el cert és que aquest tipus de sistemes, a més de la remoció de sediment a la part alta de la platja, forçadament han de comptar amb uns balanços sedimentaris positius amb una abundant entrada al·lòctona de nou sediment al sistema. Tot i així, tenint present la condició de pujada progressiva del nivell de la mar (Hesp i Short, 1999).

Com a d'altres indrets (Bird, 1990; Christiansen i Bowman, 1986; Christiansen,

et al., 1990) i també a les illes Balears (Servera, 1997), cal explicar la construcció dels camp dunars holocènics des d'una altre perspectiva i amb un altre enfocament. En el cas més específic balear, el sediment té, en més d'un 80%, una procedència autòctona; és a dir, la fàbrica de sediment es troba dintre del mateix sistema platja-duna. Aquesta característica implica que la producció i el subministrament de nou sediment al sistema pugui ésser una important limitació per l'equilibri natural del sistema; sobretot, a les fases transgressives del nivell de la mar on la nova aportació és insuficient i es tradueix en un dèficit sedimentari. En aquestes situacions, el sediment que forma el camp de dunes al seu contacte amb la platja és progressivament remogut per la mar. D'aquesta manera, de forma majoritària, el sediment recuperat per la dinàmica marina és incorporat a l'àmbit de la platja i no cap a les parts més internes del camp dunar tal com proposà el model de Cooper (1958).

Només en les fases regressives del nivell de la mar, els sistemes platja-duna de les Balears presenten un balanç sedimentari amb excedents. Aquesta situació es deu a que a la producció anual de sediment, se li afegeix el que la davallada del nivell de la mar i la seva conseqüent regressió de la línia costa deixa al descobert de la platja submergida. Tot plegat, els contingents de sediment sobrant a la platja són transferits a l'àmbit subaeri, on el vent juntament amb la implicació de la vegetació (Martín i Rodríguez-Perea, 1996) els modela i organitza en diferents cordons de formes dunars.

Així doncs, per a les Balears cal lligar les fases constructives dels camps de dunes als períodes de descens relatiu del nivell de la mar. Aquest fet permet suposar que els trets d'organització i estratigràfics dels camps de dunes holocenes de la badia de Campos, com els demés de les Balears, han

de presentar d'alguna manera una correlació amb el comportament del nivell de la mar al llarg del període de l'Holocè i fins al nostres dies. En aquest sentit, per a la nostre àrea d'estudi a la badia de Campos, treballs que han precedit a aquest (Servera, 1997; 1998; Gonzáles-Hernández, *et al.*, 2001) reconeixen que la construcció dels camps de dunes durant l'Holocè s'ha produït a partir de tres principals pulsacions eòliques, cada una d'elles cal relacionar-la amb un període de davallada del nivell relatiu de la mar. Malgrat el desconeixement que hi ha sobre el comportament eustàtic a Mallorca durant l'Holocè, pareix que l'únic que es té clar és que el màxim flandrià va succeir fa uns 6.500 anys BP i que el nivell de la mar es va instal·lar de forma considerable per sobre de l'actual. En aquest sentit, Butzer (1975) cita el màxim flandrià entre la cota +1 i +3 m, Cuerda (1989) estableix per a Mallorca i per a aquest mateix nivell marí una cota de + 4/2 m sobre el zero actual i, més recentment, Ginés (2000) manifesta en el seu treball que el màxim transgressiu Versilià o Flandrià no superà els 2 m d'elevació amb respecte al present nivell marí. Per tenir una referència externa, al País Valencià, Pardo i Sanjaume (2001) parlen d'entre + 2 i + 3 m pel màxim Flandrià.

Malgrat la falta de dades per establir amb fidelitat una corba eustàtica a Balears que abasti el període de l'Holocè i fins el present, el registre sedimentari dels camps de dunes de la badia de Campos ens fa decantar per pensar que el nivell relatiu de la mar durant aquest període ha tingut un comportament espasmòdic. En aquesta línia, Fairbridge (1961) proposa una corba eustàtica general, en què durant l'Holocè el nivell de la mar ha superat en sis ocasions l'actual, amb alcàries de fins i tot arribaren els 3,7 m per damunt i els 3 m per davall. Sens dubte, l'eustatisme del nivell marí no és igual per a

tot el conjunt del planeta, per tant la proposta de Fairbridge no té perquè concordar amb nombre i tampoc amb magnitud amb el que s'han succeït a la nostra àrea d'estudi. Ara bé, segons el registre sedimentari que analitzem, des del màxim flandrià fins a l'actualitat, se han d'haver esdevingut dues oscil·lacions més que han posat el nivell de la mar per damunt de l'actual, amb els corresponents períodes intercalats que hagueren de posicionar-lo per davall. Ambdós fenòmens eustàtics, el suficientment importants com per deixar un registre sedimentològic avui identificable, han presentat de forma progressiva en el temps un rang de major a menor entitat; el que ha permès que les oscil·lacions més recents no hagin eliminat el registre sedimentari de la seva antecessora, sinó que pel contrari el nou registre s'hi hagin acoblat lateralment. Aquesta seria la raó principal, que explicaria la disposició i acreció horitzontal dels dipòsits deixats per cada de les presumibles pulsacions identificades.

Sens dubte, en aquest sentit és molt interessant l'aportació de l'article de Goy *et al.* (1997), en que basant-se en datacions de ^{14}C sobre l'evolució de la fletxa litoral de l'albufera d'Alcúdia i de terrasses marines d'altres indrets de la costa de l'illa, proposen una cronologia per als períodes d'alt nivell relatiu de la mar que s'han succeït des de l'òptim Holocè fins al present. Cal fer també esment, a la certa coincidència (Taula 1) de la proposta de cronologia feta pels anteriors autors, amb la realitzada, a partir de fons indirectes (Servera, 1997).

Àrea d'estudi

El sistema platja-duna de sa Ràpita-es Trenc es localitza a la costa sud-occidental del litoral de l'illa de Mallorca. Aquest sis-

Tendència del nivell realtiu de la mar	Cronolgia proposta pels autors respecte de present (a BP)		Tendència de la línia de costa	Balaç sedimentari a l'àmbit de la platja	Relació sedimentària platja - avantduna	Dinàmica del camp de dunes holocenes
	Goy, <i>et al.</i> 1997 Datació: ¹⁴ C	Servera, 1997 Datació indirecte				
Òptim Flandrià	7000	6500	Regressió	Dèficit sedimentari	-	-
Nivell per sobre l'actual	7100-6000	6500-5200	Alternança	Equilibri sedimentari	Alternança	-
Tendència a davallar	5500+ 255	5200-4600	Acreeció	Excedent sedimentari	Transferència de la platja a les dunes	Construcció de noves dunes. Formació de l'episodi A
Tendència a pujar	-	4600-3800	Regressió	Dèficit sedimentari	Transferència de del camp dunar a la platja	Estabilització del camp dunar. Formació del paleosòl 1
Nivell per sobre l'actual	4430 ± 110	3800	Alternança	Equilibri sedimentari	Alternança	Estabilització del camp dunar. Evolució del paleosòl 1
Tendència a davallar		3800-2800	Acreeció	Excedent sedimentari	Transferència de la platja a les dunes	Construcció de noves dunes. Formació de l'episodi B
Tendència a pujar	-	2800-2100 (1)	Regressió	Dèficit sedimentari	Transferència de del camp dunar a la platja	Estabilització del camp dunar. Formació del paleosòl 2
Nivell per sobre l'actual	Entre 3500 ± 90 i 1780 ± 200	2100	Alternança	Equilibri sedimentari	Alternança	Estabilització del camp dunar. Evolució del paleosòl 2
Tendència a davallar	-	2100-1600 Emersió de Florida (2)	Acreeció	Excedent sedimentari	Transferència de la platja a les dunes	Construcció de noves dunes. Formació de l'episodi C.
Tendència a pujar		1600-?				
Nivell per sobre l'actual	?-495±70 Començament de la Petita Edat del Gel		Regressió	Dèficit sedimentari	Transferència de del camp dunar a la platja	Estabilització interna i/o erosió marina a primera línia. Formació del nivell de sòl actual
(1) Font: Hoffmann i Schultz, 1987						
(2) Font: Hafeman, 1959 i Fairbridge, 1961; citats per V. M. Rosselló 1969						

Taula 1. Proposta de cronologia i evolució de la zona.*Table 1.* Proposal of chronology and zone evolution.

tema tanca a la mar la depressió de Campos amb un camp de dunes holocèniques que ocupen una superfície aproximada d'uns 4,5 km² i s'estenen cap a l'interior fins a una distància de 1,5 km des de la línia de costa. La platja actual que alimenta aquest sistema té una llargària d'uns 6 km i queda emmarcada entre el club nàutic de sa Ràpita, a la seva part més septentrional, i el nucli urbà de sa Colònia de Sant Jordi a la seva part més meridional (Fig. 1).

