

PALEOECOSISTEMES DEL PERMIÀ I EL TRIÀSIC CONTINENTAL DE MALLORCA (ILLES BALEARS, MEDITERRÀNIA OCCIDENTAL): SÍNTESI I PERSPECTIVES FUTURES

Rafel Matamales-Andreu ^{1,2}, Oriol Oms ³ i Josep Fortuny ¹

¹ Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, Carrer de les Columnes s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès (Catalunya)

² Museu Balear de Ciències Naturals, Carretera Palma-Port de Sóller Km. 30, 07100, Sóller (Illes Balears)

³ Departament de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona, Avinguda de l'eix Central s/n, Campus de la UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès (Catalunya)

Resum: El present article ofereix una revisió exhaustiva de tots els antecedents bibliogràfics sobre el permí i el triàsic de Mallorca en fàcies continentals, sintetitzant les dades més importants pel que fa a la geologia, paleontologia i datacions. Així, es destriuen tres unitats litostratigràfiques del permí inferior–mitjà i quatre del triàsic inferior(?)–mitjà, amb un abundant registre fòssil que representa uns rics ecosistemes a la vorera de grans rius, situats a una paleolatitud equatorial amb un clima tropical. Aquesta publicació pretén servir de base per a futurs estudis sobre aquest tema, ressaltant la potencial gran importància del registre mallorquí en l'àmbit mundial per entendre com era la Terra fa més de 240 milions d'anys.

Paraules clau: permí, triàsic, estratigrafia, paleontologia, Mallorca.

Abstract: The present paper offers an exhaustive review of all the previous works on the continental Permian and Triassic of Mallorca, synthesising all the relevant data regarding their geology, palaeontology and age attributions. This makes it possible to recognise three lithostratigraphic units for the lower–middle Permian and four for the Lower(?)–Middle Triassic, with an abundant fossil record representing rich ecosystems on the banks of large rivers, located in an equatorial palaeolatitude and under a tropical climate. This work aims to serve as a basis for future studies to be built on, highlighting the potentially great international importance of the Mallorcan record to understand how the Earth looked like more than 240 million years ago.

Keywords: Permian, Triassic, stratigraphy, palaeontology, Mallorca.

Introducció

El permí i el triàsic (Fig. 1) són dos períodes geològics clau en la història de la vida a la Terra, separats per l'extinció massiva més grossa que hi ha haguda mai (fa $251,902 \pm 0,024$ milions d'anys), que va fer desaparèixer més del 90% de les espècies marines i terrestres del món (ROMANO *et al.*, 2020, i referències que s'hi esmenten). En aquell temps, quasi tots els continents estaven confegits en una única massa de terra anomenada Pangea, que tenia un gran golf en el seu marge oriental ocupat per l'oceà de Tetis (Fig. 1). Durant el permí, els ecosistemes tenien una complexitat comparable a l'actual, i hi ha autors que el consideren la “primera edat dels mamífers”, per mor que els sinàpsids eren els vertebrats dominants a la majoria de regions del món (*e.g.*, BENTON, 2008). Després del gran cataclisme, els ecosistemes es torbaren molts de milions d'anys a recuperar-se, i quan ho feren, en el triàsic mitjà, les faunes de vertebrats terrestres dominants ja havien estat substituïdes per representants del grup dels “rèptils”, amb llinatges que evolucionarien cap als dinosaures (*e.g.*, BENTON, 2008; ROMANO *et al.*, 2020).

A la península Ibèrica, excloent les conques pirinenques, les seqüències continentals del permí i del triàsic corresponen als dipòsits de grans rius que fluïen cap al sud–est, dins conques de *semirift* que s'obriren en la mateixa direcció (LÓPEZ-GÓMEZ *et al.*, 2019). Aquestes conques s'enfonsaren com a resultat del relaxament de l'orogen varisc a partir del carbonífer superior, sumat a una diferència de rotació de les dues meitats de Pangea que va provocar una zona de megacisalla a la regió occidental del

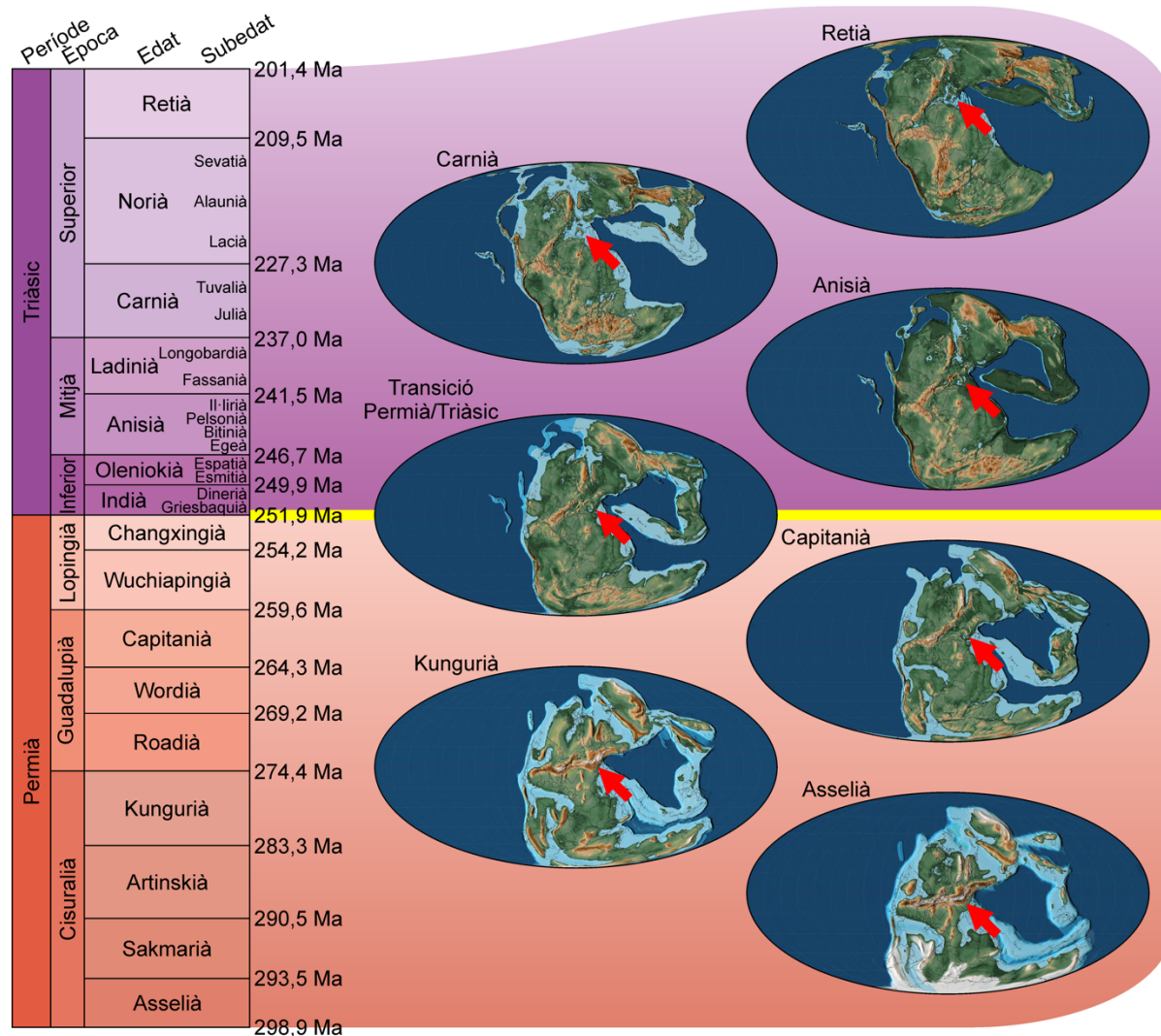


Fig. 1. Taula cronostratigràfica del permian i del triàsic (modificada de COHEN *et al.*, 2013, amb datacions actualitzades a partir de HENDERSON *et al.*, 2020, i OGG *et al.*, 2020) amb la nomenclatura que s'emprarà en aquest article, i mapes paleogeogràfics (extrets de SCOTSE, 2014a, 2014b, amb permís de l'autor) amb fletxes vermelles que indiquen la paleoposició aproximada de Mallorca. Ma = milions d'anys.

peri-Tetis (McCANN *et al.*, 2006; LÓPEZ-GÓMEZ *et al.*, 2019). A la majoria de conques ibèriques s'hi han reconegut entre dos i tres intervals principals de sedimentació continental, que coincideixen amb moments de reactivació tectònica devers el permian inferior, el permian superior i el triàsic inferior-mitjà (LÓPEZ-GÓMEZ *et al.*, 2019). Durant tot aquest temps, la zona d'Ibèria era pràcticament a l'equador de Pangea (Fig. 1) i el seu clima era tropical, més o manco àrid (*e.g.*, ROSCHER *et al.*, 2011). Correlacionant les seqüències de diferents afloraments del triàsic i observant-hi tendències comunes, BORRUEL-ABADÍA *et al.* (2015) varen concloure que el clima era un dels factors principals que determinava el paleoambient deposicional. Mentre que les unitats més inferiors eren dominades per sediments eòlics, indicadors d'un clima molt àrid, les unitats més superiors tenien associacions típicament fluvials, que juntament amb un registre fòssil més ric (i altres criteris) indicaven uns climes més humits (BORRUEL-ABADÍA *et al.*, 2015).

Per paga, les correlacions tornen més males de fer quan hom vol considerar l'extrem més distal d'aquells sistemes, és a dir, les Balears. Tan sols es poden trobar roques del permian i triàsic continental a les Gimnèsies, i a on afloren més extensament és al sector de Tramuntana de Menorca. Allà s'hi reconegueren tres unitats del permian i tres més del triàsic inferior-mitjà (GÓMEZ-GRAS, 1987, 1992, 1993; ROSELL *et al.*, 1988, 1989a, 1989b; LINOL *et al.*, 2009) amb un contingut fòssil molt escàs, que no

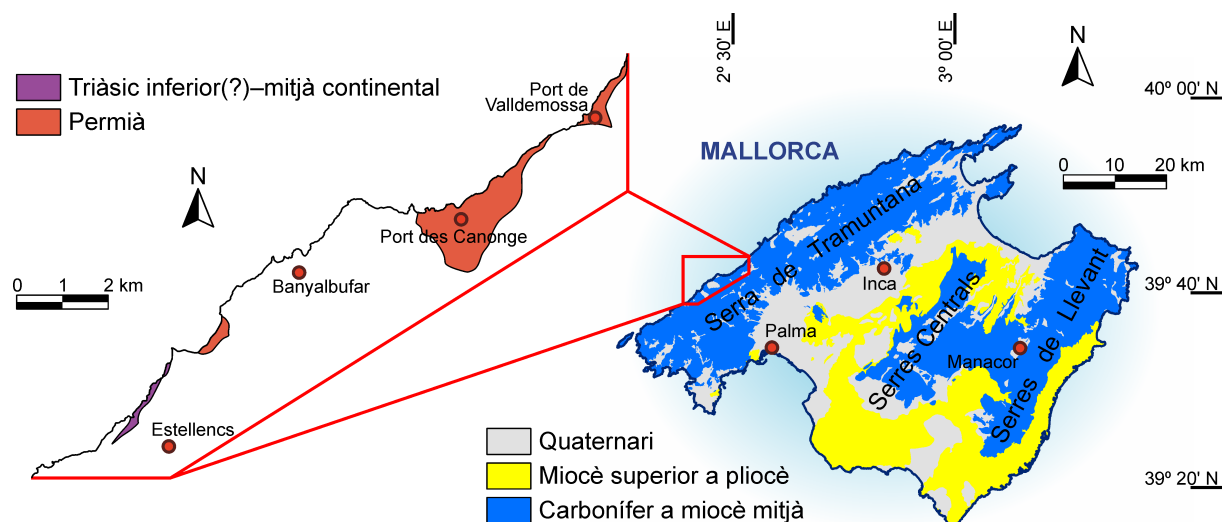


Fig. 2. Mapa geològic simplificat de Mallorca amb una ampliació de la zona del vessant nord-occidental de la serra de Tramuntana on hi aflora el permià i el triàsic inferior(?)–mitjà continental.

va permetre datar la majoria d'unitats amb seguretat. Tan sols es va datar la unitat més superior del permià ('P3'), mitjançant esporomorfs i palinomorfs, dins l'interval wordià–changxingià (permià mitjà–superior) (BERCOVICI *et al.*, 2009). D'aquesta unitat en destaquen també les restes vegetals relativament ben conservades (BERCOVICI *et al.*, 2009) i els ossos de vertebrats, alguns de mida molt grossa (PRETUS & OBRADOR, 1987; CARMONA, 2004), que recentment s'han estudiat en detall (MATAMALES-ANDREU *et al.*, 2021d).

D'altra banda, a l'illa de Mallorca, els afloraments del permià i del triàsic inferior(?)–mitjà que representen paleoambients continentals es troben restringits a una partida de localitats a vorera de mar en el vessant nord-oest de la serra de Tramuntana, en els municipis d'Estellencs, Banyalbufar i Valldemossa (Fig. 2). No obstant això, moltes d'elles són de difícil accés, per mor que tan sols s'hi pot arribar per la mar o fent servir cordes. Històricament, això ha fet que els estudis detallats fossin escassos i de vegades pobrament contextualitzats, afegint confusió tant a l'hora d'aclarir la seqüència estratigràfica general com a les datacions de les diferents unitats i fòssils. La present contribució pretén oferir una revisió crítica de tots els antecedents del permià i triàsic continental de Mallorca, endegant i sintetitzant el coneixement sobre aquestes edats que es té actualment.

