

# DIPÒSITS QUATERNARIS COSTANERS D'ALCANADA (BADIA D'ALCÚDIA, NORD DE MALLORCA): PROCESSOS GEOMORFOLÒGICS, SEDIMENTOLÒGICS I EVOLUCIÓ AMBIENTAL

Laura del Valle Villalonga <sup>1</sup>, Francesc Pomar Bauzá <sup>1</sup> i Guillem X. Pons <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grup de Recerca de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears, Ctra. Valldemossa km 7.5, 07122 Palma (Illes Balears).

<sup>2</sup> Departament de Geografia, Universitat de les Illes Balears, Ctra. de Valldemossa km 7,5, 0122 Palma (Illes Balears).

**Resum:** Es presenta la descripció sedimentològica dels dipòsits costaners d'Alcanada com un exemple dels materials pleistocens que es poden trobar arreu dels sectors costaners de les Illes Balears. Es tracta de dipòsits eòlics, dipòsits col·luvials, dipòsits d'interferència eòlic-col·luvial i paleosòls. La seva formació ha estat estretament lligada a l'alternança dels cicles glacials i interglacials i a les fluctuacions eustàtiques que s'han succeït del pliocè ençà. Les seqüències descrites a Alcanada encaixen en el model definit per al plio-quaternari de Balears. Així els moments de refredament i descens del nivell marí han afavorit el desenvolupament de camps dunars costaners, mentre que durant els períodes d'escalfament han predominat la formació de dipòsits col·luvials i durant les transicions d'un període a l'altre, la interacció de processos d'escolament superficial amb els camps de dunes.

**Paraules clau:** *eolianites, dipòsits d'interferència eòlic-col·luvial, paleosòls, Mallorca.*

**Abstract:** Sedimentological description of coastal deposits of Alcanada is presented as an example of the coastal Pleistocene materials that can be found throughout the Balearic Islands. These are aeolian deposits, colluvial deposits, aeolian-colluvial interference deposits and paleosoils. Its formation has been strongly linked to succession of glacial and interglacial cycles and the related eustatic fluctuations. In this sense, cooling events and sea level dropping have favoured the development of coastal dune fields, while during warming periods; formation of colluvial deposits has predominated with the interaction of runoff processes and the dune dynamics.

**Key words:** *eolianites, interference deposits, paleosoils, Mallorca.*

## Introducció

Les Illes Balears es caracteritzen per presentar una àmplia varietat de dipòsits quaternaris, relacionats amb els grans cicles glacials i interglacials vinculats amb les fluctuacions del nivell marí (FORNÓS *et al.*, 2009; POMAR, 2016; DEL VALLE, 2016; POMAR *et al.*, 2018; DEL VALLE *et al.*, 2020a,b). Aquesta variabilitat climàtica va ser la responsable de la formació de les successions sedimentàries pleistocenes que en els afloraments costaners estan caracteritzades per una alternança entre nivells eòlics, col·luvials i paleosòls (FORNÓS *et al.*, 2012; POMAR *et al.*, 2018; DEL VALLE *et al.*, 2020b).

Els nivells eòlics consisteixen en antigues dunes eòliques poc litificades, formades per gresos de gra fi a mitjà ben classificat (BROOKE, 2001). La composició majoritària dels seus grans és bioclàstica (FORNÓS *et al.*, 2012). La seva formació a les costes de Balears ha estat vinculada als períodes de refredament global del clima i descensos del nivell de la mar (CUERDA, 1989; CLEMMENSEN *et al.*, 1997; ROSE *et al.*, 1999; FORNÓS *et al.*, 2009; POMAR *et al.*, 2018; DEL VALLE *et al.*, 2020a,b).

Els nivells col·luvials corresponen a antics moviments de vessant costaners o restes de ventalls al·luvials i/o col·luvials parcialment desmantellats per l'erosió. Consisteixen en paquets sedimentaris de potència variable composts per conglomerats i bretxes heteromètriques. La matriu d'aquests dipòsits pot ser llimosa, areno-llimosa o completament arenosa. En aquest sentit, els darrers anys s'han descrit una sèrie de dipòsits d'interpretació controvertida per mostrar estructures sedimentàries típicament col·luvials i al·luvials però que contenen sediments d'origen eòlic costaner i que reciclen arenes biogèniques marines. És a dir, sediments amb estructures sedimentàries típiques d'ambients terrestres, però amb sediments típicament costaners-marins. La construcció d'aquests dipòsits col·luvials ha estat

vinculada a períodes càlids del clima però encara dins un context de nivell marí baix (MACKLIN *et al.* 1995; POMAR *et al.*, 2015; 2018).

Cal dir que en un treball com el que es presenta en aquest volum, no es pot deixar d'esmentar com Antonio Rodríguez-Perea fou un precursor dels estudis sobre ventalls al·luvials a l'illa de Mallorca. En aquest sentit, s'ha generat un debat científic durant les dues darreres dècades, que probablement no hagués existit sense l'article sobre els ventalls de la zona de Betlem en el qual fa una descripció dels ventalls al·luvials, els identifica per primera vegada com a tals, així com dóna indicis dels materials que els componen (RODRÍGUEZ-PEREA, 1998). Aquest treball fou el precedent d'altres treballs que han aparegut i generat debat al voltant del paper que juga la interacció entre processos eòlics i els relacionats amb la formació dels ventalls al·luvials (GÓMEZ-PUJOL, 1999; GÓMEZ-PUJOL *et al.*, 2008; FORNÓS *et al.*, 2009; POMAR, 2016; POMAR i DEL VALLE, 2018, POMAR *et al.*, 2018; DEL VALLE *et al.*, 2020a), així com el paper que juga aquesta interacció en la construcció i desmantellament de camps dunars o els ventalls al·luvials costaners, i quina és la seva significació paleoclimàtica.

En el present treball es fa una descripció sedimentològica i estratigràfica dels afloraments presents a Alcanada (Badia d'Alcúdia, Nord de Mallorca), els quals estan constituïts per una successió de dipòsits col·luvials, dipòsits eòlics i paleosòls. Es presenten aquests afloraments com un exemple clàssic de dipòsits costaners pleistocens de les costes de Balears, així com dels agents i processos que participaren en la seva formació. A més a més, es discuteix breument sobre el paper que va jugar la variabilitat climàtica i les fluctuacions eustàtiques per al desenvolupament dels processos d'interacció entre els diferents ambients deposicionals.

## Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi es localitza a la part nord-oriental de l'illa de Mallorca, pertany al municipi d'Alcúdia i en gran part està a una Àrea Natural d'Especial Interès (ANEI), així com també entra dins el LIC (Llocs d'Importància Comunitària) i ZEPA (Zones d'Especial Protecció per a les Aus) de la Victòria (ES0000079) (Fig. 1).

