

El registro Messiniense de la isla de Mallorca (archipiélago Balear, Mediterráneo occidental). Revisión e interpretación.

*The Messinian record of the Majorca island
(Balearic archipelago, Western Mediterranean).
Review and interpretation.*

B. Morey¹

¹ Doctorat en Història, Història de l'Art i Geografia. Departamento de Geografía. Universitat Illes Balears. Cra de Valldemossa Km. 7'5. Palma (Illes Balears) E-07122 Spain. Email: bernatmoreycolomar@yahoo.es. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0371-6146>

RESUMEN

Los estudios en el patrimonio paleontológico de Mallorca (archipiélago Balear, Mediterráneo occidental) posibilitan dividir el Mioceno postectónico de la isla en secuencias deposicionales separadas por discontinuidades sedimentarias. Estas se han ordenado de acuerdo con las oscilaciones glacio-eustáticas mediterráneas.

El finitortoniense documentado comprende margas lagunares y superficie erosiva (*T/M*). La transgresión marina posterior se inicia con un nuevo ciclo litoral/mareal (entrada de *Globorotalia mediterranea*. Messiniense I-MI-Fm. *Calizas de Santanyi*) y con hasta 4 registros sedimentarios distintos según influencia del relieve emergido.

La crisis finimessiniense se manifiesta con nuevos registros restringidos y nuevo ciclo litoral con fauna marina *brackish-Lagomare* (Sintema MII-Fm. *Calizas Pont d'Inca*; Sintema MIII-Fm. *Margas y conglomerados de Rafal-Son Seguí*).

La ordenación estratigráfica propuesta se refuerza con una primera interpretación paleoambiental. Para el finimioceno de Mallorca este estudio ha supuesto la diferenciación de un ciclo litoral mareal messiniense entre dos episodios restringidos. El registro messiniense estudiado documenta la distensión del relieve emergido y aporta nuevas perspectivas para interpretar la crisis de salinidad mediterránea (registro de cuenca marginal) y el poblamiento finimioceno del archipiélago.

Palabras clave: Messiniense; depositos costeros; sedimentación mareal; paleoambientes; Lago mare; Mallorca.

ABSTRACT

Studies on Paleontological heritage of Majorca (Balearic archipelago, West Mediterranean) allow to divide the post-tectonic Miocene into depositional cycles separated by sedimentary discontinuities. In this work these sequences are ordered according to Mediterranean glacio-eustatic oscillations. The Tortonian marine cycle end

Recibido el 16 de noviembre de 2017; Aceptado el 5 de septiembre de 2018; Publicado online el 22 de noviembre de 2018

Citation / Cómo citar este artículo: Morey, B. (2018). El registro Messiniense de la isla de Mallorca (archipiélago Balear, Mediterráneo occidental). Revisión e interpretación. Estudios Geológicos 74(2): e083. <https://doi.org/10.3989/egeol.43055.475>.

Copyright: © 2018 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

with a restricted lagoon record with grey sapropelic marls and an erosive surface (*T/M* episode). The marine Messinian transgression starts with a new marine-tidal cycle (entry of *Globorotalia mediterranea*. MI Synthem-Fm. *Calizas de Santanyi*) with four diverse records (infralitoral, mangrove-low coastal lagoon etc.) depending on the influence of the emerged relief. The last Messinian Salinity Crisis (MSC) is characterized with a new restricted record and a singular *Lagomare* fauna (MII-Fm. *Calizas Pont d'Inca*; MIII-Fm. *Margas y conglomerados de Rafal-Son Seguí*) The resulting paleoenvironmental diversity supports the proposed stratigraphic interpretation.

This work thus proposes the differentiation of a tidal marine messinian cycle for the last Miocene of Mallorca, between two restricted episodes. The Majorcan messinian record documents the distension experienced by the Balearic arc according to the influence of relief, which can provide new perspectives regarding the MSC-*Lagomare* and the settlement of the archipelago in the Messinian age.

Keywords: Messinian; Tidal sedimentation; Majorca island; Paleoenvironments; Lago Mare.

Introducción

La isla de Mallorca es la mayor zona emergida del archipiélago balear o prolongación de las Sierras Béticas hacia el centro del Mediterráneo occidental (Fallot, 1922; Gelabert, 1997; Fig. 1) La isla es una combinación de horsts, plataformas miocenas y grabens rellenos de materiales postectónicos y estructurados por la orogenia alpina.

El registro postectónico de la isla abarca desde el Serravalliense hasta la actualidad (Gelabert, 1997; Morey, 2016a) Para las plataformas miocenas postectónicas (un tercio de la superficie emergida de la isla, Fig. 1) se desconocen estudios que individualicen un registro postortoniense anterior al cierre de la comunicación atlántica semejante el documentado en buena parte del Mediterráneo occidental (Montenat, 1990; Tent Manclús, 2003; Hilgen *et al.*, 2000; Krijgsman *et al.*, 1994, 1999; Van Assen *et al.*, 2006; Corbí *et al.*, 2016) Ello se debe tanto a la falta de bioindicadores planctónicos (registro muy litoral; Mateu, 1982; Álvaro *et al.*, 1984; Simó & Ramón, 1986) como a la falta de más estudios cronoestratigráficos (Robledo, 2005).

A nivel global el Tortoniense finaliza con un enfriamiento climático y regresión marina asociada (Haq *et al.*, 1987; Aguirre, 2003; Agustí *et al.*, 2006; Van Couvering *et al.*, 2006; Tent Manclús *et al.*, 2008; Le Roux, 2012) La transgresión marina posterior, ya messiniense, se significa en aguas mediterráneas con la entrada de foraminíferos planctónicos como *Globorotalia miotumida* (Jenkins), *Globorotalia mediterranea* (Catalano & Sprovieri) o *Globorotalia conomiozea* (Kenett) (Hilgen *et al.*, 2000; Sierro *et al.*, 1993; Krijgsman *et al.*, 1994; Corbí, 2010; 2017; Corbí & Soria, 2016).

Los trabajos de catalogación y caracterización llevados a cabo en el patrimonio Paleontológico

de Mallorca documentan un significativo registro litoral-mareal entre los ciclos restringidos finortoniense y finmessiniense (Morey & Mas, 2009; Morey 2016b) En base a este registro, considerado messiniense, se pretende (objetivos):

- Definir la transgresión marina messiniense en Mallorca.
- Explorar las similitudes del “*a priori*” registro considerado messiniense con el registro coetáneo en el Mediterráneo occidental y avanzar en su extrapolación a ciclos glacioeustáticos a nivel global.
- Interpretar la diferenciación paleogeográfica propia de un registro litoral sujeto a tectónica extensional.
- Plantear una ordenación e interpretación coherente del complejo registro finmessiniense y *Lagomare* documentado en el Anticlinal de Son Seguí.
- Reforzar la ordenación estratigráfica propuesta con una primera interpretación paleoambiental.

Contexto geológico para el postectónico de Mallorca

La isla de Mallorca es la parte menos distendida del arco balear (Giménez *et al.*, 2007) El período distensivo actual se inicia en el Serravalliense (13-11Ma) y se manifiesta con fallas y fracturas que afectan tanto a la estructura alpina como a las plataformas tortomessinienses adosadas al relieve emergido (Pomar *et al.*, 1983; Benedicto, 1994; Silva *et al.*, 2005; Morey, 2016a y b) En estas plataformas se documentan complejos arrecifales y carbonatados que por situación pueden ser tanto tortonienses como messinienses (Pomar *et al.*, 1983; Pomar & Ward, 1991; 1994; Morey, 2016b).

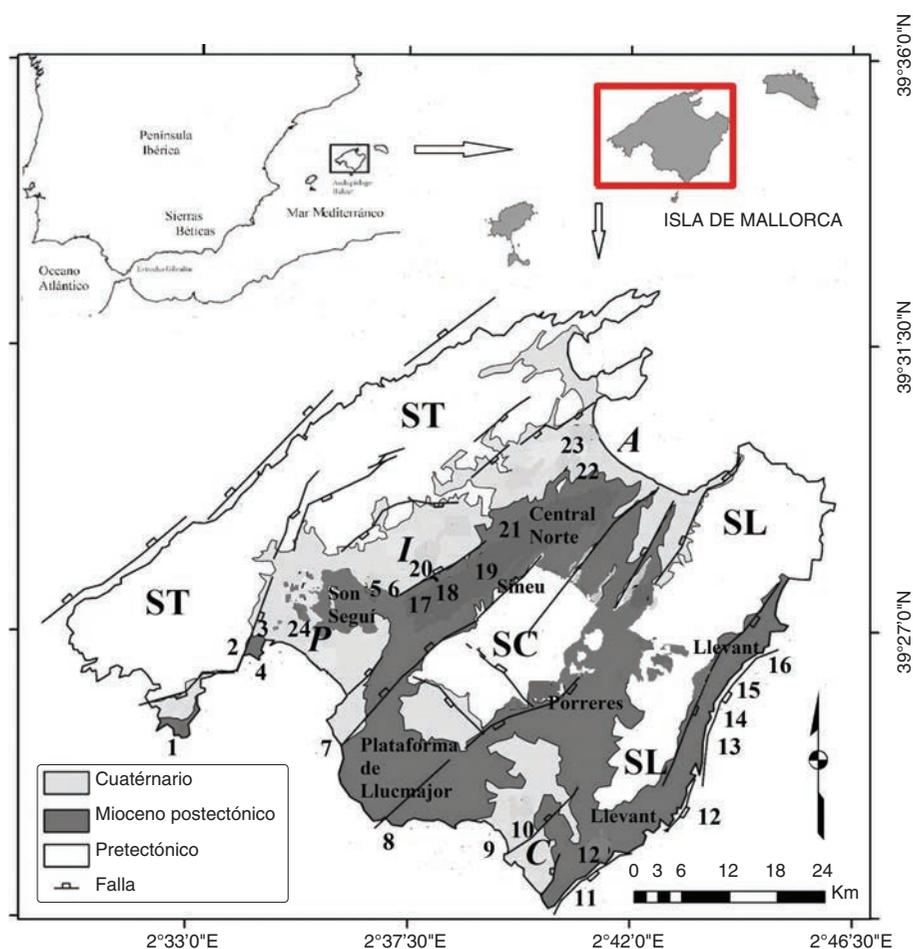


Fig. 1.—Mapa geológico de Mallorca y localidades estudiadas (Tabla 1) Orógeno alpino (ST. Sierra de Tramuntana; SC. Sierras Centrales; SL. Sierras Llevant) *Grabens* (P. Palma; C. Campos; I. Inca; A. Alcúdia) Negrita: Plataformas miocenas. Nº. Tabla 1.

La crisis finmessiniense con regresión marina asociada (Cierre Corredor Bético-6.18 Ma. Cierre definitivo-5.99 Ma. Pérez Asensio *et al.*, 2012. Krijgsman *et al.*, 1999) se manifiesta en el registro estudiado con sedimentación de carácter restringido y facies *Lagomare* (Morey & Mas, 2009; Morey & Forteza, 2015; Mas, 2015) El registro tortomessiense estudiado se observa en parte superado por la transgresión marina pliocena y fosilizado por sistemas dunares, playas y aluviones pliocenos y cuaternarios (Cuerda, 1987; Morey, 2008; Morey 2016a).

Materiales y métodos

La catalogación del patrimonio Paleontológico de Mallorca ha supuesto la batida sistemática de los 3600 Km² de la isla (5 recorridos/ Km² entre 2006 y

2016) a partir de los mapas Topográficos Nacionales 1: 25000 y de los mapas geológicos del proyecto MAGNA 1:50.000.

Las coordenadas y altura para cada LIP (Palaeontological Site; Morey 2016a y b) se fijan con los modelos GPS Garmin eTrex Summit HC, Topo España V.3.0, BCN 1:25.0000 y modelo MDT25-Datum Eur. 1950 y programas Google Earth-QUICKBIRD y IDEIB. <http://ideib.Caib.es/visualizador.jsp>. (Fig. 1; Tabla 1).