Unitats litostratigràfiques i paleoambients que representen

A final del segle XIX i durant la primera meitat del segle XX es varen publicar els primers estudis sobre la geologia del permià i triàsic continental de Mallorca. HERMITE (1879, 1888) va ser el primer autor que va reconèixer la presència de roques del triàsic prop de la cala d'Estellencs, i les va correlacionar amb la fàcies *Buntsandstein* (= 'gresos bigarrats') d'Europa central, proposant-los una edat triàsic inferior. Els autors posteriors, com NOLAN (1887, 1888), DARDER (1914) i FALLOT (1922), varen documentar unitats litològicament equivalents de gresos bigarrats i lutites a la costa sud-occidental de Banyalbufar, per devora el Port des Canonge i al Port de Valldemossa, emperò no varen proporcionar noves dades que aclarissin la seva estratigrafia o edat. No va esser fins més de tres dècades més tard, que CUEVAS-LÓPEZ (1958a, 1958b) va suggerir que per ventura sols una part dels gresos bigarrats eren del triàsic, essent la majoria d'ells del permià, correlacionant-los amb les fàcies *Rothliegende* (= 'vermell infrajacent'), *Zechstein* (= 'roca forta') i *Kupferschiefer* (= 'lutites amb coure') d'Europa central (Taula 1A–i B).

Taula 1A. Noms i equivalències entre les unitats del permian i triàsic continental de Mallorca.

CUEVAS-LÓPEZ (1958a, 1958b)	POMAR-GOMÀ (1979)	MARTÍ <i>et al.</i> (1985)	RAMOS <i>et al.</i> (1985), RAMOS & DOUBINGER (1989)	CALVET & MARZO <i>in</i> SANTANACH (1986)	CALAFAT (1986), CALAFAT <i>et al.</i> (1986–1987)	CALAFAT (1987)			
Fàcies <i>Muschelkalk</i> del triàsic mitjà									
Nivell V, sostre (100 m)	(no es va estudiar)	(no es va estudiar)	Lutites i Gresos de Son Serralta (65 m)	(no es va estudiar)	Unitat de trànsit (25 m)	“Formació” Lutites de Son Serralta (27 m)			
Nivell IV (40 m)					Unitat superior (100 m)	“Formació” Gresos i Lutites d’Estellencs (124 m)			
Nivell III (50–60 m)			Darrera secció lutítica (≈80 m)		Gresos de “Asá” [sic.] (140 m)	Lutites i Gresos de Son Serralta (120 m)	Unitat intermèdia (100 m)	“Formació” Gresos de la Pedra de s’Ase (150 m)	“Membre” Gresos de la Punta Roja (25 m)
Nivell V, base (30–40 m)						Gresos de la Pedra de s’Ase (100 m)			“Membre” Gresos de la Pedra de s’Ase (125 m)
Nivell III (50–60 m)	Gresos de colors clar (127 m)	Tram gresós	Gresos i Lutites del Port des Canonge (176 m)	Gresos i Lutites del Port d’es Canonge (260 m)	Unitat inferior (150–250 m)	“Formació” Gresos i Lutites del Racó de s’Algar (144 m)			
Nivell II (200 m)	Secció lutítica inferior (213 m)	Tram inferior pelític	Gresos i Lutites del Port des Canonge (176 m)	Gresos i Lutites del Port d’es Canonge (260 m)	Unitat basal (10 m)	“Formació” Gresos i Conglomerats del Bec de s’Àguila (25 m)			
Nivell I (800 m)	Bretxa poligènica								
Fàcies <i>Culm</i> del carbonífer									

La proposta de CUEVAS-LÓPEZ (1958a, 1958b) la varen seguir, en part, estudis posteriors com COLOM (1975), POMAR-GOMÀ (1979), OBRADOR (1983), MARTÍ *et al.* (1985), CALVET & MARZO *in* SANTANACH *et al.* (1986), RODRÍGUEZ-PEREA *et al.* (1987) i BARNOLAS (1991a, 1991b), acceptant que les unitats més inferiors podien pertànyer al permian, tot i que sense aportar noves dades pel que fa a la seva datació. No obstant això, alguns d’ells sí que varen presentar noves divisions preliminars en unitats litostratigràfiques (Taula 1A–B), però basades tan sols en la secció entre el racó de s’Algar i el port de sa pedra de s’Ase (Banyalbufar), on la seqüència que hi aflora no és completa. Paral·lelament, RAMOS *et al.* (1985) també varen intentar delimitar unitats litostratigràfiques (Taula 1A–B), però la gran consemblança litològica entre les unitats del permian i del triàsic va resultar en la correlació de litosomes d’edats diferents, limitant la utilitat de la proposta. BANDA *et al.* (1986) varen fer un estudi paleomagnètic preliminar, analitzant mostres de la cala d’Estellencs i del Port des Canonge, i varen concloure que les direccions de la magnetització romanent característica s’assemblaven a les de la fàcies *Buntsandstein* de Menorca i les serralades costaneres Catalanes. PARÉS *et al.* (1989, 1992a, 1992b) varen discutir aquests resultats amb una mica més de detall.

CALAFAT (1986, 1987, 1988) va dur a terme el primer estudi exhaustiu de l’estratigrafia i la sedimentologia d’aquestes unitats, distingint-n’hi cinc (Taula 1A–B). Segons aquest autor, la unitat més inferior, els ‘Gresos i Conglomerats del Bec de s’Àguila’, corresponia a dipòsits de rius entrunyellats (també coneguts com a ‘trenats’ o ‘braided’) efimers que s’estenien damunt la fàcies *Culm* (=‘carbó’) del carbonífer infrajacent (Fig. 3A–B). Segons Calafat (1988), la segona unitat, els ‘Gresos i Lutites del Racó de s’Algar’, havia estat dipositada per rius amb una morfologia intermèdia entre entrunyellat i meandriforme, que solcaven grans planes d’inundació (Fig. 3C–D). Tot seguit apareixia la tercera unitat, els ‘Gresos de la Pedra de s’Ase’, que es podia atribuir a la sedimentació en rius entrunyellats (Fig. 3E–

Taula 1B. Noms i equivalències entre les unitats del permia i triàsic continental de Mallorca (continuació).

RODRÍGUEZ-PEREA <i>et al.</i> (1987)	CALAFAT (1988), ÁLVAREZ-RAMIS <i>et al.</i> (1995), GRAUVOGEL-STAMM & ÁLVAREZ-RAMIS (1996), DIEZ (2000), JUÁREZ-RUIZ & WACHTLER (2015)	BARNOLAS (1991a, 1991b)	GÓMEZ-GRAS (1992, 1993)	RAMOS (1995), ARCHE <i>et al.</i> (2002), LÓPEZ-GÓMEZ <i>et al.</i> (2002, 2019), VERA <i>et al.</i> (2004), BOURQUIN <i>et al.</i> (2007, 2011), CASSINIS <i>et al.</i> (2012), JUNCAL (2019)	Nomenclatura del present treball	
Fàcies <i>Muschelkalk</i> del triàsic mitjà						
(no es va estudiar)	Unitat Lutites de Son Serralta (27 m)	(no es va estudiar)	Tram e) (160 m)	Pelites i gresos superiors	Lutites i Gresos de Son Serralta (65 m)	Unitat G
	Unitat Gresos i Lutites d'Estellencs (124 m)			Gresos intermedis		Unitat F
Tram pelític-gresós superior (≈80 m)		Sub-unitat Gresos de la Punta Roja (25 m)	Lutites vermelles i verdes (>20 m)	Tram d) (58 m)	Pelites i gresos inferiors	Gresos de "Asá" [sic.] (110 m)
	Sub-unitat Gresos de la Pedra de s'Ase (150 m)	Tram c) (135 m)				
Tram intermedi de gresos (127 m)	Unitat Gresos de la Pedra de s'Ase (125 m)	Gresos blancs i vermells (120 m)	Tram b) (110 m)	Tram a) (403 m)	Gresos i Lutites del Port des Canonge (160 m)	Unitat C
Tram gresós-pelític inferior (213 m)	Unitat Gresos i Lutites del Racó de s'Algar (144 m)	Lutites vermelles (>100 m)	(no es va estudiar)			Unitat B
Tram basal conglomeràtic-gresós (<20 m)	Unitat Gresos i Conglomerats del Bec de s'Àguila (25 m)				Unitat A	
Fàcies <i>Culm</i> del carbonífer						

F), i la seva subunitat superior, els 'Gresos de la Punta Roja', de rius entrunyellats que remobilitzaven sediments eòlics (Fig. 4A–B). Per damunt hi havia la quarta unitat, els 'Gresos i Lutites d'Estellencs', que presentaven un terme inferior corresponent a planes d'inundació i un de superior de dipòsits de rius entrunyellats (Fig. 4C–F). Finalment, la unitat més superior, les 'Lutites de Son Serralta', va esser interpretada com una plana d'inundació vora la mar (Fig. 4G–H).

Poc temps després d'aquests estudis, GÓMEZ-GRAS (1992, 1993) va publicar una nova investigació que incloïa la reinterpretació de la geologia del permia i el triàsic continental de Mallorca, distingint-hi també cinc unitats litostratigràfiques informals (Taula 1A–B), considerant una partida d'afloraments que CALAFAT (1988) no havia estudiat per mor de la seva mala accessibilitat. Específicament, el seu 'Tram A' corresponia a les dues unitats més inferiors de CALAFAT (1988), que foren reinterpretades com a dipòsits de rius meandriformes (Fig. 3A–D). Els trams B, C i D equivalien a la tercera unitat de CALAFAT (1988): el 'Tram B' presentava una interpretació difícil, amb possibles trets mareals (Fig. 3E–F); el 'Tram C' corresponia a dipòsits de canals meandriformes o anastomosats, també amb influència mareal (Fig. 3E–F); i el 'Tram D' (subunitat 'Punta Roja' de CALAFAT, 1988) representava rius entrunyellats que funcionaven durant una fase tectònicament activa (Fig. 4A–B). El 'Tram E', el més superior, es dividia en tres subtrams: els dos més inferiors equivalien a la quarta unitat de CALAFAT (1988) i es varen interpretar com dipòsits de rius meandriformes durant períodes de major i menor subsidència, respectivament (Fig. 4C–F), mentre que el subtram més superior corresponia a la cinquena unitat de CALAFAT (1988), dipositat a una plana mareal mixta (Fig. 4G–H). Mitjançant l'estudi petrològic dels gresos de cadascun dels trams, GÓMEZ-GRAS (1992, 1993) va concloure que el 'Tram A', el 'Tram B' i el 'Tram C' s'assemblaven notablement entre ells, mentre que el 'Tram D' era el que tenia la maduresa composicional i textural més elevada, possiblement perquè remobilitzava dipòsits anteriors. Finalment,

el 'Tram E' era clarament diferent dels anteriors pel que fa a la seva composició. Això, juntament amb les datacions que s'havien fetes fins a aquell moment, li va permetre suggerir que el 'Tram A', el 'Tram B' i el 'Tram C' podrien ésser del permia i el 'Tram D' i el 'Tram E' del triàsic. Basant-se en la consemblança de les sèries mallorquines amb les d'altres localitats de la península Ibèrica, aquest autor va proposar que la conca on es varen dipositar aquests materials era la mateixa que aflora a les serralades Ibèriques.

El darrer estudi detallat que es va publicar sobre l'estratigrafia i la sedimentologia dels afloraments del permia i el triàsic continental de Mallorca va ser el de RAMOS (1995), desenvolupant la proposta preliminar de RAMOS *et al.* (1985). Per paga, no va desfer l'errada de correlació de l'estudi original, i per tant les tres unitats litostratigràfiques que va descriure (Taula 1A–B) tenen utilitat limitada. La seva unitat de 'Gresos i Lutites del Port des Canonge', interpretada com a dipòsits de rius meandriformes,

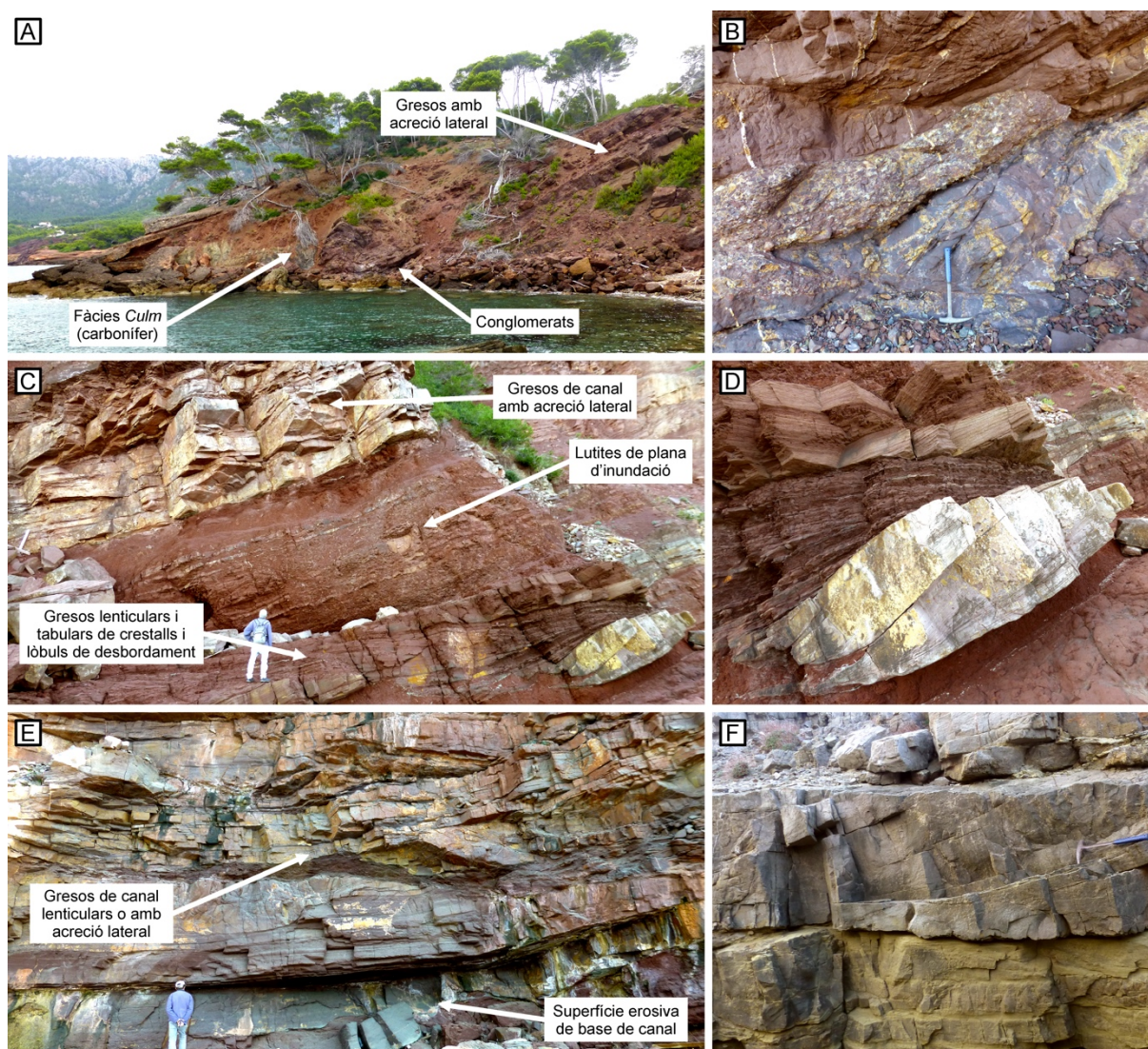


Fig. 3. Unitats del permia de Mallorca. **A–B:** Unitat A; **A:** vista general d'una sèrie típica, amb conglomerats i gresos amb acreció lateral (canals) damunt el carbonífer, de la platja de sa Pedrera; **B:** detall dels nivells de conglomerats, de la platja de sa Pedrera. **C–D:** Unitat B; **C:** vista general d'una seqüència d'intercalació de gresos amb acreció lateral (canals) i lutites i gresos fins (plana d'inundació), del racó de s'Algar; **D:** detall dels dipòsits de barra de meandre d'un canal petit, del racó de s'Algar. **E–F:** Unitat C; **E:** vista general dels gresos clars de gra mitjà amb poques lutites intercalades, que poden tenir acreció lateral (canals) o ser lenticulars (dipòsits de torrentades), del comellar de can Xitx; **F:** detall d'un nivell de gres corresponent a una barra de meandre, de la platja de sa Pedrera.