La continuïtat de la costa arenosa es veu trencada per una sèrie de promontoris rocallosos tots ells constituïts per eolianites antigues que individualitzen diferents segments de costa amb variables graus de concavitat i grandària; de nord a sud el primer que ens trobem es l'arenal de sa Ràpita, seguit de la platja des Morters de menors dimensions. En aquest punt, coincidint amb el nucli urbà de ses Covetes, la linealitat de costa es veu deformada per un sortint

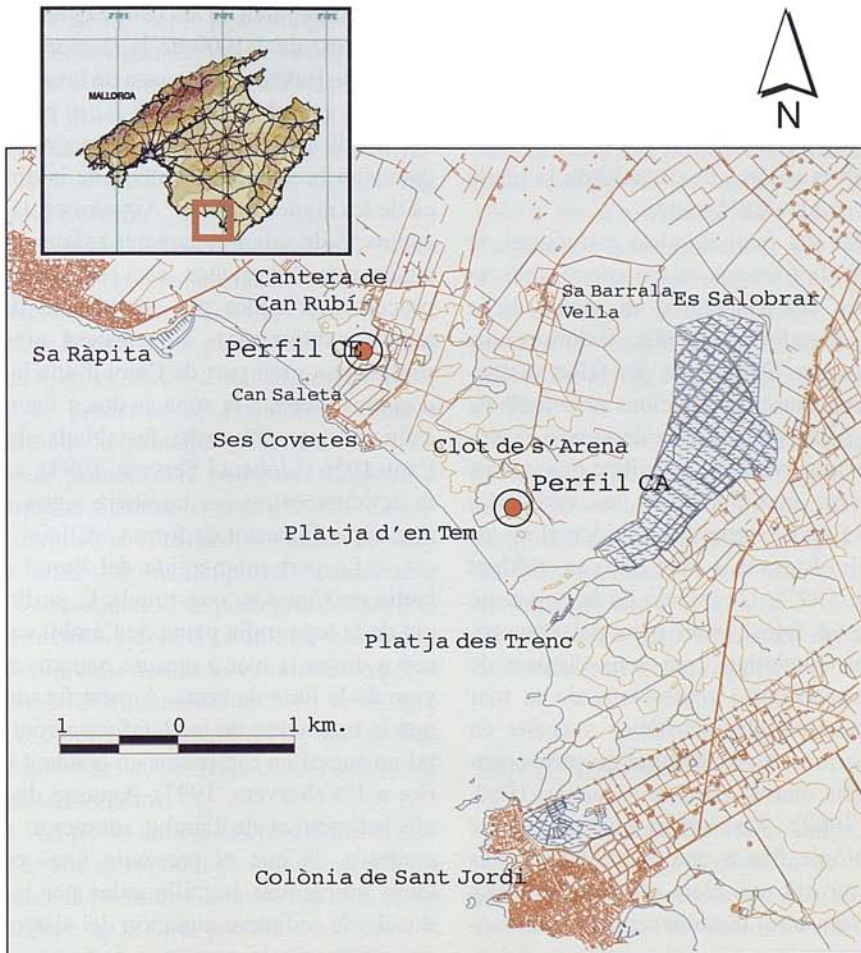


Fig. 1. Mapa de localització dels perfils estudiats.

Fig. 1. Map of location of the studied profiles.

corresponent a dunes fòssils ben litificades d'edat rissiana a la base i würmiana a la part superior i amb intercalacions, entre les dues seqüències, de dipòsits marins i de paleosòls (González-Hernández *et al.*, 2001). Més cap al sud-est, trobem l'arenal d'en Tem i la platja des Trenc fins arribar a la punta de l'illa Gavina que ambdues donen lloc a l'arc de majors dimensions de tota la badia. Fins arribar a la Colònia de Sant Jordi, trobem tres arcs de menors dimensions, delimitats per unes terrasses d'erosió marina - rases d'abració marina - (Rosselló, 1969) just per sobre de l'actual nivell de la mar i treballades sobre dunes fòssils würmianes; els dos primers, constitueixen les platges dels Prengons i el tercer, ja en contacte amb la colònia de Sant Jordi, la platja de la raconada de s'Estany.

Des del punt de vista estructural, la depressió de Campos es correspon amb un progressiu enfonsament d'un sector de la mateixa plataforma tabular finimiocènica que la revolta. Delimitada per falles distensives recents amb orientacions principals de SW-NE i SE-NW, aquesta depressió repeteix els materials que li arriben procedents del vessant meridional de les serralades Centrals i de l'extrem sud-occidental de les serres de Llevant i que la van replant (Servera, 1997). L'evolució de la depressió no ha estat lineal, sinó que, pel contrari, durant el Quaternari com conseqüència de les transgressions i regressions de la mar pels processos glacioeustàtics succeïts en aquest període, ha esdevingut en diverses ocasions badia marina (Butzer i Cuerda, 1960; Butzer, 1962). Així tenim que el registre paleontològic fins a una profunditat d'uns 200 m, mostra una clara alternança cíclica entre la successió d'ambients més continentals palustres, que presenten espècies dolçaquícules, i ambients de caràcter més marí amb organismes marins adaptats al medi salobre (Mateu *et al.*, 1982).

A l'actualitat la depressió de Campos no hi trobem cap formació d'albufera important. Malgrat tot, a l'àrea central just al darrera el camp de dunes del sector de la platja des Trenc, trobem es Salobrar. Un àrea d'aproximadament 3 km² que esporàdicament presenta processos d'inundació naturals, provenint de l'escolament superficial continental. Aquest fet i d'altres no ens permet parlar d'una formació albuferenca (Rosselló, 1969), ni tampoc d'una restinga dunar respecte del conjunt de dunes holocenes que la separen de la costa. Segons la cartografia escala 1:1000 de la Demarcació de Costes de Balears, la majoria de les cotes del Salobrar es troben entre 1,5 i 2 m per sobre del nivell actual de la mar, topografia que demostra la seva desconexió de la dinàmica de les aigües marines. Així doncs, la concentració de sals i el caràcter salobre de les aigües que s'hi retenen, està relacionat amb processos d'ascens per capil·laritat de les aigües subterrànies. No obstant això, la presència a gran part de l'any d'una làmina d'aigües lliures a la zona es deu a l'activitat salinera que s'hi troba instal·lada des de l'any 1956 (Llobera i Servera, 1994), aquesta activitat extractiva bombeja aigua de la mar cap a l'interior de forma artificial.

La part submergida del litoral de la badia de Campos, constitueix la perllongació de la topografia plana de l'àmbit subaeri cap a dintre la mar a mesura que ens allunyem de la línia de costa. Aquest fet implica que la batimetria de la plataforma continental no superi en cap sector un pendent superior a l'1% (Servera, 1997). Aquesta disposició batimètrica de l'àmbit submergit de la contrada, fa que es presentin unes condicions ambientals immillorables per la producció de sediment autòcton del sistema, ja que afavoreix la presència i desenvolupament d'àmplies praderies de *Posidonia oceanica* i d'altres comunitats submarines productores de sediment. Per altra banda,

aquestes condicions de relació topogràfica entre l'àmbit subaeri i submergit d'aquest litoral constitueix el factor principal que permet els processos de transferència de sediment entre els dos àmbits esmentats i dels processos d'acumulació en cada un d'ells.

El sediment que trobem a l'àmbit actual de platja de l'àrea d'estudi es correspon amb una fàcies d'arenas bioclàstiques indiferenciades. La seva composició és eminentment bioclàstica amb un 92'4 %, front a la fracció litoclàstica que tant sols representa un 7'2%. El major percentatge dels bioclasts corresponen als indiferenciats (69 %) i la resta a foraminífers (14'7 %), bivalves (4'5 %) i briozous (1'6 %) (Jaume i Fornós, 1992). Pel que fa a la fracció litoclàstica gairebé la seva totalitat es correspon amb una litologia calcària.

Com a sistema platja-duna, l'àrea d'estudi no presenta substancials diferències als seus homònims de les illes Balears. Així doncs, a la part de la platja submergida del sistema, en el sector distal el desenvolupament de praderies de *Posidonia oceanica* constitueix la principal "fàbrica" de sediment de procedència autòctona disponible per aquests sistemes (Fornós, 1987). El sector proximal, el constitueixen bancs de sediment arenós d'una amplitud considerable com a conseqüència de poca profunditat d'aquest sector a l'àrea d'estudi. La continuïtat del fons arenós només es veu truncada per la presència d'afloraments rocosos de *beach-rock* o d'eolianites quaternàries que coincideixen amb les que es troben a la costa i continuen terra endins.