Se seleccionan los LIPs y perfiles estratigráficos con registros comprendidos entre la superficie erosiva con la que finaliza el Complejo Arrecifal Tortoniense y el inicio de la transgresión marina Pliocena (Pomar *et al.*, 1983; Fornós, 1983; Pomar, 1991; Pomar & Ward, 1991; 1994; Robledo, 2005; Morey & Mas, 2009; Mas, 2015; Morey, 2011;

Tabla 1.—Coordenadas UTM de las principales localidades estudiadas

Nº en Fig. 1	Perfiles	Coordenadas	N	Perfiles	Coordenadas
1	Rafaubeix	457106- 4372072	13	Cala Murada	523900- 4365373
2	Bellver	467336- 4374596	14	Cala Antena	524000- 4367700
3	Ardiaca.	468838- 4382368	15	Cala Magraner	524900- 4370950
4	Grells- Porto Pi	467453- 4377520	16	Cala Murta	527330- 4375500
5	Son Seguí	485004- 4385750	17	C. Palou- General	493000- 4386000
6	Rafal- Son Sineu	485300- 4389200	18	Ruberts- Pina	494900- 4383600
7	Moreria	477800- 4782000	19	Sineu	500300- 4388200
8	Cap Blanc- Cala Pi	488000- 4357200	20	Sencelles	491750- 4384480
9	Sa Ràpita	495785- 4357045	21	Llubí	500100- 4394500
10	Serralt	436300- 4999500	22	Muro	505000- 4398000
11	Cala Santanyí	512900- 4353500	23	Albufera (sondeo)	Varios perfiles
12	Cala Nau	521500- 4360600	24	Palma (sondeo)	Varios perfiles

2016a y b. Fig. 2) A continuación estos se describen de forma sintética y ordenada.

La identificación de las distintas unidades estratigráficas se realiza a partir los estudios de Pomar *et al.* (1983), Fornós (1983), Álvaro *et al.* (1984) o Simó & Ramón (1986).

La correlación entre paleofacies (ver Tabla 2) se aborda desde la integración de estas en secuencias de depósito donde el Sintema o ciclo estratigráfico básico se entiende como cuerpo rocoso limitado por discontinuidades significativas a nivel regional (Chang, 1975; Salvador, 1984; Tent Manclús, 2003) Este sistema de correlación es similar al aplicado en registros mediterráneos coetáneos y *a priori* semejantes (Mioplioceno italiano, Rovieri *et al.*, 2001; Neógeno de la cuenca del Segura, Tent Manclús, 2003; Corbí, 2010; 2017; Corbí *et al.*, 2016).

La ordenación estratigráfica propuesta se observa o propone coherente con la interpretación faunística y paleoambiental realizada en base a los estudios de Mateu (1982), Anadón (1989), Levy (1984), Lacour *et al.* (2002), Guerra Merchán *et al.* (2008), Cuerda (1987), Corbí & Soria (2016) o Corbí (2017) entre otros.

El registro estudiado se adapta a los modelos glacioeustáticos propuestos a nivel global y para el Messiniense mediterráneo por Haq *et al.* (1987), Krijgsman *et al.* (1994, 1999), Hilgen *et al.* (2000) o Le Roux, (2012).



Fig. 2.—Interpretación de los perfiles aportados.

Resultados. Descripción sintética de los perfiles estratigráficos

Cuenca de Palma. Perfiles de Bellver, Ardiaca y Porto Pi

Bellver

467336-4374596. 100-140 m. Fig. 3.

- 34m. Limolitas masivas beiges con *Globigerinoides obliquus* (Bolli) Tortoniense.
- 6m. Margas ocreas con grandes ostreidos (*Crassostrea* sp.) y aluviones rosados.
- 70cm. Calcarenita-lumaquela de gasterópodos (*Turritela* sp.) y *Borelis melo* (Fichter & Moll).

Tabla. 2.—Paleofacias catalogadas (presencia en localidades de Fig. 1) y ordenadas según situación y Sintema (T/M. Tortomessiniense; MI. Messiniense; MII. Crisis de Salinidad. MIII Sintema Lagomare; P. Plioceno) Gris obscuro: lagunar; Gris claro: planctónico- infralitoral; Blanco: meso-infralitoral.

Paleofacias	Edad	Localidad
Margas grises con yesos	T/M	Colom (1985) Palma. Son Seguí?.
Superficie erosiva	T/M	Porto Pi. Cala Santanyí.
Margas y lutitas blancas con cerítidos y cardítidos.	MI	Morería- Ses Olles
Calcilutitas beige bioturbadas. Pectínidos. Ostreidos	MI	Porto Pi- Caló dels Grells
Margas y aluviones rosados con ostreidos	MI	Porto Pi. Caló dels Grells. Bellver.
Calizas estromatolíticas	MI	Porto Pi. Cala Santanyí
Margas verdes	MI	Ràpita. Son Seguí. Cala Santanyí
Facies de manglar.	MI	Ràpita. Cala Santanyí
Arrecifes de poliquetos y serpúlidos	MI	Porto Pi. Son Seguí
Calcarenitas oolíticas con estratificación cruzada	MI	Cala Santanyí. Cala Pi. Ardiaca
Calcarenitas litorales y limos rojos	MI/MII	Cala Morlanda. Porto Cristo
Calizas estromatolíticas	MII	Son Seguí
Margas ocre con cardítidos	MI/MII	Sencelles. Costes Son Palou
Lutitas laminadas con hidróbidos y cerítidos	MII	Son Seguí
Calizas recristalizadas oscuras- negras	MII	Porto Pi. Serralt. Rafal- Son Seguí
Margas blanca bioturbadas con cerítidos	MIII	Rafal- Son Seguí
Conglomerados. Cantos de sílex y margas ocre	MIII	Rafal- Son Seguí
Margas blancas- grises y fauna brakish	MIII	Rafal- Son Seguí. Morería
Concentraciones de ostreidos	MII/MIII	Son Seguí. Son Tano.
Calcilutitas y calcilutitas beige	P	Rafal- Son Seguí. Morería. Cas. General. Morería. Sencelles. etc.

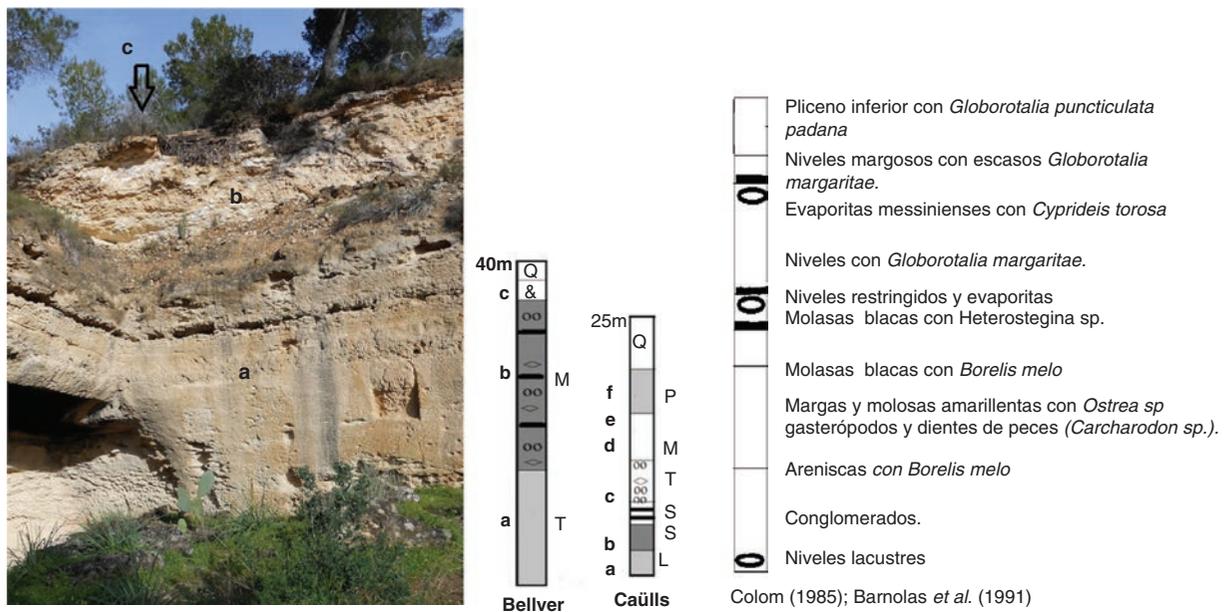


Fig. 3.—Derecha. Perfiles de las cuencas de Palma Oeste/Norte (Bellver y Caülls. 100 m. Colom, 1985; Barnolas, 1991) Izquierda. Bellver. a) Tortoniense; b) Margas Bonanova-T/M c) Unidad de cerítidos interpretada messiniense-MI.

Ardiaca

(468838-4382368. 25m) Según Mas & Fornós (2012) Fig. 4.

a) Calizas arrecifales (9m visibles) con *Porites* sp. y *Tarbellastraea* sp.

b) 2-3m. Margas ocreas bioturbadas con restos de pectínidos (*Fm. Margas Bonanova*).

c) 1-2m. Calcarenitas y oolitas. (*Fm. Calizas Santanyi*).

d) 1m. Calizas oscuras/negras recristalizadas. (*Fm. Calizas Pont d'Inca*).

e) Margas planctónicas beige con *Globorotalia* sp. Plioceno.

Porto Pi-Caló dels Grells

467453-4377520. Según Fornós *et al.* (1991) y el trabajo de campo se observan:

a) 2m. Bioconstrucción arrecifal coronada por estromatolitos-superficie erosiva. Fig. 5

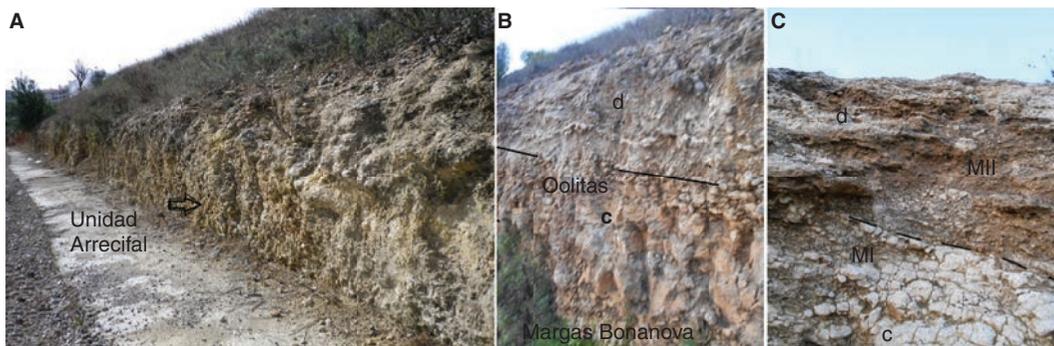


Fig. 4.—Ardiaca-cementerio de Palma: A) Facies con *Porites* sp. Tortomessiense. B y C) Unidad oolítica messiniense-MI. (b) y contacto (c) con calizas finimessienses-Sintema MII (*Fm. Calizas Pont d'Inca*)