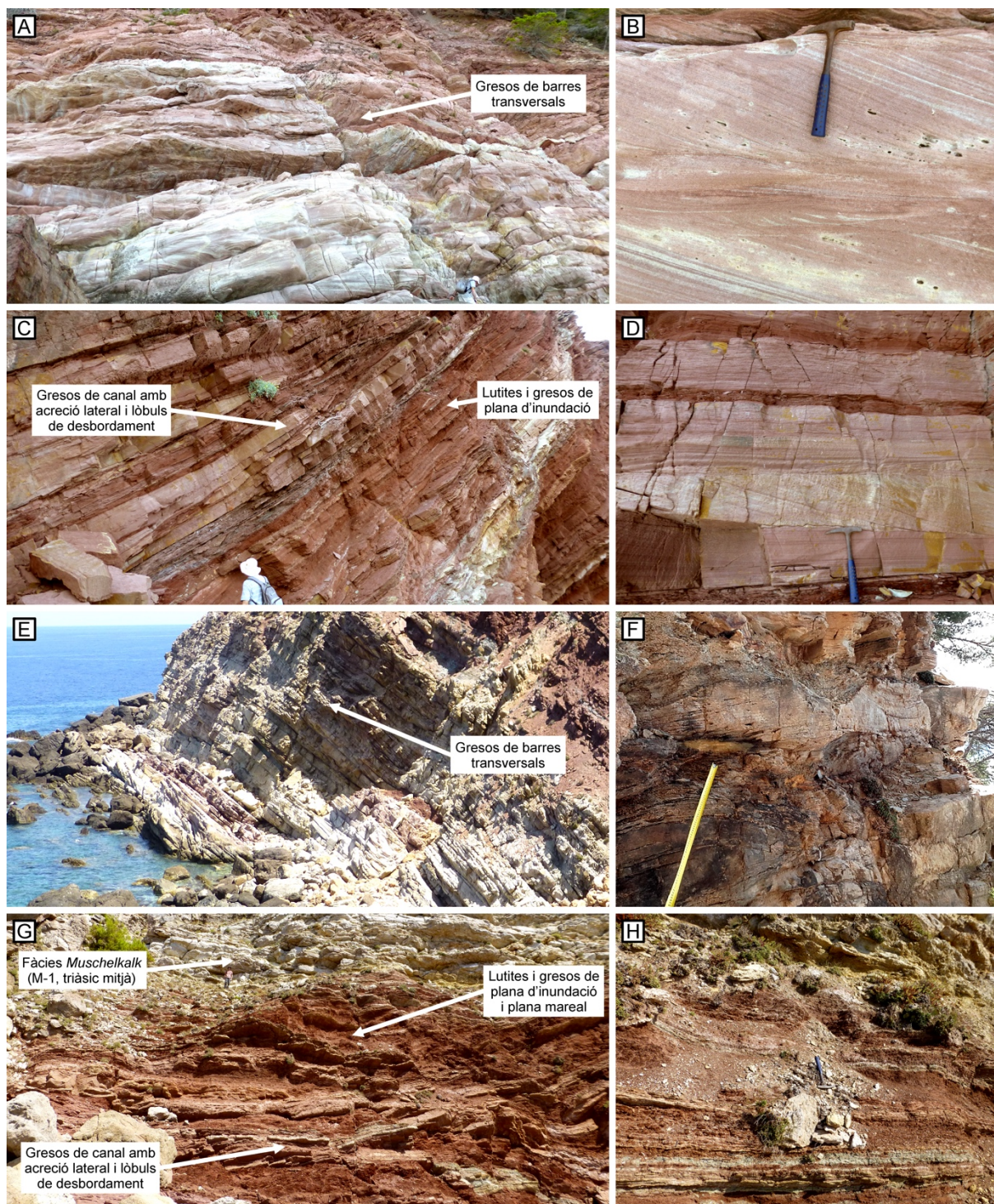


Fig. 4. Unitats del triàsic continental de Mallorca. **A–B:** Unitat D; **A:** vista general d’una seqüència de superposició de capes tabulars de gres, de punta Roja; **B:** detall dels dipòsits de barres fluvials transversals, de punta Roja. **C–D:** Unitat E; **C:** vista general dels gresos fins tabulars (lòbuls de desbordament) o amb accreió lateral (canals) i lutites (plana d’inundació), de punta Roja; **D:** detall d’uns gresos de canal amb els dipòsits de dunes submergides, de punta Roja. **E–F:** Unitat F; **E:** vista general d’una seqüència típica de superposició de capes lenticulars de gres (barres fluvials transversals) i escasses lutites, de la tenassa de sa Tanca; **F:** detall d’uns gresos corresponents a dunes submergides tapades de lutites blavoses de quan es va abandonar el canal, de la pedra Alta. **G–H:** Unitat G; **G:** vista general d’aquesta unitat de gresos i lutites i el seu contacte superior amb els carbonats de la fàcies *Muschelkalk* (triàsic mitjà), de la tenassa de sa Tanca; **H:** detall dels nivells de plana mareal lutítica i el contacte *Buntsandstein–Muschelkalk*, de la tenassa de sa Tanca.

correspon a parts de les unitats ‘Bec de s’Àguila’, ‘Racó de s’Algar’ i la part inferior de la unitat ‘Estellencs’ de CALAFAT (1988). La unitat de ‘Gresos de Asá’ [sic.] és una mescla de les unitats ‘Pedra de s’Ase’ (incloent-hi ‘Punta Roja’) i la part mitjana de la unitat ‘Estellencs’ de CALAFAT (1988). Aquesta unitat es va interpretar com a dipòsits de rius meandriformes amb episodis puntuals de pluges torrencials amb fluxos d’alt règim que generaven estructures tractives. Finalment, la unitat de ‘Lutites i Gresos de Son Serralta’, corresponent a la part superior de la unitat ‘Estellencs’ i tota la unitat ‘Son Serralta’ de CALAFAT (1988), va ser interpretada com una plana entrunyellada distal que evolucionava cap a una plana mareal. Dissortadament, totes les publicacions de síntesi posteriors (ARCHE *et al.*, 2002; LÓPEZ-GÓMEZ *et al.*, 2002, 2019; VERA *et al.*, 2004; BOURQUIN *et al.*, 2007, 2011; CASSINIS *et al.*, 2012; JUNCAL, 2019) s’han basat en aquesta concepció errònia per interpretar el registre d’aquests períodes geològics a Mallorca (Taula 1A–B).

En resum, la divisió més fina que es pot fer de la sèrie del permí i triàsic continental de Mallorca consisteix en set unitats litostratigràfiques diferents. Per simplificar-ho, en el present article, a partir d’aquest apartat, s’anomenaran amb les lletres consecutives A–G de més inferior a més superior (Taula 1A–B; Figs. 3–4).

Registre fòssil

Plantes del permí

En el permí de Mallorca, les macrorestes vegetals normalment compareixen en forma de bocins impossibles d’identificar. No obstant això, FREEMAN & OBRADOR (1974, 1979), CALAFAT (1988), RAMOS (1995) i DIEZ (2000) varen esmentar i il·lustrar grans troncs carbonitzats a la base de canals fluvials a la part alta de la Unitat C (Fig. 5A). A més a més, a totes les unitats també hi abunden els nòduls carbonatats i les restes de rels (rizocrecions) corresponents a paleosòls que es varen formar a les planes d’inundació en un clima àrid (CALAFAT, 1988; GÓMEZ-GRAS, 1992, 1993; RAMOS, 1995) (Fig. 5B).

La microflora és abundant en segons quins nivells de la Unitat C en forma de diferents castes d’espomorfes i de palinomorfs, descrits per RAMOS i DOUBINGER (1989), DIEZ (2000), DIEZ *et al.* (2005) i JUNCAL (2019), que aquí es llisten a la Taula 2.

Traces d’invertebrats del permí

Baldament les traces fòssils d’invertebrats són molt habituals en les seqüències del permí (i del triàsic) de Mallorca (*e.g.*, CALAFAT, 1988) (Fig. 5C), hi ha hagut molt poques investigacions que les hagin estudiades en detall. Tan sols hi ha dues publicacions, RAMOS i GARCÍA-RAMOS (1992) i RAMOS (1995), que identificaren aquests icnofòssils, emperò de manera molt general. Concretament, esmentaren la presència dels icnogèneres *Planolites* i *Palaeophycus* a les unitats B i C (també podria incloure la Unitat E, vegeu l’apartat ‘Unitats litostratigràfiques i paleoambients que representen’), i destacaren l’icnogènere *Ancorichnus* a la Unitat C. Argumentaren que aquestes traces, fetes per cucs o artròpodes, eren indicadores d’ambients esporàdicament amarats que estarien eixuts durant una bona part de l’any.

“Rèptils” del permí

Els sediments fins de les planes d’inundació de la Unitat B són els més adients per conservar les potades dels animals que hi capllevaven. Les impressions en el fang quedaven tapades per l’arena dipositada pels lòbuls de desbordament dels rius, fent que les potades es conservassin com a motlles naturals a les bases de les capes de gres (Fig. 5D). A més, els dipòsits dels crestalls dels rius (també coneguts com a ‘dics naturals’ o ‘levées’) també eren un ambient propici per la conservació d’ossos de vertebrats, que normalment solen desaparèixer (BEHRENSMEYER, 1982). Així, en aquesta unitat s’estrevé la situació poc freqüent que s’hi poden trobar potades quasi associades amb els ossos de les

Taula 2. Esporomorfs i palinomorfs del permia de Mallorca esmentats en els diferents estudis. **A:** RAMOS & DOUBINGER (1989), **B:** mostra “MA-1” de DIEZ (2000), **C1:** mostra “Mallorca” de DIEZ *et al.* (2005), **C2:** mostra “Racó de s’Algar – Sa pedra de s’Ase” de DIEZ *et al.* (2005), **D:** mostra “MA-1” de JUNCAL (2019). Les cel·les omplides de negre indiquen la presència del tàxon a la localitat.

Espècie	A	B	C		D
			C1	C2	
<i>Alisporites opii</i>					
<i>Alisporites splendens</i>					
<i>Alisporites</i> sp.					
<i>Bascanisporites</i> sp.					
cf. <i>Bascanisporites</i> sp.					
<i>Calamospora</i> sp.					
<i>Chordasporites</i> sp.					
<i>Cordaitina</i> sp.					
<i>Crucisaccites variusulcatus</i>					
<i>Crustasporites</i> sp.					
<i>Densiosporites</i> sp.					
<i>Endosporites</i> cf. <i>velatus</i>					
<i>Endosporites</i> sp.					
<i>Falcisporites zapfei</i>					
<i>Falcisporites</i> sp.					
<i>Gardenasporites heisseli</i>					
<i>Gardenasporites</i> sp.					
<i>Jugasporites delasaucei</i>					
<i>Klausipollenites schaubergeri</i>					
<i>Klausipollenites</i> sp.					
<i>Kraeuselisporites</i> cf. <i>spinus</i>					
<i>Leiotriletes</i> sp.					
<i>Limitisporites</i> sp.					
<i>Lueckisporites globosus</i>					
<i>Lueckisporites</i> cf. <i>hyalinus</i>					
<i>Lueckisporites singhii</i>					
<i>Lueckisporites virkkiae</i>					
<i>Lueckisporites</i> sp.					
<i>Lunatisporites albertae</i>					

Espècie	A	B	C		D
			C1	C2	
<i>Lunatisporites noviaulensis</i>					
<i>Lunatisporites pellucidus</i>					
<i>Lunatisporites variosectus</i>					
<i>Lunatisporites</i> sp.					
<i>Lundbladispota</i> sp.					
<i>Maculatasporites amplus</i>					
<i>Maculatasporites</i> sp.					
<i>Nuskosporites dulhuntyi</i>					
<i>Nuskosporites klausii</i>					
<i>Nuskosporites</i> cf. <i>klausii</i>					
<i>Nuskosporites</i> sp.					
<i>Paravesicaspora splendens</i>					
<i>Paravesicaspora</i> cf. <i>splendens</i>					
<i>Paravesicaspora</i> sp.					
<i>Platysaccus papilionis</i>					
<i>Playfordiaspora</i> sp.					
<i>Potonieisporites novicus</i>					
<i>Potonieisporites</i> sp.					
<i>Protohaploxylinus microcorpus</i>					
<i>Protohaploxylinus</i> sp.					
<i>Sahnisporites saarensis</i>					
<i>Sahnisporites</i> cf. <i>saarensis</i>					
<i>Striatoporocarpidites</i> sp.					
<i>Uvasporites</i> sp.					
<i>Verrucosporites</i> sp.					
<i>Vesicaspora wilsoni</i>					
Espores indeterminades					
Bisacats indeterminats					
Monosacats indeterminats					

espècies productores, la qual cosa proporciona informació no només anatòmica, sinó també de l'ecologia d'aquests animals.