La costa presenta un traçat i una morfologia totalment alterada per l'home. Ara bé, tota la zona litoral correspon a una costa baixa, en forma de graó amb acumulacions d'arenes i graves a l'extrem

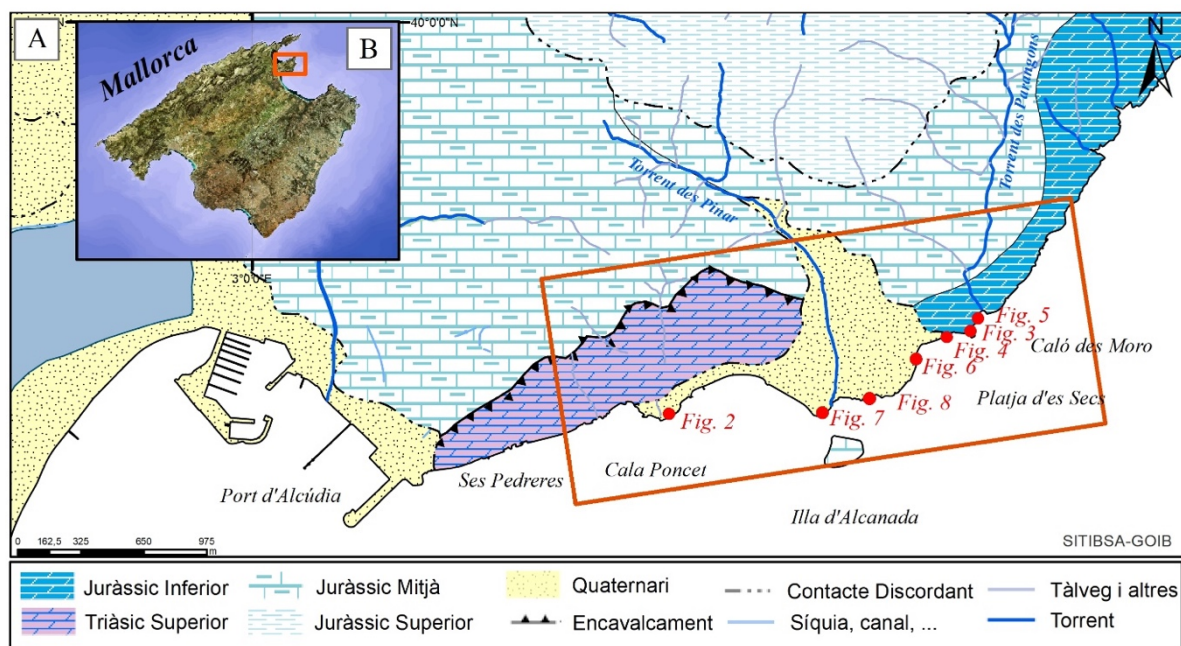
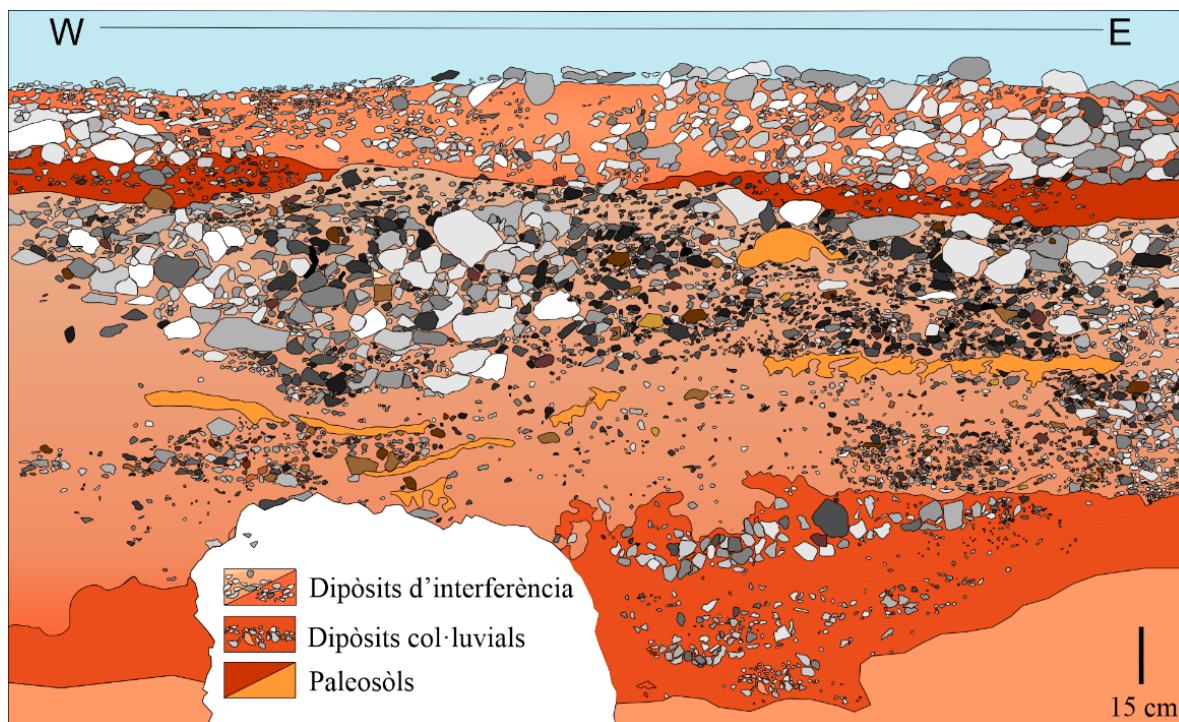


Fig. 1. A) Mapa Geològic i hidrològic de la zona d'estudi, B) Emplaçament de l'àrea d'estudi.



**Fig. 2.** Tall estratigràfic representatiu de la zona d'estudi. Observeu la interacció de diversos cossos sedimentaris separats per contactes erosius. Es tracta de paleosòls, dipòsits col·luvials i dipòsits d'interferència eòlic-col·luvial.

nord occidental, i des del cap de Menorca en direcció sud occidental, afloraments de calcarenites quaternàries. Destaca la desembocadura del torrent des Pinar just al mig de l'aflorament estudiat (davant de l'illot d'Alcanada).