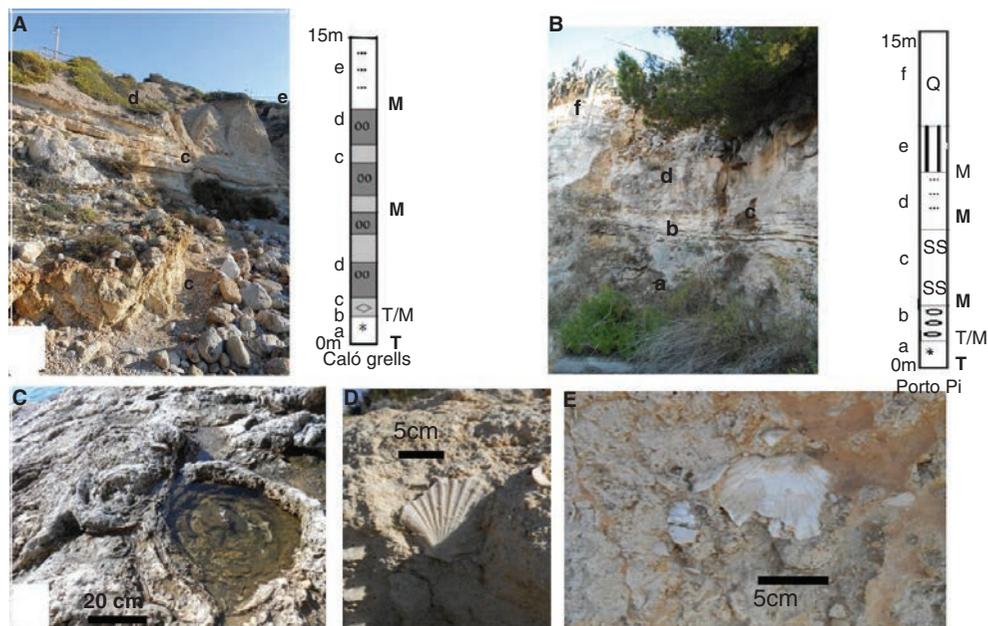


Fig. 5.—Caló dels Grells (A) y Porto Pi (B) Transgresión marina messiniense (b, c y d en texto) sobre superficie erosiva C. El perfil culmina con registro MII.-*Fm Calizas Pont d'Inca*. (e) D y E pectínidos y ostreidos infralitorales (*Fm. Margas de la Bonanova*-MI) sobre superficie erosiva T/M-estromatolitos (C)

b) 10m. Calcarenitas, calcilutitas y calcicilitas blanco amarillas bioturbadas con fauna marina infracircalitoral (*Ostrea* sp., *Pecten* sp. Fig. 5) Facies *Fan delta*.

c y d) Ritmita de conglomerados, limos rosados, arcillas y margas con ostreidos.

e) 4-2m. Calizas oolíticas.

f) Sistemas dunares pleistocenos.

Porto Pi-Entrada y faro

469053-4337523. 0-15m. Perfil inédito (Fig. 5).

a) 4 m. Brechas, limos y bioconstrucciones arrecifales. Restos de rodófitos y balánidos.

b) 2-3m. Calcarenitas y calizas estromatolíticas con laminación planar. Margas blancas con cerítidos y cardítidos (1-2m).

c) 2m. Bioconstrucción-arrecife de poliquetos.

d) 2-4m. Caliza oolítica dura sin macrofósiles.

e) 3-5m. Calizas diagenizadas recristalizadas oscuras. *Fm. Calizas Pont d'Inca*.

f) Sistemas dunares pleistocenos.

Antiforme de Son Seguí

Registro de final de cuenca (Benedicto, 1994) referente para el finimioceno de la isla (Morey, 2013. Fig. 6; Fig 7) Se describen los perfiles de Son Sineu-Ermita, Rafal y Son Tano (Morey & Mas, 2009; Morey & Forteza, 2015).



Fig. 6.—Registro de Son Seguí-Rafal. La flecha indica la unidad ocre sobre estromatolitos messinienses (a) y margas con cerítidos (b) y bajo superficie erosiva (c) que da paso al registro Plioceno.

Son Sineu (4853004-4388200. 210m) -Ermita (4850004-4385750. 325m)

a) 2m. Margas y arcillas blanco-grises con *Pecten praescabrisculus* (Kilian).

b) 10m. Margas y calizas blancas con *Cardium* sp. Domos estromatolíticas cilíndricas y métricas con *ripples* de corriente.

c) 1-1.5m. Bioconstrucción de serpúlidos, verméticos y ostreidos.

d) 1.5-3m. Caliza oolítica cementada. Moldes de moluscos mesoinfralitorales como *Turritela* sp., *Conus mercatii* (Brocchi) o *Anadara diluviani* (Lamarck).

e) 2-5m. Calcarenita-lumaquela de cardítidos juveniles.

f) 1-2m. *Trottoir*-concentración de verméticos.

g) 2-3m. Domos estromatolíticas laminadas (estructura planar) Lutitas blancas y grietas de desecación.

h) 50cm. Lumaquela de pectínidos, tellínidos y abundantes ostreidos bien conservados.

i) 10-50cm. Lutitas laminares duras con moldes de milimétricos hidróbidos, bitínidos y raros cerítidos (*Potamides* sp.) y cardítidos.

j) 20-30cm. Lutita compacta. Lumaquela de *Cardium* sp. con valvas unidas -ambiente de baja energía- y cerítidos litorales (*Tympanotonos*, *Potamides* sp.).

Son Tano (485460-4389500. 220-310m)

g/h) 10-15m. Margas blancas y domos estromatolíticas con restos de yeso selenítico, cardítidos y cerítidos mal conservados.

i/j) 1m. Calizas negras densas diagenizadas y recristalizadas. *Calizas Pont d'Inca*.

k) 5-10cm. Concentración de ostreidos (*Ostrea edulis*. Linnaeus) extrapolable a h-Son Seguí.

Son Sineu-Rafal

220 m. Registro buzado 30° continuando los perfiles anteriores.

k) 2-3m. Margas blancas y lumaquela de cerítidos bien conservados.

l) 2m. Calizas estromatolíticas laminadas.

m) 50cm. Conglomerados con cantos calcáreos y de sílex de matriz lutítica gris-verdosa (materia orgánica) Moldes de moluscos en mal estado de conservación (uniónidos. *Congerina* sp. Fig 7) Superficie erosiva.

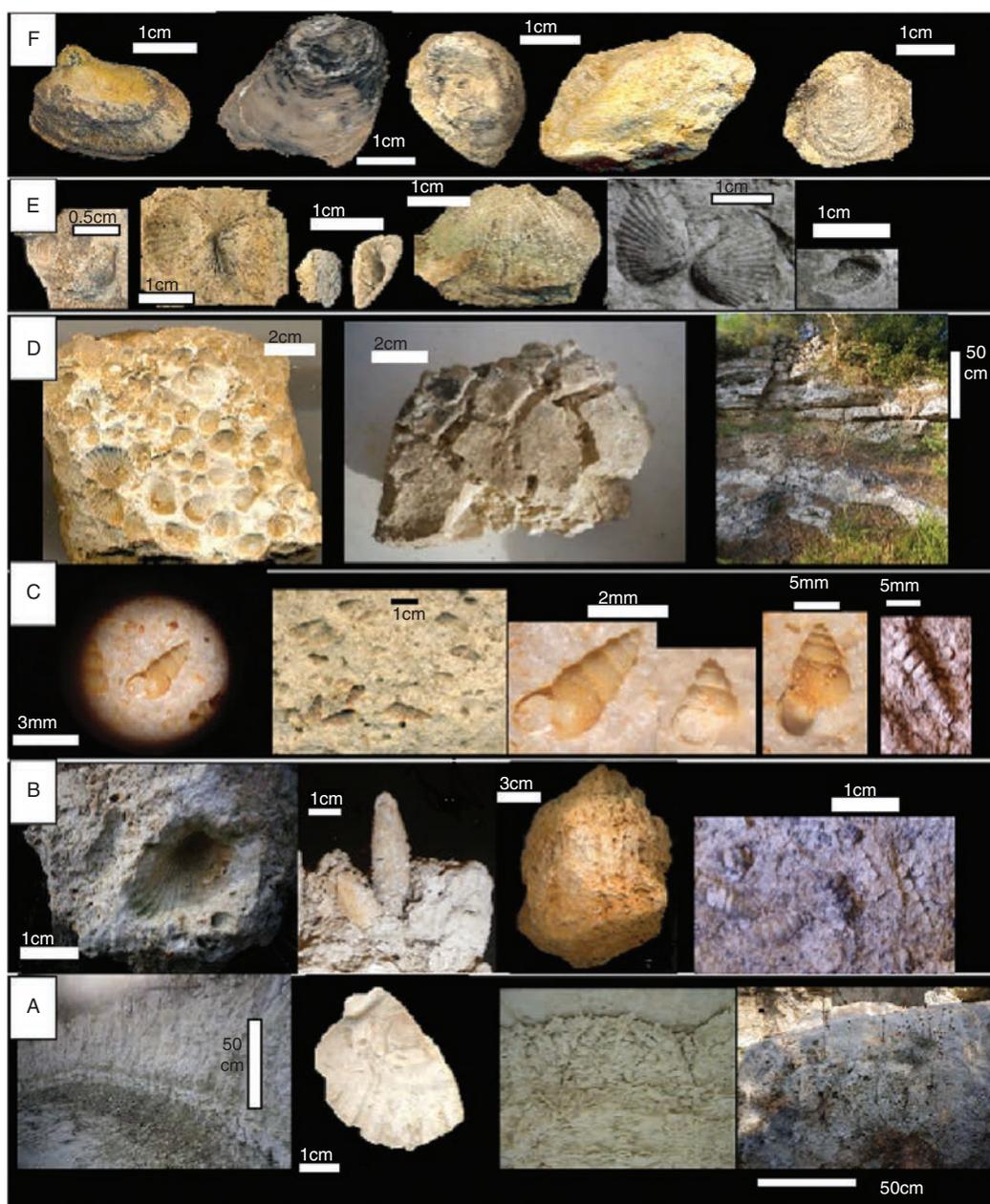


Fig. 7.—Registro fósil finimessiniense de Rafal-Son Seguí. De izquierda a derecha y de abajo a arriba. Sintema MI. A) Margas con *Pecten* sp. y facies estromatolíticas inferiores (niveles blancos con *Cardium* sp. y domos métricos) B) Unidad carbonato-oolítica. *Anadara diluviani* (Lamarck) Balánidos. *Porites* sp. C) Sintema MII. Superficie erosiva y estromatolitos laminares. Hidróbidos, *Tympanotonos* o D) *Cardium* sp. E) Sintema MIII. Fauna *Lagomare* (*Scutellastra* sp., *Limnocardium* sp., Gasterópodos lagunares. F) Unidad ocre. (*Congeria* sp. y fauna brackish).

n) 50-15cm. Margas y lutitas lacustres blancas y grises (2 niveles) caráceas, ostrácodos (*Cyprideis torosa*. Jones), foraminíferos bentónicos (*Elphidium* sp., *Ammonia* sp.) y moldes de moluscos (*Scutellastra* sp. *Limnocardium* sp. Fig. 7) Facies *Lagomare*.

- Superficie erosiva.

ñ) 15m. Margas amarillas bioturbadas con *Amusium* sp. y foraminíferos planctónicos.

Plataforma carbonato arrecifal de Lluçmajor

Sureste de la isla (Fig. 1), 0-100m., Perfiles de Cap Blanc y Morería-Ses Olles (Fig. 8).

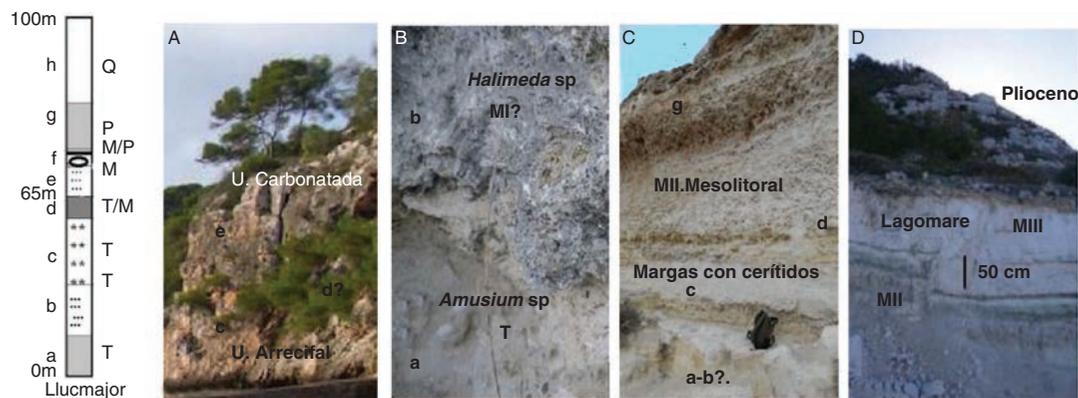


Fig. 8.—Plataforma de Lluçmajor. De izquierda a derecha. Perfil. A) Cala Pi (Unidad Arrecifal y carbonatada) B) Morería. Contacto entre Tortoniense con *Heterostegina* sp. y concentración de *Halimeda* sp. (MI?) C) Morería-Davalladors. Unidad mesolitoral (MI?) entre margas con cerítidos y Plioceno. D) Morería. Ciclo Lagomare-MIII sobre *Calizas Pont d'Inca*-MII. Falla de 50 cm.