CALAFAT *et al.* (1986, 1986–1987) i CALAFAT (1988) foren els primers autors que esmentaren fòssils de vertebrats del permia de Mallorca, tant icnites (potades) com restes òssies. CALAFAT *et al.* (1986) distingiren una casta d'icnita pentadàctila de mida grossa, bastant freqüent, unes altres de més petites i amb els dits primers, i un tercer tipus que formava un carrerany de traces mal definides. Els tres tipus eren a la Unitat B. A més, varen esmentar un possible fragment ossi provinent de la base de la Unitat C (il·lustrat aquí a la Fig. 5E). CALAFAT *et al.* (1986–1987) aprofundiren en l'estudi de les icnites, i varen distingir les de 'Tipus A' (equivalents a les del primer tipus de CALAFAT *et al.*, 1986), les de 'Tipus B' (equivalents a les del tercer tipus de CALAFAT *et al.*, 1986), les del 'Tipus Ca', pentadàctils i de mida petita, i la del 'Tipus Cb', una icnita aïllada, pentadàctila i de mida molt grossa que mai no es va figurar. Totes aquestes icnites provenien de la Unitat B, juntament amb “abundants restes òssies (vèrtebres, etc.)”, que no es varen arribar a estudiar mai. CALAFAT (1988) bàsicament reproduí allò que s'havia dit a la publicació anterior, distingint el 'Tipus A', el 'Tipus B', el 'Tipus C' (equivalent al 'Tipus Ca' de CALAFAT *et al.*, 1986–1987) i el 'Tipus D' (equivalent al 'Tipus Cb' de CALAFAT *et al.*, 1986–1987). També va esmentar les vèrtebres i el fragment ossi provinents de la Unitat B i de la base de la Unitat C, respectivament, que havia anomenat en les publicacions anteriors. CALAFAT *et al.* (1986–1987) i CALAFAT (1988) identificaren les icnites del 'Tipus A' (il·lustrades aquí a la Fig. 5D) com a *Cheirotherium* [sic.], típicament triàsic, emperò GAND *et al.* (2010) les redeterminà dins l'icnogènere *Hyloidichnus*, feta per rèptils captorinomorfs, possiblement captorínids moradisaurins, del permia.

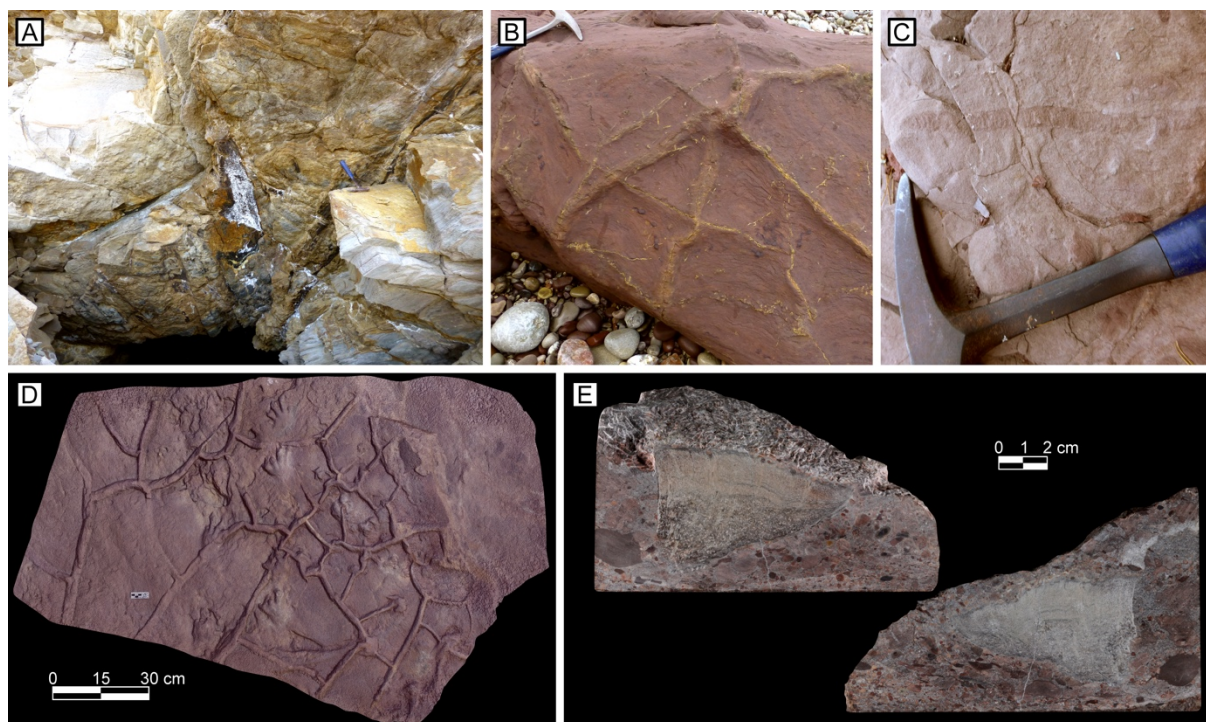


Fig. 5. Exemples de fòssils del permia de Mallorca. **A:** troncs carbonitzats a la base d'un canal orientats segons el paleocorrent, de la cova des Carbó. **B:** rizocrecions, de la platja de son Bunyola. **C:** traces fòssils d'invertebrats, de la pesquera d'en Sabino. **D:** icnites de tetràpodes (UIB174620), del racó de s'Algar. **E:** fragment d'os indeterminable (MBCN21305a i MBCN21305b), del comellar de can Xitx.

Recentment, LIEBRECHT *et al.* (2017) varen descriure un fragment de maxil·la i parts del paladar atribuïble a un rèptil captorínid moradisaurí, que per mida podria correspondre a les potades esmentades anteriorment. El varen datar dins el permia superior basant-se en les datacions de RAMOS i DOUBINGER (1989) per la Unitat C, emperò el fòssil en realitat provenia de la unitat infrajacent, la Unitat B, que en aquell moment encara mai no s'havia datada.

Finalment, MATAMALES-ANDREU *et al.* (2019) varen presentar unes identificacions preliminars de tot el material de potades de tetràpodes del permia de Mallorca, considerant tot allò que havia figurat CALAFAT *et al.* (1986–1987), les fotografies que mai no s'havien publicades i noves troballes als jaciments. De manera provisional, es varen reconèixer els icnogèneres *Dimetropus*, *Hyloidichnus* i, tot i que més dubtosos, *Amphisauropus*, cf. *Ichniotherium*, *Varanopus* i *Dromopus*. Aquests corresponen, respectivament, a sinàpsids esfenacodòntids, rèptils captorinomorfs (possiblement captorínids moradisaurins), possibles seimuriomorfs, diadectomorfs, rèptils captorinomorfs i rèptils areoscelidís (*e.g.*, LUCAS, 2019). MATAMALES-ANDREU *et al.* (2021a) varen estudiar en detall una morfologia identificada com a cf. *Dimetropus* isp., i varen proposar que corresponia a potades fetes per sinàpsids del grup dels caseids.

Plantes del triàsic inferior(?)–mitjà

En el triàsic continental de Mallorca les macrorestes vegetals són més abundants que no a les roques del permia, tot i que també hi solen sortir en forma de bocins indeterminables (Fig. 6A–B). No obstant això, hi ha nivells concrets de les unitats E i F, tant de lutites verdes com de gresos blancs, on les restes vegetals que hi compareixen tenen un estat de conservació bo o molt bo.

Els primers autors que varen esmentar plantes del triàsic mallorquí foren HERMITE (1879, 1888) i LOZANO (1884), a partir d'uns fòssils trobats prop de la cala d'Estellencs, que varen determinar com a *Equisetum arenaceum*. Un segle després, BAUZÁ (1971, 1981) va publicar noves restes paleobotàniques d'aquesta localitat, amb la mateixa identificació que la dels autors anteriors.

CALAFAT (1988) va il·lustrar, per primera vegada, fòssils ben conservats provinents de la Unitat E, que es varen publicar en uns estudis preliminars d'ÁLVAREZ-RAMIS *et al.* (1989, 1995). Aquests autors hi varen reconèixer espècies dels grups de les coes de cavall (*Equisetites mougeotii*, *Equisetites* spp. i *Schizoneura-Echinostachys paradoxa*), les falgueres (*Anomopteris mougeotii*, *Neuropteridium* aff. *intermedium*, *Neuropteridium* sp. i aff. *Pecopteris* sp.), les cícades (restes indeterminades), els ginkgòfits (*Ginkgophyllum* sp.?), les coníferes (*Aetophyllum stipulare*, *Yuccites* cf. *vogesiacus*, *Albertia* sp., *Voltzia heterophylla*, *Voltzia walchiaeformis* i *Endolepis* sp.) i òrgans reproductors de coníferes (*Willsiostrobus hexasacciphorus*, *Willsiostrobus* sp.). Probablement, allò que anomenaren *Equisetites mougeotii* correspon a l'*Equisetum arenaceum* dels autors clàssics, que és una espècie normalment més moderna. A més a més, GRAUVOGEL-STAMM i ÁLVAREZ-RAMIS (1994, 1996) varen dar a conèixer exemplars de *Willsiostrobus rhomboidalis* i *Willsiostrobus hexasacciphorus* (que varen descriure com una espècie nova) amb el pol·len encara *in situ*, corresponent a les espècies de palinomorfs *Voltziaceasporites heteromorpha* per la primera i *Stellapollenites thiergartii* i *Hexasaccites muelleri* (actualment considerades sinònimes) en el cas de la segona.

JUÁREZ-RUIZ i WACHTLER (2015) és l'estudi més recent d'aquesta associació paleobotànica, on es consideraren tant una part dels exemplars de les col·leccions clàssiques com nous fòssils trobats a les unitats E i F, revisant la majoria d'atribucions taxonòmiques i descrivint nous gèneres i espècies. De coes de cavall n'esmentaren tan sols una espècie, *Equisetites mougeotii*, i de falgueres també una, *Anomopteris mougeotii*, ja conegudes d'aquests jaciments. De "falgueres amb llavor" (pteridospermatòfits) en varen descriure una espècie nova, *Sagenopteris nadalii*, corresponent a allò que ÁLVAREZ-RAMIS *et al.* (1995) havien considerat restes de ginkgòfits. Pel que fa a les coníferes no arborescents, es va reconèixer *Aethophyllum stipulare* (descrita dins la nova *balearica*) amb els seus estròbils masculins anomenats *Willsiostrobus acuminatus*; *Pelourdea vogesiaca*, amb estròbils masculins anomenats *Willsiostrobus rhomboidalis*; i *Estellenscia saezii*, que va ésser el nom triat per al nou gènere i espècie de conífera que ÁLVAREZ-RAMIS *et al.* (1995) havien inclòs dins el gènere *Albertia*. Una nova espècie de conífera arborescent va ser *Ortiseia collii*, que corresponia a allò que ÁLVAREZ-RAMIS *et al.* (1995) havien determinat com a diferents espècies del gènere *Voltzia*, que compareixia juntament amb el seu estròbil masculí *Willsiostrobus hexasacciphorus*. Amb aquestes dades, JUÁREZ-RUIZ i WACHTLER (2015) varen distingir dues fitoassociacions principals: una de dominada per *Equisetites*, *Sagenopteris*, *Aethophyllum*, *Pelourdea* i *Ortiseia*, i una altra amb *Anomopteris*, *Pelourdea* i *Estellenscia*, que possiblement representaven dues paleocomunitats diferents, una de més higrofítica i una altra de més xerofítica, respectivament.

La microflora (esporomorfs i palinomorfs) és abundant a una partida de nivells de les unitats E, F i G, i va ser estudiada per primer pic per SOLÉ DE PORTA *in* CALAFAT (1988). No obstant això, posteriorment hi ha hagut diverses publicacions que han revisat les determinacions conegudes i han afegit mostres de nous nivells, com és el cas de RAMOS i DOUBINGER (1989), DIEZ (2000) i DIEZ *et al.* (2005, 2010), que es resumeixen a la Taula 3A–B. A més a més, CALAFAT (1988) va esmentar també la presència de micro-



Fig. 6. Exemples de fòssils del triàsic continental de Mallorca. **A–B:** restes vegetals, de la platja de sa Marina i la tenassa de sa Tanca. **C:** icnita de tetràpode, de la platja de sa Marina.

Taula 3A. Esporomorfs i palinomorfs del triàsic continental de Mallorca esmentats en els diferents estudis. **A1:** mostra “4481” de CALAFAT (1988), **A2:** mostra “4389” de CALAFAT (1988), **B:** RAMOS i DOUBINGER (1989), **C:** GRAUVOGEL-STAMM i ÀLVAREZ-RAMIS (1994, 1996), **D1–D8:** mostres “ME0” a “ME7” de DIEZ (2000), **E1:** mostra “Sa pedra Alta” de DIEZ *et al.* (2005), **E2:** mostra “Punta de son Serralta” de DIEZ *et al.* (2005), **E3:** mostra “Moll d’Estellencs” de DIEZ *et al.* (2005), **E4:** mostra “Mallorca” de DIEZ *et al.* (2005), **F1:** mostra “Mallorca” de DIEZ *et al.* (2010), **F2:** mostra “Sa pedra Alta” de DIEZ *et al.* (2010), **F3:** mostra “Punta de son Serralta” de DIEZ *et al.* (2010), **F4:** mostra “Moll d’Estellencs” de DIEZ *et al.* (2010). Les cel·les omplides de negre indiquen la presència del tàxon a la localitat.

