

Depòsits miocens i plio-quaternaris entre cala Figuera i el banc d'Eivissa (Calvià, Mallorca, Mediterrània occidental): evolució paleoambiental i registre fòssil

Josep JUÁREZ-RUIZ i Rafel MATAMALES-ANDREU

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Juárez-Ruiz, J. i Matamales-Andreu, R. 2024. Depòsits miocens i plio-quaternaris entre cala Figuera i el banc d'Eivissa (Calvià, Mallorca, Mediterrània occidental): evolució paleoambiental i registre fòssil. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 67: 75-104. ISSN 0212-260X. e-ISSN 2444-8192. Palma.

Durant el Neogen i el Quaternari, Mallorca esdevingué progressivament l'illa que coneixem avui en dia. En aquest interval és quan les principals conques sedimentàries locals es rebliren amb un seguit de depòsits marins i continentals, alguns dels quals contenen un ric registre fòssil. Si bé aquests han estat estudiats extensivament des de la geologia i la paleontologia, avui en dia encara hi ha afloraments inèdits o poc coneguts a la regió. En aquest treball s'estudia per primera vegada un extens complex de jaciments paleontològics que contenen un remarcable registre fòssil marí i continental que suma més de 140 tàxons, situats en diferents unitats estratigràfiques corresponents a l'interval del Miocè superior al Plistocè superior. En aquest context, es revisen dos jaciments prèviament publicats, als quals s'hi afegeixen sis localitats inèdites. En conjunt, es posa de manifest l'estratigrafia, paleontologia i evolució paleoambiental de l'àrea, complimentant l'alt valor científic de la serra de Tramuntana i remarcant la importància de la geologia i paleontologia mallorquines dins l'àmbit Mediterrani.

Paraules clau: Mallorca, Miocè, Pliocè, Plistocè, sedimentologia, estratigrafia, paleontologia.

MIOCENE AND PLIO-QUATERNARY DEPOSITS BETWEEN CALA FIGUERA AND THE BANC D'EIVISSA (CALVIÀ, MALLORCA, WESTERN MEDITERRANEAN): PALEOENVIRONMENTAL EVOLUTION AND FOSSIL RECORD. During the Neogene and Quaternary periods, Mallorca gradually evolved into the island we know today. Within this interval, the main local sedimentary basins were formed and gradually filled with a series of marine and continental deposits, some of which contain a rich fossil record. While these have been extensively studied from geological and paleontological perspectives, there still exist unpublished or poorly known outcrops in the region today. This study examines, for the first time, an extensive complex of paleontological deposits harboring a remarkable marine and continental fossil record, encompassing over 140 taxa spread across various stratigraphic units from the upper Miocene to the upper Pleistocene. Within this framework, two previously documented fossil sites are reevaluated, and six new localities are introduced. The overall focus of this study is on the stratigraphy, paleontology, and paleoenvironmental evolution of the area, complementing the scientific value of the Tramuntana mountains and underscoring the importance of Mallorcan geology and paleontology in the Mediterranean context.

Key words: Mallorca, Miocene, Pliocene, Pleistocene, sedimentology, stratigraphy, palaeontology.

Josep JUÁREZ-RUIZ, MUCBO | Museu Balear de Ciències Naturals (FJBS-MBCN), carretera Palma-Port de Sóller, km 30,5, 07100 Sóller, Illes Balears. Autor de correspondència: nite1988@hotmail.com ; Rafel MATAMALES-ANDREU, MUCBO | Museu Balear de Ciències Naturals (FJBS-MBCN), carretera Palma-Port de Sóller, km 30,5, 07100 Sóller, Illes Balears. Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont (ICP-CERCA), Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, c/ Columnes s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona, Catalunya.

Recepció del manuscrit: 7-12-2023; revisió acceptada: 2-09-2024; publicació online: 04-09-2024.

Introducció

L'illa de Mallorca constitueix el principal segment emergit del promontori Balear, una elevació continental d'aproximadament 500 km de llarg per 100 km d'ample, disposada en un eix SO-NE. Aquesta és conformada geològicament en el context de l'orogènia alpina, que va comprimir els materials depositats en el solc geosinclinal Bètic principalment durant el Miocè mitjà, formant un sistema d'horsts i grabens (Pomar *et al.*, 1983; Jenkyns *et al.*, 1990; Mas, 2015) (Fig. 1A). Els horsts donen lloc als principals relleus mallorquins (serra de Tramuntana, serres de Llevant i relleus centrals), formats majoritàriament per materials preorogènics i sinorogènics (Carbonífer-Miocè). D'altra banda, els grabens coincideixen amb les principals conques sedimentàries locals (Palma, Inca, sa Pobla-Alcúdia i sa Marineta), reblertes per materials postorogènics (Miocè-Holocè). En el límit entre els horsts i els grabens hi ha diverses plataformes carbonatades formades durant el Miocè superior, conformades principalment per esculls coral·lins (Esteban, 1979; 1996), sobre les quals hi tengué lloc la deposició de seqüències progradacionals del Pliocè i Plistocè (Rosselló i Cuerda, 1973; Mas, 2015; Juárez i Mas, 2022). Si bé la major part d'aquestes se situen al Migjorn i Llevant de l'illa, entorn de Tramuntana també hi són presents, com és el cas de la plataforma de Calvià (lligada a la conca de

Palma), objecte d'aquest estudi.

Poc després de la formació de les plataformes del Miocè superior abans esmentades, la connexió entre l'oceà Atlàntic i la mar Mediterrània es va tancar, iniciant-se una consegüent baixada extrema del nivell marí coneguda com a Crisi de Salinitat del Messinià. Aquesta va tenir lloc realment en dues fases d'eixugament, separades per un interval en què el nivell marí era més alt. D'aquesta evolució hi ha un patent registre estratigràfic a Mallorca, també a la zona d'estudi, si bé amb diferents hiatus relacionats amb episodis erosius (Esteban, 1996; Mas i Fornós, 2012; Mas, 2015). Aquest context de crisi finalitzà amb una ràpida reentrada d'aigua atlàntica per l'estret de Gibraltar, donant lloc a l'anomenada reinundació del Pliocè, que donà inici a la deposició de seqüències marines. Entre el Miocè i el Pliocè, a Mallorca (incloent-hi la zona d'estudi) hi tengué lloc una erosió generalitzada del sostre dels materials miocens, coneguda a escala estratigràfica com Superfície d'Erosió Messiniana (MES, en anglès), sobre la qual es depositaren materials marins i terrestres del propi Pliocè i del Plistocè (Mas, 2015).

En l'àmbit paleontològic, a l'illa de Mallorca hi té una especial rellevància l'estudi del Neogen i del Quaternari (p. ex., Esteban, 1979, 1996; Cuerda, 1987; Mas, 2015; Vicens, 2015; Servera-Nicolau, 2022). En aquest context, un dels jaciments més remarcables tant en l'àmbit estratigràfic

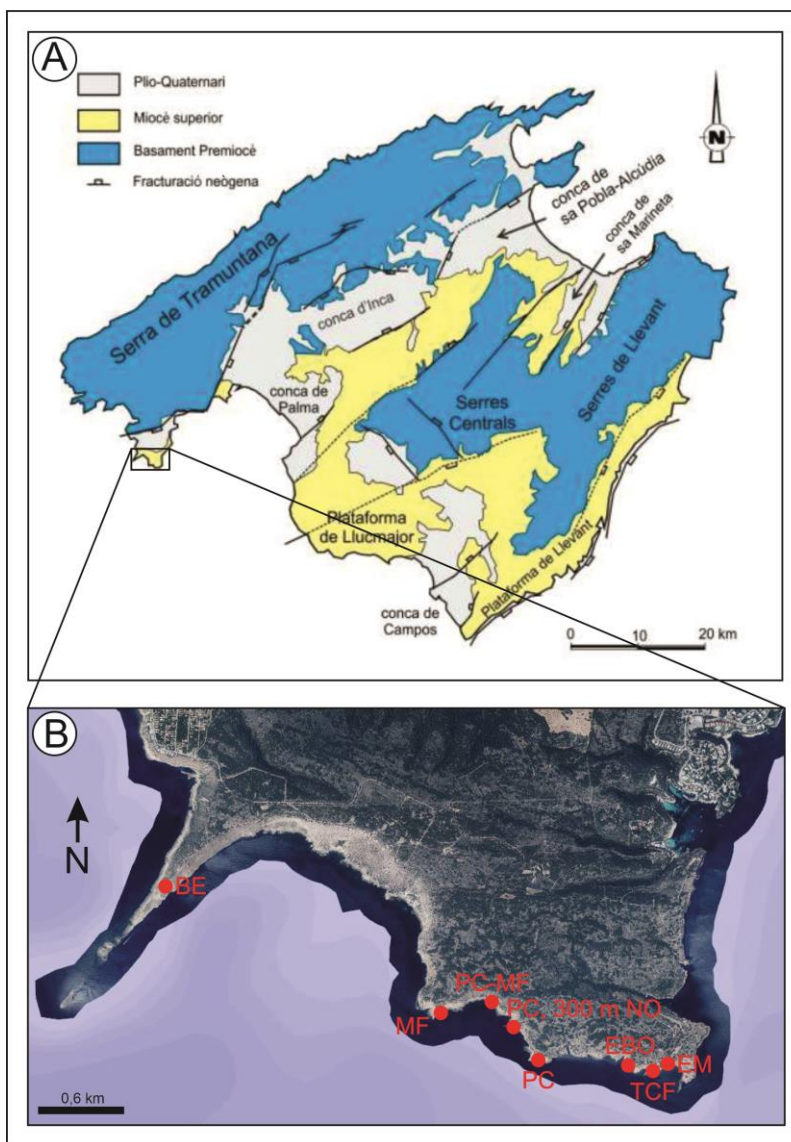


Fig. 1. A: Mapa geoestructural simplificat de l'illa de Mallorca, modificat de Mas (2015). **B:** Vista satèl·lit de la zona d'estudi, amb els jaciments considerats dins aquest estudi. EM: Es Molar. TCF: Torre de cala Figuera. BO: Banc de s'Oli. PC: Punta des Catiús. PC, 300 m al nord-oest. PC-MF: Entre la punta des Catiús i el morro d'en Feliu. MF: Morro d'en Feliu. BE: Banc d'Eivissa.

Fig. 1. A: Simplified geostructural map of Mallorca, modified after Mas (2015). **B:** Satellite view of the studied area, including the considered sections. EM: Es Molar. TCF: Torre de cala Figuera. BO: Banc de s'Oli. PC: Punta des Catiús. PC, 300 m NW: Punta des Catiús, 300 m NW. PC-MF: Between Punta des Catiús and Morro d'en Feliu. MF: Morro d'en Feliu. BE: Banc d'Eivissa.

com paleoclimàtic i paleontològic és el situat al sud de la comarca de Tramuntana, al promontori del banc d'Eivissa, conformat per una extensa i ben exposada seqüència de materials marins i continentals del Miocè superior al Plistocè superior, amb un ampli registre fòssil de mol·luscs (Rosselló i Cuerda, 1973; Morey i Ripoll, 2009; Mas, 2015; Juárez-Ruiz i Mas, 2022). Durant dècades, aquest ha estat l'únic jaciment paleontològic estudiat a la franja del banc d'Eivissa-cala Figuera, afegint-se més recentment un segon aflorament remarcable situat dos quilòmetres al sud-est, el del morro d'en Feliu, caracteritzat per una seqüència estratigràfica similar, però amb la particularitat de presentar als nivells plio-quadernaris una acumulació massiva de cambres de pupació de coleòpters de l'icnogènere *Rebuffoichnus* (Mas i Ripoll, 2010; Mas, 2015).

Llevat dels esmentats afloraments del banc d'Eivissa i del morro d'en Feliu, la zona d'estudi ha romàs fins temps recents quasi inèdita a efectes geològics i paleontològics, existint al respecte breus i escasses mencions tangencials a la seva geologia i paleontologia. En aquest sentit, Escandell i Colom (1962) esmentaren l'existència de dipòsits del Miocè i Plio-quadernari continental. Vicens (2010) comentà que a la zona entre el banc d'Eivissa i cala Figuera hi ha presència d'acumulacions de 'nius' d'insectes, determinats més tard dins l'icnogènere *Rebuffoichnus* (Vicens, 2015). Finalment, a Vicens *et al.* (2021) es documentà la presència del gasteròpode pulmonat *Otala* sp. a l'àrea del Rafalbeig, amb un exemplar provinent de les col·leccions històriques de la Societat d'Història Natural de les Balears. No és fins recentment (Juárez-Ruiz i Mas, 2022) on es posà de manifest la potencial importància i gran extensió lateral de les seqüències fòssilíferes, documentant la

fauna de mol·luscs marins, situant cronològicament els dipòsits on aquests es troben i esbossant l'estratigrafia a les proximitats de la punta des Catiús. Així doncs, allò que fins recentment consistia en dos jaciments anàlegs i relativament propers entre ells, esdevé un complex de jaciments molt més extens (Fig. 1A-B).

Amb aquest article es pretén de fer un estudi detallat sobre aquest majoritàriament desconegut però rellevant complex de jaciments paleontològics, documentant àmpliament l'estratigrafia, paleoambient i paleontologia dels diferents jaciments que el componen: els dos ja coneguts abans esmentats, més sis localitats noves. La intenció dels autors al respecte és, doncs, redundar en la importància en l'àmbit paleontològic i geològic que té l'illa de Mallorca, en particular, la rellevància de l'interval Plio-quadernari en l'àmbit mediterrani.

Material i mètodes

Per a la realització d'aquest estudi s'ha revisat tant des del punt de vista geològic com paleontològic la franja costanera situada entre els promontoris del banc d'Eivissa i cala Figuera, al municipi de Calvià (Fig. 1B). Pel que fa als aspectes geològics, s'han estudiat al camp tant dos petits trams de costa ja analitzats en publicacions anteriors (p. ex., Rosselló i Cuerda, 1973; Butzer, 1975; Mas, 2015; Morey, 2021) així com una extensa franja fins ara inèdita, caracteritzant cada localitat amb una columna estratigràfica sintètica (Fig. 2) i la descripció dels materials observats. A més, s'han individualitzat i descrit les principals unitats geològiques observades, independentment dels afloraments on aquestes tenen representació.