Aquesta zona presenta materials compresos entre el juràssic inferior (lias), juràssic mitjà (dogger) i juràssic superior (malm), recoberts en la majoria dels casos de materials quaternaris. Les platges estan compostes per materials detrítics constituïts per arenes i principalment còdols rodats de les calcàries juràssiques. Les arenes són bioclàstiques amb fragments d'organismes principalment associats a l'habitat de praderes de *Posidonia oceanica* (FORNÓS i AHR, 1997). Per altra banda, el sediment litoclàstic té el seu origen en l'erosió dels relleus juràssics que delimiten la costa d'Alcanada i la posterior aportació per part de la xarxa fluvio-torrencial. El fons marí d'Alcanada, entre el tram comprès entre es Castell des Moro (Cap de Menorca) fins l'antiga central elèctrica, devora del port comercial, està cobert majoritàriament per *Posidonia oceanica*.

## Materials i mètodes

Per a dur a terme el present estudi s'ha realitzat una anàlisi estratigràfica a partir de l'aixecament de diversos talls estratigràfics (Fig. 2). A més a més, els talls estratigràfics han servit per destriar els principals nivells per realitzar anàlisis sedimentològiques, així com posicionar les disconformitats i superfícies erosives que defineixen les principals unitats estratigràfiques i cossos sedimentaris. D'aquesta manera, s'han identificat els nivells més representatius i s'han recollit mostres per a les seves posteriors anàlisis textural, mineralògiques i de composició.

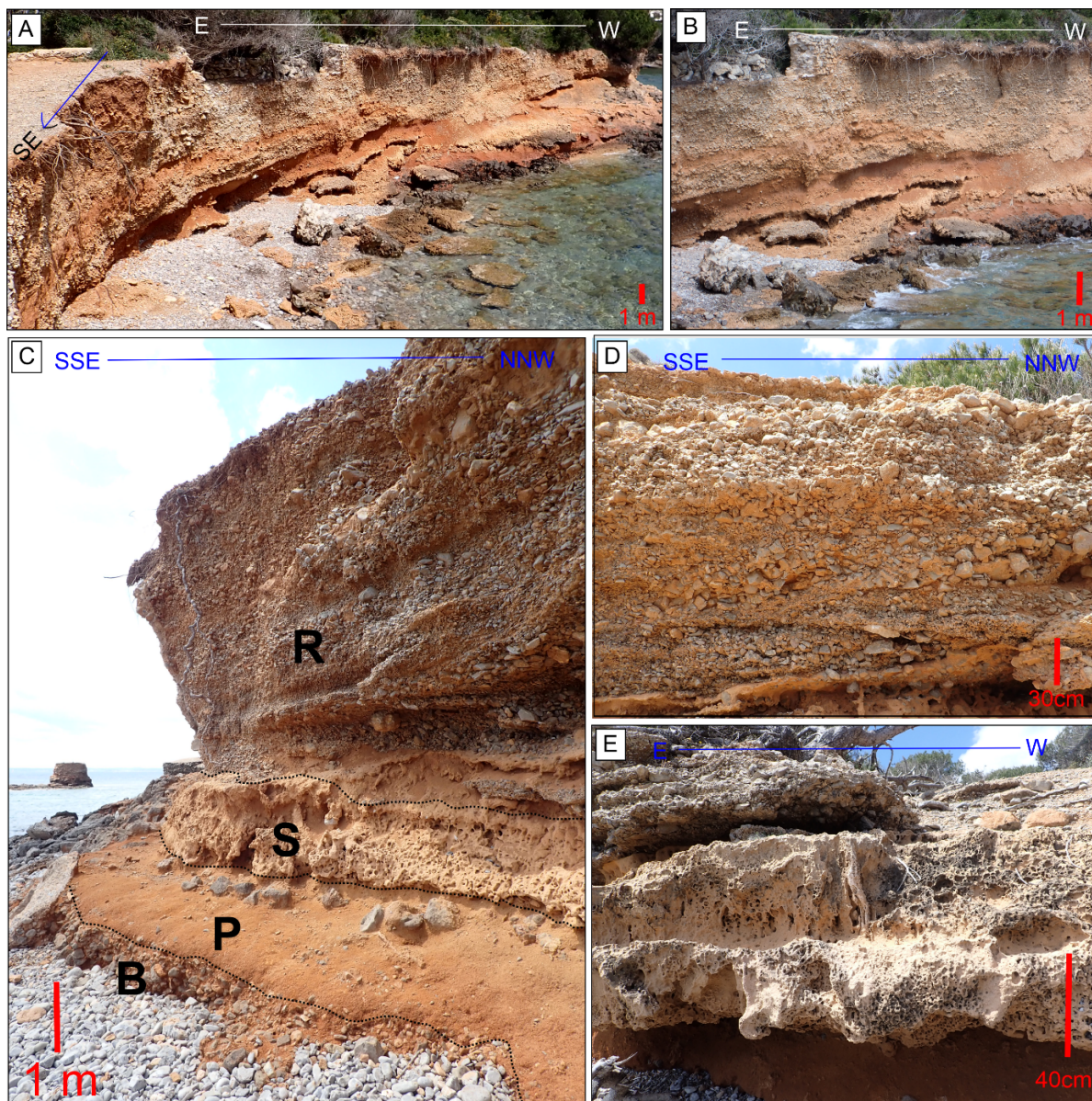
## Anàlisi sedimentològica

A partir de les característiques texturals i de composició dels sediments s'han diferenciat tres associacions de fàcies principals: col·luvial (B), interferència eòlic-col·luvial (R) i eòliques (S), així com

dos tipus de paleosòls diferents, que formen a trets generals la seqüència estudiada (Fig. 3). Aquesta seqüència es caracteritza per l'apilament de diversos cossos sedimentaris (Fig. 2) que s'inicia a la base amb nivells de fàcies col·luvials i paleosòls per, a continuació, acabar, al sostre de la seqüència, amb la interacció de nivells de fàcies eòliques i col·luvials.