La platja emergida constitueix el sector més poc estructurat de tot aquest sistema litoral de la badia de Campos. Aquesta situació esdevé de la forta pressió antròpica a la que està sotmesa (Servera *et al.*, 1994; Martín *et al.*, 2004). La seva amplitud és molt variable al llarg de tota la badia; no obstant, en el transcurs de les dues darreres

dècades es poden quantificar importants retrocessos de la línia de costa. Tot plegat, la importància dels processos d'erosió en aquest litoral, també es manifesten en la pèrdua actual de més d'una tercera part del cordó d'avantdunes –*foredunes*– i la degradació de la resta tant des del punt de vista abiòtic com del biòtic.

El camp de dunes litorals holocenes que trobem a la nostra àrea d'estudi ocupa aproximadament unes 500 ha, part de les quals, les més internes, han estat conreades. Des del punt de vista morfològic, la forma dunar predominant és la parabòlica (Servera i Rodríguez-Perea, 1996), malgrat que aquestes, a mesura que ens allunyem de la línia de costa, presenten formes de parabòliques compostes i complexes (Servera, 1997). Per l'orientació dels eixos centrals d'aquestes acumulacions, que de forma majoritària mostren una direcció predominant d'avanç d'entorn dels 67°, podem dir que la seva construcció està relacionada amb vents efectius de direccions compreses entre el SW i W.

Malgrat tot i ésser la paràbola la forma predominant com correspon a un camp dunar vegetat, les dunes del sistema platja-duna de la badia de Campos a l'espai estan organitzades en tres sectors que transcorren paral·lels a la línia de costa i presentant un major grau de fixació del sediment com més terra endins ens fem.

Objectius i mètodes

Encara que, des de fa temps, ja es va argumentar que la seqüència de deposició eòlica holocena presenta tres unitats separades per nivells de paleosòls foscos amb matèria orgànica (Servera, 1997; González-Hernández *et al.*, 2001), fins avui no s'ha presentat cap estudi de les característiques sedimentològiques d'aquests dipòsits. Així

doncs, l'objectiu específic d'aquest treball és caracteritzar la textura i la composició del sediment de cada un dels nivells de la citada seqüència, per analitzar-ne les possibles diferències sedimentològiques existents entre un i l'altre. Per identificar els nivells i des de base a sostre, el primer nivell de duna s'ha identificat amb l'inicial A, amb la B el següent i amb la C el més superior dels tres (Fig. 2). Els nivells de sòls intermedis s'han anomenat SOL1 el situat entre els nivells de dunes A i B, i SOL2 el situat entre els nivells B i C.

L'àrea d'estudi constitueix un magnífic exemple del que són aquests litorals a Mallorca, al mateix temps que els buits deixats per diferents històriques extraccions d'arena, posen a l'abast uns talls que constitueixen un magnífic laboratori natural, que cal aprofitar abans que el temps i els processos de meteorització acabin per matisar i ocultar els petits detalls. Així doncs, pel nostre treball hem seleccionat dos d'aquests talls: un primer, identificat en el mostratge amb les inicials **CE**, localitzat en una extracció estreta i allargassada situada entre Can Saleta i Can Rubí al nord del nucli de ses Covetes. En aquest cas es va fer el mostratge a la part més interior del talús oriental a un petit entrant que romp la linealitat del perfil en el punt que es troba a les següents coordenades UTM, x:4356875 i y:497725. D'altra banda, al darrera de l'arenal d'en Tem, a la part central de la badia de Campos i al sud de les cases de la Possessió de sa Barrala Vella, trobem l'extracció coneguda com el Clot de s'Arena, on hem localitzat el segon tall. Es troba al talús oriental de l'extracció, just en el punt on la potència del conjunt es major i presenta les següents coordenades UTM, x:4355625 i y:499025. S'ha identificat amb les inicials **CA**.

A cada tall s'han recollit un total de 5 mostres, una per cada nivell de duna o pale-

osòl citat. Les mostres s'han agafat per prospecció directe a la part central de la potència de cada un dels nivells i a una profunditat d'aproximadament uns 10 cm des de l'exterior. El mostratge s'ha realitzat de base a sostre i previ neteja de la totalitat del tall per evitar contaminacions tot seguint les recomanacions de Sanjaume (1985). Una vegada al laboratori, el tractament ha estat diferent per a les mostres dels nivells dunars i les corresponents a paleosòls.

Cada mostra dels nivells dunars (aprox. 600 g) ha estat prèviament rentada amb aigua destil·lada per eliminar les sals i atacada amb H_2O_2 rebaixat al 10% per tal de dispersar el grans i oxidar la matèria orgànica. Una vegada eixutes s'han dividit en cinc submostres de 100 g que s'han pogut en sec separant les fraccions amb els següents tamisos: 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 i 0,063 mm. De cada una se n'han calculat els paràmetres texturals següents: Mitjana D50 (M_d), Mitjana aritmètica (M_z), Classificació (σ_G), Asimetria (Sk) i Curtosi (K_G) (Pettijohn *et al.*, 1987).

Per a les mostres corresponents als paleosòls l'anàlisi de la textura s'ha realitzat mitjança el mètode Bouyoucos (FAO, 1973) que apart de no necessitar cap mena de pretractament de les mostres permet destriar el percentatge de les fraccions d'arena, llim i argila, molt més interessant per aquests nivells més edafitzats.

L'estudi de la composició del sediment s'ha realitzat mitjança la identificació de 225 partícules de les fraccions granulomètriques majoritàries: 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm i 0,25-0,125 mm de diàmetre. Aquesta identificació s'ha realitzat sobre el sediment corresponent a la submostra que presentava el valors més propers a la mitjana de cada mostra i les partícules han estat classificades entre les quatre categories: bioclasts, bioclasts indiferenciats, litoclasts i/o altres.

Per a l'anàlisi de la forma de les partícules, s'ha seguit un mètode de comparació visual basat en la proposta de escala gràfica de Powers (1953), que estableix 6 opcions de diferenciació segons el nivell d'abradió de les partícules: molt angular, angular, subangular, subarrodonida, arrodonida, molt arrodonida; a més també valora si la partícula tendeix cap una forma esfèrica o no.

L'anàlisi qualitativa de la composició mineralògica dels sediments estudiats s'ha realitzat mitjança un aparell de difracció de Raigs X de cada una de les mostres. La mesura del contingut en carbonats (% CaCO_3), tant dels nivells dunars com dels paleosòls, s'ha utilitzat el mètode de gasometria o de Bernard. El contingut de matèria orgànica s'ha mesurat mitjança la diferència de pes entre una mostra inicial i el seu pes després d'un procés d'incineració d'aquesta a una temperatura de 550° durant un temps de 4'5 hores.

Resultats

Dels dos perfils estudiats s'han analitzat un total de 10 mostres que identificarem, de la més antiga a la més moderna, de la següent manera: pel perfil del Clot de s'Arena (CA), els nivells de dunes tenen el codis CAA, CAB i CAC, al mateix temps que els sòls els identificarem per CASOL1 i CASOL2. Pel perfil de l'extracció del nord de ses Covetes (CE), el codis corresponents són CEA; CEB i CEC per als nivells de dunes i CESOL1 i CESOL2 per als nivells de sòls.

Caracterització dels sediments analitzats segons la dimensió de gra

Com es pot observar a la Taula 2, si tenim present el paràmetre estadístic de la

mitjana aritmètica (M_z) podem definir els sediments de les mostres de duna analitzades, amb valors superiors a 2ϕ com d'arenas fines (diàmetre comprès entre 0,250 i 0,125 mm). Només les mostres corresponents als nivells inferiors i més antics d'ambdós perfils (CAA i CEA), presenten un sediment amb una granulometria més gruixuda, amb valors de mitjana aritmètica per davall de 2ϕ , d'arenas mitjanes (diàmetre comprès entre 0,5 i 0,250 mm). Així i tot, cal remarcar que els resultats obtinguts per aquest paràmetre entren de ple dintre dels valors que la bibliografia consultada dona pel que són dunes litorals (Ahlbrandt, 1979; Pye i Tsoar, 1990).

Respecte del grau de classificació (σ_c) d'aquests sediments presenten valors compresos entre 0,50 i 0,71 ϕ (Taula 2) el que ens indica que estan moderadament ben classificats, propi de sediments eòlics. Malgrat tot i el que acabem de dir, els dos nivells més inferiors de cada perfil (CAA i CEA) tendeixen a presentar-se poc classificats; fet, que sense cap dubte està lligat al major grau de litificació que presenten ambdós nivells, ja que a pesar del tractament de disgregació al que hem sotmès les mostres al laboratori, s'han seguit mantinent agregats i partícules recristal·litzades. Igual que per al paràmetre de dimensió de gra, els valors del grau de classificació obtinguts per a les nostres mostres, es troben dintre els intervals que Ahlbrandt (1979) estableix com a característic de les dunes litorals.