Cap Blanc (488800-4782000)-Cala Pi. (48820-4357200)

Sector de Cap Blanc de Pomar & Ward (1991) Sector de Cala Pi (Unidad carbonatada-Complejo Terminal) de Simó & Ramón (1986) y observación propia.

- a) 60m. Complejo arrecifal. Calcilitas y margas con *Heterostegina* sp., rodófitos y *Halimeda* sp. Facies arrecifales.
- b) 5-10m. Facies de Complejo Terminal. Lagoon, calcarenitas y oolitas. (A. Fig. 8).
- c) 30m. Dunas y playas pliocenas y pleistocenas.

Morería-Ses Olles

Perfil descrito de forma parcial por Simo & Ramon (1986) y Mas & Fornós (2012). Interpretación propia (477800 -4782000 -70 m).

- a) 10-12m Calcilitas y margas beigeas con *Heterostegina* sp. *Amusium* sp.
- b) 5-10m. Caliza algales con rodófitos y *Halimeda* sp.
- c) Lutitas y margas blancas con cerítidos y cardítidos. Calcilitas amarillas con pectínidos y equínidos.
- d) 5m. Superficie erosiva. Facies estromatolíticas. *Calizas Pont d'Inca*.
- e) 50cm. Facies *Lagomare* con *Limnocardium* sp. (Fig. 8).
- f) 10m. Margas con foraminíferos planctónicos y *Amusium* sp.
- g) 20m. Playas de cantos rodados y dunas pliocenas y cuaternarias.

Cuenca de Campos

Subsidente de las plataformas de Lluçmajor y Porreres (Morey, 2011). Perfil del litoral de Sa Ràpita continuado en el interior (Serralt, Fig. 9, 0-25m).

Sa Ràpita-Amarador

Según Morey (2011). Fig. 9 A y B (0-25m).

- a) 2-3m. Calcarenitas con laminación estromatolítica planar y moldes de lamelibranquios. Paleokarst. Superficie erosiva-discordancia T/M.
- b) 30cm. Limos y margocalcáreas verdes (Fig. 9A) con moldes de *Tellina* sp.
- cd) 3-4m. Calizas oolíticas con estratificación cruzada, restos estromatolíticos y superficie erosiva. Discontinuidad finimessiniense.

Serralt

436300-4999500. Según Mas & Fornós (2006) y Morey (2011), Fig. 9C.

- d) 3-5m. Calizas negras recristalizadas y diagenizadas. *Fm. Calizas Pont d'Inca*. Restos de margas blancas y ocreas con cerítidos mal conservados.
- e) 4-5m. Margas grises con ostreoides, ostrácodos y foraminíferos bentónicos. Plioceno.

Plataforma de Llevant

Sector sur y central estudiado por Fornós (1983) y Robledo (2005), (300Km², 0-35m) Fig. 1. Perfil propio ordenado incluyendo localidades repartidas

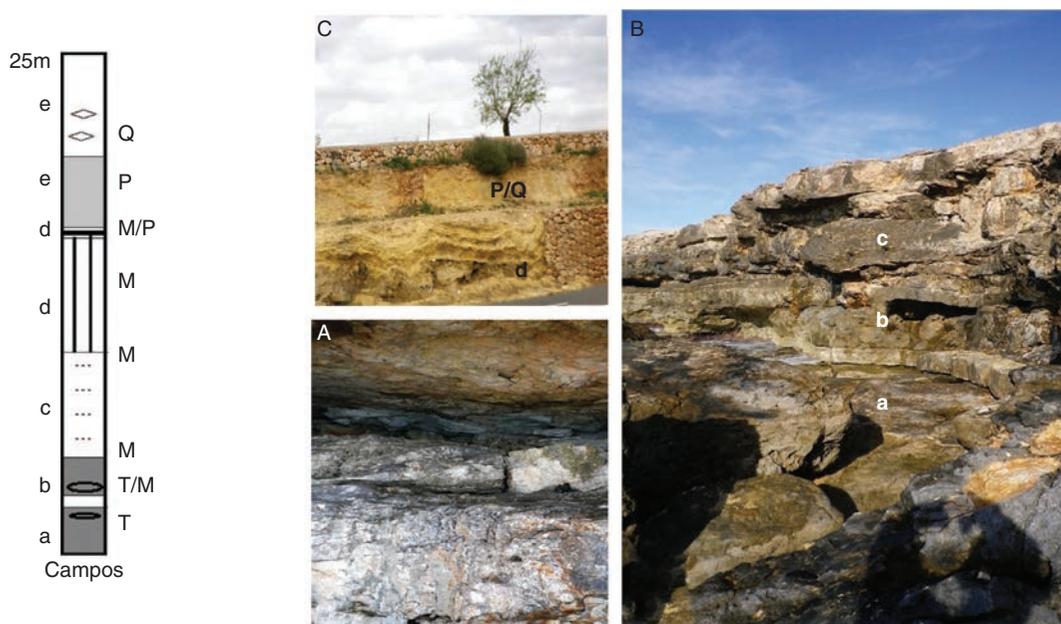


Fig. 9.—Cuenca de Campos. Perfil. AB) Sa Ràpita. Contacto entre facies de manglar tortonienses (a) y messinienses (b, c) separadas por superficie erosiva y arcillas verdes (A) C) Serralt. Facies estromatolíticas finimessinienses y ostreoides Pliocenos (P/Q).

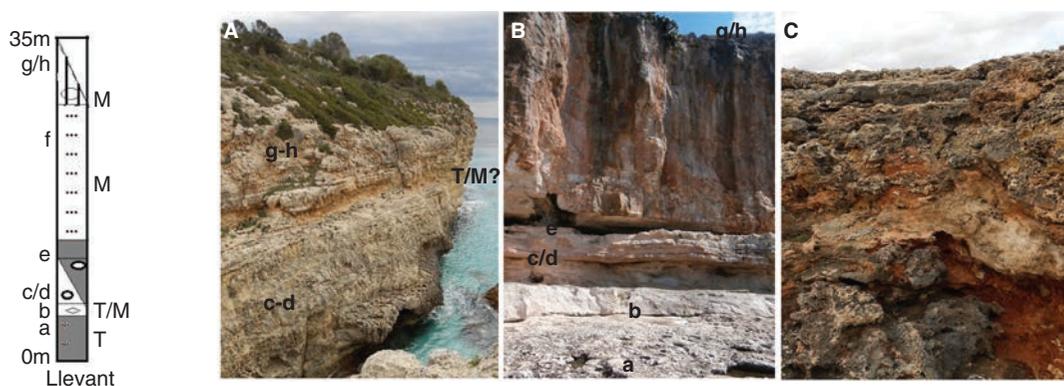


Fig. 10.—De izquierda a derecha. Perfil (nomenclatura en texto) A) Cala Antena. Contacto tortomessiniense y unidades de ostreoides. B) Estratotipo de Cala Santanyí (a. Superficie erosiva; b. unidad de cerítidos; cde. margas verdes, facies de manglar y oolíticas; f. sedimentación mareal. C) Cala Morlanda. Limos rojos con *Myotragus* sp.

en los sectores no estudiados (Coordenadas Tabla 1, Fig. 10):

a) 2-11m. Facies arrecifales (talud y frente arrecifal. Robledo, 2005) con *Porites* sp. y rodofíceas (*Lithothamnium* sp.). Ritmitas de limos rojos y calcarenitas.

b) 2m. Conglomerados, brechas de matriz calcarenítica y *rudstone* de moluscos (ostreoides), equinodermos (*Scutella* sp.) y *Borelis melo* (Fichter & Moll).

Superficie erosiva.

c) y d) 3-4m. Calcilitas bioturbadas con grandes ostreoides. Concentraciones de pequeños ostreoides o cerítidos (5-10cm) Limos y arcillas verdes. Fig. 10.

e) 5-3m. Calcarenitas con rizoconcreciones y *Saccostrea* sp.

f) 3-7m. Facies estromatolíticas de estructura planar y columnar. Oncolitos.

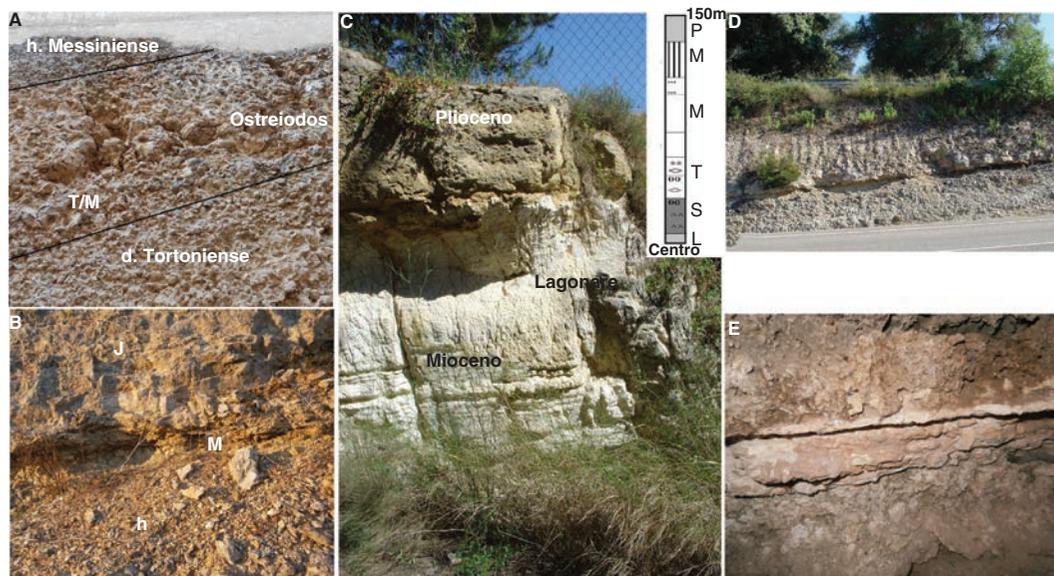


Fig. 11.—Contactos estratigráficos en el centro de la isla. A) Margas con ostreidos (T/M) del Palau del Rei Sanç -Sineu separando el Messiniense-MI de las molasas con *Borelis melo* (Fichter & Moll) tortonienses. B. Contacto entre margas messinienses-MI con *Cardium* sp. (h) y *Calizas Pont d'Inca* (j)-MII en D-Costes de Son Palou. C. Contacto *Lagomare*-MIII del camí del Terror Blanc sobre E. *Calizas Pont d'Inca* de Sencelles.

g) 15m. Calcarenitas marinas con estratificación cruzada. Grainstone oolítico blanco (*sand shoal*) muy pobre en microfósiles. Sedimentación litoral mareal.

h) i) 7-10m. Unidad estromatolítica. Ostrácodos y miliólidos. Ritmitas de limos rojos y calcarenitas con *Conus mercatii* (Brocchi) y *Anadara diluviani* (Lamarck).

j) 3-5m. Calizas micríticas negras, densas, diagenizadas y recrystalizadas con sílex.