Amb les dades recopilades, s'ha elaborat

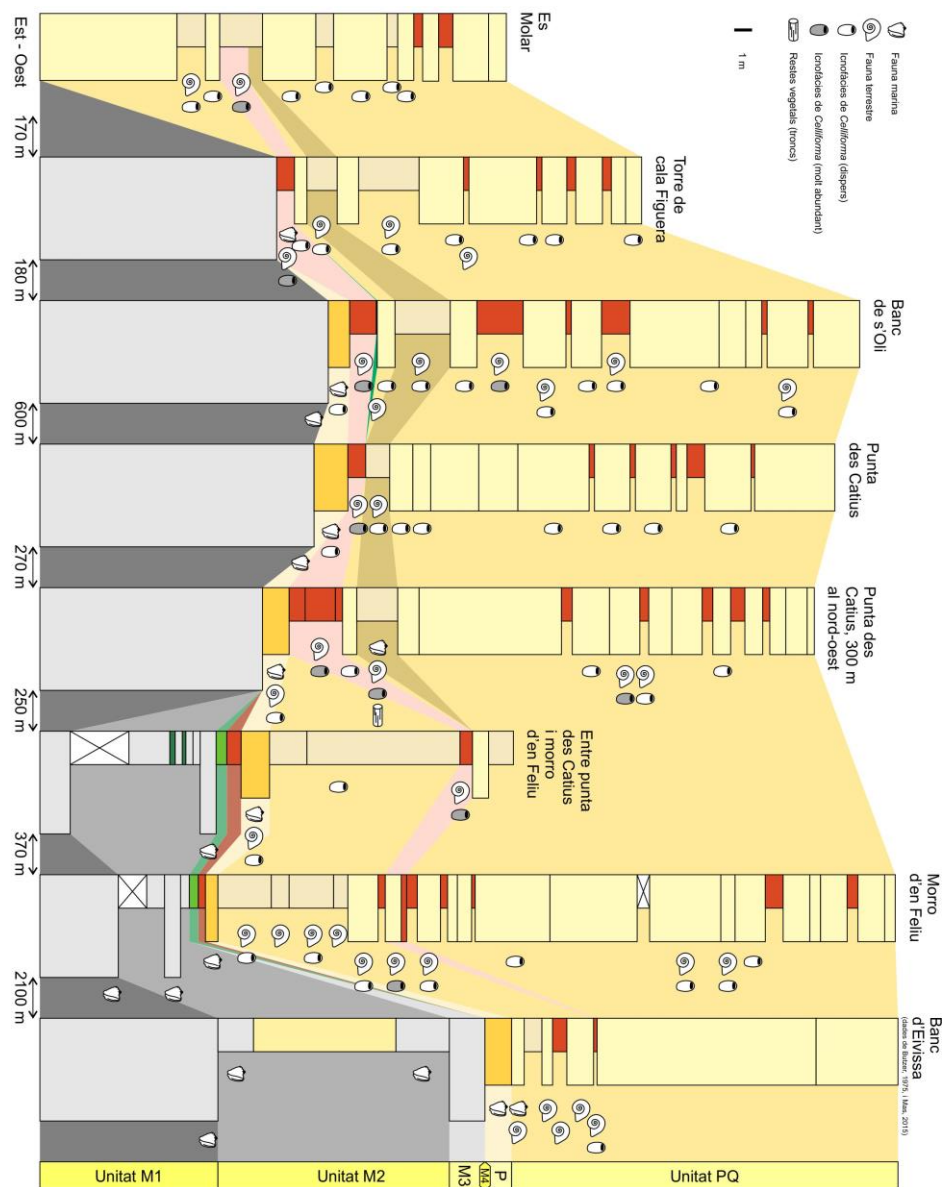


Fig. 2. Correlació entre les columnes estratigràfiques sintètiques dels afloraments estudiats, indicant-ne les principals unitats geològiques. Dades pròpies excepte per al jaciment de banc d'Eivissa, extretes de Butzer (1975) i Mas (2015).

Fig. 2. Correlation among the synthetic stratigraphic logs of the studied outcrops, with indication of the main geological units. Own data except for the Banc d'Eivissa section, after Butzer (1975) and Mas (2015).

un model geològic de la zona, inferint la seva evolució paleoambiental, amb especial esment al Pliocè i Plistocè. Pel que fa als aspectes paleontològics, s'han estudiat i documentat fotogràficament *in situ* fòssils observats als diferents jaciments considerats. En paral·lel, s'han revisat un seguit de mostres paleontològiques locals provinents de les col·leccions del MUCBO | Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN). La part més representativa del registre paleontològic ha estat, a més, inclosa dins les caracteritzacions de les diferents unitats abans esmentada. Aquesta, juntament amb la resta de la fauna observada a cada jaciment, es troba desglossada a la Taula 1. La taxonomia d'organismes marins segueix la de la base de dades d'espècies marines (WoRMS, 2023), excepte el tàxon *Thetystrombus coronatus* (Defrance, 1827), optant pel binomi *Persististrombus coronatus* (Defrance, 1827) tal i com està caracteritzat a Harzhauser i Kronenberg (2008). La taxonomia d'organismes continentals segueix principalment la de fonts locals (p. ex., Vicens, 2015; Del Valle *et al.*, 2020).

Resultats

Estratigrafia i sedimentologia

Unitats geològiques

M1 (Unitat d'Esculls).- Depòsits de calcàries de color blanquinós a gris clar, amb elevada porositat secundària, i calcarenites. Conformen la base de quasi tots els afloraments estudiats. La seva potència observable (la base de la unitat és davall el nivell marí actual) és d'un màxim de 8 m. A nivell paleontològic (Fig. 3A-B), està constituït per construccions coral·lines (generalment *Porites* sp. i *Tarbellastrea* sp.) associades a una diversa però pobrament

preservada fauna de mol·luscs (destacant *Chlamys* sp., *Lima lima* (Linnaeus, 1758) i *Persististrombus coronatus*, aquests darrers sempre preservats com a motlles), equinoderms (*Clypeaster* cf. *campanulatus* (Schlotheim, 1820)) i algues rodofícies. A sostre i localment es pot observar un *hardground* ferruginós i dolomititzat. Tot i trobar-se molt alterat, de manera molt local s'hi observen depòsits de calcarenites amb laminació encreuada, paleosòls i possibles estromatòlits. La unitat M1 s'interpreta com les àrees de talús proximal, front i llacuna interna d'un escull desenvolupat a l'interval Tortoniana-Messinià (Mas, 2015). La sub-unitat superior és sedimentològicament diferent i serà objecte de futurs estudis.

M2 (Unitat Bonanova).- Depòsits de margues amb intercalacions de margocalcàries, generalment de color groguenc, amb margues blanquinoses, ocre, roges i gris-verdoses. Es desenvolupen a sostre de l'M1, en contacte disconforme. Tenen una potència màxima d'uns 13 m. A nivell paleontològic, hi destaca la presència d'un horitzó a la base de la unitat, d'1,5 a 2 m, amb bivalves ostreïds (*Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1820) i *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758) i pectínids (*Pecten benedictus* Lamarck, 1819; Fig. 3C-D), entre altres tàxons secundaris (vegeu Mas, 2015, per informació estesa). Aquests poden formar acumulacions més o manco massives, si bé lateralment la densitat de fòssils disminueix notablement. Al sostre d'aquest interval hi ha depòsits de margues sense macrofòssils, contenint a nivell micropaleontològic esquerdes de bivalves, gasteròpodes, restes d'osteïctis, ostràcodes i foraminífers (Mas, 2015). Aquesta litofàcies és interpretada com un dipòsit infralitoral del Messinià, corresponent a la Unitat Bonanova (Mas, 2015).

M3 (Unitat Santanyí – Complex Carbo-

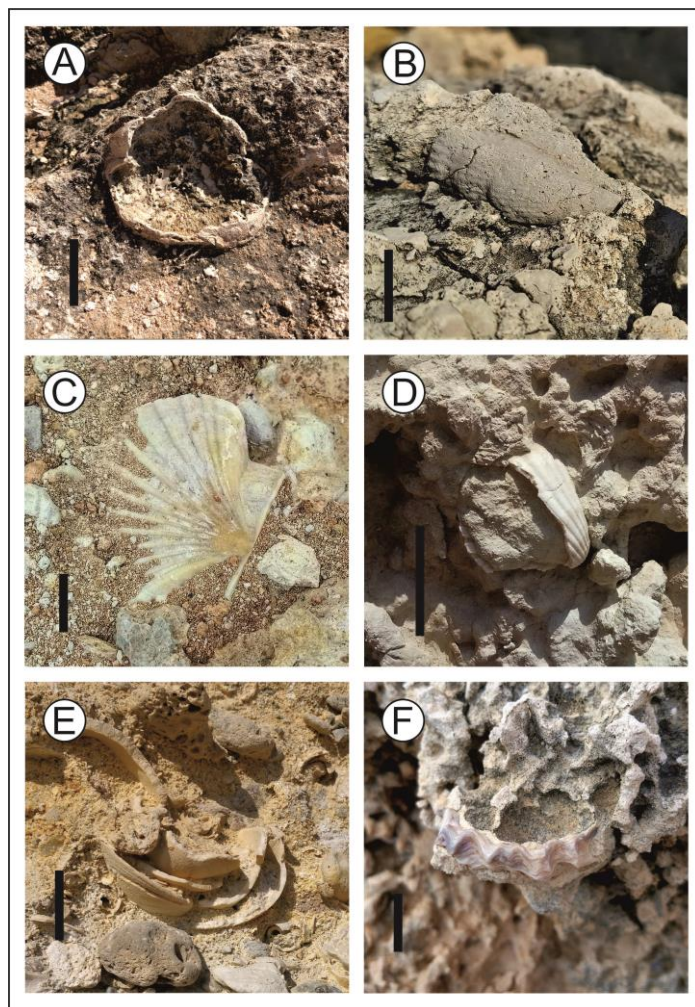


Fig. 3. Registre fòssil marí a la zona d'estudi. **A:** *Clypeaster* cf. *campanulatus*, unitat M1 del banc de s'Oli (escala: 5 cm). **B:** *Lima lima*, unitat M1 d'entre la punta des Catiús i el morro d'en Feliu (escala: 2 cm). **C:** *Pecten benedictus* (valva superior), unitat M2 del banc d'Eivissa (escala: 2 cm). **D:** *Pecten benedictus* (exemplar amb les dues valves), unitat M2 de entre la punta des Catiús i el morro d'en Feliu (escala: 5 cm). **E:** *Glycymeris bimaculata* (acumulació de valves aïllades), unitat P d'entre la punta des Catiús i el Morro d'en Feliu (escala: 5 cm). **F:** *Saccostrea virleti* (valva inferior amb restes de coloració), unitat P (fàcies de llacuna) del morro d'en Feliu (escala: 1 cm).

Fig. 3. Marine fossil record of the study zone. **A:** *Clypeaster* cf. *campanulatus*, M1 Unit at Banc de s'Oli (scale bar: 5 cm). **B:** *Lima lima*, M1 Unit between Punta des Catiús and Morro d'en Feliu (scale bar: 2 cm). **C:** *Pecten benedictus* (upper valve), M2 Unit at Banc d'Eivissa (scale bar: 2 cm). **D:** *Pecten benedictus* (specimen with two valves), M2 Unit between Punta des Catiús and Morro d'en Feliu (scale bar: 5 cm). **E:** *Glycymeris bimaculata* (isolated accumulation of valves), P Unit between Punta des Catiús and Morro d'en Feliu (scale bar: 5 cm). **F:** *Saccostrea virleti* (lower valve with colour remains), P Unit (lagoon facies) at Morro d'en Feliu (scale bar: 1 cm).

nàtic Terminal).- Depòsits de calcàries clares ben estratificades amb intercalacions de margues i argiles verdoses, conformant ritmites. Puntualment contenen guix. La seva potència varia entre els 0,5 i 2,0 m. El contacte amb la unitat M2 és brusc. A nivell paleontològic, el registre és molt escàs i conformat únicament per escassos ostràcodes (*Cyprideis* sp.) (Mas, 2015). Aquestes fàcies s'interpreten com plataformes carbonatades i llacunes evaporítiques del Messinià final (Mas, 2015).

M4 (Formació Ses Olles).- Depòsits locals d'argiles verdoses, amb una potència màxima d'1 m i que desapareixent lateralment, tenint a la base un contacte en discordança angular amb la unitat anterior. A nivell paleontològic, hi ha presència de rizocrecions subverticals reblertes d'argiles verdes, havent-hi també ostràcodes (*Cyprideis* sp.), girogonits de caròfits i pèl·lets fecals (Mas, 2015). Aquestes fàcies s'interpreten com una llacuna persistent desenvolupada poc abans o durant l'episodi *lagomare* del Messinià final (Mas, 2015). Localment, presenten paleosòls a la seva part inferior (Fig. 4A), conformats per argiles rogenques amb nombroses rizocrecions, eventualment desenvolupats sobre un paleorelleu còncav. Aquestes fàcies s'interpreten com les zones marginals de les llacunes.