El paràmetre d'asimetria (Sk_s) mostra valors positius en els dos nivells superiors B i C, a excepció feta de la mostra CAC, el que indica que la corba granulomètrica encara cap una tendència d'arenas gruixudes i que curiosament a la mostra CAC tendeix de forma marcada cap arenas fines. Pels nivells més inferiors (CAA i CEA), l'asimetria pre-

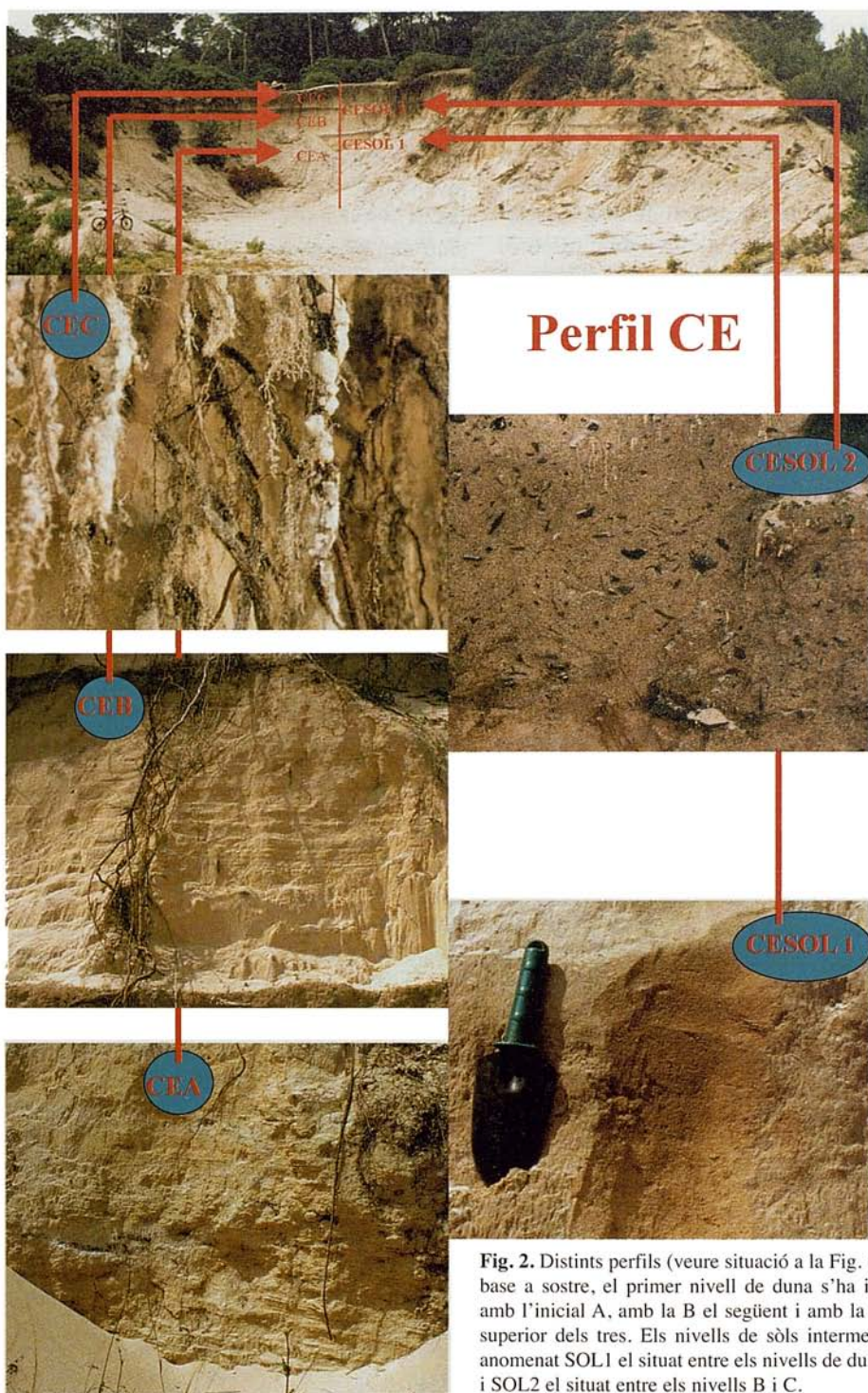


Fig. 2. Distints perfils (veure situació a la Fig. 1), des de base a sostre, el primer nivell de duna s'ha identificat amb l'inicial A, amb la B el següent i amb la C el més superior dels tres. Els nivells de sòls intermedis s'han anomenat SOL1 el situat entre els nivells de dunes A i B, i SOL2 el situat entre els nivells B i C.

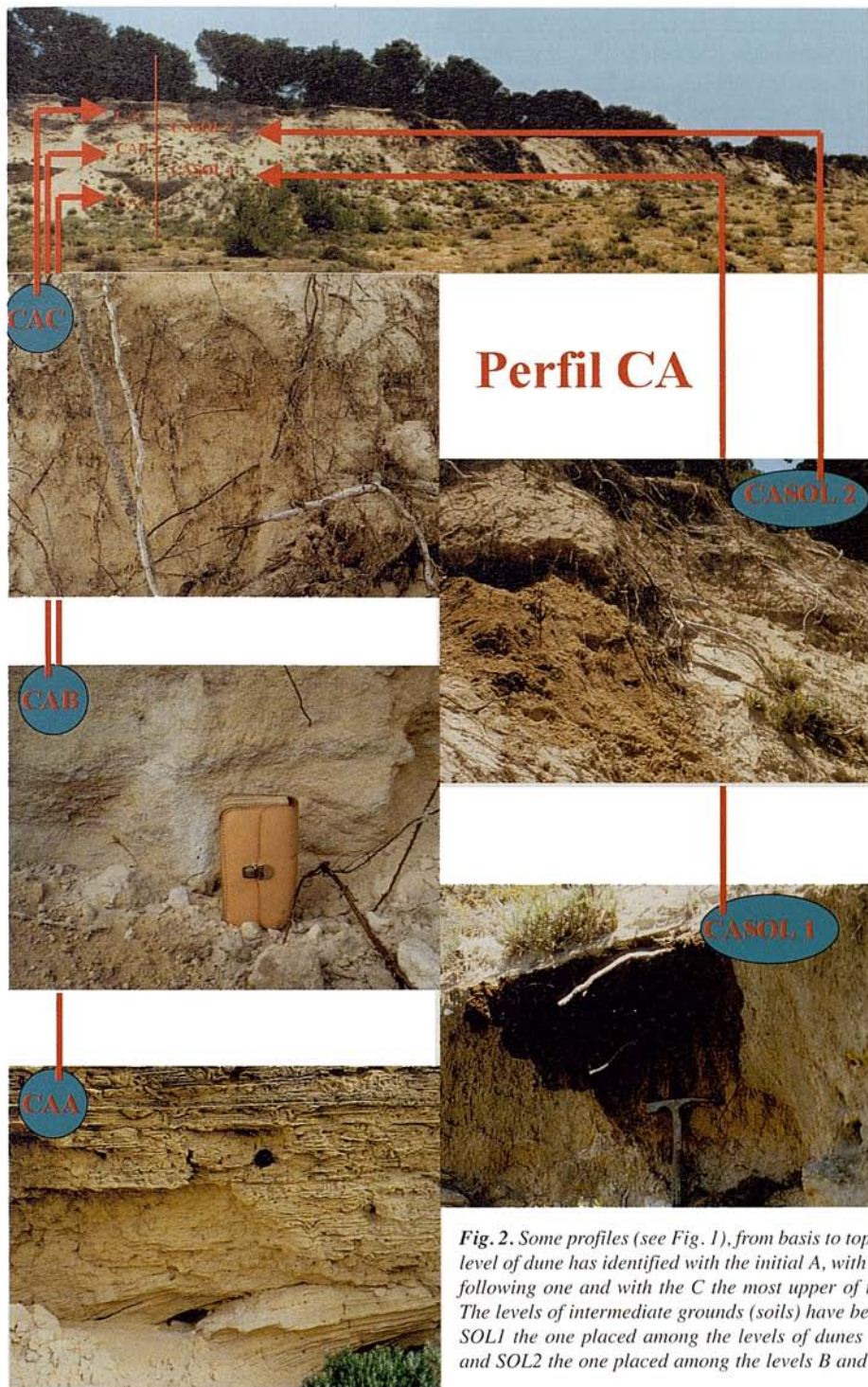


Fig. 2. Some profiles (see Fig. 1), from basis to top, the first level of dune has identified with the initial A, with the B the following one and with the C the most upper of the three. The levels of intermediate grounds (soils) have been called SOL1 the one placed among the levels of dunes A and B, and SOL2 the one placed among the levels B and C.