### Fàcies col·luvials (B)

Les fàcies col·luvials es componen principalment de nivells de bretxa caracteritzats per mostrar



**Fig. 3.** Detalls de les fàcies i l'estratigrafia dels dipòsits estudiats. A) Vista panoràmica de l'àrea d'estudi on s'observa la intercalació de nivells de dipòsits col·luvials amb paleosòls, B) Imatge detall dels contactes dels diferents nivells, C) Vista del punt de l'àrea d'estudi on s'hi observa la successió dels diversos dipòsits, (B) dipòsits col·luvials/al·luvials, (P) paleosòls, (S) eolianites, (R) dipòsits d'interferència; de baix a dalt nivells composts per bretxes heteromètriques amb matriu llimosa que canvien a nivells llimosos amb passades de clasts angulosos, fàcies d'interferència eòlic-col·luvial amb un elevat grau de bioturbació per vegetació i fàcies col·luvials compostes per bretxes amb matriu areno-llimosa, D) Detall de les fàcies d'interferència eòlic-col·luvial amb presència d'arena bioclàstica a la matriu i E) Imatge detall de les fàcies eòliques amb abundant evidències de bioturbació per vegetació com rizoconcrecions.

localment un aspecte clast-suportat però en general es disposen suportades per la matriu amb una presència mitjana de clasts d'un 35%. Les capes presenten una potència variable que va de 30 cm a 1,5 m. Els clasts són fragments heteromètrics -d'1 cm a 20 cm- del basament juràssic d'aspecte molt sub-angulós a angulós. La matriu està constituïda en la seva totalitat per llims vermellosos, o bé per una mescla de llims de colors marronosos o ataronjats i arenas bioclàstiques amb predominança dels primers (Fig. 3A i B). En general aquests nivells mostren un aspecte massiu però lateralment poden canviar a capes d'estratificació horitzontal, encreuada de baix angle o encreuada en forma de canal (Fig. 3C, D i E). Aquests nivells de fàcies corresponen a un ambient típicament al·luvial, construït per sediments arrossegats des dels vessants cap a la plana per corrents laminars que a mesura que descendien pel vessant es concentraven i anaven formant xaragalls i canals.

#### *Fàcies eòliques (S)*

Calcarenites compostes per arenas majoritàriament bioclàstiques amb una mida de gra fina (125-250  $\mu\text{m}$ ) alternant amb passades d'arenas mitjanes (250-500  $\mu\text{m}$ ). Presenten una coloració marró pàl·lid HUE 10YR 8/2- HUE 10YR 8/3 i una laminació subhoritzontal, amb un elevat grau de bioturbació per vegetació que li confereix, localment, un aspecte massiu (Fig. 3 E, Fig. 4) i una elevada presència d'estructures verticals interpretades com a rizoconcrecions (1 a 3,5 cm d'amplada i de 5 a 30 cm de llargada) (Fig. 5). El contacte amb el nivell superior, habitualment fàcies col·luvials, és erosiu, molt irregular i localment en forma de canal. De manera local i ja arribant al Caló des Moro, es poden observar part de les calcarenites adossades al basament, que han quedat penjades en forma de visera degut a l'erosió marina i l'erosió diferencial dels nivells inferiors (Fig. 4). Aquestes fàcies representen un ambient costaner dominat per l'avanç d'un camp dunar cap a l'interior.



**Fig. 4.** Fàcies eòliques. Dunes fòssils.

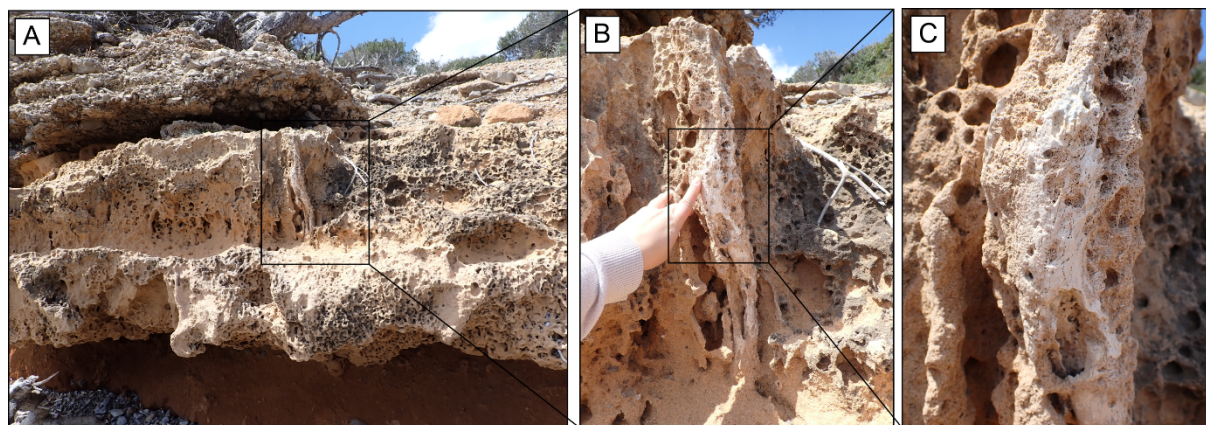


Fig. 5. Rizoconcrecions presents als nivells d'eolianites.