P (Unitat Sant Jordi).- Depòsits heterogenis de gra mitjà a gruixat (arenas, *rudstones*, lumaquel·les i conglomerats), de color blanquinós a groc clar. Constitueixen seqüències granodecreixents amb una potència que pot superar els 3 m, si bé usualment no sobrepassen 1,5 m. Localment, presenten estructures de corrent (Mas, 2015). La base es desenvolupa sobre una extensa plataforma erosiva (Fig. 5) que afecta les unitats miocenes infrajacentes, amb presència eventual de *firmgrounds* (Mas,

2015) i conglomerats amb clasts decimètrics del Miocè a la base. Aquest contacte és lleugerament discordant. A nivell paleontològic, es constata una rica biodiversitat de fauna marina (vegeu Mas, 2015; Juárez-Ruiz i Mas, 2022, per informació estesa; Figs. 3E-F, 6A-D), en especial mol·luscs (destacant-hi *Persististrombus coronatus*, *Callista italica* (Defrance, 1818)). A aquests s'hi afegeixen balànids, briozous, osteïctis i selacimorfs (dents), i, excepcionalment, restes de mamífers marins (fragments ossis indeterminats). En termes generals, els mol·luscs es preserven en forma de motlles interns, si bé a les zones manco carbonatades tenen la closca parcialment recristallitzada i, puntualment, traces de la coloració original. Lateralment, la unitat desapareix de forma gradual, observant-se en els seus límits laterals com un únic nivell de gra mitjà, d'uns 50 cm de potència i amb fauna manco diversa i abundant (destacant-hi *Patella* spp.; Fig. 6A). Tant a sostre com als límits laterals, la fauna marina apareix en una matriu llimosa associada a elements continentals, com gasteròpodes pulmonats (*Iberellus* sp. cf. *colladoi* Juárez-Ruiz et Altaba, 2022, i Otalini sp. 1), cambres de pupació d'insectes (*Rebuffoichnus casamiquelai* Roselli, 1987) i rizocrecions diverses. En conjunt, aquesta unitat s'interpreta com una seqüència litoral progradacional desenvolupada durant el Pliocè superior (Piacenzià inferior), corresponent a la Unitat Sant Jordi (Mas, 2015; Juárez-Ruiz i Mas, 2022). Addicionalment, el sostre i límits laterals corresponen a paleosòls desenvolupats a partir dels sediments litorals abans de la seva diagènesi, amb els quals s'inicia la seqüència continental del Plio-quadernari local. Aquests se situen també dins el Piacenzià inferior.

PQ (Unitat Palma).- Depòsits de calcare-

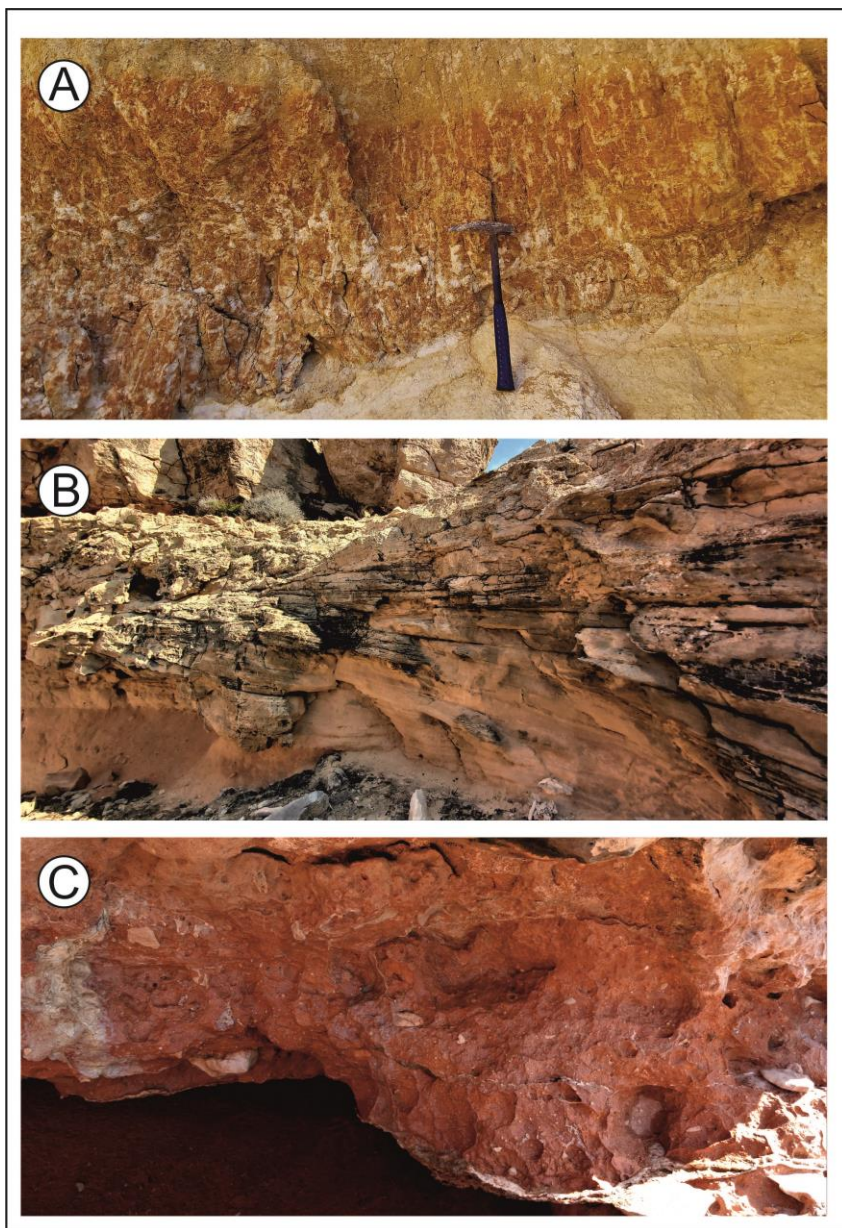


Fig. 4. A: Paleosòl amb nivells lacunars a sostre, a la unitat M4, a entre la punta des Catius i el morro d'en Feliu. **B:** Eolianita de la unitat PQ mostrant estratificació encreuada, a la torre de cala Figuera. **C:** Paleosòl argilós, a la unitat PQ del banc de s'Oli.

Fig. 4. A: Palaeosol overlain by lagoonal layers, M4 Unit between Punta des Catius and Morro d'en Feliu. **B:** Aeolianite from the PQ Unit showing cross bedding at Torre de Cala Figuera. **C:** Silty palaeosol from the PQ Unit at Banc de s'Oli.

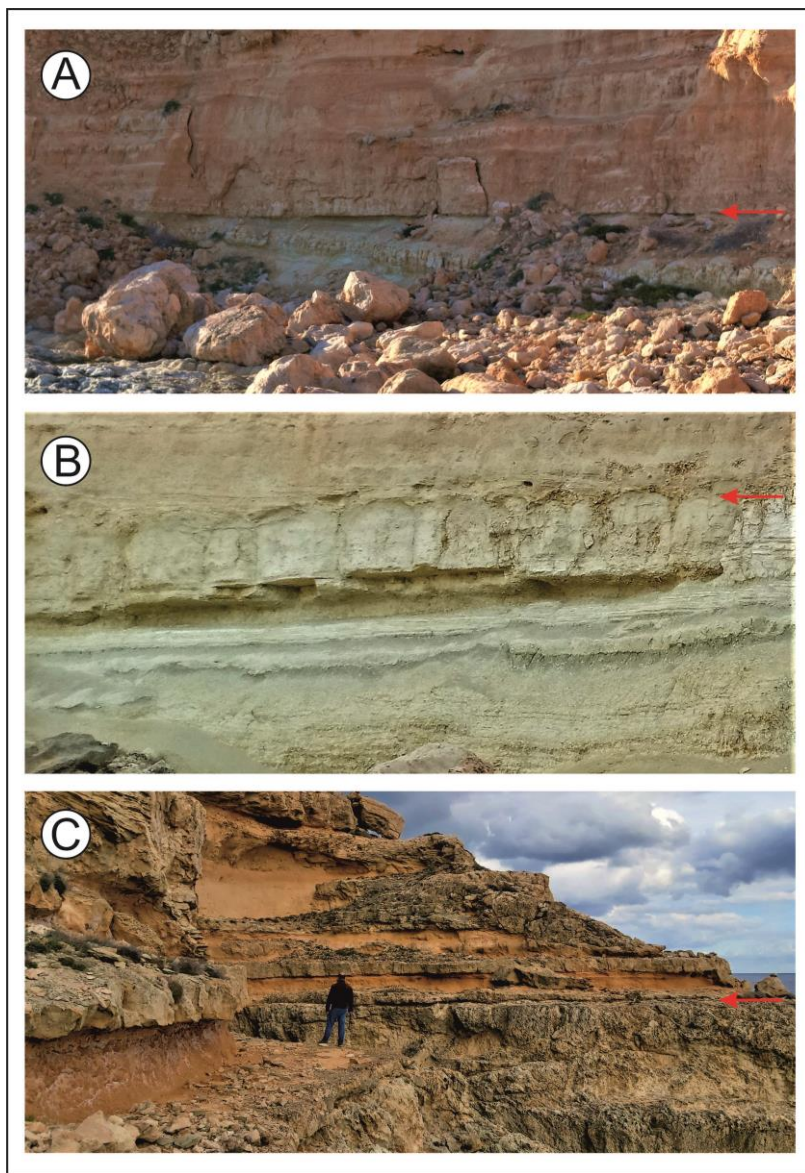


Fig. 5. Tipus de contactes estratigràfics entre diferents unitats miocenes amb la unitat P mitjançant la Superfície d'Erosió del Messinià (MES, en anglès), assenyalada amb fletxes vermelles. **A:** Discordança angular de les unitats M2 i M4, al morro d'en Feliu. **B:** Disconformitat de la unitat M2, entre la punta des Catiu i el morro d'en Feliu. **C:** Paraconformitat de la unitat M1, a la torre de cala Figuera.

Fig. 5. Types of stratigraphic contacts of various Miocene Units and the P Unit by the Messinian Erosion Surface (MES), marked by red arrows. **A:** Angular unconformity between units M2 and M4 at Morro d'en Feliu. **B:** Unconformity of the M2 Unit between Punta des Catiu and Morro d'en Feliu. **C:** Paraconformity of the M1 Unit at Torre de cala Figuera.

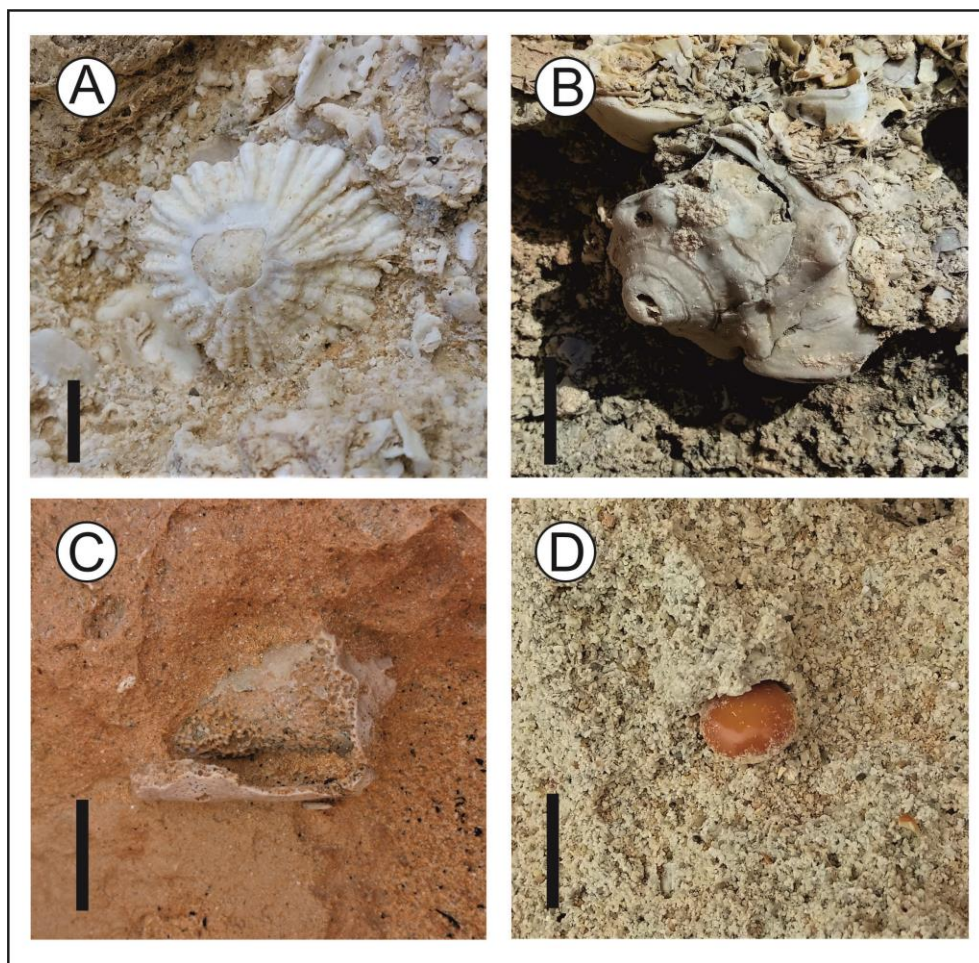


Fig. 6. Registre fòssil marí a la zona d'estudi (continuació). **A:** *Patella ulyssiponensis*, unitat P d'entre la punta des Catiús i el morro d'en Feliu (escala: 1 cm). **B:** *Persististrombus coronatus*, unitat P d'entre la punta des Catiús i el morro d'en Feliu (escala: 2 cm). **C:** *Persististrombus coronatus*, unitat P (sostre alterat per processos edàfics) del banc de s'Oli (escala: 2 cm). **D:** *Sparus cinctus* (dent), unitat P de la punta des Catiús (escala: 1 cm).