Espècie	A		B	C	D								E				F			
	1	2			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Aequitriradites</i> sp.																				
<i>Alisporites cacheutensis</i>																				
<i>Alisporites grauvogeli</i>																				
<i>Alisporites magnus</i>																				
<i>Alisporites opii</i>																				
<i>Alisporites toralis</i>																				
<i>Alisporites townrovi</i>																				
<i>Alisporites</i> sp.																				
<i>Angustisulcites</i> cf. <i>klausii</i>																				
<i>Angustisulcites</i> sp.																				
<i>Baltisphaeridium</i> sp.																				
<i>Brachysaccus ovalis</i>																				
<i>Brachysaccus</i> cf. <i>ovalis</i>																				
<i>Brachysaccus</i> sp.																				
<i>Calamospora tener</i>																				
<i>Calamospora</i> sp.																				
<i>Camarozonosporites</i> sp.																				
<i>Cannanoropollis</i> sp.																				
<i>Chordasporites singulichorda</i>																				
<i>Chordasporites</i> sp.																				
<i>Convolutispora</i> sp.																				
<i>Cuneatisporites</i> sp.																				
cf. <i>Cuneatisporites</i> sp.																				
<i>Cycadopites acerrimus</i>																				
<i>Cycadopites subgranulosus</i>																				
<i>Cycadopites</i> sp.																				
<i>Densisporites</i> sp.																				
<i>Dictyotidium reticulatum</i>																				
<i>Endosporites papillatus</i>																				
<i>Falcisporites snopkova</i>																				
<i>Falcisporites</i> sp.																				
cf. <i>Falcisporites</i> sp.																				
<i>Fuldaesporites</i> sp.																				
<i>Heliosaccus dimorphus</i>																				
cf. <i>Heliosaccus</i> sp.																				
<i>Hexasaccites muelleri</i>																				
<i>Illinites kosankei</i>																				
<i>Illinites</i> sp.																				
<i>Klausipollenites</i> sp.																				
<i>Limitisporites</i> sp.																				

foraminífers a un nivell amb esporomorfs i palinomorfs de la Unitat G, que mai no varen ésser estudiats en detall.

Crustacis, insectes i peixos del triàsic inferior(?)—mitjà

Les unitats E i F presenten esporàdicament nivells d’origen lacunar consistents en lutites molt fines i de colors verdosos i blavosos, indicadores d’un medi reductor. Dins aquestes lutites s’hi troba una fauna de petits animals excepcionalment ben preservats (*Konservat-Lagerstätte* = ‘jaciment de preservació excepcional’), que conserven restes de les parts blanques i fins i tot el contingut de les butzes.

Taula 3B. Esporomorfs i palinomorfs del triàsic continental de Mallorca esmentats en els diferents estudis (continuació). **A1:** mostra “4481” de CALAFAT (1988), **A2:** mostra “4389” de CALAFAT (1988), **B:** RAMOS i DOUBINGER (1989), **C:** GRAUVOGEL-STAMM i ÀLVAREZ-RAMIS (1994, 1996), **D1–D8:** mostres “ME0” a “ME7” de DIEZ (2000), **E1:** mostra “Sa pedra Alta” de DIEZ *et al.* (2005), **E2:** mostra “Punta de son Serralta” de DIEZ *et al.* (2005), **E3:** mostra “Moll d’Estellencs” de DIEZ *et al.* (2005), **E4:** mostra “Mallorca” de DIEZ *et al.* (2005), **F1:** mostra “Mallorca” de DIEZ *et al.* (2010), **F2:** mostra “Sa pedra Alta” de DIEZ *et al.* (2010), **F3:** mostra “Punta de son Serralta” de DIEZ *et al.* (2010), **F4:** mostra “Moll d’Estellencs” de DIEZ *et al.* (2010). Les cel·les omplides de negre indiquen la presència del tàxon a la localitat.

Espècie	A		B	C	D								E				F			
	1	2			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Lunatisporites acutus</i>																				
<i>Lunatisporites novialensis</i>																				
<i>Lunatisporites puntii</i>																				
<i>Lunatisporites</i> sp.																				
<i>Maculatasporites indicus</i>																				
<i>Microcachrydites sittleri</i>																				
<i>Microcachrydites</i> sp.																				
<i>Palaeospongisporis europaeus</i>																				
<i>Paravesicaspora</i> sp.																				
<i>Platysaccus leschikii</i>																				
<i>Platysaccus papilionis</i>																				
<i>Platysaccus</i> cf. <i>papilionis</i>																				
<i>Platysaccus</i> sp.																				
<i>Porcellispora longdonensis</i>																				
cf. <i>Porcellispora longdonensis</i>																				
<i>Protodiploxypinus</i> sp.																				
<i>Protohaploxypinus microcorpus</i>																				
<i>Protohaploxypinus</i> cf. <i>microcorpus</i>																				
<i>Punctatisporites fungosus</i>																				
<i>Punctatisporites triassicus</i>																				
<i>Punctatisporites</i> sp.																				
<i>Retusotriletes</i> sp.																				
<i>Stellapollenites thiergartii</i> *																				
cf. <i>Stellapollenites thiergartii</i> *																				
<i>Striatoabeites aytugii</i>																				
<i>Striatopodocarpites</i> cf. <i>pantii</i>																				
<i>Sulcosaccispora minuta</i>																				
<i>Triadispora crassa</i>																				
<i>Triadispora epigona</i>																				
<i>Triadispora plicata</i>																				
<i>Triadispora staplini</i>																				
<i>Triadispora suspecta</i>																				
<i>Triadispora</i> sp.																				
<i>Verrucosporites remyanus</i>																				
<i>Verrucosporites thuringiacus</i>																				
<i>Verrucosporites</i> sp.																				
<i>Voltziaceasporites heteromorpha</i>																				
<i>Voltziaceasporites</i> cf. <i>heteromorpha</i>																				
cf. <i>Voltziaceasporites heteromorpha</i>																				
Espores triletes indeterminades																				
Bialats indeterminats																				

*Actualment, *Stellapollenites thiergartii* és considerat sinònim menor d'*Hexasaccites muelleri*.

CALAFAT i SÁEZ (1987) i CALAFAT (1988) varen dur a terme l'estudi preliminar d'aquesta fauna, esmentant la presència molt abundant de crustacis “concostracis” (nom informal d'un grup actualment parafilètic) de mida petita que varen identificar preliminarment dins el gènere *Estheria* (T. SÁEZ, com. pers., 2020). Més esporàdicament també hi compareixien fòssils de nimfes i adults d'insectes, que varen determinar com a escarabats (coleòpters), papallones (lepidòpters), moscards d'aigua (efemeròpters) i altres formes no identificades (CALAFAT, 1988). No obstant això, SHCHERBAKOV *et al.* (1995) varen considerar que un dels exemplars no identificats podria ser un mosquit (dípter), PEÑALVER *et al.* (1999) suggeriren que el possible lepidòpter podria ser un efemeròpter adult, i SINITSHENKOVA (2000) va dir

que hi havia al manco dues espècies de nimfes d'efemeròpters, i que una d'elles feia llorigueres. A més dels artròpodes, CALAFAT i SÁEZ (1987) i CALAFAT (1988) també varen esmentar la presència d'un peix molt menut, que es va identificar preliminarment dins el grup dels paleoniscoides (T. SÁEZ, com. pers., 2020). GALLEMÍ *in* GALLEMÍ *et al.* (1988), MARTÍNEZ *in* GALLEMÍ *et al.* (1988) i JUÁREZ-RUIZ i WACHTLER (2015) varen refigurar alguns d'aquests espècimens, emperò sense aportar-ne informació nova.

Els nivells fossilífers foren remostrejats per ANSORGE (1997), qui va esmentar la presència de tres ales de cuques molles (blataris), que mai no va estudiar en detall ni figurar. Una dècada després, ZESSIN (2008a, 2008b) hi va agafar més fòssils, entre els que, preliminarment, hi va identificar crustacis "concostracis" (*Euestheria*), insectes dels grups de les cuques molles (blataris), escarabats (coleòpters), mosquits (dípters), xinxes (hemípters), cigales (homòpters), (?) megalòpters i (?) ortopteroïdeus, traces fòssils indeterminades d'insectes i càpsules d'ous de taurons hibodòntids d'aigua dolça (*Palaeoxyris*). Dels mateixos nivells, ARISTOV i ZESSIN (2009) també varen descriure una espècie nova d'insecte gril·loblàtid: *Mallorcagryllus hispanicus*. Recentment, SCHOLZE i MATAMALES-ANDREU (2021) esmentaren una partida de morfotips de valves de "concostracis" provinents de quatre nivells diferents: *Hornestheria* aff. *sollingensis* (que corresponia a allò que els autors anteriors havien anomenat *Estheria* o *Euestheria*) dels nivells de la Unitat E amb insectes (CALAFAT, 1988); *Hornestheria?* morfotip 1 i *Hornestheria?* morfotip 2 d'un mateix nivell al sostre de la Unitat F; i dos morfotips indeterminats provinents de la part mitjana de la Unitat E i de la base de la Unitat F, respectivament. Aquests darrers també podrien esser *Hornestheria* aff. *sollingensis* perquè s'hi avenen per mida i forma general, emperò estan massa mal conservats per poder-ho saber cert.

"Rèptils" del triàsic inferior(?)—mitjà

Els ambients de plana d'inundació de la Unitat E oferien unes condicions òptimes per la preservació de les icnites (potades) de rèptils. A diferència de la Unitat B del permia, però, aquí les icnites compareixen enmig dels nivells de gres, conservant tant la impressió original com el seu motlle natural (Fig. 6C).

L'únic estudi que ha figurat aquestes icnites ha estat JUÁREZ-RUIZ i WACHTLER (2015), il·lustrant una parella de mà i peu atribuïble a l'icnogènere *Rhynchosauroides*. El productor d'aquesta casta de traces era un petit rèptil diàpsid (*e.g.*, AVANZINI i RENESTO, 2002). Les altres icnites que surten retratades, suposadament pertanyents a l'icnogènere *Rodotactylus*, no ho són, per mor que provenen de la Unitat B (T. SÁEZ, com. pers., 2020) i corresponen a l'icnogènere *Dimetropus* esmentat per MATAMALES-ANDREU *et al.* (2019, 2021a) per al permia.

CALAFAT *et al.* (1986, 1986–1987) trobaren unes suposades icnites de la Unitat F, que anomenaren 'Tipus D'. CALAFAT (1988) en tornà a parlar, anomenant-les 'Tipus E' i figurant-les per primera vegada, descrivint-les com a una partida de clots circulars d'un diàmetre molt gros (30–40 cm) que no formaven cap carrerany clar. Després d'haver-les examinades en directe (R.M.A., obs. pers., 2019), s'ha pogut concloure que són qualche casta d'estructura sedimentària, que també és present a les unitats del permia, per mor que tenen una mida molt més grossa que cap altra icnita coetània coneguda, no s'organitzen en cap patró (rastre) i no s'hi reconeix cap estructura anatòmica (dits, call/sola, etc.).

Datacions i edats

Permia

El primer estudi que va demostrar inqüestionablement la presència de roques d'edat permiana a Mallorca va ser el de RAMOS i DOUBINGER (1989), que varen analitzar els esporomorfs i palinomorfs de dues mostres de la Unitat C (Taula 2), emperò de posició exacta desconeguda. Varen considerar que la majoria d'espècies eren característiques de les palinoassociacions del "turingià" dels Alps i del Nord d'Europa, que en aquell temps se'ls atribuïa una edat de permia superior (lopingià) (Taula 4). Aquesta

Taula 4. Datacions de les diferents unitats del permia i triàsic continental de Mallorca.

Posició estratigràfica	PERMIÀ			TRIÀSIC			
	Part alta Unitat B	Part mitjana/alta Unitat C (?)	Part alta Unitat C	Part alta Unitat E	Base Unitat F	Part baixa Unitat G (?)	Part mitjana Unitat G
Fòssils índex	Ichites de tetràpodes	Esporomorfs i palinomorfs	Esporomorfs i palinomorfs	Esporomorfs i palinomorfs	Esporomorfs i palinomorfs	Esporomorfs i palinomorfs	Esporomorfs i palinomorfs
CALAFAT (1988)				Anisià			Anisià
RAMOS & DOUBINGER (1989)		“Turingià”*				Anisià mitjà–superior**	
GRAUVOGEL-STAMM & ÁLVAREZ-RAMIS (1996)				Anisià (anisià inferior**?)			
DIEZ (2000)		“Turingià”*	“Turingià”*	Egeà–pelsonià	Egeà (egeà superior?)	Egeà–pelsonià	Egeà–pelsonià
DIEZ <i>et al.</i> (2005)		“Turingià”*	“Turingià”*	Anisià	Egeà	Egeà–pelsonià	Anisià
DIEZ <i>et al.</i> (2010)				Anisià inferior**	Egeà	Egeà–pelsonià	Anisià
JUNCAL (2019)			Guadalupià (wordià–capitanià)				
MATAMALES-ANDREU <i>et al.</i> (2019)	Cisuralià (artinskià–kungurià)						

*El “turingià” és una palinoassociació (biofàcies) sense gaire valor cronostatigràfic que es creu que pot variar d’edat entre el permia mitjà (guadalupià) i el permia superior (lopingià) (JUNCAL 2019).

**L’anisià inferior correspon al subestatge egeà, el mitjà correspon al bitinià i pelsonià i el superior correspon a l’il-irià (vegeu OGG *et al.*, 2020).

palinoassociació va ser revisada per DIEZ (2000) i DIEZ *et al.* (2005), que varen estar d’acord en el fet que pertanyia al “turingià”, i aquest al permia superior.