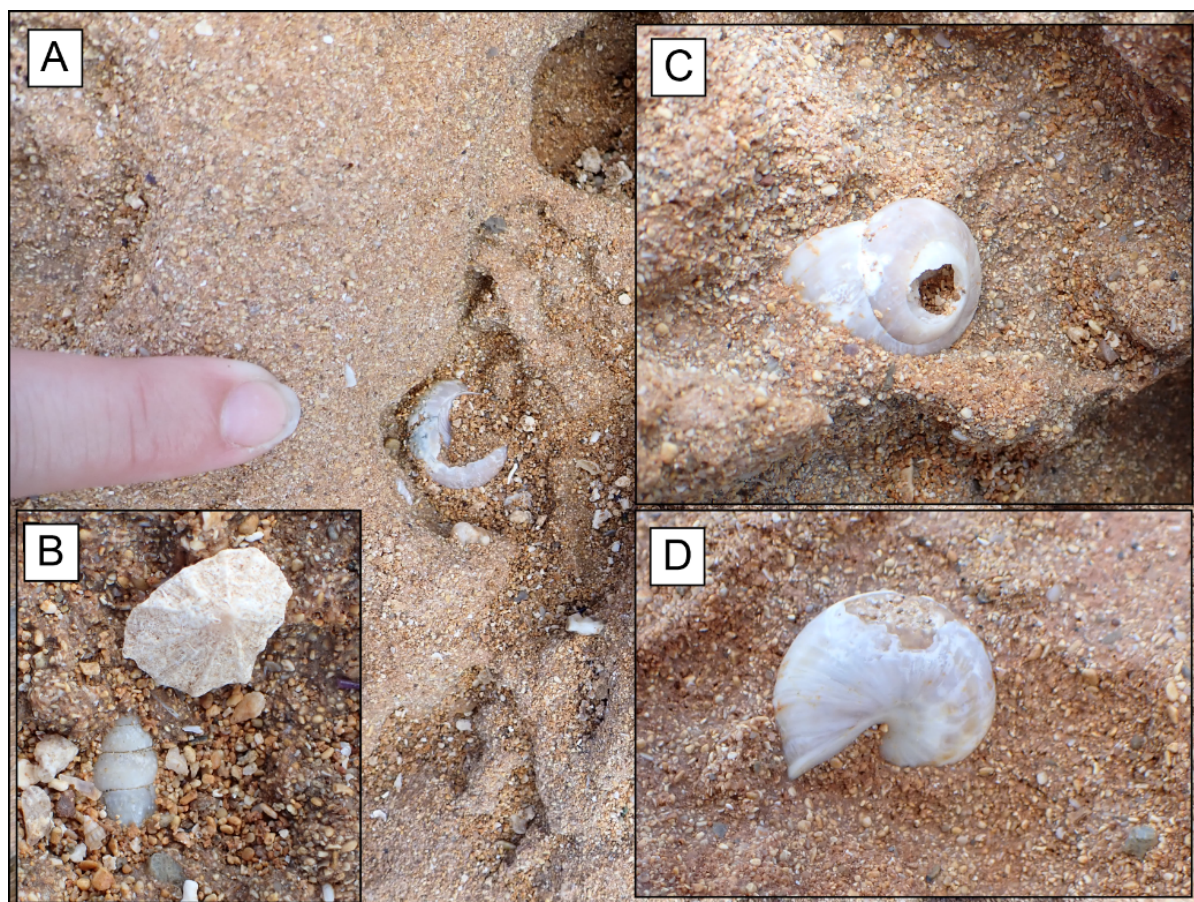
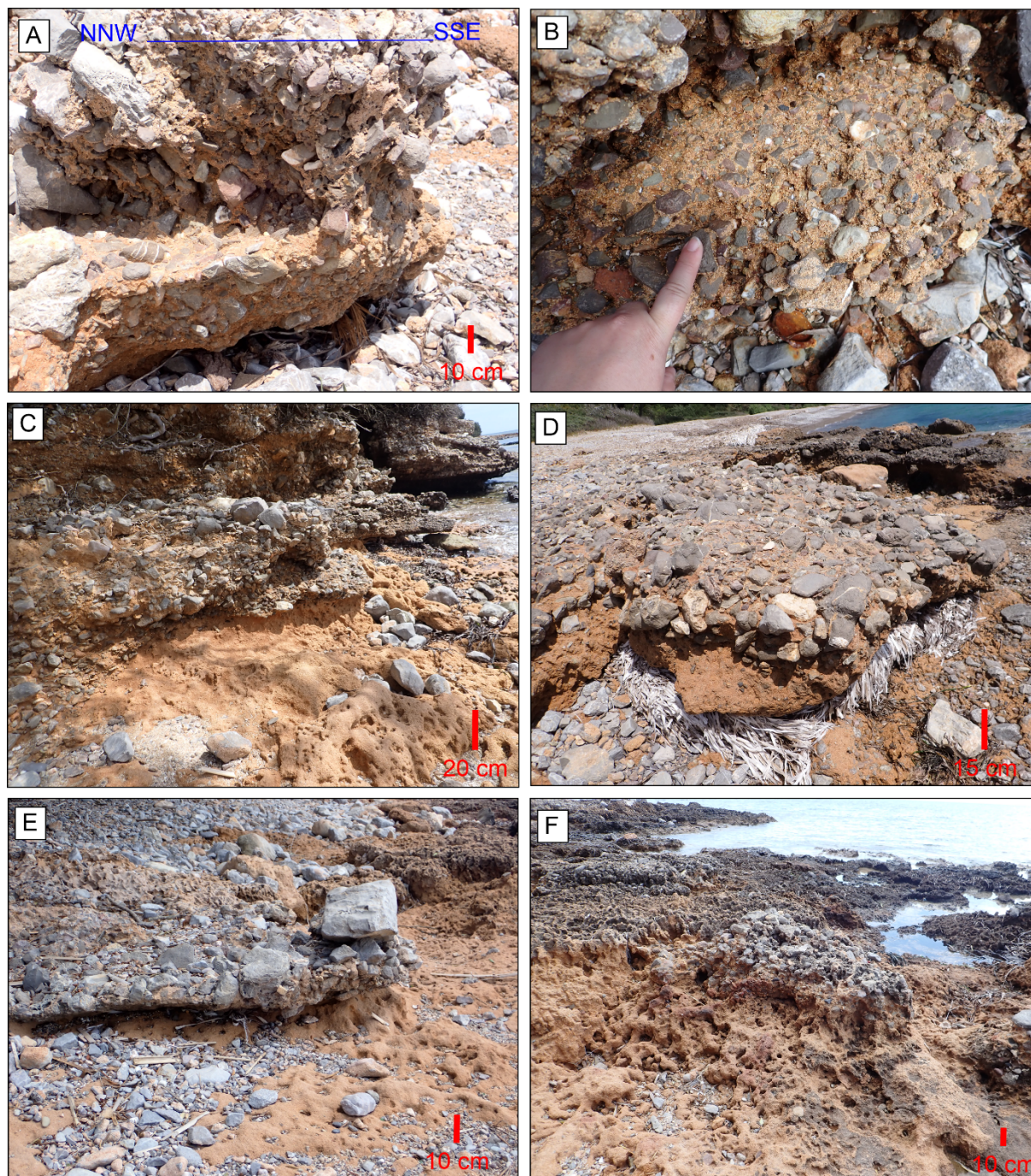


Fig. 6. Fauna terrestre present als nivells d'interferència eòlic-col·luvial de la zona d'estudi. A), C) i D) *Iberellus companyonii* B) *Chondrula gymnesica* (descrita per Quintana, 2006, abans anomenada *Mastus pupa*). Es tracta d'un Enidae avui extint a les Illes Balears i per consegüent de valor estratigràfic, ja que és comú en els llims, sòls d'alteració i formacions eòliques del Pleistocè superior de les Balears orientals. La seva extinció se va donar als inicis de la darrera glaciació del MIS 2 (CUERDA *et al.*, 1982; VICENS *et al.*, 2001).

#### *Fàcies d'interferència eòlic-col·luvial (R)*

Els nivells d'interferència eòlic-col·luvial estan formats per gresos que presenten nivells amb capes de potència variable 0,3 a 3,5 m, composts per arenes bioclàstiques amb una mida de gra mitjana i de color marró pàl·lid. Mostren un aspecte massiu amb abundant bioturbació per vegetació, amb presència de restes de gasteròpodes terrestres (Fig. 6). Les successions de fàcies d'interferència eòlic-col·luvial

poden mostrar capes de nivells horitzontals intercalats de bretxa amb clasts angulosos amb una mida de gra mitjana de 3 a 25 cm, que localment poden assolir forma de petita llentia allargassada (Fig. 7A, B, C i D). La matriu està composta per arenas bioclàstiques amb una mida de gra mitjana i presència de llims de color vermell (Fig. 7E). Presenten canvis laterals cap a una estratificació horitzontal i estructures en forma de solc amb la presència d'alguns clasts surant dins la matriu (Fig. 7F). Aquesta fàcies representa un ambient relacionat amb processos de vessant, on predominen el transport en massa controlats per la gravetat com la reptació o els *debris flows*.