Mioceno central

Perfil propio a partir de las localidades de Sineu-SI. (145m), Ruberts-RU. Costes Son Palou-CSP, Ca's General-G y Sencelles-Terror Blanc-TB (Coordenadas. Tabla 1) Sobre las calcarenitas mesoinfralitorales con *Borelis melo* (Fichter & Moll) del Tortoniense de Sineu o Pina (Pomar *et al.*, 1983; Morey, 2016a y b. Fig. 11 y 12) se observan:

a) 2m. Margas y arcillas blancas y rosadas (RU).

b) 2-3m Concentración de ostreidos (*Ostrea edulis*. Linnaeus) de matriz calcarenítica brechada y margosa blanca beige y con *Borelis melo* (Fichter & Moll) (RU. SI).

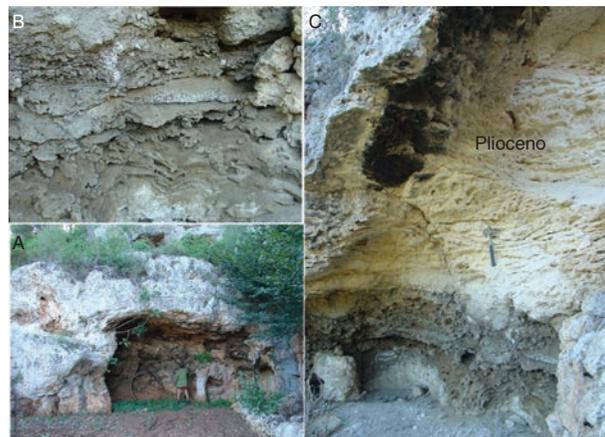


Fig. 12.—Cas General (Morey & Mas, 2009) Contacto entre domos decamétricos messinienses-MI (A), MII-Calizas Pont d'Inca (B), *Lagomare* (MIII) y Plioceno (C).

c) 1-2m. Calcarenitas duras cimentadas con moldes de moluscos balánidos, tellínidos, cerítidos y escasos *Conus* sp. y *Turritela* sp. RU. SI.

d) 1-2m, Margas y arcillas ocre y blancas con cardítidos y cerítidos (1-2m) CSP. Se.

e) 2m. Domos estromatolíticas métricas. Calcárea oolítica. CSP. TB.G. Discontinuidad/superficie erosiva M. Margas ocre, arcillas verdes y aluviones-limos rojos continentales (50cm) CSP. TB.

f) 2m. Calizas negras recristalizadas (*Fm. Pont d'Inca*) CSP. TB.G. TB.

g) m) 50cm. Facies *Lagomare* o similares. Margas y calcilitas beigeas con *Amusium* sp. y foraminíferos planctónicos. G. TB.

Paleoambientes documentados

A continuación, se detallan los paleoambientes documentados, ordenados desde hemipelágicos hasta terrestres:

a) Registros plantónicos hemipelágicos de salinidad normal con *Globigerina mediterránea* (Catalano & Sprovieri) (Mateu, 1982).

b) Registros infralitorales. Margas y calcilitas con cerítidos y pequeños ostreidos como *Ostrea edulis* (Linnaeus) o *Neopicnodonte navicularis* (Bracchi) Depósitos de abanico externo o plataformas rocosas infralitorales (Jiménez *et al.*, 1991; Rivas *et al.*, 1999; Lacour *et al.*, 2002).

c) Registro mesoinfralitoral de salinidad normal. Foraminíferos bentónicos (*Amphistegina* sp. *Nonion* sp.), acumulaciones de algas *Halimeda* sp., verméticos, corales y moluscos (*Conus* sp., *Persitistrombus* sp. Cuerda, 1987; Morey, 2008).

d) Registro mesoinfralitoral de plataforma interna con concentración de nutrientes. Acumulaciones de ostreidos (Jiménez *et al.*, 1991; Brasier, 1980).

e) Registro de costa baja-lagoom litoral propio de llanuras mareales. Facies de manglar (con aportación de agua dulce) y estromatolíticas (salobres con influencia marina).

f) Registros sujetos a grandes cambios de salinidad (*Cardium* sp. Levy, 1984; Concentraciones de hidróbidos y cardítidos. Morey & Forteza, 2015) o de tránsito marino-continental con *Ammonia* sp., *Elphidium* sp., ostrácodos (*Cyprideis* sp., *Loxococoncha* sp.) y gasterópodos (*Potamides* sp., *Tympanotonos*. Fig. 7).

g) Registros brakish-oligohalinos con ostrácodos y fauna de moluscos singular (facies *Lagomare*. *Congerina* sp., *Scutellastra longicosta* (Lamarck), *Limnocardium* sp., *Melanoides* sp., *Melanopsis* sp. Morey & Mas, 2009; Morey & Forteza, 2015. Fig. 7).

h) Lagunas interiores hipohalinas con diatomitas de sílex y oncolitos.

Discusión

Interpretación estratigráfica

El Messiniense marino mediterráneo presenta dos ciclos sedimentarios principales (Van Assen *et al.*, 2006; Montenat, 1990; Tent Manclús, 2003; Corbí, 2010; 2017; Corbí *et al.*, 2016):

- . Sintema MI o T-MI. Transgresión marina y ciclo litoral.

- . Sintema MII. Ciclo restringido-regresivo.

En el registro de Mallorca aparece un tercer Sintema o MIII-*Lagomare* no siempre presente en todos los registros. Se analiza y justifica cada Sintema.

Sintema MI. Transgresión marina messiniense y ciclo bentónico-litoral (Fig 13)

La transgresión marina messiniense se expresa en aguas mediterráneas con la entrada de foraminíferos planctónicos como *Globorotalia miotumida* (Jenkins) o *Globorotalia mediterránea* (Catalano & Sprovieri) (Hilgen *et al.*, 2000; Sierro *et al.*, 1993; Krijgsman *et al.*, 1994; Corbí & Soria, 2016).

En el Mioceno de Mallorca Mateu (1982) documenta la entrada de *Globorotalia mediterránea* (Catalano & Sprovieri) en sondeo (Albufera) sobre los - 230m. bajo 5m de evaporitas azoicas con yeso y 25m (de -183m. a -158m.) de margas planctónicas con *Globorotalia margaritae* (Bolli & Bermúdez) correspondientes ya a la transgresión marina pliocena.

Colom (1985) para la cuenca de Palma (Sondeos 22 y 40) sitúa un episodio con *Globorotalia mediterránea* (Catalano & Sprovieri) sobre molasas con *Borelis melo* (Fichter & Moll) -Tortonense-y margas grises sapropélicas con yesos todo bajo nuevas evaporitas finimessinienses. Sin embargo, este ciclo litoral-mareal entre dos ciclos restringidos post tortonienses no se manifiesta siempre ni lo hace de igual manera. Tampoco Corbí (2010) en la cuenca del Segura o Martínez del Olmo (2012) en el Golfo de Valencia diferencian siempre registros litorales de salinidad normal sobre superficie erosiva T/M. Ello puede ser debido al hecho de solaparse los hitos restringidos finitortoniense y messinienses debido a erosión o a la no deposición del ciclo litoral intermedio Messiniense I.

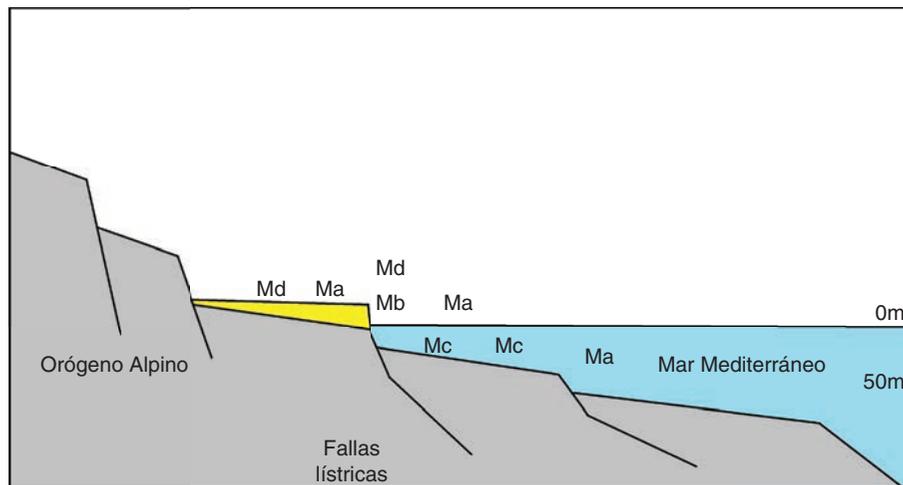


Fig. 13.—Distribución de paleofacias del ciclo MI según estructura emergida (Ma. Graben-Albufera; Mb. *Calizas de Santanyi*; Mc. *Margas de la Bonanova*; Md. Centro de la isla con aluviones).

En el registro de Mallorca y según influencia del orógeno alpino se identifican en este estudio hasta 4 secuencias sedimentarias (MIa. MIb. MIc. MID) entre los hitos restringidos fini tortoniense (*T/M*) y pre plioceno o finimesinense (*MSC*).

MIa. Registro con clara influencia torrencial y poca influencia marina. Grabens de Alcúdia y Palma (Mateu, 1982; Colom, 1985).

MIb. Complejo Terminal-*Fm. Calizas de Santanyi* (Porto Pi, Plataforma de Llevant, Son Seguí. Pomar *et al.*, 1983; Fornós & Pomar, 1982; 1983; Morey & Forteza, 2015) Secuencia mayoritaria en el registro mallorquín y extrapolable a la propuesta de Montenat (1990) para el Messiniense marino de la Península Ibérica al comprender:

- Margas con ostreidos de manglar (Cala Antena. Fig. 10), calizas estromatolíticas y niveles decimétricos de arcillas verdes (Fig. 9. Fig. 10).
- Calizas oolíticas con *ripples* de oleaje (sedimentación mareal) y calcarenitas con fauna mesolitoral (Ardiaca, Porto Pi, Son Seguí, Cala Morlanda. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 10).
- Calizas estromatolíticas oscuras recrystalizadas (*Calizas Pont d'Inca*) Fig. 5. Fig. 6

Este registro litoral mareal (sedimentación grano decreciente, exposición subaérea, bipolaridad de corrientes, fauna mesolitoral abundante y poco diversa. Pomar *et al.*, 1983; Fornós, 1983; Fornós

& Pomar, 1983) argumenta la interpretación de Pomar *et al.* (1983), Simó & Ramón (1986) o Morey (2016b) que contemplan estas facies como anteriores al cierre de la comunicación atlántica (crisis de salinidad) frente a la propuesta de Mas & Fornós (2012) o Mas (2015) que las contemplan coetáneas a la crisis. Ello es debido a:

- Se trata de un episodio litoral de salinidad normal (b. Fig. 5. Fig. 6) entre dos facies restringidas (unidades estromatolíticas superior-a e inferior-c. (Fig. 5. Fig. 6).
- Resulta incoherente con un episodio evaporítico. El cierre de la comunicación atlántica y posterior apertura del Estrecho de Gibraltar supone para el Mediterráneo occidental pasar a un régimen sedimentario similar al de las playas plio-pleistocenas o actuales sin apenas evidencias de sedimentación mareal (Cuerda, 1987; Guerra Merchán *et al.*, 2008; Soria *et al.*, 2008; Morey, 2008; 2016b; Vicens, 2015).
- El registro MSC-MII con nuevas facies estromatolíticas y el ciclo *Lagomare*-MIII se observa siempre sobre estas facies oolíticas y mareales (Son Seguí, Porto Pi, Cas General. Fornós, 1983; Morey & Mas, 2009; Mas, 2015. Fig. 7; Fig. 8; Fig. 11; Fig. 12).

MIc. *Fm. Margas Bonanova.* (Pomar *et al.*, 1983) Margas beiges bioturbadas entre ritmitas de

conglomerados y limos con fauna infracircular (ostreidos, pectínidos. Fig. 5) Registro propio de zonas distendidas de la plataforma carbonato arrecifal con importante aportación continental (Bellver, Porto Pi-Caló dels Grells. Fig. 3. Fig. 5).