MOSTRA	DISTRIBUCIÓ TEXTURAL %						PARÀMETRES ESTADÍSTICS: METODE FOLK & WARD 1957 (Valors ϕ)								
	gmf	amg	ag	amt	af	amf	Descripció		Descripció	Descripció		Descripció			
Codi	gmf	amg	ag	amt	af	amf	Md	M_z	M_z	σ_G	σ_G	Sk_L	Sk_L	K_G	K_G
CAA	0,3	3,0	19,6	28,2	46,4	2,4	1,98	1,88	Arena mitjana	0,88	Classificació moderada	-0,16	Asimètrica (-) cap arenes fines	0,82	Poc angulosa (Platykurtic)
CAB	0,1	0,2	5,3	47,0	46,4	0,9	1,97	2,14	Arena fina	0,61	Moderadament ben classificada	0,19	Asimètrica (+) molt cap arenes gruixades	0,80	Poc angulosa (Platykurtic)
CAC	0,0	0,0	1,4	36,3	60,7	1,6	2,58	2,38	Arena fina	0,51	Moderadament ben classificada	-0,48	Asimètrica (-) molt cap arenes fines	0,60	Molt poc angulosa (Very-Platykurtic)
CEA	1,3	11	27	38,2	21,5	1,0	1,64	1,62	Arena mitjana	1,00	Poc classificada	-0,12	Asimètrica (-) cap arenes fines	1,07	Normal (Mesokurtic)
CEB	0,0	0,0	3,9	54,4	39,9	1,7	1,92	2,11	Arena fina	0,52	Moderadament ben classificada	0,45	Asimètrica (+) molt cap arenes gruixades	0,59	Molt poc angulosa (Very-Platykurtic)
CEC	0	0	1,9	53,5	43,3	1,3	1,95	2,13	Arena fina	0,52	Moderadament ben classificada	0,43	Asimètrica (+) molt cap arenes gruixades	0,59	Molt poc angulosa (Very-Platykurtic)

gmf: graves molt fines

amg: arenes molt gruixades

ag: arenes gruixades

amt: arenes mitjanes

af: arenes fines

amf: arenes molt fines

 Md : Mitjana (D_{50}) M_z : Mitjana aritmètica σ_G : Classificació Sk_L : Asimetria K_G : Curtosi**Taula 2.** Paràmetres texturals de les mostres analitzades.**Table 2.** Texturals parameters of the analyzed samples.

senta una tendència cap arenes fines, fet que molt possiblement estigui lligat al major grau de litificació d'aquest nivells que dona uns majors percentatges de les fraccions més grosses. Pel que fa referència al paràmetre de curtosi (K_G) aquest presenta una corba poc angulosa o molt poc angulosa (Platykurti o very platykurti), només la mostra (CEA) presenta una forma normal (Mesokurti). Tot plegat, els resultats obtinguts en aquests dos paràmetres texturals no presenten cap anomalia respecte de les tendències que els guarismes representen.

Textura dels sediments dels nivells de sòls analitzats

Malgrat que presenten un grau d'edafització incipient i que es troben fossilitzats sense processos edafogenètics entre dipòsits

clarament dunars, aquests nivells de paleosòls tenen una major presència de fracció fina, fet que recomana un tractament d'anàlisi pròpia de sòls. En aquest cas, tot seguint el mètode de *Bouyoucos*, els resultats obtinguts són els que s'exposen a la Taula 3, els que ens fan determinar que aquests sòls presenten una textura argilo-arenosa.

Tot i que les quatre mostres analitzades no presenten gairebé diferències en la composició de la seva textura, cal fer notar que els dos nivells més inferiors i antics (CASOL 1 i CESOL 1) presenten una major proporció d'argiles i una menor representació d'arenes, el que fa pensar amb uns nivells edàfics un tant més evolucionats respecte dels dos més superiors i recents. Així i tot, el quatre nivells, analitzats presenten un contacte superior pla i molt abrupte amb

Taula 3. Distribució textural de les mostres analitzades.

Table 3. Textural distribution of the analyzed samples.

MOSTRA	DISTRIBUCIÓ TEXTURAL %		
	Arena ($> 0,06$ mm)	Llims ($0,06-0,002$ mm)	Argiles ($< 0,002$ mm)
CASOL 1	73,0	3,0	24,0
CASOL 2	78,0	2,0	20,0
CESOL 1	72,0	2,0	26,0
CESOL 2	77,0	2,0	21,0

el nivell dunar, mentre que el contacte inferior és completament difús. Els quatre nivells, des d'un punt de vista edàfic, no presenten estructura o aquesta és massissa, no obstant, en els talussos de les extraccions d'arena on els hem analitzat, sobre tot els nivells inferiors (CASOL 1 i CESOL 1), es pot observar com ressalten topogràficament en el perfil en forma d'escaló, degut a una major consistència i compacitat dels dipòsits edàfics respecte dels eòlics que els emmarquen.

Caracterització dels sediments analitzats segons la forma del gra

Respecte de la forma del gra els resultats que es presenten a al conjunt de gràfiques de la Fig. 3 s'han extret de la classificació visual de les mostres amb comparació a l'escala de les classes de rodonesa i esfericitat proposada per Powers (1953), fet que carrega d'una certa subjectivitat els resultats que s'han obtingut (Pye i Tsoar, 1990). Els sediments analitzats, per tot el conjunt de les mostres tractades, presenten un major percentatge de partícules les irregularitats de la seva superfície són subanguloses, aquest fet és seguit pel conjunt de grans que els cantells de les seves facetes són més angulosos i menor rodonesa. Els resultats d'un estudi recent sobre els sediments de platja a l'illa de Menorca (Gómez *et al.*, 2000) apunten a uns resultats similars en aquest paràmetre de textura. Igualment, les partícules analitzades, mostren una major presència de formes allargades i irre-

gulars que les que tendeixen a l'esfericitat. Tot plegat fa pensar amb un tipus de sediment poc evolucionat i poc treballat pels diferents mecanismes d'abrasió.

Composició dels sediments analitzats

La composició del sediment de la totalitat de les mostres que hem analitzat es caracteritza per ésser de forma majoritària bioclàstic. Així doncs, si observem les gràfiques que componen la Fig. 4, podem observar com la fracció de litoclasts just arriben a un gairebé insignificant 3%.

Ja en referència al conjunt de bioclasts, cal dir que els indiferenciats són sense cap dubte la fracció més representativa a la totalitat de les mostres analitzades. Aquest fet està en relació a la dificultat que implica la identificació específica, degut a que la majoria de les partícules es presenten fraccionades i amb una superfície exterior mat, com a conseqüència d'haver sofert un llarg transport eòlic abans de quedar sedimentades. En segon lloc, i pel que fa a la fracció bioclàstica minoritària que permet la seva identificació, es reconeixen: foraminífers, fragments de bivalves, restes i sobre tot pueus d'equinoderms, briozous, gasteròpodes i en menor mesura, però sí de forma majoritària a la fracció granulomètrica de 0,25 a 0,125 mm, espícules d'esponja opaques i transparents. Entre els pocs foraminífers que es poden identificar amb certa facilitat es troba algun exemplar d'*Elphidium crispum* i de forma més freqüent el *Spiroloculina arietina*, aquest darrer és un