DIEZ (2000) va estudiar una altra mostra paleopalinoalògica (MA-1) agafada de la part alta de la Unitat C, molt més rica que l’anterior (Taula 2), però que també era clarament atribuïble al “turingià” (Taula 4), que va considerar com a permia superior. DIEZ *et al.* (2005) varen tornar a revisar aquesta mostra, confirmant l’assignació anterior i, baldament encara afirmaven que el “turingià” equivalia al permia superior, admeteren que la correlació entre conques diferents és impossible de fer, i que podria ser una biofàcies diacrònica. JUNCAL (2019) tornà a estudiar la mostra MA-1 de DIEZ (2000) i afirmà que pertany al permia mitjà (guadalupià), amb afinitat al wordià–capitanià, per mor de la presència de les espècies *Crucisaccites variosulcatus* i *Potonieisporites novicus* i l’absència de *Vittatina costabilis*. Per tant, per primer pic es datà aquesta palinoassociació del “turingià” fora del permia superior.

D’altra banda, MATAMALES-ANDREU *et al.* (2019) varen presentar una comunicació preliminar on s’estudiaven les icnites (potades) de vertebrats de la Unitat B, reconeixent-hi diferents icnogènere. Aquesta icnoassociació va permetre proposar, per primera vegada, una datació de permia inferior (cisuralià) per aquesta unitat causa la presència de l’icnogènere *Dimetropus*, i concretament es podria correspondre a l’artinskià o al kungurià per mor de l’abundància d’icnites de rèptils (*Hyloidichnus*) i l’absència d’icnites d’anamniotes.

Triàsic

SOLÉ DE PORTA *in* CALAFAT (1988) va donar les primeres determinacions d’espormorfs i palinomorfs de les unitats E i G (Taula 3A–B), i en els dos casos va afirmar que pertanyien al triàsic mitjà (anisià) (Taula 4). Tot seguit, RAMOS i DOUBINGER (1989) varen estudiar la palinoassociació d’un altre nivell, possiblement de la part baixa de la Unitat G (la posició exacta és desconeguda i fins i tot podria esser de la Unitat F) (Taula 3A–B), i hi varen determinar formes característicament anisianes,

concretament de l'anisià mitjà–superior o fins i tot del ladinia inferior (triàsic mitjà) (Taula 4). GRAUVOGEL-STAMM i ÁLVAREZ-RAMIS (1994, 1996), en el seu estudi dels grans de pol·len de dins els estròbils de conífera de la Unitat E, varen argumentar que l'associació de Mallorca es podia comparar amb la del *Grès à Voltzia* (=‘gres amb *Voltzia*’) dels Vosges (França), proposant una datació d'anisià inferior per als jaciments mallorquins.

DIEZ (2000) va agafar vuit mostres noves de la base de la Unitat F (Taula 3A–B) i les va considerar conjuntament per afirmar que, per superposició de biozones de les diferents espècies d'espormorfs i palinomorfs, aquells nivells eren de l'egeà (anisià inferior). A més a més, va afegir que la presència de *Triadispora suspecta*, que normalment sol comparèixer a partir del pelsonià (anisià mitjà), podria indicar que les mostres estudiades per ventura eren de la part alta de l'egeà (Taula 4). DIEZ *et al.* (2005) revisaren tots els estudis anteriors, i assignaren les mostres de CALAFAT (1988) a un anisià indeterminat, la de RAMOS i DOUBINGER (1989) a un egeà–pelsonià (anisià inferior–mitjà) i les de DIEZ (2000) a l'egeà (Taula 4). Finalment, DIEZ *et al.* (2010) tornaren a revisar-les totes, i en el cas de les de CALAFAT (1988) mantengueren la datació d'anisià indeterminat per la mostra de la Unitat G, mentre que la de la Unitat E la pogueren datar temptativament com a anisià inferior (=egeà) per mor de la presència d'*Illinites kosankei* (Taula 4). En el cas de la mostra de RAMOS i DOUBINGER (1989), es mantengué l'assignació d'egeà–pelsonià, i es confirmà la datació d'egeà per les mostres de DIEZ (2000) (Taula 4).

Discussió, síntesi i perspectives futures

Les roques del permia i del triàsic continental de Mallorca es poden dividir en set unitats litostratigràfiques principals, que aquí s'han anomenat amb lletres consecutives de la A a la G (Figs. 3–4). Cadascuna d'aquestes té uns trets sedimentològics propis, que permeten inferir-ne el paleoambient deposicional on es varen formar. Aquest, juntament amb la informació que es pot extreure de les restes fòssils, fa possible reconstruir l'ecosistema i, en segons quins casos, proporciona informació de la seva edat.

La Unitat A (Fig. 3A–B) consisteix en gresos i conglomerats extraformacionals disposats en làmines irregulars o en unitats amb acreció lateral que corresponen als primers estadis de rebliment de la conca amb sistemes predominantment al·luvials/col·luvials. Just s'hi han trobat fòssils de rels de mida grossa, que indiquen que s'hi varen formar sòls. No se sap l'edat d'aquesta unitat, però possiblement es trobi entre el carbonífer superior i la part baixa del permia inferior, que és quan moltes de conques del peri-Tetis es varen començar a obrir (*e.g.*, McCANN *et al.*, 2006).

La Unitat B (Fig. 3C–D) és formada per intervals de gresos amb superfícies d'acreció lateral i lutites amb intercalacions de gresos tabulars, i es pot interpretar com a dipòsits de grans rius d'alta sinuositat (meandriformes) que solcaven una plana d'inundació periòdicament negada. Per devora els rius hi creixien plantes de manera abundant, que han quedat enregistrades en forma de paleosòls i restes de rels (rizocrecions) carbonatats, el que indica un clima àrid. Entremig d'aquesta vegetació hi havia una important comunitat de vertebrats, que es coneixen tant pel seu abundant registre icnològic (potades) com per qualche os. En destaquen els rèptils captorínids moradisaurins, dels que se n'han trobat tant les potades com els ossos. Els seus depredadors possiblement eren del grup dels sinàpsids (avantpassats dels mamífers), dels que també se n'hi han trobat potades. L'estudi biostratigràfic de les potades ha permès de proposar preliminarment que aquesta unitat és de la part alta del permia inferior.

La Unitat C (Fig. 3E–F) és representada per paquets potents de gresos de colors clars, organitzats internament en unitats d'acreció lateral amb capes tabulars intercalades. Entremig dels gresos, adesiara hi compareixen intervals predominantment lutífics. Aquesta associació de fàcies correspon a grans rius sinuosos (meandriformes) amb una remobilització constant de les planes d'inundació, que durant les estacions més ploueres quedaven tapats per dipòsits tabulars (desconfinats) d'arena arrossegada per torrentades. Devora aquests rius hi creixia una vegetació de coes de cavall, falgueres i coníferes, reconegudes a partir de les seves espores, pol·len, troncs fòssils i restes de carbó. També hi havia

vertebrats, dels que se n'ha trobat un bocí d'os. L'estudi dels esporomorfs i dels palinomorfs de la part alta de la unitat ha revelat una edat dins la part superior del permí mitjà.

La Unitat D (Fig. 4A–B) es caracteritza pels nivells de gresos tabulars amb molt pocs intervals lutítics, que representen els dipòsits de grans rius entrunyellats. No s'hi coneix registre fòssil, i per això no s'ha poguda datar. Per correlació amb altres unitats litostratigràfiques de la península Ibèrica més o manco equivalents, podria pertànyer a la part alta del triàsic inferior.

La Unitat E (Fig. 4C–D) té nivells de gres amb acreció lateral o de forma tabular, intercalats amb paquets de lutites, que corresponen a rius amb canals sinuosos, lòbuls de desbordament i planes d'inundació. Aquesta unitat és la que presenta un registre fòssil més divers, amb una comunitat de plantes de ribera amb coes de cavall, falgueres, coníferes no arborescents i qualche conifera arborescent. Dins l'aigua hi vivien crustacis del grup parafilètic dels "concostracis", larves d'insectes i peixos, i per la vorera dels rius hi havia insectes de diferents grups i petits rèptils diàpsids que hi varen deixar impreses les seves potades. Un poc més enfora, es desenvolupaven brolles de coníferes i falgueres. De les plantes d'aquesta unitat també se n'han trobat les espores i el pol·len, que han permès datar-la dins la base del triàsic mitjà.

La Unitat F (Fig. 4E–F) consisteix en gresos organitzats en estrats tabulars o lenticulars, amb molt poques lutites intercalades. Representa els dipòsits de grans rius entrunyellats i els bassiots dins els canals abandonats. La comunitat biològica s'assemblava a la de la unitat infrajacent, amb diverses castes de plantes, crustacis, insectes i peixos. L'estudi de les espores i del pol·len ha revelat una edat dins la base del triàsic mitjà.

La Unitat G (Fig. 4G–H), la més superior de totes, és formada per lutites amb qualche intercalació de gres. En general, correspon a planes mareals fangoses i mixtes, que la mar negava periòdicament, fins que al sostre donen pas a les rampes carbonatades marines poc fondes de la fàcies *Muschelkalk* (= 'calcària amb copinyes'). Dins nivells lutítics d'aquesta unitat s'hi han trobat foraminífers marins, i esporomorfs i palinomorfs que han permès datar-la com a triàsic mitjà indeterminat.

En resum, la seqüència del permí i triàsic continental de Mallorca conté un grup inferior de tres unitats fluvio-al·luvials del permí i un grup superior de quatre unitats fluvio-al·luvials del triàsic inferior(?) i mitjà, probablement separades per un hiatus que comprèn part del permí superior i del

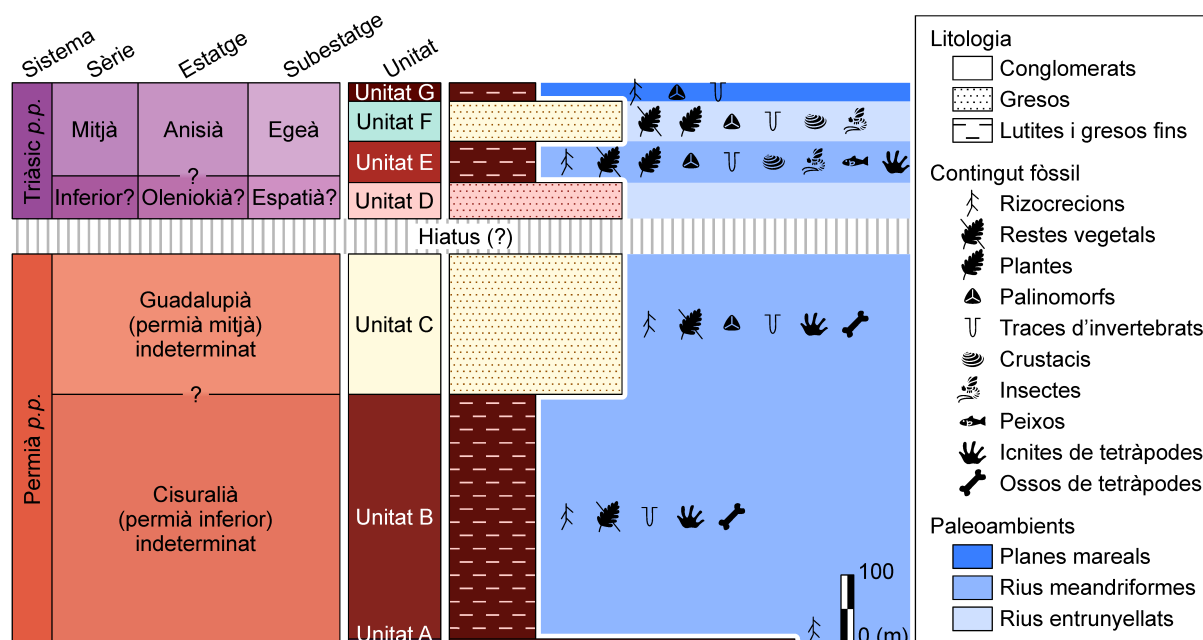


Figura 7. Columna estratigràfica sintètica del permí i el triàsic inferior(?)–mitjà continental de Mallorca, simplificada i modificada de GÓMEZ-GRAS (1993) amb dades de paleontologia de CALAFAT (1988), DIEZ (2000), ZESSIN (2008b) i JUÁREZ-RUIZ i WACHTLER (2015).

triàsic inferior (Fig. 7), com a la resta del peri-Tetis occidental (e.g., BOURQUIN *et al.*, 2011). El seu registre fòssil és molt ric, consistint en esporomorfs, palinomorfs, restes vegetals, potades i ossos de vertebrats en el permia, i esporomorfs, palinomorfs, plantes, artròpodes i potades de vertebrats en el triàsic (Fig. 7). Aquesta gran diversitat fa que els jaciments de Mallorca siguin dels més rics de tota la zona paleoequatorial de Pangea, essent de gran rellevància en l'àmbit mundial.

En els darrers anys, la feina per a la tesi doctoral d'un dels autors del present article (R.M.A.) ha permès revisar tota l'estratigrafia i la sedimentologia d'aquests períodes. També s'han trobat nous jaciments fòssils, que s'han pogut prospectar i excavar en una partida de campanyes de camp, obtenint una gran quantitat de material fòssil que ara es troba en estudi. Amb tot això, es preveu que en els anys que vénen es podrà donar a conèixer una visió molt més completa dels ecosistemes del permia i triàsic de Mallorca, des del refinament de la caracterització geològica, fins a datacions més precises i noves dades sobre la flora i fauna que hi capllevava (MATAMALES-ANDREU *et al.*, 2021a, 2021b, 2021c, en preparació).