La unidad evoluciona a construcciones de serpúlidos, oolitas (*Calizas de Santanyi*. Fig. 5; Fig. 10) y nuevas formaciones estromatolíticas. Esta secuencia es similar a la documentada en el registro messiniense de Melilla (Van Assen *et al.*, 2006. Complejo carbonatico marginal) allí con ritmita de margas y diatomitas, arrecifes de *Halimeda* sp. y *Porites* sp. (6. 64-6. 58Ma) y registro restringido (6. 58-5. 96 Ma).

También Martín *et al.* (1999) para la Cuenca de Sorbas o Corbí (2010) y Corbí *et al.* (2006) en la cuenca del Segura documentan un registro similar (*Fm. Calizas la Virgen*) con:

- a) Margas y arcillas con ostreidos, ostrácodos y bioturbación.
- b) Arenas con pectínidos, ostreidos y serpúlidos.
- c) Calizas con rodoficeas y arrecifes de coral (*Halimeda* sp. *Porites* sp.).
- d) Calcarenitas oolíticas con *ripples* de oleaje.
- e) Caliza estromatolítica y margas y calizas con pectínidos y ostreidos.

Esta unidad se interpreta bien como pulsación regresiva en áreas de influencia terrígena marginal (aún fosilizada por verméticos y oolitas. Porto Pi. Pomar *et al.*, 1983. Fig. 5) bien como respuesta a la crisis de salinidad messiniense-MS (Mas & Fornós, 2012; Mas, 2015) Estas distintas interpretaciones pueden sobrevenir al confundirse los registros de las regresiones marinas finitortoniense y finimessiniense. La diferenciación entre estas y los ciclos transgresivos asociados (interpretados messiniense y plioceno) se observa en los registros de Son Seguí (Fig. 7), Costes Son Palou (Fig. 11), Porto Pi (Fig. 5) y en los sondeos 22 y 40 de Colom (1985).

En Porto Pi-Caló dels Grells resulta difícil contemplar esta unidad como respuesta a la MS al mostrar un registro marino infralitoral claro con *Pecten* sp. y *Neopicnodonte navicularis* (Bracchi) bajo calizas oolíticas mareales y nueva unidad estromatolítica-*Calizas Pont d'Inca* ya finimessiniense (Fig. 5).

En el registro de Bellver por el contrario esta unidad (*Fm. Margas Bonanova*. Pomar *et al.*, 1983) parece reflejar la regresión *T/M* (limos y conglomerados sobre registro tortoniense) y la posterior transgresión marina messiniense (ostreidos. Unidad de cerítidos y turritélidos. Fig. 3).

Md. Calcarenitas y margas blancas y ocreas con ostreidos, moldes de cardítidos y cerítidos. Registro propio del centro-norte de la isla (Costes Son Palou, Ruberts, Sencelles. Fig. 11) observado entre facies mesoinfralitorales tortonienses (*Borelis melo* (Fichter & Moll), *Lithothamnium* sp. y potentes unidades estromatolíticas (*Calizas Pont d'Inca*. Fornós, 1983; Morey & Mas, 2009) Registro extrapolable a **Mc** con importante aportación sedimentaria procedente de los relieves emergidos (facies proximales).

Sintemas MII y MIII. Crisis de Salinidad Messiniense (MS)

El complejo carbonato-arrecifal de Cap Blanc finaliza bruscamente cerca de los 6 Ma (Pomar, 2012) coincidiendo con el cierre de la comunicación atlántica (Krijgsman *et al.*, 1994; Pérez Asensio *et al.*, 2012) Este conjunto coralino de Cap Blanc se observa en la cercana Cala Pi coronado por una unidad carbonatada (Simó & Ramón, 1986. Fig. 8) Pomar (2012) no aclara si su datación (6 Ma) corresponde a la unidad carbonatada o a otra unidad coralina (¿inferior o coetánea?).

En todo el registro estudiado las primeras superficies erosivas tras el ciclo litoral mareal-MI se sitúan sobre el conjunto oolítico. (*Calizas Pont d'Inca*. García Yagüe & Muntaner, 1968; Pomar *et al.*, 1983; Fornós, 1983; Fornós *et al.*, 1991; Mas, 2015).

La secuencia finimessiniense más completa se puede seguir en el Antiforme de Son Seguí (Morey & Mas, 2009; Morey & Forteza, 2015; Morey 2013. Fig. 6. Fig. 7).

En el perfil de Son Sineu sobre estromatolitos tubulares, calcarenitas y oolitas con *Conus mercatii* (Brocchi), *Anadara diluviani* (Lamarck) y arrecifes de verméticos y pequeños cardítidos (sedimentación mareal extrapolable a Porto Pi I. Fig. 5) se observan estromatolitos planares, grietas de desecación y superficie erosiva con diatomitas laminadas lagunares y calizas recristalizadas. El registro

sigue con *lagoon* hipersalino con acumulación de hidróbidos, *Cardium* sp. y *Tympanotonos* (Fig. 7) El conjunto se combina (posición no clara) con concentraciones de ostreidos, margas blancas con cerítidos y episodio *brackish* con fauna paratethyana (ciclo *Lagomare*. Fig. 7).

El ciclo restringido termina con conglomerados en matriz dura gris-verdosa y nueva fauna paratethyana (Fig. 6; Fig. 7)-superficie erosiva-y posterior registro referente para la transgresión marina Pliocena (Morey & Mas, 2009; Morey 2016b).

Este registro finimesiniense de Son Seguí se puede definir siguiendo las propuestas de Krijgsman *et al.* (1999) o del CIESM (2008) como un registro de cuenca marginal al comprender facies de pre-desecación y desecación, facies lagunares autóctonas y registro litoral-*Lagomare*-Sintema MIII bajo nueva superficie erosiva y el claro registro de la transgresión marina pliocena (Morey & Mas, 2009).

Nomenclatura. Propuesta de revisión

Siguiendo las recomendaciones de la International Subcommission on Stratigraphic Classification (ISSC) y de la International Union of Geological Sciences (IUGS. Salvador, 1994) se mantiene la nomenclatura Fm. Calizas de Santanyí/ Fm. Margas de la Bonanova (Pomar *et al.*, 1983) para el Sintema MI-Messiniense I (facies litorales mareales entre los episodios regresivos T/M y MSC. Localidades tipo. Porto Pi y Cala Santanyí (Fig. 5; Fig. 10).

Para el Sintema MII se mantiene el nombre de *Fm. Calizas Pont d'Inca* a partir de los registros referentes de Porto Pi y Rafal-Son Seguí (Fig. 5; Fig. 7).

Para el Sintema MIII se propone el nombre de *Fm. Margas y conglomerados de Rafal-Son Seguí* frente a la propuesta de Mas (2013)-*Fm. Ses Olles* al ser el registro de Rafal-Son Seguí más completo, claro, rico en fauna y por consiguiente más informativo (Morey & Forteza, 2015; Morey 2016a y b).

Interpretación paleoambiental

Los registros plantónicos de salinidad normal sólo se documentan en los grabens (Mateu, 1982; Colom, 1985). En superficie su posición es ocupada por ambientes infra-circalitorales con cerítidos y pequeños ostreidos como *Ostrea edulis* (Linnaeus).

Estos paleoambientes se observan a continuación de la superficie erosiva T/M (Messiniense-MI. Bellver, Porto Pi, Morería, Cala Santanyí, Sineu. Fig. 3; Fig. 5; Fig. 8. Fig. 10. Fig. 11) o bien sobre registro finimesiniense (*Lagomare*. Plioceno I. Son Seguí. Fig. 7). En cada caso significan transgresión marina.

El registro messiniense continua con registros litorales de plataforma interna e influencia continental (turbidez) y concentraciones de ostreidos típicas de estos ambientes como definen Jiménez *et al.* (1991), Lacour *et al.* (2002) o Brasier (1980).

En la mayoría de los perfiles (Fig. 10; Fig. 11) se observa una evolución hacia ambientes mesoinfra-litorales de salinidad normal (manglar) o de *lagoon* tropical (estromatolitos).

Los manglares post superficie erosiva T/M (considerados messinienses en este estudio) se diferencian de los considerados Tortonienses (facies arrecifales internas. Pomar *et al.*, 1983; Pomar & Ward, 1991) en que se los considerados messinienses se observan estratificados, sin restos de corales (o con fragmentos muy rodados. Robledo, 2015) y con abundancia de rizoconcreciones y moldes de cardítidos y tellínidos.

Las facies estromatolíticas finitortonienses muestran morfologías tubulares Tipo LLH-S, o SH propias de ambientes de alta energía (Logan *et al.*, 1964; Arenas & Pomar, 2010. Fig. 5. Fig. 7. Fig. 12) mientras los estromatolitos finimesinienses-MII muestran morfologías planares (sin influencia mareal) con abundantes grietas de desecación y fauna propia de registros salobres o sujetos a grandes cambios de salinidad como foraminíferos bentónicos (*Elphidium* sp. *Ammonia* sp. Bagkley, 2000; Goubert *et al.*, 2001), ostrácodos y moluscos (*Potamides* sp. *Cardium* sp. Fig. 7. Fig. 12) Estos paleoambientes se combinan con otros típicos de lagunas litorales hipohalinas o más proximales con hidróbidos, bitínidos y niveles de sílex (Morey & Mas, 2009; Morey & Forteza, 2015. MII. Fig. 7).

Los moldes de hidróbidos documentados (Fig. 7) son de morfología similar a los citados por Royo (1922) o Jodot (1954) para los lagos y ambientes marinos continentalizados del cenozoico de la Península Ibérica y de la cuenca del Ródano.

Los gasterópodos *Potamides* sp. o los *Tympanotonos* (Fig.7. MII) son propios de estuario o de *lagoon* hipersalino (Anadón, 1989; Plaziart, 1982) mientras *Cerastoderma glaucum* (Brugière)

ocupa registros de agua más dulces (mar Báltico) o muy saladas (Levy, 1984).

El tercer ciclo messiniense-MIII-*Lagomare* se significa con registros *brackish*-oligohalinos con ostrácodos y fauna de moluscos singular (*Congerina* sp., *Scutellastra* sp., *Limnocardium* sp. etc. Morey & Mas, 2009; Morey & Forteza, 2015. Fig. 7).

De la existencia de facies coralinas y de alga Halimeda sp. messinienses

En el Messiniense del Mediterráneo occidental se citan frecuentes arrecifes de corales y de alga *Halimeda* sp. (Esteban & Giner, 1980; Dabrió *et al.*, 1981; Santisteban *et al.*, 1992; Braga & Martín, 1996; Martín *et al.*, 1999; Bosellini *et al.*, 2001; Braga *et al.*, 2009; Corbí, 2010; Martínez del Olmo, 2012) En el registro mallorquín en caso de existir nunca se han diferenciado de sus homólogos tortonienses.

En el perfil de Morería las facies con *Halimeda* sp. se sitúan justo por debajo del registro finimessiniense (Fig. 8) mientras en la plataforma de Llevant (Fig. 10) las facies coralinas alternan con facies del Complejo Terminal (Fornós, 1983; Robledo, 2005) La mayoría de estas facies (últimas facies del registro. Fig. 10) podrían ser messinienses por posición estratigráfica.

Otros fragmentos arrecifales y las molasas blancas del norte de la isla (Muro, Ariany) se citan propias de plataforma interna messiniense (Barnolas, 1991) pero no se observan corales en registros similares como Porto Pi o Son Seguí. Si se observan en Ardiaca (Fig. 4) por debajo de un MI poco potente y un ciclo MII claro. Tampoco se documenta con claridad que facies de Cap Blanc (arrecifales u oolítico-carbonatadas. Fig. 8) data Pomar (2012) en los 6 Ma.

Sin prueba concluyente se opta por situar el grueso de la plataforma arrecifal coralina postorogénica de la isla y bajo superficie erosiva T/M como tortoniense (Esteban, 1979; Pomar *et al.*, 1983; Robledo, 2005) y contemplar algunos de los parches arrecifales y de *Halimeda* sp. sobre esta y en las plataformas comentadas como posibles messinienses (Tabla 3).