Fig. 6. Marine fossil record of the study zone (continuation). **A:** *Patella ulyssiponensis*, P Unit between Punta des Catiús and Morro d'en Feliu (scale bar: 1 cm). **B:** *Persististrombus coronatus*, P Unit (upper part altered by edaphic processes) at Banc de s'Oli (scale bar: 2 cm). **D:** *Sparus cinctus* (tooth), P Unit at Punta des Catiús (scale bar: 1 cm).

nites amb grans ben seleccionats (mida mitjana) i un contingut variable d'argila, que s'atasquen lateralment. El color pot variar de groguenc, a rosat, ataronjat o roig, segons el percentatge d'argila. La seva base és

definida per un contacte concordant i sovint gradual amb la unitat P. Les seves subunitats solen tenir una potència d'entre 1 i 4 m, i presenten estratificació encreuada en solc (Fig. 4B). Aquesta, però, sol estar normal-

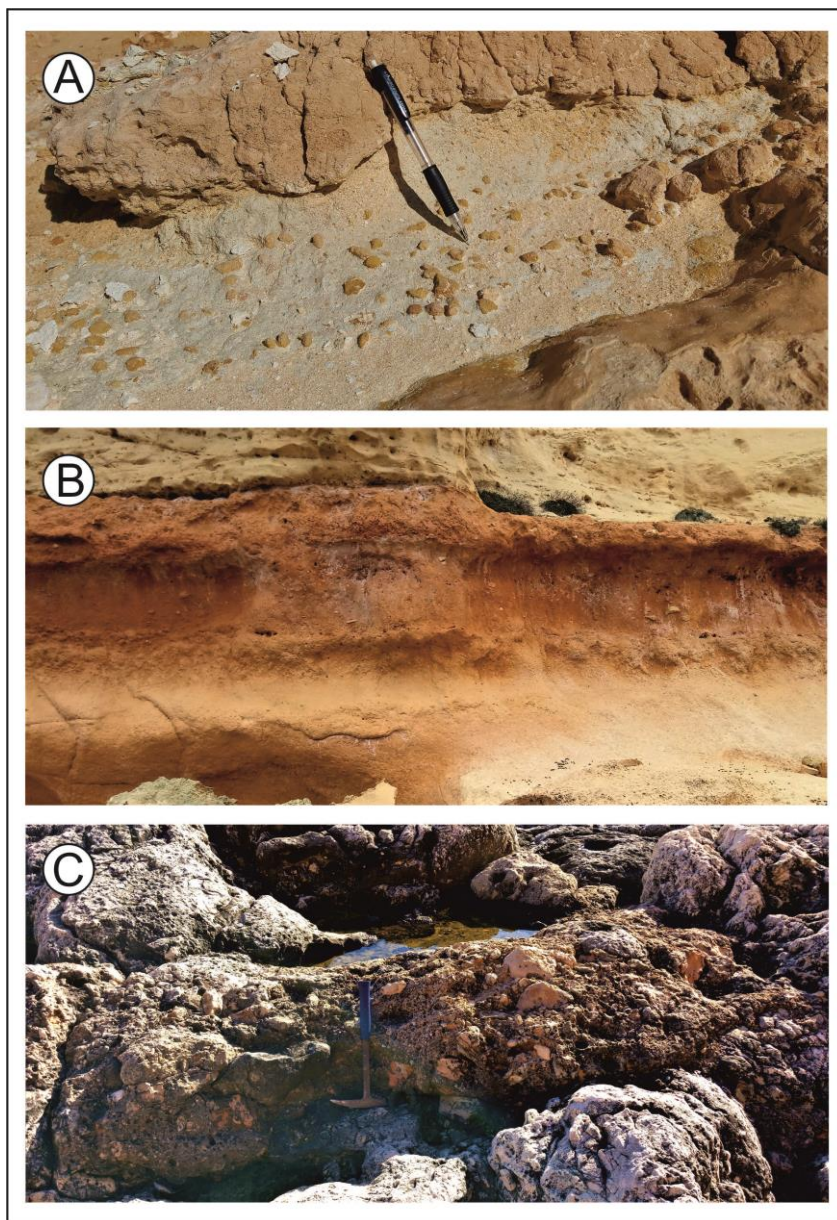


Fig. 7. **A:** Possible nivell de llacuna interdunar a la unitat PQ, al banc de s'Oli. **B:** Nivells inferiors de la unitat PQ, a la punta des Catiús, 300 metres al nord-oest. **C:** Base d'un depòsit de vessant de la unitat Q amb fauna marina, al morro d'en Feliu.

Fig. 7. **A:** Possible intertidal lagoon level in the PQ Unit at Banc de s'Oli. **B:** Lower beds of the PQ Unit at Punta des Catiús 300 m NW. **C:** Base of a slope deposit in the Q Unit with marine fauna at Morro d'en Feliu.

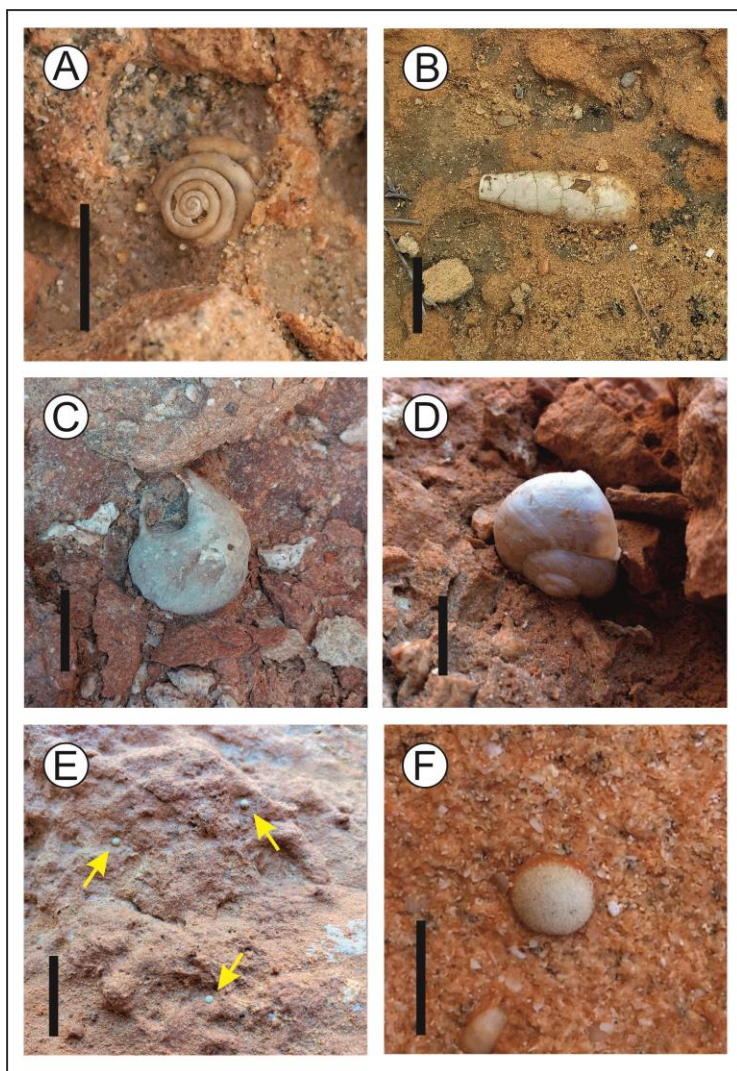


Fig. 8. Registre fòssil terrestre a la zona d'estudi. **A:** *Oestophora* sp., unitat PQ del banc de s'Oli (escala: 1 cm). **B:** *Rumina* gr. *decollata*, unitat PQ de la punta des Catiús, 300 m al nord-oest (escala: 2 cm). **C:** *Otalini* sp. 1, unitat PQ de la punta des Catiús, 300 m al nord-oest (escala: 2 cm). **D:** *Iberellus balearicus*, unitat Q des Molar (escala: 2 cm). **E:** *Rumina* gr. *decollata* (superfície amb tres ous, assenyalats amb fletxes grogues), unitat PQ de la punta des Catiús, 300 m al nord-oest (escala: 5 cm). **F:** *Rumina* cf. *decollata* (ou), unitat PQ de la punta des Catiús, 300 m al nord-oest (escala: 0,5 cm).

Fig. 8. Terrestrial fossil record of the study zone. **A:** *Oestophora* sp., PQ Unit at Banc de s'Oli (scale bar: 1 cm). **B:** *Rumina* gr. *decollata*, PQ Unit at Punta des Catiús 300 m NW (scale bar: 2cm). **C:** *Otalini* sp. 1, PQ Unit at Punta des Catiús, 300 m NW (scale bar: 2 cm). **D:** *Iberellus balearicus*, Q Unit at Es Molar (scale bar: 2 cm). **E:** *Rumina* gr. *decollata* (surface containing three eggs, marked with yellow arrows), PQ Unit at Punta des Catiús, 300 m NW (scale bar: 5 cm). **F:** *Rumina* cf. *decollata* (egg), PQ Unit at Punta des Catiús, 300 m NW (scale bar: 0,5 cm).

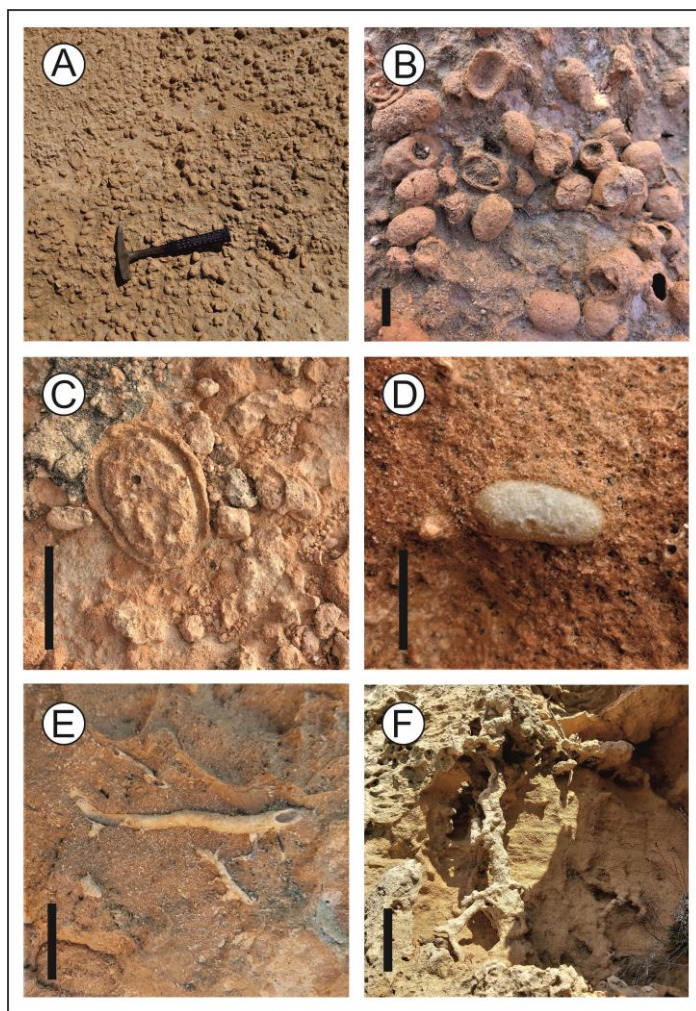


Fig. 9. Registre fòssil terrestre a la zona d'estudi (continuació). **A:** *Rebuffoichnus casamiquelai* (acumulació massiva d'ootèques), unitat PQ de la punta des Catius. **B:** *Rebuffoichnus casamiquelai* (detall d'un grup d'ootèques), unitat PQ de la punta des Catius (escala: 2 cm). **C:** aff. *Daimoniobarax* isp. associat a *Rebuffoichnus casamiquelai*, unitat PQ de la torre de Cala Figuera (escala: 5 cm). **D:** *Fictovichnus gobiensis*, unitat PQ del banc de s'Oli (escala: 2 cm). **E:** Rizocrecions, unitat PQ de la punta des Catius, 300 m al nord-oest (escala: 1 cm). **F:** Rizocrecions, unitat PQ de la punta des Catius (escala: 10 cm).

Fig. 9. Terrestrial fossil record of the study zone (continuation). **A:** *Rebuffoichnus casamiquelai* (massive accumulation of oothecae), PQ Unit at Punta des Catius. **B:** *Rebuffoichnus casamiquelai* (close view of an oothecae group), PQ Unit at Punta des Catius (scale bar: 2 cm). **C:** aff. *Daimoniobarax* isp. associated to *Rebuffoichnus casamiquelai*, PQ Unit at Torre de Cala Figuera (scale bar: 5 cm). **D:** *Fictovichnus gobiensis*, PQ Unit at Banc de s'Oli (scale bar: 2 cm). **E:** Rhizocretions, PQ Unit at Punta des Catius, 300 m NW (scale bar: 1 cm). **F:** Rhizocretions, PQ Unit at Punta des Catius (scale bar: 10 cm).

ment esborrada per la bioturbació de rels o invertebrats. Els límits entre les unitats solen esser irregulars i, o bé es troben afectats per nombroses traces de rels, o hi ha petits intervals (30 cm) de bretxes llimoses amb crostes carbonatades (Fig. 4C). Excepcionalment, s'han observat petits lletions d'argiles verd-blanquinoses (Fig. 7A) amb rels carbonitzades i molt ben ramificades. En les unitats calcarenítiques amb més contingut d'argila s'hi troben còdols angulosos de fins a 15 cm de mida màxima, aïllats dins la matriu, que poden estar sense cap orientació preferent o en posició de màxima estabilitat formant horitzons (Fig. 7B). També hi ha abundància de diferents espècies de caragols terrestres (*Helicinae* sp., *Iberellus* cf. *colladoi*, *Oestophora* sp., *Otalini* sp. 1, *Otalini* sp. 2, *Rumina* gr. *decollata* (Linnaeus, 1758), *Tudorella* sp., i cf. *Xerocrassa* sp.; Fig. 8A-F), formant una associació variable segons la unitat concreta. Finalment, tant les unitats més argiloses com el sostre de les calcarenites poden estar afectats de manera més o manco intensa per la icnofàcies de *Celliforma*, amb els icnotàxons *Rebuffoichnus casamiquelai* (cambres de pupació de coleòpters, excepcionalment abundants en alguns nivells), *Celliforma* isp. i *Fictovichnus gobiensis* Johnston et al., 1996 (cambres de pupació de vespes), i aff. *Daimoniobarax* isp. (formiguers) (Fig. 9A-F). De forma residual, s'han observat fòssils de troncs. Tot aquest conjunt d'unitats s'interpreta com els depòsits d'un sistema dunar i els seus sub-ambients, amb dunes eòliques més o manco afectades per processos de formació de sòls i alterats per insectes, i fins i tot petites llacunes efímeres interdunars. En períodes més humits hi havia una major deposició de sediment fi, i també de còdols més grossos segurament per mitjà de processos puntuals de fluxos densos de sediment (*debris flows*).