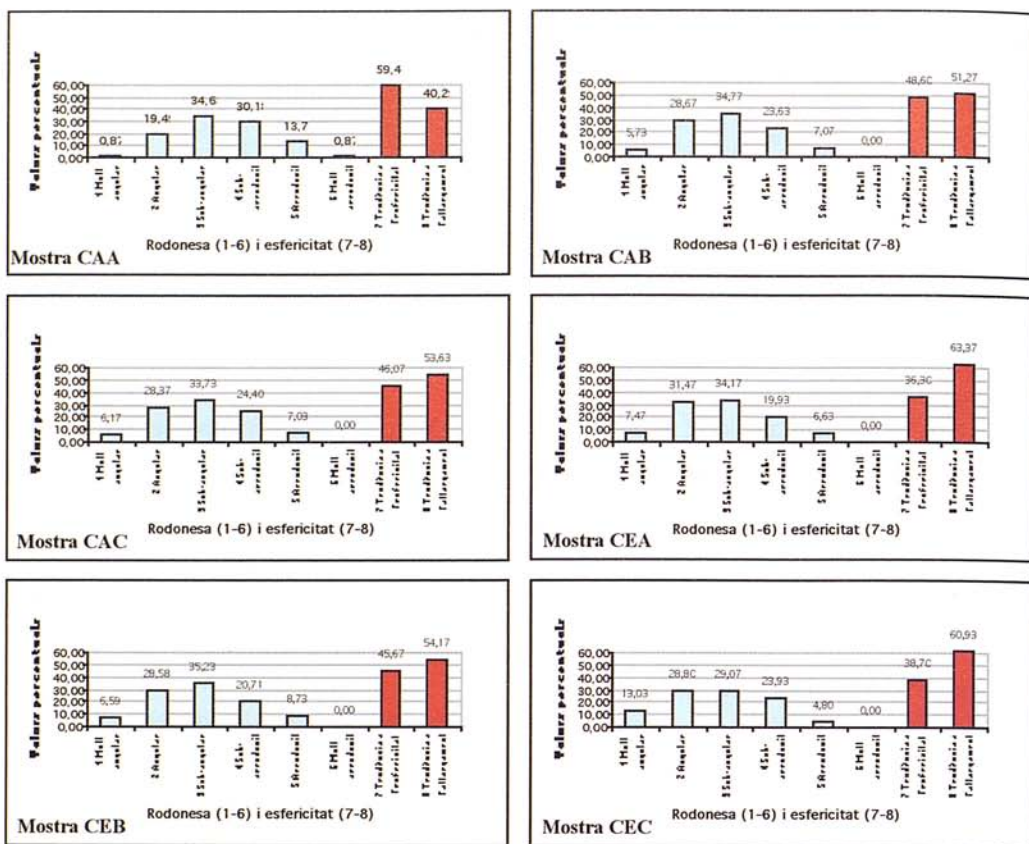


Fig. 3. Formes i mides del gra de mostres de cada un dels perfils.

Fig. 3. Forms and sizes of the grain of samples of each one of the profiles.

foraminífer de la família dels Peneroplidae dels anomenats calcari – porcellanoides és força abundant com a component actual del sediment de la platja des Trenc (Mateu *et al.*, 2003). Aquests grups de foraminífers esmentats es caracteritzen per presentar un creixement del seu cristalls de calcita de forma multidireccional, fet que els dota d'una importat resistència a l'abradió i malgrat el transport eòlic que han sofert per arribar al punt en que foren sedimentats, mantenen a les mostres analitzades un color blanc lletós i una superfície totalment abri-llantada.

En darrer lloc, cal dir que la fracció sedimentària que hem classificat com a d'altres, la seva totalitat es correspon a partícules d'agregats, configurats per bioclasts de diferents dimensions cimentats uns amb altres, per aquesta raó aquesta fracció guanya importància a les dues mostres més antigues i litificades de cada perfil (CAA i CEA), mentre que a les altres mostres és pràcticament inexistent.

Composició química dels sediments analitzats

Els resultats de les anàlisis realitza-

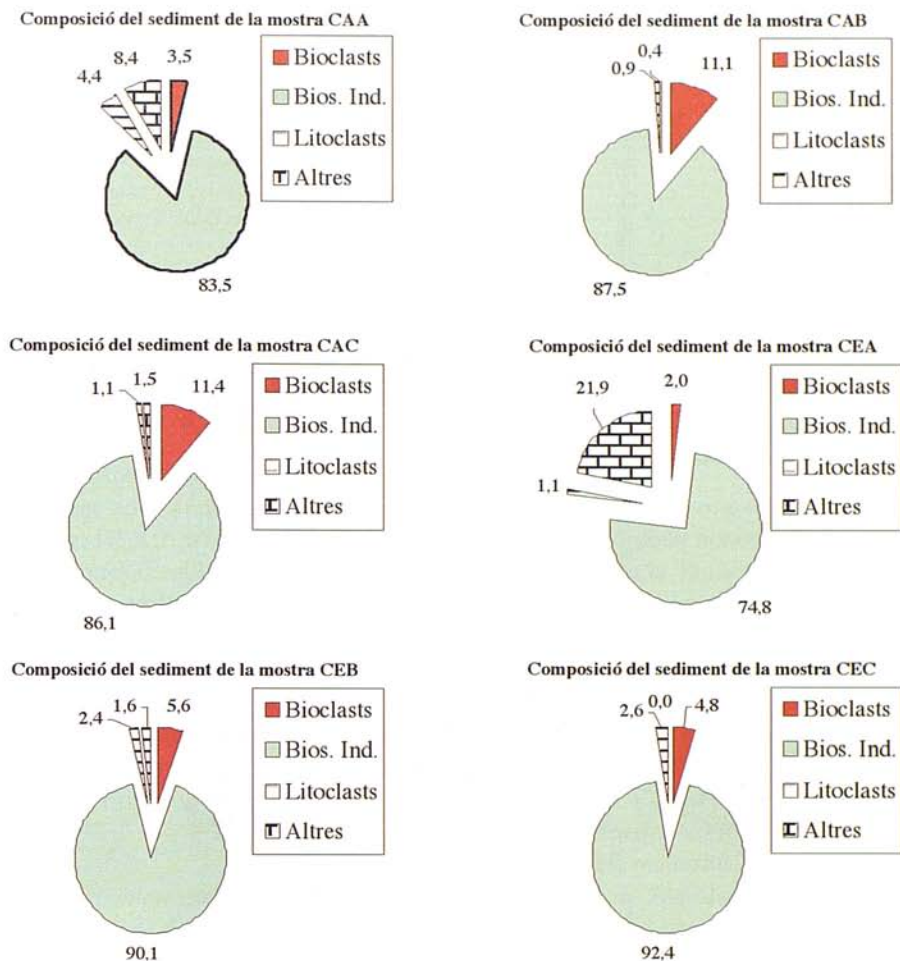


Fig. 4. Origen de la composició de les mostres de sediment dels dos perfils.
 Fig. 4. Origin of the samples composition of sediment of two profiles.

des mitjançant difractometria de raigs X aplicat a cada una de les mostres (Fig. 5), tant a les corresponents als nivells de dunes com a les de nivells de paleosòls, mostren que en la composició química des d'un punt de vista qualitatiu els minerals predominants són la calcita i l'aragonita. Aquest resultat pot considerar-se totalment esperat donat la quasi total naturalesa bioclàstica del sediment, no obstant, la difracció ha posat en

evidència la presència, encara que no molt important, de quars.

No es pot descartar que la presència de quars dintre la composició del sediment que hem analitzat pugui estar lligat a la producció d'algun organisme que el pugui sintetitzar, no obstant, el que n'és la font important sense dubte són els mecanismes que generen els episodis de pluges de fang que afecten sistemàticament Mallorca (Fornós et