Agraïments

Els autors del present article agraïm l'ajuda de Sebastià Matamalas, Àngel Galobart, Josep Juárez Antoni Pasqual i Francesc Baiget en la feina de camp. A Antonio Rodríguez-Perea, Feliu Calafat, David Gómez-Gras i Tomeu Sáez per proporcionar-nos bibliografia i entresenyas de qualque localitat. A Eudald Mujal per la discussió de l'estratigrafia, sedimentologia i icnologia. A Carol Constantino per l'accés als fòssils de les col·leccions del Museu Balear de Ciències Naturals. A Lluís Gómez-Pujol, editor, i a dos revisors anònims pels comentaris sobre el manuscrit. Al Consell de Mallorca pels permisos de prospecció i excavació. Agraïm també el suport del programa CERCA (Generalitat de Catalunya). R.M.A. compta amb el contracte predoctoral FPU17/01922 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades). O.O. és membre del grup de recerca consolidat 2017 SGR 1666 GRC (Generalitat de Catalunya). J.F. és membre del grup de recerca consolidat 2017 SGR 086 GRC (Generalitat de Catalunya) i també reconeix el suport de l'Agencia Estatal de Investigación i l'European Regional Development Fund AEI/FEDER EU, projecte CGL2017-82654-P (Unió Europea). Aquest estudi s'emmarca en el projecte "Mallorca abans dels dinosaures: estudi dels ecosistemes continentals del Permian i Triàsic amb especial èmfasi en les restes de vertebrats" (ref. 15 - 619/2020), amb base a l'ICP i finançat pel Departament de Cultura, Patrimoni i Política Lingüística (Consell Insular de Mallorca).

Bibliografia

- ÁLVAREZ-RAMIS, C., SOLÉ, N. i CALAFAT, F. (1989): Paleoflora del Triàsic inferior de Mallorca. In: *Abstracts of the II European Paleobotanical Conference*: p. 12. Madrid.
- ÁLVAREZ-RAMIS, C., FERNÁNDEZ-MARRÓN, T. i CALAFAT, F. (1995): Avance sobre la megaflore triásica, en facies germánica, de Estellencs (sector noroccidental de la sierra de Tramontana, Mallorca). *Revista Española de Paleontología*, nº homenaje al Dr. Guillermo Colom: 55-58.
- ANSORGE, J. (1997): Insekten aus dem Buntsandstein (Untere Trias) von Mallorca (Spanien). In: *Abstracts für 4. Fachgespräch, "Fossile Insekten"*: 1 pp. Clausthal-Zellerfeld.
- ARCHE, A., LÓPEZ-GÓMEZ, J. i VARGAS, H. (2002): Propuesta de correlación entre los sedimentos Pérmicos y Triásicos de la Cordillera Ibérica Este y de las Islas Baleares. *Geogaceta*, 32: 275-278.
- ARISTOV, D. i ZEISSIN, W. (2009): *Mallorcagryllus hispanicus* n. gen. et sp. - eine neue Grylloblattide (Insecta: Grylloblattida: Blattogryllidae) aus dem Buntsandstein der Insel Mallorca, Spanien. *Virgo, Mitteilungsblatt des Entomologischen Vereins Mecklenburg*, 12(1): 30-34.
- AVANZINI, M. i RENESTO, S. (2002): A review of *Rhynchosauroides tirolicus* Abel, 1926 ichnospecies (Middle Triassic: Anisian-Ladinian) and some inference on *Rhynchosauroides* trackmaker. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 108(1): 51-66.
- BANDA, E., PARÉS, J.M. i FREEMAN, R. (1986): La técnica del paleomagnetismo. Estudio piloto en los bordes de la cuenca balear. *Estudios Geológicos*, 42: 147-165.

- BARNOLAS, A. (1991a): *Mapa Geològic de Espanya. Escala 1:50.000. Andraitx*. Segona sèrie, primera edició. Instituto Tecnològic GeoMinero de Espanya, Madrid. 56 pp. + 1 mapa + 5 columnes estratigràfiques.
- BARNOLAS, A. (1991b): *Mapa Geològic de Espanya. Escala 1:50.000. Sóller*. Segona sèrie, primera edició. Instituto Tecnològic GeoMinero de Espanya, Madrid. 62 pp. + 1 mapa + 8 columnes estratigràfiques.
- BAUZÀ, J. (1971): Ciento ochenta millones de años de la flora y fauna de Mallorca. In: MASCARÓ, J. (coord.), *Historia de Mallorca*: 331-430. Gráficas Miralles, Palma.
- BAUZÀ, J. (1981): Contribuciones a la paleontología de Mallorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears*, 25: 7-20.
- BEHRENSMEYER, A.K. (1982): Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. *Paleobiology*, 8(3): 211-227.
- BENTON, M.J. (2008): *When life nearly died. The greatest mass extinction of all time*. Thames & Hudson, Londres. 336 pp.
- BERCOVICI, A., DIEZ, J.B., BROUTIN, J., BOURQUIN, S., LINOL, B., VILLANUEVA-AMADOZ, U., LÓPEZ-GÓMEZ, J. i DURAND, M. (2009): A palaeoenvironmental analysis of Permian sediments in Minorca (Balearic Islands, Spain) with new palynological and megafloral data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 158: 14-28.
- BORRUEL-ABADÍA, V., LÓPEZ-GÓMEZ, J., DE LA HORRA, R., GALÁN-ABELLÁN, B., BARRENECHEA, J.F., ARCHE, A., RONCHI, A., GRETTNER, N. i MARZO, M. (2015): Climate changes during the Early–Middle Triassic transition in the E. Iberian plate and their palaeogeographic significance in the western Tethys continental domain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 440: 671-689.
- BOURQUIN, S., DURAND, M., DIEZ, J.B., BROUTIN, J. i FLUTEAU, F. (2007): The Permian-Triassic boundary and Early Triassic sedimentation in Western European Basins: an overview. *Journal of Iberian Geology*, 33(2): 221-236.
- BOURQUIN, S., BERCOVICI, A., LÓPEZ-GÓMEZ, J., DIEZ, J.B., BROUTIN, J., RONCHI, A., DURAND, M., ARCHE, A., LINOL, B. i AMOUR, F. (2011): The Permian–Triassic transition and the onset of Mesozoic sedimentation at the northwestern peri-Tethyan domain scale: Palaeogeographic maps and geodynamic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299: 265-280.
- CALAFAT, F. (1986): Estratigrafia y sedimentología de la litofacies Buntsandstein de Mallorca. In: CABRERA, L. (ed.), *Libro de Resúmenes del XI Congreso Español de Sedimentología*: p. 39. Grupo Español de Sedimentología, Barcelona.
- CALAFAT, F. (1987): Paleoambients de les facies Buntsandstein de Mallorca. In: *Llibre de Resums de les I Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears*: 16-17. Societat d'Història Natural de les Balears, Palma.
- CALAFAT, F. (1988): *Estratigrafia y sedimentología de la litofacies Buntsandstein de Mallorca*. Tesina de Llicenciatura. Universitat de Barcelona, Barcelona. 127 pp. + 31 columnes estratigràfiques annexes. Inèdita.
- CALAFAT, F. i SÁEZ, B. (1987): Paleofauna lacustre del Triàsic Inferior de Mallorca. In: *Llibre de Resums de les I Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears*: 18-19. Societat d'Història Natural de les Balears, Palma.
- CALAFAT, F., FORNÓS, J.J., MARZO, M., RAMOS, E. i RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1986): Icnología de vertebrados de las facies Buntsandstein de Mallorca. *Libro de Resúmenes del XI Congreso Español de Sedimentología*: p. 40. Grupo Español de Sedimentología, Barcelona.
- CALAFAT, F., FORNÓS, J.J., MARZO, M., RAMOS-GUERRERO, E. i RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1986–1987): Icnología de vertebrados de las facies Buntsandstein de Mallorca. *Acta Geològica Hispànica*, 21-22: 515-520.
- CARMONA, R. (2004): *Estudi d'un seimuriamorfe (Amphibia: Batrachosauria) del Permià superior de Menorca*. Tesina de Llicenciatura. Universitat de Barcelona, Barcelona. 56 pp. Inèdita.
- CASSINIS, G., PEROTTI, C.R. i RONCHI, A. (2012): Permian continental basins in the Southern Alps (Italy) and perimediterranean correlations. *International Journal of Earth Sciences/GR Geologische Rundschau*, 101: 129-157.
- COHEN, K.M., FINNEY, S.C., GIBBARD, P.L. & FAN, J.-X. (2013; actualitzada): The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36: 199-204.
- COLOM, G. (1975): *Geología de Mallorca*. Gráficas Miramar, Diputació Provincial de Balears, Palma. 2 vols., 552 pp.
- CUEVAS-LÓPEZ, F. (1958a): *Informe geológico y minero de los yacimientos de cobre de Banyalbufar y Estallenchs, Mallorca*. Barcelona. 37 pp. + 8 figs. Inèdit.
- CUEVAS-LÓPEZ, F. (1958b): *Informe geológico y minero de los yacimientos de cobre de Banyalbufar y Valldemosa, Mallorca*. Barcelona. 23 pp. + 7 figs. Inèdit.
- DARDER, B. (1914): El Triàsic de Mallorca. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica*, 7: 85 pp. + 1 mapa + 1 taula.
- DIEZ, J.B. (2000): *Geología y Paleobotánica de la Facies Buntsandstein en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Implicaciones paleogeográficas en el Peritethys Occidental*. Tesi doctoral. Universidad de Zaragoza–Université Pierre & Marie Curie, Paris VI, Saragossa i París. 424 pp.

- DIEZ, J.B., BROUTIN, J. i FERRER, J. (2005): Difficulties encountered in defining the Permian–Triassic boundary in Buntsandstein facies of the western Peritethyan domain based on palynological data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 229: 40-53.
- DIEZ, J.B., BROUTIN, J., GRAUVOGEL-STAMM, L., BOURQUIN, S., BERCOVICI, A. i FERRER, J. (2010): Anisian floras from the NE Iberian Peninsula and Balearic Islands: A synthesis. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162: 522-542.
- FALLOT, P. (1922): *Étude Géologique de la Sierra de Majorque*. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, Paris i Lieja. 16 pp. + 8 làms. + 476 pp. + 9 làms.
- FREEMAN, T. i OBRADOR, A. (1974): Paleosuelos y carbón en la zona distal del Buntsandstein español (Menorca, Mallorca, Islas Baleares). In: *Resúmenes del VII Congreso del Grupo Español de Sedimentología*: p. 56. Grupo Español de sedimentología, Bellaterra-Tremp.
- FREEMAN, T. i OBRADOR, A. (1979): Paleosoils and coal in the distal part of the Spanish Buntsandstein (Menorca and Mallorca, Balearic Islands). *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 23: 47-50.
- GALLEMÍ, J., RIBA, O., REGUANT, S., AGUSTÍ, J., ÁLVAREZ, G., CALZADA, S., CAUS, M., LÓPEZ, C., MARTINELL, J., MARTÍNEZ, R., MARTÍNEZ, X., PORTA, J. de; SANZ DE SIRIA, A., SOLÉ, N., TRUYOLS, J., TRUYOLS, M. i VIA, L.I. (eds.) (1988): *Història Natural dels Països Catalans, 15: Registre Fòssil*. Enciclopèdia Catalana, Barcelona. 478 pp.
- GAND, G., DE LA HORRA, R., GALÁN-ABELLÁN, B., LÓPEZ-GÓMEZ, J., BARRENECHEA, J.F., ARCHE, A. i BENITO, M.I. (2010): New ichnites from the Middle Triassic of the Iberian Ranges (Spain): paleoenvironmental and paleogeographical implications. *Historical Biology*, 22(1-3): 40-56.
- GÓMEZ-GRAS, D.M. (1987): *Estratigrafia física y petrología sedimentaria del Pérmico y Buntsandstein de la isla de Menorca*. Tesina de Llicenciatura. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona. XIV + 117 pp. Inèdita.
- GÓMEZ-GRAS, D.M. (1992): *El Permotriás de las Baleares, de la Cordillera Costero Catalana y de la vertiente mediterránea de la Cordillera Ibérica: Facies y Petrología Sedimentaria*. Tesi doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona. XIX + 242 pp. + 55 figs. + 7 taules.
- GÓMEZ-GRAS, D. (1993): El Permotriás de las Baleares y de la vertiente mediterránea de la Cordillera Ibérica y del Maestrat: Facies y Petrología Sedimentaria (Parte II). *Boletín Geológico y Minero*, 104: 467-515.
- GRAUVOGEL-STAMM, L. i ÁLVAREZ-RAMIS, C. (1994): Macroflora et microflora in situ du Buntsandstein de l'île de Majorque (Baléares, Espagne). In: *Resúmenes del III Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico de España*: 51-53. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- GRAUVOGEL-STAMM, L. i ÁLVAREZ-RAMIS, C. (1996): Conifères et pollen in situ du Buntsandstein de l'île de Majorque (Baléares, Espagne). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 20: 229-243.
- HENDERSON, C.M., SHEN, S.Z., GRADSTEIN, F.M. i AGTERBERG, F.P. (2020): Chapter 24 - The Permian Period. In: GRADSTEIN, F.M., OGG, J.G., SCHMITZ, M.D. i OGG, G.M. (eds.), *Geologic Time Scale 2020*: 875-902. Elsevier.
- HERMITE, H. (1879): *Études géologiques sur les îles Baléares. Première partie: Majorque et Minorque*. Pichon et Savy, Paris. 362 pp. + 5 làms.
- HERMITE, H. (1888): Estudios Geológicos de las Islas Baleares. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*, 15: 1-244 + 4 làms.
- JUÁREZ-RUIZ, J. i WACHTLER, M. (2015): Early–middle Triassic (Anisian) fossil flora from Majorca (Spain). *Dolomythos*, 2015: 1-49.
- JUNCAL, M. (2019): *Nuevas aportaciones a la palinoestratigrafía pérmica del dominio peritético occidental*. Tesi doctoral. Universidade de Vigo, Vigo. 361 pp. Inèdita.
- LIEBRECHT, T., FORTUNY, J., GALOBART, A., MÜLLER, J. i SANDER, P.M. (2017): A large, multiple-tooth-rowed captorhinid reptile (Amniota: Eureptilia) from the Upper Permian of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 37(1): e1251936, 1-6.
- LINOL, B., BERCOVICI, A., BOURQUIN, S., DIEZ, J.B., LÓPEZ-GÓMEZ, J., BROUTIN, J., DURAND, M. i VILLANUEVA-AMADOZ, U. (2009): Late Permian to Middle Triassic correlations and palaeogeographical reconstructions in south-western European basins: New sedimentological data from Minorca (Balearic Islands, Spain). *Sedimentary Geology*, 220: 77-94.
- LÓPEZ-GÓMEZ, J., ARCHE, A. i PÉREZ-LÓPEZ, A. (2002): Permian and Triassic. In: GIBBONS, W. & MORENO, M.T. (eds.), *The Geology of Spain*: 185-212. Geological Society, Londres.
- LÓPEZ-GÓMEZ, J., ALONSO-AZCÁRATE, J., ARCHE, A., ARRIBAS, J., FERNÁNDEZ-BARRENECHEA, J., BORRUEL-ABADÍA, V., BOURQUIN, S., CADENAS, P., CUEVAS, J., DE LA HORRA, R., DIEZ, J.B., ESCUDERO-MOZO, M.J., FERNÁNDEZ-VIEJO, G., GALÁN-ABELLÁN, B., GALÉ, C., GASPAR-ESCRIBANO, J., GISBERT-AGUILAR, J., GÓMEZ-GRAS, D., GOY, A., GREYTER, N., HEREDIA-CARBALLO, N., LAGO, M., LLORET, J., LUQUE, J., MÁRQUEZ, L.,