Q (Unitat Palma).- Depòsits normalment caòtics, puntualment estratificats a favor dels desnivells costaners, formats normalment per clasts angulosos que poden arribar a esser de mida mètrica, amb matriu llimosa. Per norma general, són clast-suportats i tenen una continuïtat lateral molt variable. Es troben adossats als penya-segats, podent ocupar ocasionalment tota l'extensió del talús. A nivell paleontològic, destaquen per la presència de caragols terrestres (*Iberellus balearicus* (Rossmässler, 1838), i *Tudorella ferruginea* (Lamarck, 1822)), eventualment molt abundants, si bé a les àrees topogràficament més baixes s'hi observen restes de mol·luscs marins (Figs. 7C, 10A-B) (vegeu Rosselló i Cuerda, 1973; Vicens, 2015, per informació estesa). Localment, també poden presentar calcarenites ben seleccionades amb estratificació encreuada en solc. En la zona estudiada, aquesta unitat correspon a dipòsits de vessant desenvolupats durant el Plistocè superior, amb àrees d'interferència marina a les cotes més baixes i també dunes eòliques. A causa de la seva heterogeneïtat i del fet que cobreixen parcialment totes les unitats prèvies, la unitat Q no s'ha representat a les columnes estratigràfiques, si bé a la descripció dels jaciments se'n fa menció quan hi ha qualche tret destacable (vegeu discussió).

Jaciments

Es Molar.- Situat a la rodalia del far de cala Figuera, és el jaciment més oriental del conjunt estudiat. Les unitats del Miocè hi semblen absents i a les unitats plio-quadernàries no s'hi han documentat tàxons marins, havent-hi entre els elements continentals alguns pulmonats (destacant *Otalini* sp. 1), així com ootèques d'insectes (*Rebuffoichnus casamiquelai*), corresponents a la unitat PQ. Tota la seqüència plio-

quaternària es presenta molt coberta pels dipòsits de vessant de la unitat Q, on s'han observat pulmonats com *Iberellus balearicus* (Fig. 8D) i *Tudorella ferruginea*, essent aquesta darrera puntualment molt abundant. De les mateixes fàcies existeixen escasses restes de mol·luscs marins molt fragmentades, tals com *Bolma rugosa* (Linnaeus, 1767).

Torre de cala Figuera.- Situat davall l'antiga torre de defensa homònima, aquest jaciment és el més oriental on hi ha una representació de la seqüència del Mio-plio-quaternari, tret comú a la resta d'afloraments estudiats. Els fòssils identificats més antics corresponen a la unitat P, representats per escasses *Patella ulyssiponensis* Gmelin, 1791. Per damunt les fàcies marines es disposa la unitat PQ, amb un nivell d'acumulació massiva de *Rebuffoichnus casamiquelai* a la base, associats a alguns aff. *Daimoniobarax* isp. (Fig. 9C), gasteròpodes pulmonats (*Otalini* sp. 1, i *Tudorella* sp.) i rizocrecions diverses. A un

nivell lleugerament superior, a més dels tàxons esmentats, també s'hi observa *Rumina* gr. *decollata* com a element dominant. Aquests dos intervals estratigràfics són, de fet, una constant en quasi totes les zones estudiades.

Banc de s'Oli.- Jaciment situat a uns 200 m a l'oest del descrit prèviament. El seu registre fòssil es pot documentar des de la unitat M1, amb *Clypeaster* cf. *campanulatus*, *Pecten* sp., i rodofícies (rodòlits). Sobre aquesta, la unitat P conté una fauna amb certa diversitat, entre la que s'han identificat diversos mol·luscs (destacant *Persististrombus coronatus* i *Patella* spp.) (Fig. 6C), així com dents de peixos espàrids. A la base de la unitat PQ, de nou, s'hi observen acumulacions massives de *Rebuffoichnus casamiquelai* i esporàdics *Fictovichnus gobiensis* (Fig. 9D), juntament amb pulmonats (*Otalini* sp. 1, *Otalini* sp. 2, i *Tudorella* sp.). Tampoc no hi manquen els nivells superiors dominats per *Rumina* gr. *decollata*.

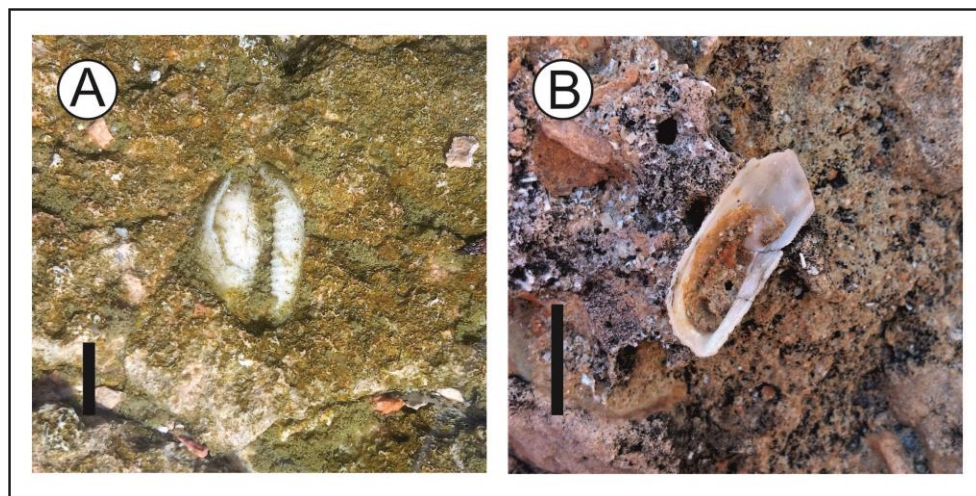


Fig. 10. Registre fòssil marí a la zona d'estudi (continuació). **A:** *Naria spurca*, unitat Q del morro d'en Feliu (escala: 1 cm). **B:** *Arca noae*, unitat Q del morro d'en Feliu (escala: 2 cm).

Fig. 10. Marine fossil record of the study zone (continuation). **A:** *Naria spurca*, Q Unit at Morro d'en Feliu (scale bar: 1 cm). **B:** *Arca noae*, Q Unit at Morro d'en Feliu (scale bar: 2 cm).

Punta des Catius.- Jaciment situat a uns 700 m a l'oest de l'anterior localitat. La unitat M1 en aquesta zona és de difícil observació, ja que correspon majoritàriament a la paret vertical dels penya-segats. A sobre, s'hi situa la unitat P, millor exposada. Aquesta presenta una variada fauna de mol·luscs marins (destacant-hi *Saccostrea virleti* (Deshayes, 1835) i *Patella* spp.) i escasses dents d'osteïctis (Fig. 6D). La unitat PQ, novament, presenta a la base acumulacions massives de *Rebuffoichnus casamiquelai*, essent aquesta localitat, a criteri dels autors del present estudi, on millor exposició i preservació tenen (Fig. 9A, B). Associats a les ooteques, novament, s'hi troben pulmonats (*Otalini* sp. 1, *Otalini* sp. 2, i *Tudorella* sp.) (Fig. 8C), així com *Rumina* gr. *decollata* en un nivell superior (Fig. 8B).

Punta d'es Catius, 300 m al nord-oest.- Localitat sense topònim propi, separada de l'anterior per una zona de penya-segats verticals. La unitat M1, novament, té una exposició molt limitada. Sobre aquesta hi ha la unitat P, amb els típics elements que la componen en altres afloraments de la zona.

No obstant això, al sostre dels materials marins s'hi desenvolupen paleosòls que donen depòsits de fauna mixta on es poden observar, entre d'altres, closques de *Persististrombus coronatus* associades a elements continentals com *Rebuffoichnus casamiquelai* i caragols pulmonats (*Otalini* sp. 2). Com ja s'ha esmentat prèviament, a la base de la unitat PQ hi ha acumulacions massives d'ooteques, dominades per *Rebuffoichnus casamiquelai* associats a eventuais *Fictovichnus gobiensis* i aff. *Daimoniobarax* isp. El nivell amb *Rumina* gr. *decollata*, emperò, presenta en aquest jaciment la particularitat d'una associació de closques d'aquest pulmonat i els seus ous calcaris, puntualment abundants (Fig. 8E, F). Excepcionalment, s'ha observat la pre-

sència de troncs en posició de vida.

Entre la punta des Catius i el morro d'en Feliu.- Localitat sense topònim, delimitada als seus marges laterals per potents dipòsits de vessant de la unitat Q. Es tracta de l'aflorament més oriental on hi ha presència de les unitats miocenes superiors (M2 i M4), depositades sobre la unitat M1. Aquesta darrera presenta a la zona bioconstruccions coral·lines (*Porites* sp.) associades a mol·luscs, destacant-hi *Persististrombus coronatus*. La unitat M2 té un registre fòssil escàs, amb eventuais *Pecten benedictus* (Fig. 3D), mentre que la unitat M4 no presenta aparentment registre, amb l'excepció de rizocrecions. Aquest conjunt miocè es troba basculat i afectat per falles normals a les unitats M1 i M2, conformant un paleorelleu sobre el qual se situa la unitat M4, ocupant un pronunciat paleocanal (Fig. 11). Totes aquestes formacions presenten erosió a sostre, resultant en una discordança angular de baix grau sobre la qual es deposita la unitat P. Aquesta presenta a la zona un remarcable registre fòssil, amb més d'una seixantena d'espècies observades que inclouen nombrosos mol·luscs (amb *Persististrombus coronatus*, *Glycymeris bimaculata* (Poli, 1795) i *Loripes orbiculatus* Poli, 1795 com a elements dominants, dels quals els dos primers tenen una inusitada abundància) (Figs. 3E, 6B). De forma secundària, també s'hi han observat altres restes, com dents d'osteïctis, selacis, fragments d'ossos de mamífers, crustacis i briozous, a més d'alguns icnofòssils. Aquest conjunt pot ésser estudiat tant *in situ* com als nombrosos blocs despresos de l'aflorament. En alguns d'aquests es poden observar estructures de corrent (laminació encreuada planar). La unitat PQ, situada a sobre, no permet una observació detallada per estar situada en un penya-segat vertical, si bé els blocs dispersos de la mateixa contenen els elements

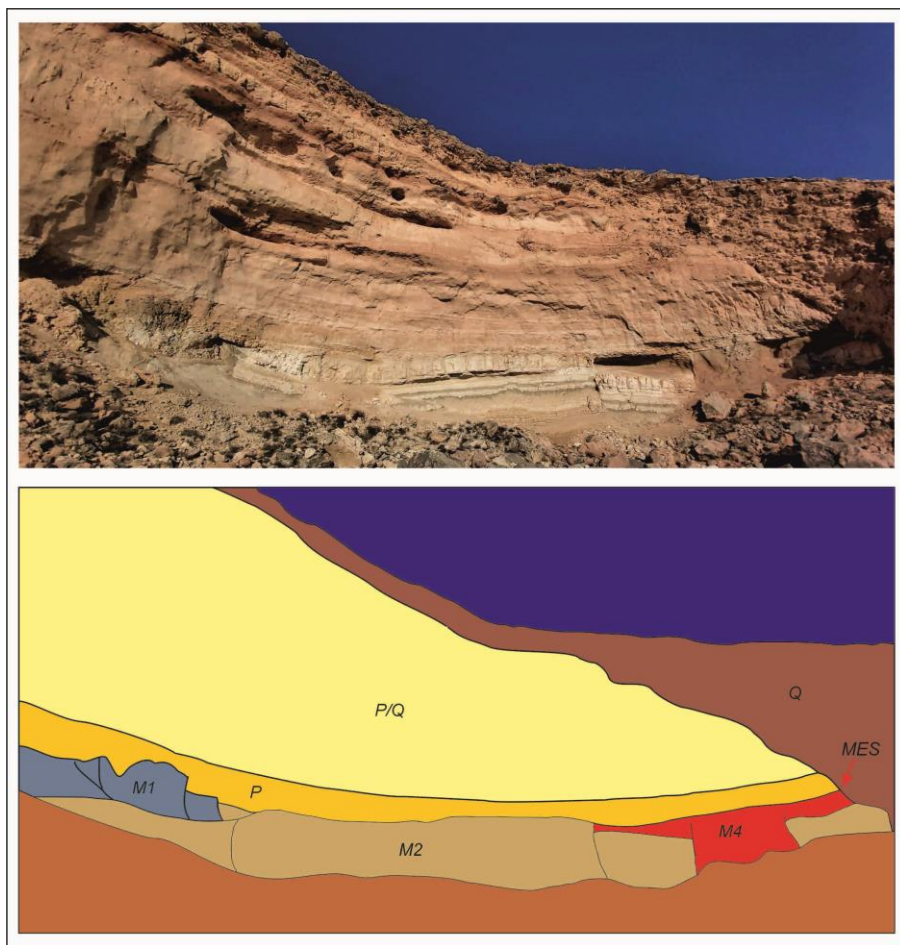


Fig. 11. Vista panoràmica del jaciment entre punta des Catiús i morro d'en Feliu (dalt) i esquema de la disposició estratigràfica i estructural dels seus materials (baix). La fletxa vermella indica la MES.

Fig. 11. Panoramic view between Punta des Catiús and Morro d'en Feliu (above) and simplified line drawing of the stratigraphic and structural arrangement of the materials (below). The red arrow indicates the MES.

principals ja mencionats als anteriors jaciments: acumulacions de *Rebuffoichnus casamiquelai* i diversos pulmonats.