Interpretación del registro finimessiniense de Mallorca

La interpretación del finimessiniense de Mallorca se enfrenta, como otros registros marginales mediterráneos coetáneos, a la dificultad de ignorarse tanto la profundidad del mediterráneo messiniense como la naturaleza y la edad de las evaporitas de cuenca profunda respecto de las presentes en las cuencas marginales (Bagkley, 2000; Aguirre, 2003; Aguirre & Sánchez-Almazo, 2004; Goubert *et al.*, 2001; Martínez del Olmo, 1996, 2012; Soria *et al.*, 2007; 2008; Maillard *et al.*, 2014; Driussi *et al.*, 2015).

Frente a propuestas que contemplan para la MSC desecaciones de más de 1500 m (Hsü *et al.*, 1973; Clauzon *et al.*, 1996) o de sólo de entre 200 a 600 m y sin desecación total (Nesteroff, 1973; Martínez del Olmo, 1996, 2012) un registro litoral elevado respecto de la cuencas internas como el mallorquín no permite documentar una posible desecación marina completa (Morey, 2015) El finimessiniense estudiado aún siendo depositado sobre estructura emergida ha experimentado subsidencia y distensión de más de 300 m en los grabens (Alcúdia. Mateu, 1982) así como elevación hasta los 325 m (Antiforme de Son Seguí. Morey & Forteza, 2015; Morey, 2016a).

Algunas de las pruebas aludidas para justificar una desecación mediterránea profunda durante la MSC

Tabla 3.—Paleoambientes relieve y distensión en el Mioceno postectónico mallorquín.

	Grabens más subsidentes	Centro- Norte. Influencia relieve.	Plataformas Sur y Este	Plataformas subsididas - Bahías actuales
T/M	Lagunar restringido. Yeso	Margas, ostreidos, aluviones.	Superficie erosiva. Estromatolitos	Superficie erosiva. Estromatolitos. Margas y ostreidos
MI	Planctónico	Mesolitoral. Playas	Infralitoral arenoso - manglar. Marea	Infralitoral. Pectínidos y ostreidos.
MII	Litoral- lagunar restringido	Calcarenitas. Aluviones. Lagunar	Estromatolitos. Calcarenitas litorales	Salobrar con influencia marina y continental
MIII	Brackish. <i>Lagomare</i>	Restringido. Superf. erosiva	Inexistente	<i>Lagomare</i>
P	Planctónico	Inexistente- mesoinfralitoral	Inexistente. Erosión diferencial	Planctónico

(cañones submarinos, sedimentación *Lagomare* a 700m de profundidad. Soria *et al.*, 2007; 2008; Martínez del Olmo, 1996; 2012. Taviani *et al.*, 2007. Maillard *et al.*, 2014) podrían ser originadas en buena parte por esta misma distensión que se continua en el Plioceno y Pleistoceno tanto en el arco balear como en parte del Mediterráneo Occidental (Stanley *et al.*, 1974; Palancres & Maldonado, 1983; Giménez *et al.*, 2007; Morey, 2016b).

Tampoco se ha demostrado la existencia de un mar finimioceno profundo y continuo entre la Península Ibérica y el archipiélago Balear. El registro de mamíferos local de edad serravalliense (post episodio subsidente local langhiense. Mein & Adrover, 1982; Adrover *et al.*, 1984) y el posterior registro de Cala Morlanda con *Myotragus palomboi* (Bover *et al.*, 2010; Mas *et al.*, 2018) entre limos y calizas tortomessienses (Fig.10) evidencian la existencia de más de una comunicación miocena entre Mallorca y el continente anterior a MII. La subsidencia posterior y la poca profundidad actual entre el archipiélago balear y la península ibérica (600-700 m. Acosta *et al.*, 2002; Driussi *et al.*, 2015) aventuran posibles comunicaciones archipiélago-continente durante el enfriamiento climático T/M no contempladas en otros estudios sobre el poblamiento del archipiélago (Bover *et al.*, 2010; Mas *et al.*, 2018. Fig. 14).

Interpretación de la Fauna *Lagomare* de Rafal-Son Seguí

La fauna *Lagomare* de Rafal-Son Seguí se encuentra en mal estado de conservación, pero se observa similar a la presente en el registro coetáneo mediterráneo (Esu com. personal. Morey & Mas, 2009; Cipollari *et al.*, 1999; Esu, 2007; Esu & Girotti, 2008; Abazzi *et al.*, 2008; Taviani *et al.*, 2007; Harzhauser & Manic, 2004; Guerra Merchán *et al.*, 2008; Soria *et al.*, 2007, 2008) y con biodiversidad semejante (Morey & Forteza 2015-15 taxones distintos. Fig. 7) El registro de Rafal-Son Seguí con diversas facies locales y marginales para estas edades podría reforzar una evolución para esta fauna no tan dependiente del *Parathetys* y si de aportaciones de agua dulce de ríos como el Ebro y Ródano (reactivación de lluvias. Agustí *et al.*, 2006; Krijgsman *et al.*, 2004. Fig. 14) Las larvas de estos moluscos oligoalinos son transportadas por aves zancudas entre el barro de sus patas llegando

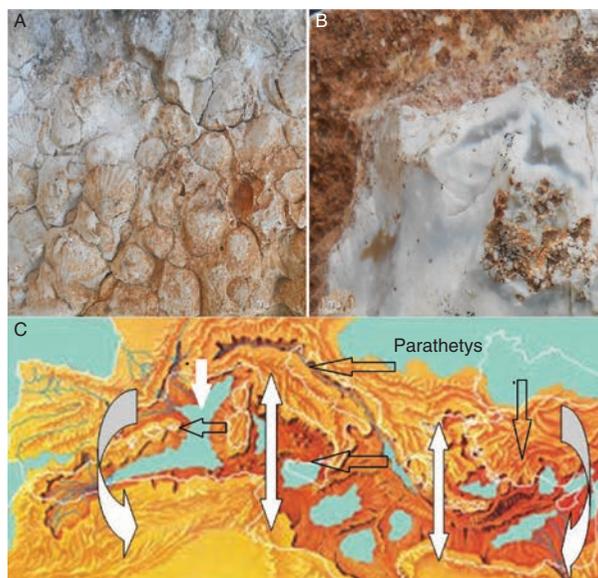


Fig. 14.—Episodio regresivo Finimessiniense a. Son Seguí-Facies MII: acumulaciones de *Cardium* sp. y b. concentración de Sílex-superficie erosiva (lagoon) c. Posibles comunicaciones de fauna e interconexiones entre el Mediterráneo y el Parathetys durante las crisis finimessiniense sobre mapa de Ledezma (2005).

a recorrer unos 1000 Km (700 millas) antes de que mueran (Darwin, 1869 -ed. 2011-. Pag.479).

De la disposición del registro messiniense.

La distribución del registro estudiado sigue los mismos condicionantes morfotectónicos que la estructura sobre la que se depositan (ESE-WNE; SSW-NNE; S-N; SSE-NNW. Morey, 2016a; 2016b) Esta ordenación observada también para las Sierras Béticas y Golfo de Valencia se explica por la evolución de la estructura basal y por la rotación de bloques tectónicos e isostasia local (Medialdea *et al.*, 1996, Estrada *et al.*, 1997).

Conclusiones

La catalogación y valoración sistemática del patrimonio Paleontológico se observa útil en registros como el Mioceno posttectónico mallorquín por lo que supone de localización de nuevos perfiles significativos y la ordenación y revisión de los ya conocidos. Para el registro finimioceno de la isla ello ha supuesto:

- La incorporación de registros relevantes inéditos o poco conocidos.

- La diferenciación de un ciclo litoral mareal messiniense-MI respecto de otro ciclo lagunarestringido MII.
- La localización de un singular registro finimessiniense y *Lagomare*-MIII.

La transgresión marina messiniense (entrada de *Globorotalia mediterranea*. Catalano & Sprovieri) se manifiesta con un nuevo ciclo litoral mareal entre los registros restringidos finitortoniano y finimessiniense. La individualización de estos tres sistemas messinienses (MI-Fm. *Calizas de Santanyi*; MII-*Calizas Pont d'Inca* y MIII-*Lagomare*. Fm. *Margas y conglomerados de Rafal-Son Seguí*) y su ordenación en consonancia con ciclos glacioeustáticos a nivel global posibilita la extrapolación del registro messiniense de Mallorca a registros mediterráneos coetáneos.

El finimessiniense documentado, típico de cuenca marginal, aporta nuevas perspectivas para interpretar la crisis de salinidad finimessiniense y el poblamiento finimioceno del archipiélago. La interpretación paleoambiental en función de la proximidad al relieve estructurado refuerza la ordenación estratigráfica propuesta y documenta la distensión que experimenta el arco balear desde el Serravalliano (Fig. 14).

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor D.G. X. Pons y a los revisores anónimos, por sus comentarios en la mejora del trabajo. A Miquel Frontera y Noemi Forteza por su ayuda en la preparación del material fotográfico y paleontológico.

Referencias

- Abbazzi, L.; Benvenuti, M.; Ceci, M.E.; Esu, D.; Faranda, C.; Rook, L. & Tangocci, F. (2008). The end of the Lago-Mare time in the SE Valdesa Basin (Central Italy): interference between local tectonism and regional sea-level rise. *Geodiversitas*, 30(3): 611–639.
- Acosta, J.; Canals, M.; López Martínez, J.; Muñoz, A.; Herranz, P.; Urgeles, R.; Palomo, C. & Casamor, J.L. (2002). The Balearic promontory geomorphology (Western Mediterranean): Morphostructure and active processes. *Geomorphology*, 49: 177–204. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00168-X](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00168-X)
- Adrover, R.; Agustí, J.; Moyá, S. & Pons, J. (1984). Nueva localidad de micromamíferos insulares del Mioceno medio en las proximidades de San Lorenzo (Mallorca). *Paleontología i evolució*, 18: 121–129.
- Aguirre, E. (2003). Messiniense: Compleja y grave crisis ecológica. *Estudios Geológicos*, 59: 205–212. <https://doi.org/10.3989/egeol.03591-499>
- Aguirre, J. & Sánchez-Almazo, I.M. (2004). The messinian post evaporitic deposits of the Gafares area (Almería-Níjar basin, SE Spain). A new view of Lagomare facies. *Sedimentary Geology*, 168: 71–95. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.03.004>
- Agustí, J.; Garcés, M. & Krijgsman W. (2006). Evidence for African-Iberian exchanges during the Messinian in the Spanish mammalian record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238: 5–14. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.03.013>
- Álvaro, M.; Barnolas, A.; Olmo, P. del; Ramírez del Pozo, J. & Simó, A. (1984). El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica. *Boletín Geológico y Minero*, 95(1): 3–25.
- Anadón, P. (1989). Los lagos salinos interiores con faunas de afinidad marina del Cenozoico de la Península Ibérica. *Acta Geológica Hispánica*, 24(2): 83–102.
- Arenas, C. & Pomar, L. (2010). Microbial deposits in Upper Miocene carbonates, Mallorca, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 297: 465–485. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.08.030>
- Bagkley, K.A. (2000). The last Tortonian-early messinian foraminiferal of Abad member (Tube formation). Sorbas basin, SE Spain. *Palaeoecology*, 43: 1069–1112.
- Barnolas, A. (1991). Memoria del Mapa Geológico de la Hoja nº 0671 (Inca). Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 68 pp. Segunda Serie (MAGNA), Primera edición. IGME
- Benedicto, A. (1994). Geología de la Cubeta de Inca (Mallorca): cartografía geológica e interpretación de los datos del subsuelo. *Bolletí de la Societat d'Història Natural. Balears*, 37: 15–25.
- Bosellini, F.R.; Russo, A. & Vescogni, A. (2001). Messinian reef-building assemblages of the Salento Peninsula (southern Italy): palaeobathymetric and paleoclimatic significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175: 7–26. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00383-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00383-2)
- Bover, P.; Quintana, J. & Alcover, J.A. (2010). A new species of *Myotragus* Bate (1909). (Artiodactyla, Caprinae). from the Early Pliocene of Mallorca (Balearic island, Western Mediterranean). *Geological Magazine*, 1–15.
- Braga, J.C. & Martín, J.M. (1996). Geometries of reef advance in response to relative sea-level changes in a Messinian (uppermost Miocene). fringing reef (Cariatiz reef, Sorbas Basin, SE. Spain). *Sedimentary*