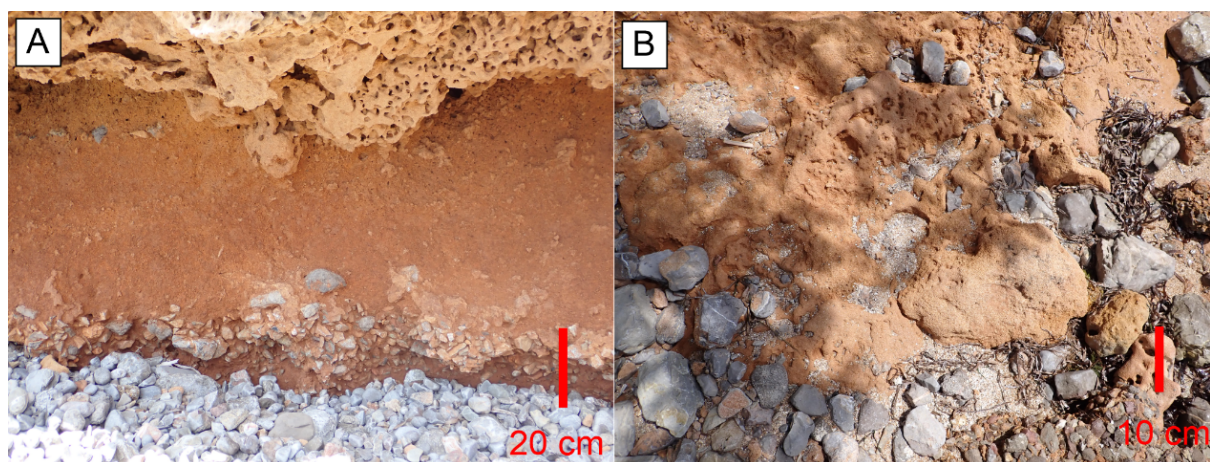


**Fig. 7.** Dipòsits d'Interferència eòlic-col·luvial caracteritzats per bretxes massives heteromètriques que poden canviar a estratificació encreuada de baix angle (A i B) i nivells en forma de llentia o canal (C i D). Poden contenir nivells amb poca presència de clasts que deixen veure clarament una matriu arenosa amb presència de llims vermellosos (E i F).

### Paleosòls

S'han diferenciat dos tipus de paleosòls (Fig. 8). Per una banda es troben els nivells formats per argiles i llims de color vermell HUE 10YR 6/6 de 0,15 a 1 m de potència, amb alguns nivells de crostes calcàries fines (màx. 1,5 cm de gruixa). La composició mineralògica és principalment silícica, amb la presència de minerals de quars, feldspats, caolinita, etc.

Per altra banda, s'han identificat nivells de 10 a 50 cm de gruixa composts principalment per llims de color marró pàl·lid HUE 10YR 8/4 amb nivells arenosos. Presenten una gran abundància de rizoconcrecions de mida mil·limètrica en tot el nivell, però augmenten la seva presència a la zona cap a sostre. La seva composició és majoritàriament carbonatada amb una presència moderada de minerals silícis. Poden observar-se a tots els nivells algunes passades horitzontals de petits clasts angulosos de potència centimètrica (Fig. 3C, Fig. 8).



**Fig. 8.** A) Paleosòls argilo-llimosos. B) Paleosòls areno-llimosos.

### Implicacions paleoambientals per a l'evolució de l'ambient deposicional durant el pleistocè

L'anàlisi sedimentològica mostra una deposició típica de ventall al·luvial caracteritzada per la presència d'abundants estructures sedimentàries com l'estratificació horitzontal encreuada de baix angle i una elevada presència de paleocanals. La intercalació de les diferents fàcies dins la seqüència pleistocena així com la complexa arquitectura estratigràfica permet desxifrar l'evolució de la seqüència deposicional. Aquests canvis en les successions estratigràfiques pareixen estar relacionats amb els canvis climàtics pleistocens. Per altra banda, l'anàlisi sedimentològica mostra que la mida mitjana dels grans que constitueixen els dipòsits arenosos varia des d'arena mitjana a gruixada ben classificada, cosa que indicaria que aquest sediment prové d'un ambient eòlic (BROOKE, 2001; PYE i TSOAR, 2009; FORNÓS *et al.*, 2012). A més a més, les observacions de composició mitjançant microscopi binocular mostren sediments composts principalment per arenes bioclàstiques, així com l'anàlisi mineralògica indica un gran predomini de la calcita, suggerint la procedència marina del sediment (FORNÓS i AHR, 1997; ABEGG *et al.*, 2001; FORNÓS i AHR, 2006; GÓMEZ-PUJOL *et al.*, 2013). Els clasts presents als nivells de bretxa i conglomerat provenen de l'erosió del basament de l'àrea d'estudi.

Durant el pleistocè es produïren diversos períodes d'ascens i descens del nivell marí relacionats amb canvis climàtics càlids i freds que se poden relacionar amb la seqüència estudiada i permet analitzar l'evolució paleoambiental d'aquest aflorament (PAVELIC *et al.*, 2011; FORNÓS *et al.*, 2012; POMAR *et al.*, 2016). Els períodes àrids i freds estan relacionats amb el descens del nivell de la mar, no obstant això, els períodes de clima càlid i humit es caracteritzen per nivells iguals o superiors al nivell actual (ZAZO, 1999; VESICA *et al.*, 2000; SIDDALL *et al.*, 2003; LOWE i WALKER, 2015). Per altra banda, els períodes de clima fred provocaren l'exposició de grans zones de la plataforma continental degut al



descens del nivell de la mar que afavorí la formació d'extensos camps dunars i facilità el transport eòlic cap a l'interior (CLEMMENSEN *et al.*, 1997; CAREW i MYLROIE, 2001; ANDREUCCI *et al.*, 2010; ELMEJDOUB *et al.*, 2011; DEL VALLE, 2016; DEL VALLE *et al.*, 2020a,b). Les cronologies d'altres treballs que han estudiat dipòsits anàlegs presents a les costes del nord de Mallorca i a la resta de les Illes Balears posen de manifest importants moments de deposició eòlica durant períodes de refredament climàtic (ROSE *et al.*, 1999; FORNÓS *et al.*, 2009; THOMPSON, 2017; POMAR, 2016). Per altra banda, durant períodes interglacials o d'escalfament relatiu del clima dins un context general glacial, els ambients deposicionals predominants han estat la formació de dipòsits col·luvials, ventalls al·luvials i paleosòls (FORNÓS *et al.*, 2009; DEL VALLE *et al.*, 2016; POMAR, 2016; DEL VALLE *et al.*, 2020a).