Morro d'en Feliu. És el més oriental dels dos afloraments ja documentats prèviament a la bibliografia (Morey i Ripoll, 2009; Mas i Ripoll, 2010; Mas, 2015; Morey 2020). Si bé les unitats M1, M2 i M4 hi són representades, la fauna observada és molt escassa. La unitat P és depositada en

discordança angular de baix grau com en el cas previ, havent-hi al sector més occidental un contacte directe amb la unitat M1. Aquesta conté certa varietat de mol·luscs, estant localment molt bioturbada per rels. El més destacable del jaciment és el que va motivar la seva publicació inicial: les acumulacions massives d'oòteques, presents a la unitat PQ. Aquestes es poden observar, sobretot, a grans blocs despresos dels

talussos presents a la zona i es conformen quasi exclusivament per *Rebuffoichnus casamiquelai*, entre els quals hi ha pulmonats. A la mateixa unitat i de forma excepcional s'han observat restes de troncs. Concernent la unitat Q, s'ha de destacar que aquest aflorament presenta de forma discontinua materials amb presència de fauna marina diversa que inclou diversos tàxons molt poc citats al Plistocè superior balear, com *Naria spurca* (Linnaeus, 1758) (Fig. 10A), associats a espècies més comunes, com *Arca noae* Linnaeus, 1758 (Fig. 10B). Aquests es troben de forma discontinua directament sobre la unitat M1, a una plataforma d'abradió marina local, a una alçada d'entre 3 i 4 m sobre el nivell de la mar actual. Part d'aquest conjunt sembla correspondre amb un jaciment assenyalat a Morey i Ripoll (2009).

Banc d'Eivissa.- Amb notable diferència, aquest és el jaciment de la zona d'estudi més recurrentment publicat (Muntaner, 1957; Solé-Sabarís, 1962; Rosselló i Cuerda, 1973; Butzer, 1975; Cuerda, 1975; Pomar i Cuerda, 1979; Hearty, 1987; González-Hernández *et al.*, 2000; Morey i Ripoll, 2009; Morey, 2013, 2020, 2021; Vicens, 2015; Mas, 2015; Juárez-Ruiz i Mas, 2022). Es troba a la punta del promontori homònim i presenta dues àrees d'observació: el mateix banc d'Eivissa i la zona més extrema d'aquest, anomenada es Caramull, on la seqüència post-miocena es troba desmantellada i reduïda a una concentració de grans blocs, els causants del topònim. El seu registre fòssil és patent ja a la unitat M1, la qual conté bioconstruccions coral·lines dels gèneres *Porites* i *Tarbellastrea* (Mas, 2015), així com mol·luscs, destacant-hi *Persististrombus coronatus*, entre altres elements de difícil determinació. A sobre de la unitat existeix una superfície erosiva amb signes de carstificació, sobre la qual es disposa

localment un nivell ferruginitzat (Mas, 2015). En contacte discordant, es depositen els materials de la unitat M2, essent aquesta la localitat on presenta un registre fòssil més divers, consistent majoritàriament en acumulacions de bivalves ostreïds i pectínids de l'espècie *Pecten benedictus* (Fig. 3C). Amb una discontinuïtat, afloren a sobre els materials margocalcaris de la unitat M3, essent aquest aflorament un dels pocs que mostra la transició entre les dues unitats esmentades (Mas, 2015). No obstant això, el seu registre fòssil és escàs a l'aflorament. A sobre de la unitat M3 i damunt la superfície erosiva comuna a tota la zona d'estudi, s'hi troba la unitat P (l'M4 no té representació a l'àrea), la qual presenta una diversa fauna de mol·luscs (Rosselló i Cuerda, 1973; Mas, 2015; Juárez-Ruiz i Mas, 2022), d'entre els que destaquen *Persististrombus coronatus* i *Callista italica*. En associació, també hi ha altres elements, com restes de peixos ossis (Mas, 2015). Seguidament i de forma concordant, existeix un extens aflorament de la unitat PQ. En aquesta, si bé també s'hi troben els elements típics ja esmentats prèviament, sembla ésser que no hi ha tanta abundància relativa de *Rebuffoichnus casamiquelai*, havent-hi, això sí, profusió de pulmonats en diversos nivells. Per finalitzar, la unitat Q té presència, sobretot, al sector occidental del jaciment, i és conformada per dipòsits de vessant que a la seva base presenten restes de mol·luscs marins (Rosselló i Cuerda, 1973).

Discussió i conclusions

Inferències cronostatigràfiques, paleoambientals i paleobiològiques

La unitat M1 (Fig. 12) és la que conforma la base de totes les seqüències estratigràfiques observades, llevat de la sèrie des Molar. A la zona d'estudi, aquesta

presenta els elements comuns de la Unitat d'Esculls, tals com coralls i mol·luscs, així com una estratigrafia i litologia típiques (Esteban, 1979, 1996). En conseqüència, a la zona del banc d'Eivissa aquesta unitat ja havia estat interpretada dins el context de desenvolupament dels esculls coral·lins tropicals del Tortonià superior-Messinià inferior, amb presència de les àrees de talús, front i llacuna interna (Mas, 2015). A sobre d'aquesta, dins el gruix d'afloaments i sondatges al depocentre i límits de la conca de Palma, es presenta la primera de les dues discontinuïtats estratigràfiques desenvolupades durant la Crisi de Salinitat del Messinià, a moments de baixada extrema del nivell marí o *lowstand* (Mas i Fornós, 2012; Mas, 2015). Si bé aquest hiatus és present també a la zona d'estudi, al jaciment del banc d'Eivissa es constata cert registre estratigràfic 'intra-discontinuu' amb la presència d'un nivell ferruginitzat associat a paleocol·lapses càrstics (Mas, 2015). Materials similars també afluïren al morro d'en Feliu. Malgrat que el seu estudi detallat, encara pendent, excedeix els objectius d'aquest article, sí que es pot aventurar, amb les dades disponibles, un context potencialment interessant pel que fa a l'estudi de la Crisi de Salinitat del Messinià en medis continentals.

La unitat M2 (Fig. 12), que sols aflora a la part occidental de l'àrea d'estudi, pertany formalment a la Unitat Bonanova, conformada per seqüències regressives detrítiques de llims, margues i conglomerats. Aquests tenen origen en un sistema al·luvial desenvolupat com a resultat d'una baixada del nivell de la mar durant l'inici de la Crisi de Salinitat del Messinià (Mas, 2015). La unitat M2 té una particular bona exposició al banc d'Eivissa, tenint a la seva base una patent abundància de bivalves ostreïds i pectínids, generalment

preservats com a valves aïllades, que representen un ambient local infralitoral situat a la rodalia de les plataformes emergides, rebent d'aquestes les aportacions detrítiques que caracteritzen la unitat.

La unitat M3 (Fig. 12) sols està representada al banc d'Eivissa. El seu registre fòssil prèviament documentat es redueix a escassos ostràcodes (Mas, 2015). El seu context estratigràfic, conformat majoritàriament per nivells carbonatats, fa que es pugui adscriure al Complex Carbonàtic Terminal (Unitat Santanyí), que marca un *highstand* del nivell marí durant la Crisi de Salinitat, que erosionà el sostre de la Unitat Bonanova abans de la deposició d'aquesta unitat.

La unitat M4 (Fig. 12) sols està representada entre la punta des Catiu i el morro d'en Feliu, i en el mateix morro d'en Feliu. En aquesta darrera localitat es documenta un registre fòssil lacunar, amb rizocrecions, girogonits de caròfits i pèl·lets fecals (Mas, 2015). Malgrat que la seva posició estratigràfica indiqui una relació amb l'interval *lagomare* (que marca l'etapa final de la Crisi de Salinitat), l'aparent absència de fauna paratetiana no permet d'establir en detall una correlació cronostatigràfica amb aquest (Mas, 2015). Addicionalment, durant la realització d'aquest estudi s'ha constatat als dos jaciments citats la presència de paleosòls formats per argiles rogenques amb rizocrecions que corresponen a les àrees marginals de les llacunes. Pel seu context estratigràfic i paleoambiental, aquesta unitat s'inclou dins la Formació Ses Olles. No obstant això, les fàcies representades que evidencien, en part, un context terrigen, es poden considerar atípiques per a aquesta Formació. En aquest sentit, en aparença, sols hi ha un paral·lelisme amb la zona d'estudi, el de la seqüència de la pedrera des Monjos

ÈPOCA	PIS	EDAT (Ma)	Intervals representats	Unitats locals	Equivalents formals	Ambient local representat
Holocè						
Plistocè		0,01		Q	Unitat Palma	Vessants costaners
Pliocè	Piacenzià	2,58		PQ	Unitat Palma	Dunes i paleosòls
		3,60		P	Unitat St. Jordi	Platges
	Zanclià					
Miocè (part)	Messinià	5,33		M4 M3 M2	Formació Ses Olles Unitat Santanyi-CCT Unitat Bonanova	llacunes i paleosòls llacunes litorals Fons infralitoral
		7,24		M1	Unitat d'Esculls	Esculls coral·lins
	Tortonià					

Fig. 12. Categorització de les diferents unitats estratigràfiques analitzades en aquest estudi segons la seva distribució cronològica, equivalències formals i principals ambients representats a la zona d'estudi.

Fig. 12. Characterization of the different stratigraphic units considered in this work by their chronological distribution, formal equivalences and main environments represented in the study area.

(Porreres), la qual conté també paleosòls en una seqüència d'argiles roges i verdes (Mas, 2010a; 2015). En aquest cas, a sobre d'aquests i sobre una superfície erosiva local sí que té lloc la deposició de les típiques fàcies *lagomare*, el que suggereix que els paleosòls de la unitat *M4* serien lleugerament anteriors a aquest interval. Pel fet d'esser un cas similar a l'esmentat pel sobre de la unitat *M1*, estimam que una anàlisi detallada d'aquesta unitat podria esser potencialment interessant per a l'estudi de la Crisi de Salinitat del Messinià en un context continental, en aquest cas de la seva fase final.

El conjunt d'unitats del Miocè esmentades està afectat per un seguit de falles normals, que localment les fan bascular. Aquesta activitat tectònica distensiva post-alpina ha estat extensament estudiada a altres indrets de Mallorca, tals com la costa de Llevant (p. ex., Robledo,

2005), havent-hi també una menció dins la zona d'estudi, al morro d'en Feliu (Mas i Ripoll, 2010). A l'aflorament entre la punta des Catus i el morro d'en Feliu, s'ha observat que l'activació de part de les falles és anterior a la deposició de la unitat *M4*, ja que el paleocanal esmentat prèviament (vegeu 'Unitats geològiques') es desenvolupa sobre un paleorelleu negatiu donat per un petit graben local que afecta la unitat *M3* i unitats anteriors. En qualsevol cas, tots els materials i estructures geològiques miocenes es tallen a sobre per la superfície erosiva del Messinià final (*Messinian Erosive Surface* o *MES*: Mas, 2015), sobre la qual s'inicia la deposició de la sèrie estratigràfica post-miocena, formant diferents tipus de discontinuïtats segons la zona.

La unitat *P* (Fig. 12) és la que presenta el registre fòssil més divers de les documentades a la zona d'estudi, en

especial a l'àrea entre la punta des Catius i el morro d'en Feliu (vegeu la Taula 1). La fauna observada, majoritàriament mol·luscs litorals, és de caràcter subtropical i correspon a l'inici del Piacenzià, al Pliocè superior (Juárez-Ruiz i Mas, 2022). Addicionalment, la fauna icnològica de la unitat *P* és anàloga a la documentada en altres dipòsits del Pliocè mitjà i superior de la conca de Palma, així com al banc d'Eivissa (Mas, 2015), representada generalment per tàxons subtropicals de plataforma litoral, amb profusió d'espècies malacòfagues (Mas, 2000; 2010b; 2015). En alguns afloraments (entre la punta des Catius i el morro d'en Feliu, i al banc d'Eivissa) existeixen zones de grans blocs dispersos de calcarenites que representen seqüències estratigràfiques expandides respecte els nivells *in situ*, situats als penya-segats. Aquestes, que presenten estructures de corrent al banc d'Eivissa, representen a la base àrees amb major influència marina: *nearshore* i *shoreface* (Mas, 2015). Una sedimentologia similar es pot observar entre la punta des Catius i el morro d'en Feliu, el que denota la presència a la zona de grans extensions d'arenas infralitorals modelades pels règims marítics. Incideix en aquesta interpretació l'abundància local de mol·luscs de fons arenós (*Persististrombus*, *Glycymeris*, *Callista* i *Loripes*; Cuerda, 1975, 1987) (Figs. 3E, 6B, C). Contràriament, a les zones on la unitat *P* té manco potència (generalment els límits laterals), els tàxons dominants són de fons rocallós (*Patella* spp.) (Fig. 6A). Paral·lelament, és destacable la presència de nombrosos clasts de materials miocens, amb majors concentracions i mides als conglomerats situats just damunt la superfície erosiva a la base d'aquesta unitat, el que evidencia el medi energètic característic de l'inici de la deposició de la unitat. En conjunt, el litoral Pliocè de la

zona d'estudi (Fig. 13) estaria conformat per extenses àrees arenoses flanquejades per zones de roca on aflorarien directament els materials de les unitats *M*, progressivament erosionats. Addicionalment, l'abundància de valves superiors rodades de *Saccostrea* (tàxon típic de manglars i llacunes costaneres que viu fixat al substrat: Martín-González *et al.*, 2001), entre la punta des Catius i el morro d'en Feliu, evidencia un transport tafonòmic eventualment energètic i perllongat, probablement produït des de la zona del morro d'en Feliu. Al nord-est del morro d'en Feliu, la unitat *P* està localment molt bioturbada per rels i composta d'un sediment clar més fi, amb presència de valves inferiors d'aquest bivalve (Fig. 3F), les que normalment romanen fixes al substrat després de la mort dels individus. Així doncs, aquest litoral Pliocè podria estar format localment per una llacuna vegetada amb baixa salinitat. Reforça aquesta interpretació la gran abundància relativa a aquestes àrees de *Persististrombus coronatus*, el descendent del qual (*Persististrombus latus*) és típic de zones somes de fons arenós i fangós amb aportacions nutricionals d'aigües fluvials (Cuerda, 1987). D'altra banda, la gran profusió de *Persististrombus coronatus* bioerosionats per esponges clonoides (productores de l'icnogènere *Entobia*) a la seva cara dorsal (Fig. 6C), denota un règim d'aigües somes i ben il·luminades, on les closques romandrien semienterrades en la posició de màxima estabilitat durant temps relativament perllongats, per després ésser transportades en episodis energètics (cf. Matamales-Andreu *et al.*, 2017).