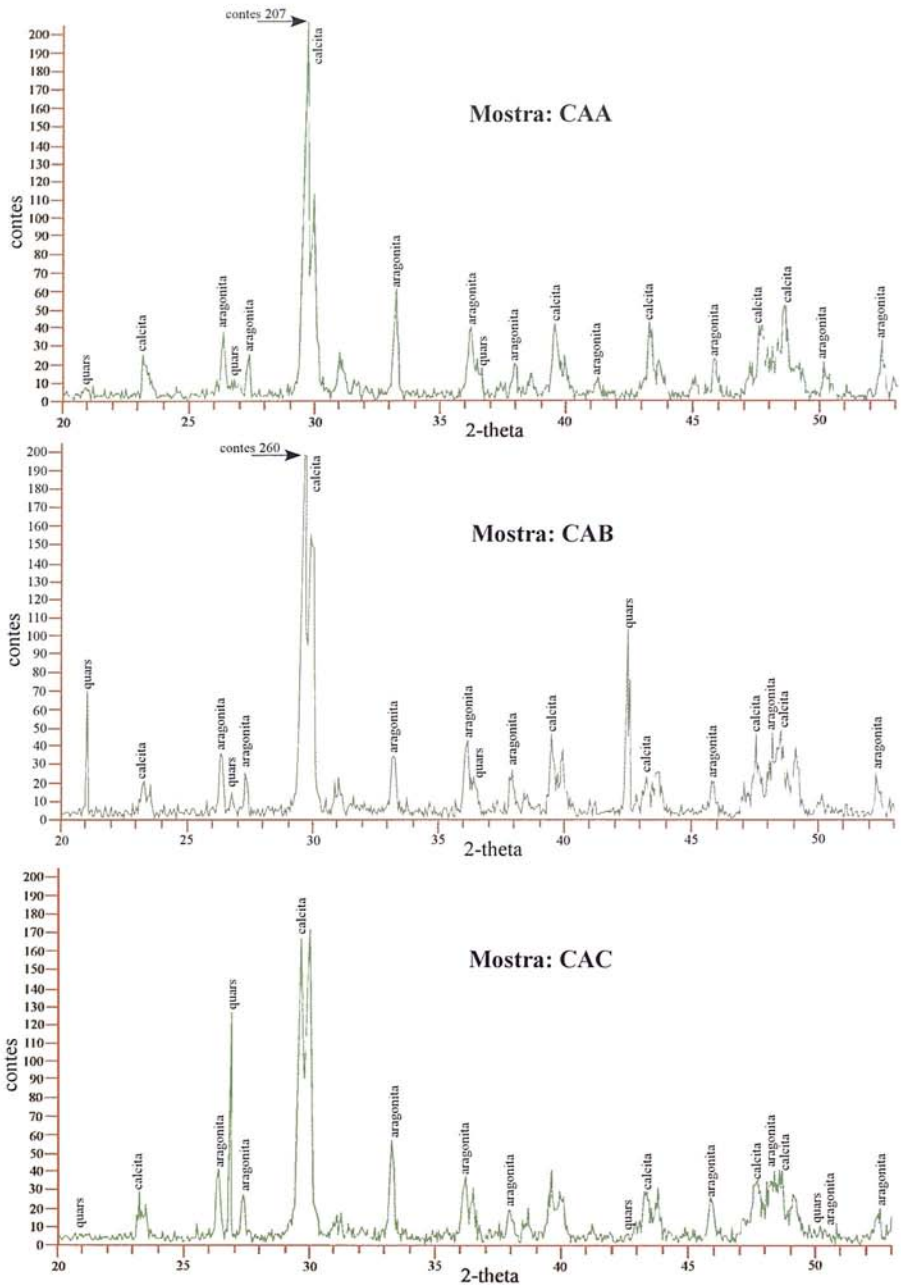


Fig. 5. Difractograma de raigs X.
Fig. 5. Diffractogram of X-rays.

Taula 4. Percentatge de continguts en carbonats, bàsicament d'origen biològic.

Table 4. Percentage of contents in carbonates, basically of biological origin.

Mostra	Contingut en % en carbonat	Contingut en % de matèria orgànica
CAA	76,0	4,79
CAB	97,0	5,30
CAC	87,5	5,06
CASOL1	71,0	5,63
CASOL2	75,0	5,74
CEA	83,5	2,78
CEB	85,0	3,75
CEC	89,5	3,97
CESOL1	61,5	8,93
CESOL2	68,0	10,02

al., 1997). Aquestes pluges, que precipiten el sediment eòlic transportat en suspensió des del nord d'Àfrica, presenten una taxa de deposició considerable de $13,5 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ (Fiol *et al.*, 2005), malgrat que s'han enregistrat volums de $11,63 \text{ g m}^{-2}$ en un sol episodi excepcional. Dintre de la composició d'aquest sediment importat des de l'exterior illenc, el 43,3% es correspon a la fracció dels silicats i dins aquests, el 43% dels components es correspon al quars (Fornós *et al.*, 2004).

Carbonats i calcimetria

Sense cap dubte els carbonats són els protagonistes en la composició dels sediments dunars de la badia de Campos, on la major part dels grans tenen un origen biològic (Taula 4). Malgrat tot, i com era d'esperar la presència de carbonats és més elevada a les mostres corresponents a sediments de duna, que presenten una mitjana del 86,41% de carbonats amb una desviació estàndard del 4,92, que els nivells més edafitzats que tenen una mitjana 68,87% amb una desviació del 4,12. A més, cal destacar que el contingut més baixos es donen a les dues mostres més inferiors dels perfils (CAA i CEA) que corresponen als nivells de duna més antics i un major grau de litificació.

Matèria orgànica

Els resultats que s'han obtingut en la determinació de la matèria orgànica són els que exposen a la Taula 4, on de forma lògica destaca el major percentatge a les mostres corresponents als nivells de paleosòls. Malgrat tot, aquest aspecte, respecte dels demés analitzats, mostra considerables diferències pel que fa a les mostres d'un i altre localitat. Mentre el perfil proper al nucli de ses Covetes (CE) presenta valors molt diferenciats entre el nivells netament de duna i els paleosòls; el perfil del Clot de s'Arena a sa Barrala (CA), presenta una major similitud de valors en el cinc nivells, encara que més alts a les dunes i més baixos en els paleosòls, pel que fa a la seva comparació al de ses Covetes (CE).

El valor en percentatge més alt de matèria orgànica obtingut, un 10% de la mostra, es correspon amb la mostra del nivell de paleosòl (CESOL2), localitzat en el perfil més proper a ses Covetes. La raó d'aquest valor, pot ésser una important presència de restes de carbó vegetal que es troben incidides en aquest nivell. D'aquestes restes de carbó vegetals, que interpretem com a antics incendis naturals de la vegetació d'aquests paratges, són presents a tots els afloraments corresponents a

aquest nivell superior de paleosòls al llarg de tota l'àrea d'estudi; no obstant, el punt de recollida de la mostra CESOL2 aquests hi són en més abundància que a la resta d'indrets.

Color dels sediments analitzats

Des del punt de vista de la determinació del color sobre sediment sec de les mostres que hem analitzat, cal dir que aquestes no presenten visualment cap diferència amb la blancor dels sediments de platja actual, fet que té molt a veure amb la seva majoritària composició bioclàstica (Mateu, *et al.*, 2003). Pel conjunt de les sis mostres de sediment de duna que hem treballat, el color, segons l'escala *Munsell*, és (10YR7/3), el que es correspon amb un color marró extremadament pàl·lid; mentre que, cada un dels nivells de paleosòls mostra una determinació diferent amb unes tonalitats més fosques: CASOL1 = (10YR5/2); CASOL2 = (10YR6/2); CESOL1 = (10YR4/4) i CESOL2 = (10YR4/2).

Discussió i conclusions

El sediment que compon els camps dunars holocens de la badia de Campos es correspon amb arenes biogèniques carbonatades i amb una mida de gra que va de mig a fi. El major percentatge de grans són de naturalesa biològica no identificable i gairebé la fracció litoclasts té una presència inapreciable; tot plegat, aquesta generalitat permet comparar-lo amb els trets que caracteritzen els sediments que Jaume i Fornós (1992) varen classificar com a fàcies d'arenes bioclàstiques indiferenciades.

De tot el conjunt de paràmetres analitzats, igual que de les dades obtingudes i que hem descrit anteriorment, no se ha

pogut establir diferències significatives entre els dipòsits eòlics suposadament més antics i el que hem considerat més recents i/o actuals. Aquesta manca de resultats contrastats, tant en la composició com en els aspectes texturals del sediment, es produeix al llarg de la seqüència vertical d'ambdós perfils analitzats. Així mateix, i tenint present la considerable distància que separen els dos perfils analitzats dintre del mateix sistema, la similitud dels resultats obtinguts entre ambdós fan pensar que l'homogeneïtat mineralògica i textural també té una component horitzontal dintre del propi camp dunar.

En aquest sentit i des d'una perspectiva d'anàlisi macroescalar, tot apunta a que des del màxim transgressiu Flandrià fins a l'actualitat, els canvis ambientals que s'han esdevinguts en els sistemes litorals de Mallorca no hagueren de generar modificacions importants de la dinàmica litoral i tampoc de la font o "fàbrica" de sediment. Idea que es sustenta en les quasi nul·les diferències esmentades en el registre sedimentològic respecte dels nivells A, B i C de la seqüència vertical analitzada. Només la magnitud dels volums de sediments deixats a cada episodi eòlic, evidencien una diferent durada i un diferent rang de les oscil·lacions del nivell relatiu del mar succeïdes des del màxim Flandrià fins a l'actualitat. És més, des del nivell A fins al C hi ha una considerable i progressiva reducció de la superfície que ocupen els dipòsits eòlics deixats (Servera, 1997) fet que ens manifesta una menor durada i un menor rang de l'oscil·lació marina com més recent és ha estat aquesta.

Malgrat la manca de diferències físiques i químiques en el sediment que compon l'estratigrafia holocena d'aquests camps dunars, la clara identificació dels nivells A B i C separats per nivells de paleo-

osòls, en posa en evidència canvis remarcats en la morfodinàmica eòlica d'aquest indret al llarg de l'Holocè. En aquest sentit i a la espera en el futur d'un treball més específic que presenti una cronologia basada en datacions absolutes, des de la consulta i interpretació de les dades i referències de treballs que tenien altres objectius, es proposa una primera aproximació cronològica a la possible morfodinàmica i paleogeografia que s'ha esdevingut en aquest espais litorals des del màxim Flandrià.

Agraïments

Desitjo agrair la col·laboració prestada de Joan Cifre en l'anàlisi de difracció de raigs X, Joan Miquel Carmona per la paciència i predisposició en el procés de preparació de mostres.