- MÁRQUEZ-ALIAGA, A., MARTÍN-ALGARRA, A., MARTÍN-CHIVELET, J., MARTÍN-GONZÁLEZ, F., MARZO, M., MERCEDES-MARTÍN, R., ORTÍ, F., PÉREZ-LÓPEZ, A., PÉREZ-VALERA, F., PÉREZ-VALERA, J.A., PLASENCIA, P., RAMOS, E., RODRÍGUEZ-MÉNDEZ, L., RONCHI, A., SALAS, R., SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D., SÁNCHEZ-MOYA, Y., SOPEÑA, A., SUÁREZ-RODRÍGUEZ, Á., TUBÍA, J.M., UBIDE, T., VALERO-GARCÉS, B., VARGAS, H. i VISERAS, C. (2019): Permian-Triassic rifting stage. In: VERGÉS, J. i KULLBERG, J.C. (coord.), *The Geology of Iberia: A Geodynamic Approach. Volume 3: The Alpine Cycle*: 29–112. Springer, Cham.
- LOZANO, R. (1884): *Anotaciones físicas y geológicas de la isla de Mallorca para las aplicaciones del mapa: dedicado á la Excma. Diputación Provincial de Baleares*. Imprenta de la Casa de la Misericordia, Palma. 68 pp.
- LUCAS, S.G. (2019): An ichnological perspective on some major events of Paleozoic tetrapod evolution. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 58(3): 223-266.
- MARTÍ, J., PANIELLO, X., POMAR, L., RAMOS, E. i RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1985): El Triásico de las Baleares. In: MATEU IBARS, F. i MARZO, M. (eds.), *Resúmenes del II Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico de España*: 84-85. Institut d'Estudis Ilerdencs i Grupo Español del Mesozoico, La Seu d'Urgell.
- MATAMALES-ANDREU, R., FORTUNY, J., MUJAL, E. i GALOBART, À. (2019): Tetrapod tracks from the Permian of Mallorca (western Mediterranean): preliminary data, biostratigraphic and biogeographic inferences. In: *The Palaeontological Association, 63rd annual meeting, 15th–21st December 2019*: p. 107. The Palaeontological Association, València.
- MATAMALES-ANDREU, R., MUJAL, E., DINARÈS-TURELL, J., KUSTATSCHER, E., ROGHI, G., OMS, O., GALOBART, À. i FORTUNY, J. (en preparació): Early–middle Permian ecosystems of equatorial Pangaea: integrated multi-stratigraphic and palaeontological review of the Permian of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean).
- MATAMALES-ANDREU, R., MUJAL, R., GALOBART, À. i FORTUNY, J. (2021a): Insights on the evolution of synapsid locomotion based on tetrapod tracks from the lower Permian of Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 579: 110589.
- MATAMALES-ANDREU, R., OMS, O., GALOBART, À. i FORTUNY, J. (2021b): Middle–Upper Triassic marine vertebrates of Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Historical Biology*, 33(10): 2520-2533.
- MATAMALES-ANDREU, R., PEÑALVER, E., MUJAL, E., OMS, O., SCHOLZE, F., JUÁREZ, J., GALOBART, À. i FORTUNY, J. (2021c): Early–Middle Triassic fluvial ecosystems of Mallorca (Balearic Islands): Biotic communities and environmental evolution in the equatorial western peri-Tethys. *Earth-Science Reviews*, 222: 103783.
- MATAMALES-ANDREU, R., ROIG-MUNAR, F.X., OMS, O., GALOBART, À. i FORTUNY, J. (2021d): A captorhinid-dominated assemblage from the palaeoequatorial Permian of Menorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 112(2): 125-145.
- MCCANN, T., PASCAL, C., TIMMERMAN, M.J., KRZYWIEC, P., LÓPEZ-GÓMEZ, J., WETZEL, A., KRAWCZYK, C.M., RIEKE, H. i LAMARCHE, J. (2006): Post-Variscan (end Carboniferous–Early Permian) basin evolution in Western and Central Europe. *Geological Society, London, Memoirs*, 32: 355-388.
- NOLAN, H. (1887): Note sur le Trias de Minorque et Majorque. *Bulletin de la Société géologique de France*, 15: 592-599.
- NOLAN, H. (1888): El Trias de Mallorca y Menorca. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*, 15: 234-241.
- OBRADOR, A. (1983): El Pérmico de las Baleares. In: MARTÍNEZ-DÍAZ, C. (ed.), *Carbonífero y Pérmico de España, X Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero*: 463-470. Ministerio de Industria y Energía i Instituto Geológico Minero de España, Madrid.
- OGG, J.G., CHEN, Z.-Q., ORCHARD, M.J. i JIANG, H.S. (2020): Chapter 25 - The Triassic Period. In: GRADSTEIN, F.M., OGG, J.G., SCHMITZ, M.D. i OGG, G.M. (eds.), *Geologic Time Scale 2020*: 903-953. Elsevier.
- PARÉS, J.M., FREEMAN, R. i SÀBAT, F. (1989): Síntesis de los resultados paleomagnéticos de los bordes de la Cuenca Catalano-Balear. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 12: 59-74.
- PARÉS, J.M., FREEMAN, R. i ROCA, E. (1992a): Neogene structural development in the Valencia trough margins from palaeomagnetic data. *Tectonophysics*, 203: 111-124.
- PARÉS, J.M., ROCA, E. i FREEMAN, R. (1992b): Datos paleomagnéticos de los márgenes del surco de Valencia. Papel de las rotaciones en la estructuración neógena. *Física de la Tierra*, 4: 231-246.
- PEÑALVER, E., MARTÍNEZ-DELCLÒS, X. i ARILLO, A. (1999): Yacimientos con insectos fósiles en España. *Revista Española de Paleontología*, 14(2): 231-245.
- POMAR-GOMÀ, L. (1979): *The Triassic of the Balearic Islands*. Geology Department, Palma de Mallorca University, Palma. 49 pp. + 7 columnes estratigràfiques. Inèdit.
- PRETUS, J.L. i OBRADOR, A. (1987): Presencia de restos óseos en el Pérmico de Menorca (nota previa). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears*, 31: 149-152.

- RAMOS, A. (1995): Transition from alluvial to coastal deposits (Permian–Triassic) on the Island of Mallorca, western Mediterranean. *Geological Magazine*, 132(4): 435-447.
- RAMOS, A. i DOUBINGER, J. (1989): Premières datations palynologiques dans le facies Buntsandstein de l'île de Majorque (Baléares, Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, segona sèrie, 309: 1089-1094.
- RAMOS, A. i GARCÍA-RAMOS, S. (1992): Niveles de bioturbación en las facies tipo Buntsandstein del Pérmico-Triásico de Mallorca. In: GARCÍA-RAMOS, J.C. (ed.), *Reunión Monográfica sobre Biosedimentación*: 41-43.
- RAMOS, A., OLMO, P. del i ALVARO, M. (1985): El Buntsandstein de la isla de Mallorca. In: MATEU IBARS, F. & MARZO, M. (eds.), *II Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico de España*: 103-104.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A., RAMOS-GUERRERO, E., POMAR, L., PANIELLO, X., OBRADOR, A. i MARTÍ, J. (1987): El Triásico de las Baleares. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 11: 295-321.
- ROMANO, M., BERNARDI, M., PETTI, F.M., RUBIDGE, B., HANCOX, J. i BENTON, M.J. (2020; *en premsa*): Early Triassic terrestrial tetrapod fauna: a review. *Earth-Science Reviews*, 210: 103331.
- ROSCHER, M., STORDAL, F. i SVENSEN, H. (2011): The effect of global warming and global cooling on the distribution of the latest Permian climate zones. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 309: 186-200.
- ROSELL, J., ARRIBAS, J., ELÍZAGA, E. i GÓMEZ-GRAS, D. (1988): Caracterización sedimentológica y petrográfica de la serie roja permo-triásica de la isla de Menorca. *Boletín Geológico y Minero*, 99(1): 71-82.
- ROSELL, J., GÓMEZ-GRAS, D. i ELÍZAGA, E. (1989a): *Mapa Geológico de España. Escala 1:25.000. Isla de Menorca. Cap Menorca y Ciutadella*. Segona sèrie, primera edició. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid. 51 pp. + 3 mapes.
- ROSELL, J., GÓMEZ-GRAS, D. i ELÍZAGA, E. (1989b): *Mapa Geológico de España. Escala 1:25.000. Isla de Menorca. Cala en Brut i Alaior*. Segona sèrie, primera edició. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid. 38 pp. + 3 mapes.
- SANTANACH, P., BANDA, E., CALVET, F., CARRERAS, J., CASAS, J.M., FONTBOTÉ, J.M., FORNÓS, J., GISBERT, J., JULIVERT, M., MARZO, M., RODRÍGUEZ-PEREA, A., SALAS, R. i SOUQUET, P. (eds.) (1986): *Història Natural dels Països Catalans, 1: Geologia (I)*. Enciclopèdia Catalana, Barcelona. 439 pp.
- SCOTESE, C.R. (2014a): Atlas of Permo-Carboniferous Paleogeographic Maps, maps 53 – 64 from Volume 4 of the PALEOMAP Atlas for ArcGIS (Late Paleozoic), Mollweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston, Illinois.
- SCOTESE, C.R. (2014b): Atlas of Middle & Late Permian and Triassic Paleogeographic Maps, maps 43 – 48 from Volume 3 of the PALEOMAP Atlas for ArcGIS (Jurassic and Triassic) and maps 49 – 52 from Volume 4 of the PALEOMAP Atlas for ArcGIS (Late Paleozoic), Mollweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston, Illinois.
- SHCHERBAKOV, D.E., LUKASHEVICH, E.D. i BLAGODEROV, V.A. (1995): Triassic Diptera and initial radiation of the order. *Journal of Dipterological Research*, 6(2): 75-115.
- SCHOLZE, F. i MATAMALES-ANDREU, R. (2021). Triassic clam shrimps ("Conchostraca"; Branchiopoda: Diplostraca) from Mallorca: Taxonomic description and interregional comparisons. *Zootaxa*, 4964(3): 471-496.
- SINITSHENKOVA, N.D. (2000): A review of Triassic mayflies, with the description of new species from Western Siberia and Ukraine (Ephemera = Ephemeroptera). *Paleontological Journal*, 34 (3): S275-S283.
- VERA, J.-A., ALONSO-CHAVES, F.M., ANDREO, B., ARIAS, C., AZAÑÓN, J.M., BALANYÁ, J.C., BARÓN, A., BOOTH-REA, G., CASTRO, J.M., CHACÓN, B., COMPANY, M., CRESPO-BLANC, A., DELGADO, F., DÍAZ DE FEDERICO, A., ESTERAS, M., ESTÉVEZ, A., FERNÁNDEZ, J., FORNÓS, J.J., GALINDO-ZALDÍVAR, J., GARCÍA-CASCO, A., GARCÍA-DUEÑAS, V., GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., GARRIDO, C.J., GEA, G.A. de; GELABERT, B., GERVILLA, F., GONZÁLEZ-LODEIRO, F., JABALOY, A., LÓPEZ-GARRIDO, A.C., LUJÁN, M., MARTÍN-ALGARRA, A., MARTÍN-CHIVELET, J., MARTÍN-MARTÍN, M., MOLINA, J.M., MORATA, D., NIETO, J.M., OBRADOR, A., O'DOGHERTY, L., OROZCO, M., PÉREZ-LÓPEZ, A., POMAR, L., PUGA, E., RAMOS, E., REY, J., RIVAS, P., RODRÍGUEZ-CAÑERO, R., RUIZ-CRUZ, M.D., RUIZ-ORTIZ, P.A., SÀBAT, F., SÁNCHEZ-GÓMEZ, M., SÁNCHEZ-NAVAS, A., SANDOVAL, J., SANZ DE GALDEANO, C., SOTO, J.I., TORRES-ROLDÁN, R.L. i VILLAS, L. (2004): Cordillera Bética y Baleares. In: VERA, J.-A. (ed.), *Geología de España*: 346-464. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- ZESSIN, W. (2008a): Einige neue Insekten aus der Unteren Trias (Buntsandstein) von Mallorca, Spanien (Blattaria, Coleoptera, Diptera, Heteroptera und Megaloptera). *Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie – Nachrichten*, 22(1): 20-21.
- ZESSIN, W. (2008b): Neue Insekten aus der Unteren Trias (Buntsadstein) von Mallorca, Spanien (Blattaria, Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Orthopteroidea und Homoptera). *Virgo, Mitteilungsblatt des Entomologischen Vereins Mecklenburg*, 11(1): 99-101.

Nota: Els autors volen fer constar que per indicació dels editors –els quals s’acullen als criteris de l’Institut d’Estudis Catalans i allò que recomanen els manuals d’estil a l’ús (cf. Optimot), de més a més de mantenir la unitat d’estil de tota la monografia– i en contra de l’opinió dels autors, la terminologia cronoestratigràfica i geocronològica s’ha posat sempre en minúscula.

Data recepció: 30.03.21

Data revisió: 08.06.21

Revisió acceptada: 26.06.21