La unitat *PQ* (Fig. 12) correspon a un sistema dunar amb zones on creixia la vegetació vegetació i s'hi desenvolupaven sòls. En aquests, amb un contingut més elevat de sediment fi, és on es concentren

Taula 1. Llistat de tàxons observats a cadascuna de les unitats estudiades i jaciments. **EM:** Es Molar. **TCF:** Torre de cala Figuera. **BO:** Banc de s'Oli. **PC:** Punta des Catiús. **PC, 300 m NO:** Punta des Catiús, 300 metres al nord-oest. **PC-MF:** Entre la punta des Catiús i el morro d'en Feliu. **MF:** Morro d'en Feliu. **BE:** Banc d'Eivissa.

Table 1. List of the taxa observed at each studied stratigraphic units and sites. **EM:** Es Molar. **TCF:** Torre de cala Figuera. **BO:** Banc de s'Oli. **PC:** Punta des Catiús. **PC, 300 m NW:** Punta des Catiús, 300 m NW. **PC-MF:** Between Punta des Catiús and Morro d'en Feliu. **MF:** Morro d'en Feliu. **BE:** Banc d'Eivissa.

UNITAT	TÀXON	E	TC	B	P	PC, 300 m NO	PC-MF	M	B
M1	Rodophyta indet.		x	x			x	x	x
	Porites sp.						x		x
	Tarbellastrea sp.								x
	Elphidium sp.							x	
	Ammonia sp.							x	
	Cibicides sp.							x	
	Milionidae indet.							x	
	Aurila sp.							x	
	Bryozoa indet.							x	
	Echinoidea indet.							x	
	Clypeaster cf. campanulatus			x					
	Pecten sp.			x				x	
	Lima lima						x		
	Persististrombus coronatus						x		x
	Labrodon sp.							x	
M2	Ammonia sp.								x
	Cyprideis sp.							x	
	Elphidium sp.							x	x
	Darwinula sp.								x
	Echinoidea indet.								x
	Crassostrea gryphoides (Schlotheim,								x
	Ostrea edulis Linnaeus, 1758								x
	Neopycnodonte navicularis (Poli, 1795)							x	x
	Anomia ephippium Linnaeus, 1758								x
	Pecten benedictus Lamarck, 1819						x		x
	Gastropoda indet.								x
	Osteychthyes indet.								x
M3	Cyprideis sp.							x	
M4	Cyprideis sp.							x	
	Charophyta indet.								
	Pèl·lets fecals							x	
	Arca noae Linnaeus, 1758						x		
P	Barbatia polymorphoides (Mayer, 1758)						x		
	Glycymeris bimaculata (Poli, 1795)						x		
	Glycymeris pilosa (Linnaeus, 1767)						x		
	Glycymeris nummaria (Linnaeus, 1758)			x			x		
	Glycymeris sp.							x	x
	Loripes orbiculatus Poli, 1791						x		
	Donax sp.								x
	Donacilla cornea (Poli, 1795)						x		
	Tellina planata Linnaeus, 1758						x		
	Callista italica (Defrance, 1818)						x	x	x
	Callista pedemontana (Lamarck, 1818)						x		
	Pelecypora brocchii (Deshayes, 1836)						x		
	cf. Pelecypora sp.						x		
	Glossus humanus (Linnaeus, 1758)						x		x
	Ostrea edulis Linnaeus, 1758						x		
	Saccostrea virleti (Deshayes, 1835)			x	x	x	x	x	x
	Pseudochama gryphina (Lamarck, 1819)						x		

	<i>Spondylus gaederopus</i> (Linnaeus, 1758)						X		X
	<i>Spondylus</i> cf. <i>crassica</i> Lamarck, 1819								X
	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Brugière, 1789)			X			X		
	<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi, 1836)						X		
	<i>Cardita calyculata</i> (Linnaeus, 1758)						X		
	<i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758)						X		
	<i>Chlamys multistriata</i> (Poli, 1795)						X		
	<i>Septifer pliolitus</i> Sacco, 1898						X		
	<i>Lithophaga lithophaga</i> (Linnaeus, 1758)						X		
	<i>Petricola lithophaga</i> (Retzius, 1788)						X		
	<i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758						X		
	<i>Patella depressa</i> Pennant, 1777						X		
	<i>Patella ulyssiponensis</i> Gmelin, 1791		X	X			X		
	<i>Patella ambroggii</i> Lecointre, 1952			X			X	X	X
	<i>Heteroninella bertarelli</i> (Andreoli et Marsigli, 1997)					X	X		
	<i>Architectonica</i> sp.						X		
	<i>Terebra postneglecta</i> Sacco, 1891						X		
	<i>Cerithium</i> sp.					X	X		
	<i>Persististrombus coronatus</i> DeFrance,			X	X	X	X	X	X
	<i>Conus mercati</i> Brocchi, 1814						X	X	X
	<i>Conus subtextile</i> Orbigny, 1852						X		
	<i>Conus</i> cf. <i>ventricosus</i> Gmelin, 1791					X	X		
	<i>Conus globoponderosus</i> Sacco, 1893						X		
	<i>Conus laeviponderosus</i> Sacco, 1893			X			X		
	<i>Neritina zatinii</i> Bertarelli et Inzani, 1985			X		X	X	X	
	<i>Cypraeicassis cypraeiformis</i> (Stutchbury, 1837)					X	X		
	<i>Hexaplex trunculus conglobatus</i> (Michelotti, 1841)						X		X
	<i>Spinucella cancellata</i> (Bellardi, 1882)						X		
	<i>Nassarius gibbosulus</i> (Linnaeus, 1758)						X		
	<i>Erato elongata</i> (Seguenza, 1880)						X		
	<i>Petalocochus glomeratus</i> (Linnaeus, 1758)			X					
	<i>Entobia</i> isp.			X	X		X		X
	<i>Gastrochaenolites</i> isp.			X	X		X	X	X
	<i>Caulostrepsis</i> isp.						X		
	<i>Pentapora fascialis</i> (Pallas, 1766)						X	X	
	<i>Tesseropora</i> sp.						X	X	
	<i>Diplodus</i> cf. <i>vulgaris</i> (Forster, 1801)								X
	<i>Labrodon</i> cf. <i>pavimentatus</i> Gervais, 1857								X
	<i>Sparus cinctus</i> Walbaum, 1792			X	X		X		
	<i>Sparidae</i> indet.						X		X
	<i>Pagrus caeruleosticus</i> (Valenciennes, 1830)						X		
	<i>Odontaspis taurus</i> (Rafinesque, 1810)						X		
	<i>Carcharinus egertoni</i> (Agassiz, 1843)						X		
	<i>Mammalia</i> indet.		?				X		
	<i>Iberellus</i> cf. <i>colladoi</i> Juárez-Ruiz et Altaba, 2022						X		
	<i>Otalini</i> sp. 1					X			
	<i>Rebuffoichnus casamiquelai</i> Roselli, 1987			X		X			
PQ	<i>Plantae</i> indet.						X		
	<i>Plantae</i> indet. (rizocrecions)	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Cerithium</i> sp.					X			
	<i>Iberellus</i> cf. <i>colladoi</i> Juárez-Ruiz et Altaba, 2022				X				
	<i>Eobania vermiculata</i> (Müller, 1774)						X		X
	<i>Otalini</i> sp. 1		X	X	X	X		X	
	<i>Otalini</i> sp. 2		X	X	X	X		X	
	cf. <i>Xerocrassa</i> sp.	X				X			X
	<i>Oestophora</i> sp.			X		X			
	<i>Rumina</i> gr. <i>decollata</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X		X	X
	<i>Tudorella</i> sp.	X	X	X	X	X		X	X
	<i>Rebuffoichnus casamiquelai</i> Roselli, 1987	X	X	X	X	X		X	X
	<i>Celliforma</i> isp.						X		
	<i>Fictovichnus gobiensis</i> Johnston et al., 1996			X			X		

	aff. <i>Daimoniobarax</i> isp.	x			x		x		
Q	<i>Arca noae</i> Linnaeus, 1758								
	<i>Barbatia barbata</i> (Linnaeus, 1758)							x	x
	<i>Spondylus gaederopus</i> Linnaeus, 1758							x	x
	<i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758)							x	
	<i>Cardita calyculata</i> (Linnaeus, 1758)							x	
	<i>Ostrea stentina</i> Payraudeau, 1826							x	
	<i>Patella caerulea</i> Linnaeus, 1758							x	
	<i>Patella rustica</i> Linnaeus, 1758							x	
	<i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758)							x	x
	<i>Stramonita haemastoma</i> Linnaeus, 1758							x	
	<i>Cabestana cutacea</i> (Linnaeus, 1767)							x	
	<i>Columbella rustica</i> (Linnaeus, 1758)							x	x
	<i>Mitrella scripta</i> (Linnaeus, 1758)							x	
	<i>Euthria cornea</i> (Linnaeus, 1758)								x
	<i>Thylacodes arenarius</i> (Linnaeus, 1767)							x	
	<i>Cerithium vulgatum</i> Bruguière, 1792								x
	<i>Cerithium lividulum</i> Risso, 1826							x	
	<i>Conus ventricosus</i> Gmelin, 1791							x	
	<i>Bolma rugosa</i> (Linnaeus, 1767)	x						x	
	<i>Semicassis undulata</i> (Gmelin, 1791)							x	
	<i>Naria spurca</i> (Linnaeus, 1758)							x	
	<i>Littorina neritoides</i> (Linnaeus, 1758)								x
	<i>Bulla striata</i> Bruguière, 1792							x	
	<i>Cladocora caespitosa</i> (Linnaeus, 1758)							x	x
	<i>Iberellus balearicus</i> (Ziegler, 1853)	x						x	
	<i>Iberellus</i> sp.							x	
	<i>Tudorella ferruginea</i> (Lamarck, 1822)	x					x		

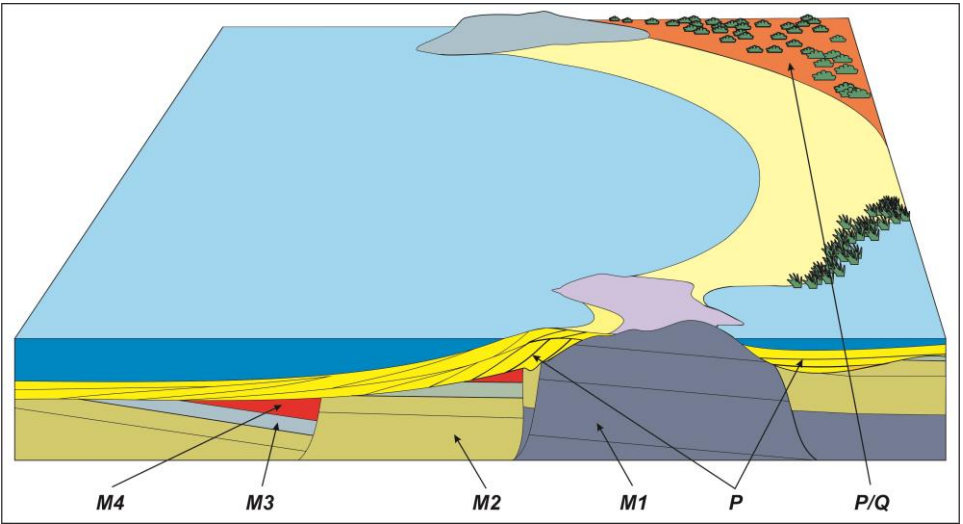


Fig. 13. Esquema sintètic paleoambiental, geoestructural i estratigràfic de la costa pliocena a la zona d'estudi.

Fig. 13. Palaeoenvironmental and geostructural synthetic diagram of the Pliocene coastline at the study area.

els fòssils. En destaquen diferents components de la icnofàcies de *Celliforma*, que en nivells concrets poden esser extraordinàriament abundants i en contacte estret l'un amb l'altre. Una icnoassociació molt semblant s'ha descrit recentment de nivells més moderns de les Pitiüses (Del Valle *et al.*, 2020), que ha permès d'interpretar-hi un medi poc vegetat amb unes condicions puntuals d'elevada precipitació i temperatura però amb poc aportament sedimentari, en què els insectes bioturbaven intensament el substrat durant diferents generacions. L'estudi de les traces fòssils permet de conèixer la comunitat d'insectes que habitava la regió, consistint en, entre d'altres, escarabats, vespes solitàries i formigues (cf. Genise, 2017; cf. Mas, 2013). A més, juntament amb els icnofòssils, s'han observat riques associacions de caragols terrestres, que poden esser variables segons el nivell. En termes generals, hi ha una sèrie de components distribuïts de manera més o manco homogènia (*Otalini* sp. 1, *Otalini* sp. 2, i *Tudorella* sp.), mentre que d'altres són més restringits, com *Oestophora* sp. (Fig. 8A) als nivells amb abundància d'ooteques de la part inferior de la seqüència, o *Rumina* cf. *decollata* (Fig. 8B, E, F) a un interval concret situat lleugerament part damunt el nivell d'ooteques anteriorment esmentat. Les implicacions paleoambientals d'aquesta distribució encara no són del tot clares. Les unitats més arenoses s'atasquen i varien lateralment de manera molt significativa, corresponent a dunes eòliques que s'anaven depositant alternadament damunt altres dunes o paleosòls. Generalment, totes es troben molt intensament afectades per bioturbació de rels, i al seu sostre hi sol haver una certa concentració de *Rebuffoichnus casami-quelai* i, rarament, caragols terrestres. L'edat de totes aquestes subunitats és molt

mala de precisar, podent afirmar que la seva base correspon al Piacenzià inferior (Pliocè superior) gràcies a la fauna marina que conté (Juárez-Ruiz i Mas, 2022). La part mitjana i superior, però, no conté aparentment cap espècie indicadora o cap altre tret que permeti de formular cap hipòtesi sobre la seva edat. L'associació de gasteròpodes terrestres present fins als nivells més alts, clarament diferent de les associacions típiques del Plistocè superior mallorquí (cf. Vicens, 2015), suggereix que la totalitat de les seqüències observades de la unitat PQ són anteriors a aquest interval.