Bibliografia

- Ahlbrandt, T. S. 1979. Textural parameters of eolian deposits. In: *McKee E. D. (ed.): A Study of Global Sand Seas*. U. S. Geol. Survey Prof. Paper. 1052: 21-51.
- Bird, E. C. F. 1990. Classification of european dune coast. In: *Bakker, T. W.; Jungerius, P. D. i Klijin, J. A. (eds.): Dunes of the European Coasts; geomorphology, hydrology, soils*. Cremlingen, Catena Suppl. 18: 15-24.
- Burjachs, F.; Pérez-Obiol, R.; Roure, J. M. i Julia, R. 1994. Dinàmica de la vegetació durante el Holoceno en la isla de Mallorca. *Trabajos de Palinología Básica y Aplicada. X Simposio de Palinología* (A.P.L.E.): 199-210. Universitat de València.
- Butzer, K. W. 1962. Coastal Geomorphology of Majorca. *Ann. of The Association of American Geographer*, Vol. 52 2: 191-212.
- Butzer, K. W. 1975. Pleistocene littoral-sedimentary cycles of the Mediterranean basin: a Mallorquin view. In: *Butzer, K. W. i Isaac, G. L. (eds.): After the Australopithecines: stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*. 25-71. Chicago.
- Butzer, K. W. i Cuerda, J. 1960. Nota preliminar sobre la estatigrafia y paleontología del Cuaternario marino del Sur y SE. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 6: 9-29.
- Christiansen, C. i Bowman, A. D. 1986. Sea level changes, coastal dune building and sand drift, North-Western Jutland, Denmark. *Geografisk Tidsskrift* 86: 28-31.
- Christiansen, C.; Dalsgaard, K.; Moller, J. T. i Bowman, D. 1990. Coastal dunes in Denmark. Chronology in relation to sea level. In: *Bakker, Th. W.; Jungerius, P. D. i Klijin, J. A. (eds.): Dunes of the European Coasts; geomorphology, hydrology, soils*. Cremlingen, Catena Suppl. 18: 61-70.
- Cuerda, J. 1989. *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Govern Balear. Palma de Mallorca. 310 pp.
- Fairbridge, R. W. 1961. Eustatic changes in sea level. In: *Ahrens, L. H.; Press, F.; Rankama, K. i Runcorn, S. K. (eds.): Physics i chemistry of the Earth*. Vol. 4, Pergamon Press, Londres. 99-185.
- Fiol, Ll. A., Fornós, J. J., Gelabert, B. i Guijarro, J. A. 2005. Dust rains in Mallorca (Western Mediteranean): their occurrence and role in some recent geological processes. *Catena*, 63: 64-84.
- Fornós, J. J. 1987. *Les plataformes carbonatades de les Balears*. Tesi doctoral, inèdita. Universitat de Barcelona. 950 pàg.
- Fornós, J. J., Crespí, D. i Fiol, Ll. A. 1997. Aspectes mineralògics i texturals de la pols procedents de les pluges de fang a les Illes Balears: la seva impotància en alguns processos geològics recents. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 40: 113-122.
- Fornós, J. J., Fiol, Ll. A. i Guijarro, J. A. 2004. Episodis significatius de pluges de fang

- ocorregudes els mesos de febrer i març de 2004 a Mallorca (Mediterrània occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 47: 43-50.
- Ginés, J. 2000. *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesi doctoral, Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pp.
- Gómez, Ll.; Balaguer, P.; Mateu, J. i Roig, F. X. 2000. *SEDIPME 2000: Sedimentología de les platges de Menorca*. Memòria inèdita. Institut Menorquí d'Estudis, Consell Insular de Menorca. 52 pp.
- González-Hernández, F. M.; Goy, J. L.; Zazo, C. i Silva, P. G. 2001. Actividad eólica – cambios del nivel del mar durante los últimos 170.000 años (Litoral de Mallorca, Islas Baleares). *Rev. Cuaternario & Geomorfología*, 15 (3-4): 67-75.
- Goy, J. L.; Zazo, C. i 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.
- Hesp, P. A. i Short, A. D. 1999. Barrier Morphodynamics. In: *Short, A. D. (ed.): Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester. 307-333.
- Hoffmann, G. i Schultz, H. D. 1987. Holocene stratigraphy and changing coastlines at the Mediterranean coast of Andalucía (SE-Spain). In: *Zazo, C. (ed.) Late Quaternary sea-level changes in Spain. Trabajo sobre Neogeno-Cuaternario*, 10: 153-158.
- Jaume, C. i Fornós, J. J. 1992. Composició i textura dels sediments de platja del litoral mallorquí. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 35: 93-110.
- Llobera, M. i Servera, J. 1994. *Informe geomorfológico y ambiental de la zona de la playa des Trenc y Salobrar de Campos*. Document tècnic inèdit. Gabinet d'Anàlisi Ambiental i Territorial, Palma.
- Martín, J. A. i Rodríguez-Perea, A. 1996. Participación vegetal en la construcción de los sistemas dunares litorales de Mallorca. In: *Grandal, A. i Pagés, J. (eds.) Cuadernos. Laboratorio Xeolóxico de Laxe, 21. IV Reunión de Geomorfología*. O Castro, A Coruña. 785-799.
- Martín, J. A., Rodríguez-Perea, A. i Roig, F. X. 2004. El papel de las bermas vegetales de Posidonia oceanica en la protección de la playa emergida d'es Peregons (SE de Mallorca). In: *Pons, G. X. (ed.): IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma. 60-62.
- Mateu, G.; Mateu-Vicens, G.; Nadal, G.; Rodríguez, B.; Gil, M. & Celià, L. 2003. Los foraminíferos de la mar Balear como componentes biogénicos de los sedimentos de playa. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 95-115.
- Mateu, G.; Ramón, G.; Moyà, G.; García, C. i Ramis, C. 1982. *Estudio ecológico del salobrar de Campos (Mallorca), Cala Tirant, Salines Vèlles (Menorca), Ses Salines (Ibiza) y S'Estany Pudent (Formentera)*. I Fase., Consell General Interinsular. 163 pp. Palma.
- Mateu, G.; Viñals, M. J.; Moreira, M. i Nadal, G. 2001. La Transgresión Flandriense a través de los foraminíferos bentónicos de la Mar Balear. In: *Pons, G. X. i Guijarro, J. A. (Eds.): El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 9, 13-31. Palma de Mallorca.
- Pardo, J. E. 1991. *La erosión antrópica en el litoral valenciano*. Tesi Doctorales 4. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. València. 240 pp.
- Pardo, J. E. i Sanjaume, E. 2001. Análisis multiescalar de la evolución costera. *Cuadernos de Geografía*, 69/70, 95-126. València.
- Pettijohn, F. J.; Potter, P. E. i Siever, R. 1987. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag. New York. 321 pp.
- Pye, K. i Tsoar, H. 1990. *Aeolian sand and sand*

- dunes. Unwin Hyman. London. 396 pp.
- Rosselló, V. M. 1969. El litoral de Es Trenc (Sur de Mallorca). *Anales de la Universidad de Murcia* XXVII (1-2), 223-246.
- Sanjaume, E. 1985. Las costas valencianas. Sedimentología y morfología. Universidad de Valencia. 505 pp.
- Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les illes Balears*. Tesi doctoral, Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 904 pp. + Atlas Geomorfològic 138 pp.
- Servera, J. 1998. Els sistemes dunars litorals holocènics: les dunes de sa Ràpita - es Trenc (Mallorca). In: *Fornós, J. J. (ed.): Aspectes Geològics de les Balears (Mallorca, Menorca i Cabrera)*. Palma de Mallorca, Universitat de les Illes Balears. 251-306.
- Servera, J.; Martín Prieto, J. A.; Rosselló, J. i Rodríguez-Perea, A. 1994. Estudi de les causes del retrocés de la platja de l'arenal de sa Ràpita. *XIII Jornades d'Estudis Locals. El desenvolupament turístic a la Mediterrània durant el segle XX*. Institut d'Estudis Balearics, Govern Balear. Palma. 235-246.
- Servera, J. i Rodríguez-Perea, A. 1996. Morfologies parabòlica de los sistemas dunares litorales de Baleares. In: Grandal, A. i Pagés, J. (eds.) *Cuadernos. Laboratorio Xeolóxico de Laxe, 21. IV Reunión de Geomorfología*. O Castro, A Coruña. 645-658.
- Solé Sabarís, L. 1961. Algunes precisions sobre les oscil·lacions climàtiques quaternàries a les costes catalanes i balears. *Miscel·lània Fontserè*. Barcelona. 399-427.