La localització d'aquests dipòsits d'aspecte netament col·luvial però que incorporen importants quantitats de sediment eòlic a la desembocadura d'una petita conca fluvial, així com la seva arquitectura estratigràfica permeten concloure que la deposició d'aquests cossos sedimentaris és producte de processos d'interferència entre ambients sedimentaris eòlics i col·luvials. Aquesta interferència fou especialment activa durant les regressions marines del pleistocè que coincideixen amb importants episodis de refredament global (FORNÓS *et al.*, 2009; PAPPALARDO *et al.*, 2013; PASCUCCI *et al.*, 2014; POMAR *et al.*, 2017; POMAR *et al.*, 2018; DEL VALLE *et al.*, 2020a,b). En aquestes condicions, la plataforma continental estava coberta per grans extensions d'arena bioclàstica exposada a l'acció del vent. Al mateix temps, la disminució de les temperatures ambientals generà les condicions adequades per a l'inici d'episodis d'intenses precipitacions que es traduïren en revingudes sobtades capaces de desmantellar total o parcialment els camps dunars costaners i reciclar i incorporar el sediment eòlic al sistema col·luvial.

## Agraïments

Aquest treball vol ser una contribució a l'homenatge a n'Antonio Rodríguez-Perea pel seu mestratge a diverses generacions de geomorfòlegs de les Balears. Ell fou una de les espurnes que encengué el nostre amor pels ambients sedimentaris, moltes gràcies.

GXP agraeix el finançament del projecte de recerca: *Overtourism in Spanish Coastal Destinations. Tourism Degrowth Strategies* (RTI2018-094844-B-C31) finançat per FEDER/Ministerio de Ciencia e Innovación – Agencia Estatal de Investigación. LDV agraeix el finançament de l'Agencia Estatal de Investigación (AEI), PID2020-112720GB-I00/AEI/10.13039/501100011033. LDV és beneficiària del Programa Postdoctoral Vicenç Mut (CAIB) Govern de les Illes Balears.

## Bibliografia

- ABEGG, F.E., LOOPE, D.B. i HARRIS, P.M. (eds.) (2001): Carbonate eolianites-Depositional models and diagenesis. *SEPM Special Publications*, 71: 17-30.
- ANDREUCCI, S., CLEMMENSEN, L.B., MURRAY, A.S. i PASCUCCI, V. (2010): Middle to Late Pleistocene coastal deposits of Alghero, northwest Sardinia (Italy): Chronology and Evolution. *Quaternary International*, 222: 3-16.
- BROOKE, B. (2001): The Distribution of carbonate eolianite. *Earth-Science Reviews*, 55: 135-164.
- CAREW, J.L. i MYLROIE, J.E. (2001): Quaternary carbonate eolianites of the Bahamas: Useful analogues for the interpretation of ancient rocks? In: ABEGG, F.E., HARRIS, P.M. i LOOPE, D.B. (Eds.): *Modern and Ancient Carbonate Eolianites: Sedimentology, Sequence Stratigraphy and Diagenesis*. *SEPM Special Publication*, 71: 33-45.
- CLEMMENSEN, L.B., FORNÓS, J.J., i RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1997): Morphology and architecture of a late Pleistocene cliff-front dune, Mallorca, Western Mediterranean. *Terra Nova*, 9: 251-254.
- CUERDA J. ANTICH, S. i SOLER A. (1982): La secuencia pleistocénica dunar de Son Moson (Mallorca) y sus correlaciones faunísticas y estratigráficas. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 26: 13-35.
- CUERDA, J. (1989): Los Tiempos Cuaternarios en Baleares. Direcció General de Cultura. CAIB. 310 pp.