La unitat Q (Fig. 12), descrita per primera vegada a un dipòsit amb fauna marina situat al banc d'Eivissa (Rosselló i Cuerda, 1973), és la que conté el registre fòssil més modern de tot el complex. Els autors esmentats el situen dins el Plistocè superior, a tres intervals diferenciats situats entre 2,5 i 6,8 m sobre el nivell marí. Aquests són interpretats com a escotadures d'abrasió, que denotarien diferents moments d'estabilitat marina entre el sub-estadis isotòpics marins (MIS) 5e i 5a, del darrer període interglacial. No obstant això, el jaciment paleontològic més representatiu d'aquesta unitat, el del morro d'en Feliu, que se situa aproximadament entre 3 i 4 m sobre el nivell de la mar actual, té trets tafonòmics propis de dipòsits d'alta energia: alta fragmentació dels mol·luscs i/o escassa o nul·la evidència de rodament (Martín-González *et al.*, 2001; Juárez i Matamales-Andreu, 2016). Aquests, també observats al banc d'Eivissa, evidencien que l'origen dels dipòsits marins a la zona es deu a temporals marítims i no a moments d'estabilitat marina perllongada, com es dona a entendre a Rosselló i Cuerda (1973). La irrellevant altura del jaciment a l'hora de datar-lo, juntament amb l'aparent absència de tàxons termòfils (indicatius en aquest context del MIS 5e) no permet de fer gaire

precisions sobre l'edat dels jaciments marins a la zona. En tot cas, el caràcter temperat dels tàxons representats suggereix unes temperatures marines similars a les actuals, així que de forma temptativa situam aquests dipòsits dins el MIS 5a.

Menció a part mereix la presència d'*Iberellus balearicus* dins aquesta unitat (Fig. 8D), a zones fora de la influència marina i dins el jaciment des Molar. Aquest endemisme de la serra de Tramuntana actualment es concentra a zones calcàries poc degradades (Pons i Palmer, 1996) essent un tàxon molt residual al registre fòssil del Plistocè del sud de la Serra, on hi abunda l'espècie germana *Iberellus companyonii* (vegeu Vicens, 2015). Considerant que l'ambient actual representat a la zona d'estudi és més sec que l'hàbitat típic d'*Iberellus balearicus*, sense presència d'aquest, es pot suggerir que la unitat Q es va depositar en un ambient més humit que l'actual. En aquest sentit, donat que l'alta pluviometria és un dels principals desencadenants de desprendiments de talussos (González-Díez *et al.*, 1996), el gran volum de bretxes de vessant de la unitat Q, indicar també un règim pluviomètric superior a l'actual.

Conclusions

El present estudi ha permès la caracterització del complex de jaciments paleontològics situats entre cala Figuera i el banc d'Eivissa, conformat per dos jaciments prèviament coneguts i sis localitats fins ara inèdites. S'han identificat i descrit les set diferents unitats geològiques que els conformen, compreses entre el Tortonà superior fins al Plistocè superior. Aquestes representen diversos tipus d'ambients, d'esculls coral·lins fins a platges, dunes i dipòsits de vessant.

Contenen una gran diversitat de fòssils, especialment pel que fa a associacions de mol·luscs del Pliocè superior i Plistocè superior marins, i Plio-quadernari continental. Nombrosos tàxons fòssils es documenten en el registre balear per primera vegada en el present estudi. També hi ha una gran abundància de traces fòssils d'insectes continentals que s'han identificat com a pertanyents a la icnofàcies de *Celliforma*, caracteritzada per primera vegada a l'illa, que ha permès d'extreure consideracions sobre el paleoambient. Addicionalment, s'han pogut identificar fàcies terrígenes probablement corresponents als dos *lowstands* de la Crisi de Salinitat del Messinià, essent materials poc coneguts avui dia a l'illa de Mallorca, per la qual cosa tenen un interès potencial per a futures investigacions. A nivell estratigràfic i geostructural, s'ha pogut documentar l'heterogeneïtat de la MES, que presenta diversos tipus de contactes estratigràfics, així com les diverses falles post-alpines del Messinià que afectaren a les diferents unitats miocenes, part de les quals es consideren sintectòniques. A més, s'ha pogut situar l'origen del registre continental del Plio-quadernari local (representat a la zona d'estudi per la unitat P/Q) al Piacenzià inferior (Pliocè superior). Amb tot, aquest article dóna a conèixer aquest important indret de Tramuntana, establint les bases per a futurs estudis més detallats de la seva estratigrafia, paleontologia i cronologia.

Referències

- Butzer, K.W. 1975. Pleistocene littoral sedimentary cycles of the Mediterranean Basin: A Mallorquin view. In: Butzer, K.W. i Isaac, G. (eds.). *After the Australopithecines*. The Hague: 25-71.
- Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Inst. Est. Bal. Palma. 304 pp.

- Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Palma, Caja de Baleares "Sa Nostra". 420 pp.
- Del Valle, L., Genise, J.F., Pons, G.X., Pomar, F., Vicens, D. i Fornós, J.J. 2020. Insect trace fossils in Pleistocene deposits from the Pityusic Islands (Balearic Archipelago, Western Mediterranean): Ichnotaxonomy and palaeoenvironmental significance. *Quaternary International*, 553: 83-93.
- Escandell, B. i Colom, G. 1962. *Instituto Geológico Minero de España. Mapa Geológico de España. Escala 1:50000. Explicación de las hojas núms. 722 y 723. Cala Figuera (Mallorca)*. Madrid, Impr.-Lit. Coullaut. 57 pp.
- Esteban, M. 1979. Significance of the upper Miocene coral reefs of the Western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 29: 169-188.
- Esteban, M. 1996. An overview of Miocene reefs from Mediterranean areas: general trends and facies models. In: Franseen, E.K.; Esteban, M.; Ward, W.C. i Rouchy, J.M. (eds.). *Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions*. Concepts in Sedimentology and Paleontology Series, 5. SEPM, Tulsa, Oklahoma, USA: 3-53.
- Genise, J.F. 2017. *Ichnoentomology: Insect Traces in Soils and Paleosols*. Topics in Geobiology, 37. Springer. 659 pp.
- González-Díez, A., Salas, L., Díaz de Terán, J.R. i Cendrero A. 1996. Late Quaternary climate changes and mass movement frequency and magnitude in the Cantabrian region Spain. *Geomorphology*, 15: 291-309.
- González-Hernández, F. M.; Mörner, N. A.; Goy, J. L., Zazo, C. i Silva, P. G. 2000. Resultados paleomagnéticos de los depósitos Plio-Pleistocenos de la cuenca de Palma (Mallorca, España). *Estudios Geológicos*, 56: 163-173.
- Harzhauser, M., Kronenberg, G. 2008. A Note on *Strombus coronatus* Defrance, 1827 and *Strombus coronatus* Roding, 1798 (Mollusca: Gastropoda). *The Veliger*, 50 (2): 1-9.
- Hearty, P.J. 1987. New data on the Pleistocene of Mallorca. *Quaternary Science Reviews*, 6: 245-257.
- Jenkyns, H.C., Sellwood B.W. i Pomar, L. 1990. *A field excursion guide to the Island of Mallorca*. Geologists Association Guide. 93 pp.
- Juárez, J. i Matamales-Andreu, R. 2016. Tàxons inèdits o poc coneguts per al Pleistocè superior litoral de Mallorca (Illes Balears, Mediterrani occidental) i consideracions sobre alguns jaciments. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 59: 39-67.
- Juárez-Ruiz, J. i Mas, G. 2022. Els dipòsits litorals atribuïts històricament al Pliocè-Plistocè inferior de Mallorca (Illes Balears, Mediterrani occidental): revisió, biocronologia de mol·luscs i implicacions paleogeogràfiques. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 65: 237-257.
- Martín-González, E., Castillo, C., Gutiérrez-González, M. i Aguirre, J. 2001. Estudio paleoambiental de los depósitos litorales someros del Plioceno inferior de Fuerteventura (Islas Canarias). *Revista Española de Paleontología*, nº extraordinario: 47-57.
- Mas, G. 2000. Ictiofauna del Pliocè mitja-superior de la conca sedimentària de Palma (Illes Balears, Mediterrània Occidental). Implicacions paleoambientals. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 43: 39-61.
- Mas, G. 2010a. La pedrera des Monjos: 4 milions d'anys d'història geològica de Mallorca i la Mediterrània. De la crisi de salinitat messiniana a les platges i dunes del Pliocè-Quaternari. In: Ajuntament de Porreres (ed.). *Actes de les III Jornades d'Estudis Locals*. Patrimoni de Porreres, 12. Ajuntament de Porreres, Porreres: 51-60.
- Mas, G. 2010b. Ictiofauna del Pliocè del barranc de sa Talaia (Mallorca, Illes Balears, Mediterrània Occidental). Implicacions paleoambientals. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 53: 43-70.
- Mas, G. 2013. Primera cita d'icnofòssils atribuïbles a formigues (Hymenoptera, Formicidae) a paleosòls del Plistocè de Mallorca. *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*: 56-58.

- Mas, G. 2015. *El registre estratigràfic del Messinià terminal i del Pliocè a l'illa de Mallorca. Relacions amb la crisi de salinitat de la Mediterrània*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears. 534 pp.
- Mas, G. i Fornós, J.J. 2012. La Crisis de Salinidad del Messiniense en la cuenca sedimentaria de Palma (Mallorca, Islas Baleares). *Geogaceta*, 52: 57-60.
- Mas, G. i Ripoll, J. 2010. Cambres de pupació d'insectes coleòpters del Pliocè-Pleistocè inferior de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). Significació paleoambiental i cronoestratigràfica. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 53: 91-106.
- Matamales-Andreu, R.; Juárez, J. i Martinell, J. 2017. Estructures de macrobioerosió en *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791). *Nemus*, 7: 19-29.
- Morey, B. 2013. Aportacions al registre estratigràfic i paleoambiental del Pliocè i Quadernari del Banc d'Eivissa. In: Pons, G. X.; Ginard, A. i Vicens, D. (eds.). *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*. Societat d'Història Natural de les Balears, 77-80.
- Morey, B. 2020. *El patrimoni paleontològic de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració, propostes de gestió i conservació*. Tesi doctoral, Universitat de les Illes Balears. 2 vol., 641 i 413 pp., 1 annex.
- Morey, B. 2021. El Pliocè marí de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània Occidental): proposta estratigràfica i paleoambiental. In: Pons, G.X.; Vicens, D. i Del Valle, L. (eds.). *La Història Natural de les Balears i Andreu Muntaner Darder*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 33: 213-239.
- Morey, B. i Ripoll, J. 2009. *El Patrimoni Paleontològic de Calvià (Mallorca, Balears)*. Catalogació, caracterització valoració. *Propostes de gestió i conservació*. 253pp.
- Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias en la Bahía de Palma. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 1: 36-48.
- Pomar, L. i Cuerda, J. 1979. Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca. *Acta Geológica Hispánica*, 14: 505-513.
- Pomar, L., Marzo, M. i Barón, A. 1983. El Terciario de Mallorca. In: Pomar, L.; Obrador, A.; Fornós, J.J. i Rodríguez-Perea, A. (eds.). *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca)*. Guía de las excursiones. X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca 1983. Grupo Español de Sedimentología: 21-44.
- Pons, G. X. i Palmer, M. 1996. *Fauna endèmica de les Illes Balears*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 5: 307 pp.
- Robledo, P. A. 2005. *Los Paleocolapsos kársticos en las plataformas carbonatadas del Mioceno Superior de Mallorca. Análisis geográfico, genético y evolutivo*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears. 366 pp.
- Rosselló, V.M. i Cuerda, J. 1973. Notas sobre el Plioceno i Cuaternario del Banc d'Eivissa (Mallorca). *Cuadernos de Geografía*, 13: 5-13.
- Servera-Nicolau, J., Del Valle, L., Vicens, D. i Pons, G.X. 2022. El registre estratigràfic del fini-Messinià i del Plioquadernari de la plataforma Pòrtol-Sa Cabaneta (Illes Balears, Mediterrani occidental): evolució geomorfològica, estratigràfica i dades paleontològiques. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 65: 331-347.
- Solé Sabarís, L. 1962. Le Quaternaire marin des Balears et ses rapports avec les côtes méditerranéennes de la Péninsule Iberique. *Quaternaria*, 6: 309-342.
- Vicens, D. 2010. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quadernaris a la zona Nord-oriental de Mallorca (Badia de Pollença i Badia d'Alcúdia)*. Memòria d'investigació, 337 pp. Universitat de les Illes Balears. Inèdit.
- Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quadernaris a l'illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània Occidental)*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears. 985 pp.
- Vicens, D., Pons, G.X. i del Valle, L. 2021. Moluscos continentals previs a la colonització humana presents en las colecciones de la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). In: Vicens, M.À. i Pons, G.X. (Eds.). *Avances en*

Arqueomalacología. Nuevos conocimientos sobre las sociedades pasadas y su entorno natural gracias a los moluscos. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 32: 169-196.

WoRMS, 2023. <https://www.marinespecies.org> (consultat el 28/10/2023).