- DEL VALLE, L. (2016): *El registre sedimentari eòlic del Plistocè litoral d'Eivissa*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 286 pp.
- DEL VALLE, L., FORNÓS, J.J., POMAR, F., PONS, G.X. i TIMAR-GABOR, A. (2020a): Aeolian-alluvial interactions at Formentera (Balearic Islands Western Mediterranean): The Late Pleistocene evolution of a coastal System. *Quaternary International*, 566-567: 271-283.
- DEL VALLE, L., GÓMEZ-PUJOL, L., FORNÓS, J.J., TIMAR-GABOR, A., ANECHITEI-DEACU, V. i POMAR, F. (2016): Middle to Late Pleistocene dunefields in rocky coast Settings at Cala Xuclar (Eivissa, Western Mediterranean): Recognition, architecture and luminescence chronology. *Quaternary International*, 407: 4-13.
- DEL VALLE, L., POMAR, F., FORNÓS, J.J., GÓMEZ-PUJOL, L. i TIMAR-GABOR, A. (2020b): Lower to middle Pleistocene coastal dune fields formation in the Western Mediterranean (Western Eivissa, Balearic Archipelago): Chronology and landscape evolution. *Aeolian Research*, 45: 100595.
- ELMEJDOUB, N., MAUZ, B. i JEDOU, Y. (2011): Sea-level and climatic controls on Late Pleistocene coastal aeolianites in the Cap Bon península, northeastern Tunisia. *Boreas*, 40: 198-207.
- FORNÓS, J.J. i AHR, W.M. (1997): Temperate carbonates on a modern, low-energy, isolated ramp: The Balearic Platform, Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 67: 364-373.
- FORNÓS, J.J. i AHR, W.M. (2006): Present-day temperate carbonate sedimentation on the Balearic Platform, western Mediterranean: compositional and textural variation along a low-energy isolated ramp. In: PEDLEY, H.M. i CARANNANTE, G. (eds.): *Cool-water carbonates: Depositional Systems and Paleoenvironmental controls*. Geological Society, London, Special Publications, 255: 71-84.
- FORNÓS, J.J., CLEMMENSEN, L.B., GÓMEZ-PUJOL, L. i MURRAY, A.S. (2009). Late Pleistocene carbonate aeolianites on Mallorca, western Mediterranean: a luminescence chronology. *Quaternary Science Reviews*, 28: 2697-2709.
- FORNÓS, J.J., GINÉS, A., GINÉS, J., GÓMEZ-PUJOL, L., GRÀCIA, F., MERINO, A. ONAC, B.P., TUCCIMEI, P. i VICENS, D. (2012). Upper Pleistocene deposits and karst features in the litoral landscape of Mallorca Island (Western Mediterranean): A field trip. In: GINÉS, A., GINÉS, J., GÓMEZ-PUJOL, L., ONAC, B.P. i FORNÓS, J.J. (Eds). *Mallorca: A Mediterranean Benchmark for Quaternary studies*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 18: 163-220.
- GINÉS, A. i GINÉS, J. (2011a): El modelat exocàrstic de les Balears i els camps de lapiaz de mitjana muntanya mediterrània a la Serra de Tramuntana de Mallorca. *Endins*, 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 85-102.
- GÓMEZ-PUJOL, L. (1999): Sedimentologia i evolució geomorfològica quaternària del ventall al·luvial des Caló (Betlem, Arta, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 107-124.
- GÓMEZ-PUJOL, L., FORNÓS, J.J., POPE, R.J. i CLEMMENSEN L.B. (2008): Los abanicos aluviales litorales del NE de Mallorca: morfometría y arquitectura de facies. In: BENAVENTE, J. i GRACIA F.J. (Eds). *Trabajos de Geomorfología en España*, 2006-2008: 343-436.
- GÓMEZ-PUJOL, L., ROIG-MUNAR, F.X., FORNÓS, J.J., BALAGUER, P. i MATEU, J. (2013): Provenance-related characteristics of beach sediments around the island of Menorca, Balearic Islands (western Mediterranean). *Geo-Marine Letters*, 33: 195-208.
- LOWE, J.J. i WALKER, M.J.C. (2015): *Reconstructing Quaternary Environments*. Routledge. 568 pp.
- MACKLIN, M.G., LEWIN, J., i WOODWARD, J.C. (1995): Quaternary fluvial Systems in the Mediterranean basin. In: MACKLIN, M.G., LEWIN, J., i WOODWARD, J.C. (eds.): *Mediterranean Quaternary River Environments*. Referred Proceedings on an International conference. University of Cambridge: 1-25.
- PAPPALARDO, M., CHELI, A., CIAMPALINI, A., RELLINI, I., BIAGIONI, F., BRÜCKNER, H., FÜLLING, A. i FIRPO, M. (2013): Evolution of an Upper Pleistocene aeolianite in the northern Mediterranean (Liguria, NW Italy). *Ital. J. Geosci.*, 132: 290-303.
- PASCUCCI, V., SECHI, D. i ANDREUCCI, S. (2014): Middle Pleistocene to Holocene coastal evolution of NW Sardinia (Mediterranean Sea, Italy). *Quaternary International*, 328-329:3-20.
- PAVELIC, D., KOVACIC, M., VLAHOVIC, I. i WACHA, L. (2011): Pleistocene calcareous aeolian-alluvial deposition in a steep relief karstic coastal belt (island of Hvar, eastern Adriatic, Croatia). *Sedimentary Geology*, 239: 64-79.
- POMAR, F. (2016). *Arquitectura i fàcies deposicionals de la interferència entre sedimentació al·luvial, col·luvial i eòlica a les Illes Balears durant el Pleistocè superior: implicacions paleoclimàtiques*. Tesis Doctoral, Universitat de les Illes Balears, 377 pp.
- POMAR, F. i DEL VALLE, L. (2018): Terrasses al·luvials i processos d'incisió durant l'Holocè: caracterització de ventalls al·luvials mitjançant models digitals d'elevacions a partir de dades LIDAR. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 61: 57-77.
- POMAR, F., DEL VALLE, L., FORNÓS, J.J. i GÓMEZ-PUJOL, L. (2018): Late Pleistocene dune-sourced alluvial fans in coastal Settings: Sedimentary fàcies and related processes. *Sedimentology*, 367: 48-68.

- POMAR, F., FORNÓS, J.J., GÓMEZ-PUJOL, L. i DEL VALLE, L. (2016): Dipòsits d'interferència eòlic-al·luvial al Pleistocè superior de les Illes Balears (Mallorca i Menorca), Mediterrània occidental): sedimentologia i implicacions paleoambientals. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 147-185.
- POMAR, F., FORNÓS, J.J., GÓMEZ-PUJOL, L. i DEL VALLE, L. (2017): Las eolianitas cuaternarias de Menorca y los depósitos asociados. In: GÓMEZ-PUJOL, L. i PONS, G.X. (Eds.): *Geomorfología Litoral de Menorca. Dinámica, evolución y prácticas de gestión. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 25: 111-136.
- POMAR, F., FORNÓS, J.J., GÓMEZ-PUJOL, L. i DEL VALLE, L. (2015): Interferència entre sedimentació eòlica i al·luvial. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 58: 127-157.
- PYE, K. i TSOAR, H. (2009): *Aeolian Sand and Sand Dunes*. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 458 pp.
- QUINTANA, J. (2006): Reconsideració taxonòmica de *Chondrula (Mastus)* fòssil de Mallorca i Menorca (Gastropoda: Pulmonata: Enidae). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 49: 21-38.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1998): Ventalls al·luvials i sistemes dunars a Betlem: Artà, Mallorca. In: FORNÓS ASTÓ, J.J. (Ed.). Aspectes geològics de les Balears. Mallorca, Menorca i Cabrera: 169-189. Universitat de les Illes Balears, Palma.
- ROSE, J., MENG, X. i WATSON, C. (1999): Paleoclimate and palaeoenvironmental responses in the western Mediterranean over the last 140 ka: evidence from Mallorca, Spain. *Journal of the Geological Society*, London, 156:435-448.
- SIDDALL, M., ROHLING, E.J., ALMOGI-LABIN, A., HEMLEBEN, C.H., MELSCHNER, D., SCHMELZER, I. i SMEED, D.A. (2003): Sea-level fluctuations during the Last glacial cycle. *Nature*, 423: 853-858.
- THOMPSON, W. (2017): *Late Quaternary Fluvial System Response to climatic change over the past 200 ka on Mallorca, Illes Balears*. Tesi Doctoral. Universitat de Derby. 303 pp.
- VESICA, P.L., TUCCIMEI, P., TURI, B., FORNÓS, J.J. GINÉS, A. i GINÉS, J. (2000): Late Pleistocene paleoclimates and sea-level change in the Mediterranean as inferred from stable isotope and U-series studies of overgrowths on speleothems, Mallorca, Spain. *Quaternary Science Reviews*, 19: 865-879.
- VICENS, D., PONS, G.X., BOVER, P. i GRACIA, F. (2001). Eis tàxons amb valor biogeogràfic i cronoestratigràfic: bioindicadors climàtics del Quaternari de les Illes Balears. In: PONS, G.X. i GUIJARRO, J.A. (eds.). *El canvi climàtic: passat, present i futur. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 9: 121-146.
- ZAZO, C. (1999): Interglacial Sea levels. *Quaternary International*, 55: 101-113.

---

Data recepció: 16.07.21

Data revisió: 04.09.21

Revisió acceptada: 20.09.21