- Geology, 107: 61–81. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(96\)00019-X](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(96)00019-X)
- Braga, J.G.; Vescogni, A. & Bosellini, F.R. (2009). Coralline algae (Corallinales, Rhodophyta). in western and central Mediterranean Messinian reefs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 275(1–4): 113–128. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.02.022>
- Brasier, M.O. (1980). *Microfossil*. Chapman and Hall, London, 193 pp.
- Cipollari, P.; Consetino, D.; Esu, D.; Girotti, O.; Gliozzi, E. & Praturlo, A. (1999). Thrust-top lacustrine-lagoonal basin development in accretionary wedges: late Messinian (Lago Mare). episodio in the central Apennines (Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleocology*, 15: 149–166. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(99\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(99)00026-7)
- Chang, K.H. (1975): Unconformity-bounded stratigraphic units. *Geological Society American Bulletin*, 86: 1544–1552. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1975\)86<1544:USU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1975)86<1544:USU>2.0.CO;2)
- CIESM (2008). The Messinian Salinity Crisis from megadeposits to microbiology – A consensus report. *CIESM Workshop Monographs*, 33: 1–168.
- Clauzon, G.; Suc, J.J.; Gautier, F.; Berger, A. & Loze, M.F. (1996). Alternant interpretation of the messinian salinity crisis. Controversy resolved. *Geology*, 24: 363–366. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1996\)024<0363:AIOTMS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1996)024<0363:AIOTMS>2.3.CO;2)
- Colom, G. (1985). Estratigrafía y Paleontología del Andaluces y del Plioceno de Mallorca (Balears). *Boletín Geológico y Minero*, 96 (3): 235–302.
- Corbí, H.A. (2010). Los foraminíferos de la cuenca neógena del Bajo Segura. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, 380 pp.
- Corbí, H. (2017). El registro sedimentario de la Cuenca del Bajo Segura (SE España). a través del análisis de correspondencia: implicaciones paleoambientales. *Estudios Geológicos*, 73 (2): e071. <https://doi.org/10.3989/egeol.42908.459>
- Corbí, H. & Soria J.M. (2016). Late Miocene early Pliocene planktonic foraminifer event stratigraphy of the Bajo Segura basin: A complete record of the western Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, 77: 1010–1027. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.08.004>
- Corbí, H.; Soria, J.M.; Lancis, C.; Giannetti, A.; Tent-Manclús, J.E. & Dinares-Turell, J. (2016). Sedimentological and paleoenvironmental scenario before, during, and after the Messinian Salinity Crisis: The San Miguel de Salinas composite section (western Mediterranean). *Marine Geology*, 379: 246–266. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2016.05.017>
- Cuerda, J. (1987). Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno Balear. Caja de Baleares “Sa Nostra”, Palma, 420 pp.
- Dabrió, C.J.; Esteban, M. & Martín, J.M. (1981). The Coral Reef of Nijar, Messinian (Uppermost Miocene), Almería Province, S.E. Spain. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51 (2): 521–539.
- Darwin, Ch. (2011). *The Origin of species by means of Natural selection; or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Sixth London Edition. Project Gutenberg. <http://www.gutenberg.org/files/2009/2009-h/2009-h>.
- Driussi, O.; Maillard, A.; Ochoa, D.; Lofi, J.; Chanier, F.; Gaullier, V.; Briais, A.; Sage, F.; Sierro, F. & García, M. (2015). Messinian Salinity Crisis deposits widespread over the Balearic Promontory insight from new High Resolution seismic data. *Marine and Petroleum Geology*, 66 (1): 41–57. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.09.008>
- Esteban, M. (1979). Significance of the Upper Miocene coral reefs of the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleocology*, 29: 169–188. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(79\)90080-4](https://doi.org/10.1016/0031-0182(79)90080-4)
- Esteban, M. & Giner, J. (1980). Messinian coral reef and erosional surface in Cabo de Gata (Almería, SE Spain). *Acta Geológica Hispánica*, 4 (5): 97–107.
- Estrada, F.; Ercilla, G. & Alonso, B. (1997). Pliocene-Quaternary tectonic-sedimentary evolution of the NE Alborán Sea (SW Mediterranean Sea). *Tectonophysics*, 282 (1–4): 423–442.
- Esu, D. (2007). Latest Messinian Lago-Mare Lymnocypridinae from Italy: Close relations with the Pontian fauna from the Dacic Basin Lymnocypridinae du Messinien terminal. *Geobios*, 40: 291–302. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2006.10.003>
- Esu, D. & Girotti, O. (2008). The late Messinian Lago-Mare molluscan assemblage from the Trave Horizon (Colombacci Fm). at Pietralacroce (Ancona, Central Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 47 (2): 123–129.
- Fallot, P. (1922). *Etude géologique de la Sierra de Majorque (Iles Balears)*. Tesis Doctoral. U. Paris-Lieja. 480 pp.
- Fornós, J.J. (1983). *Estudi sedimentològic del Miocè Terminal de Mallorca de l'illa de Mallorca*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Barcelona, 228 pp.
- Fornós, J.J.; Marzo, M.; Pomar, L.; Ramos-Guerrero, E. & Rodríguez-Perea, A. (1991). Evolución tectono-sedimentaria y análisis estratigráfico del Terciario de la Isla de Mallorca. *Guía de Campo*. I Congreso del Grupo Español del Terciario. 145 pp.
- Fornós, J.J. & Pomar, L. (1982). El complejo de Manglar del Mioceno Terminal de la isla de Mallorca. *Bolletí de la Societat Història Natural*. Balears, 26: 207–228.
- Fornós, J.J. & Pomar, L. (1983). Mioceno superior de Mallorca: Unidad Calizas de Santanyí (Complejo Terminal). In: Pomar, L.; Obrador, J.; Fornós, J. & Rodríguez-Perea, A. (eds.). *El Terciario de las Baleares (Mallorca -Menorca)*. Guía de las excursiones.

- X Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca, 177–206.
- García Yagüe, A. & Muntaner, A. (1968). Estudio hidrogeológico del llano de Palma. MOPU. 3T. 1004 pp.
- Gelabert, B. (1997). L'estructura geològica de la Serra de Tramuntana de Mallorca. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. 180 pp.
- Giménez, J.; Gelabert, B. & Sabat, F. (2007). El relieve de las Islas Baleares. *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15 (2): 175–184.
- Goubert E.; Neraudeau, D.; Rouchy, J.M. & Lacour, D. (2001). Foraminiferal record of environmental changes: Messinian of the Los Yesos area (Sorbas Basin, SE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175: 61–78. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00386-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00386-8)
- Guerra-Merchán, A.; Serrano, F.; Garcés, M.; Gofas, S.; López Garrido, A.C.; El Kadiri, K. & Hila, R. (2008). Caracterización de la sedimentación Lago Mare (Messiniense terminal). y de la transgresión del comienzo del Plioceno en la cuenca de Málaga (Cordillera Bética). *Geogaceta*, 44: 207–210.
- Haq, B.U.; Hardenbol, J. & Vail, P.R. (1987). Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present). *Science*, 235: 1156–1167. <https://doi.org/10.1126/science.235.4793.1156>
- Harzhauser, M. & Manic, O. (2004). The muddy bottom of Lake Pannon a challenge for dreissenid settlement (Late Miocene; Bivalvia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 205 (1–2): 331–352.
- Hilgen, F.J.; Bissoli, L.; Iaccarino, S.; Krijgsman, W.; Negri, A. & Villa, G. (2000). Integrated stratigraphy and astrochronology of the Messinian GSSP at Oued Akrech (Atlantic Morocco). *Earth Planet. Sciences Letter*, 182: 237–251. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(00\)00247-8](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(00)00247-8)
- Hsü, K.; Cita, M.B. & Ryan, W.B. F. (1973). The origin of the Mediterranean evaporites. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, 13: 1203–1231.
- Jiménez, A.P.; Braga, J.C. & Martín, J.M. (1991). Oyster distribution in the upper Tortonian of the Almanzora corridor (Almería, SE. Spain). *Geobios*, 24: 725–734. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(06\)80300-1](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(06)80300-1)
- Jodot, P. (1958). Les faunes de mollusques continentaux réparties dans le sud-est de l'Espagne entre le Miocène Supérieur et le Quaternaire. *Memorias y comunicaciones del Instituto Geológico*, 17, 143 pp.
- Krijgsman, C.G.; Langereis, W.J. & Zachariasse, J. (1994). The age of the Tortonian/Messinian boundary. *Earth and Planetary Science Letters*, 121 (3–4): 533–547. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(94\)90089-2](https://doi.org/10.1016/0012-821X(94)90089-2)
- Krijgsman, W.; Hilgen, F.J.; Raffi, I.; Sierro, F.J. & Wilson, D.S. (1999). Chronology, causes and progression of the Messinian Salinity Crisis. *Nature*, 400: 652–655. <https://doi.org/10.1038/23231>
- Lacour, D.; Lauriat-Rage, A.; Saint Martin, J.P.; Videt, B.; Néraudeau, D.; Goubert, E. & Bongrain M. (2002). Les associations de bivalves (Mollusca, Bivalvia) du Messinien du bassin de Sorbas (SE Espagne), in Néraudeau, D. & Goubert, E. (eds). *L'Événement messinien: approches paléobiologiques et paléoécologiques*. *Geodiversitas*, 24 (3): 641–657
- Ledezma, F. (2005). <https://iberiacunadelahumanidad.files.wordpress.com>.
- Le Roux J.P. (2012). A review of Tertiary climate changes in southern South America and the Antarctic Peninsula. Part 1: Oceanic conditions. *Sedimentary Geology*, 247–248: 1–20.
- Levy, A. (1984). Les associations margino-littorales de foraminifères et d'organismes associés de quelques gisements quaternaires au site de l'oued el Akarit (Sud Tunisien). *Benthos*, 83 pp.
- Logan, B.W.; Resaki, R. & Ginsburg, R.W. (1964). Classification and environmental significance of algal stromatolites. *Journal of Geology*, 72: 68–83. <https://doi.org/10.1086/626965>
- Maillard, A.; Driussi, O.; Lofi, J.; Briais, A.; Chanier, F.; Hübscher, C., & Gaullier, V. (2014). Record of the Messinian salinity crisis in the SW Mallorca area (Balearic Promontory, Spain). *Marine Geology*, 357: 304–320. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.10.001>
- Martín, J.M.; Braga, J.C. & Sánchez-Almanzo, I. (1999). The Messinian record of the outcropping marginal Alborán basin deposits: significance and implications. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 161: 543–551.
- Martínez del Olmo, W. (1996). Yesos de margen y turbidíticos en el Messiniense del Golfo de Valencia: una desecación imposible. *Revista de la Sociedad Geológica Española*, 9 (1–2): 97–116.
- Martínez del Olmo, W. (2012). El arrecife Messiniense del sondeo Torre Vieja Marino C-1 desde las líneas sísmicas (SE de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 24 (3–4): 173–185.
- Mas, G. (2013). Definició i caracterització de la formació Ses Olles (Lago Mare, Messinià Terminal) a l'illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). *Bolletí. de la Societat d'Història Natural. Balears*, 56: 209–231
- 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*. Tesis. UIB. 432pp.
- Mas, G. & Fornós, J.J. (2006). Aportacions al coneixement del Neogen postorogènic de la cubeta sedimentària de Campos (Mallorca, Illes Balears, Mediterrània occidental.). *Bolletí de la Societat d'Història Natural. Balears*, 49: 67–81.
- Mas, G. & 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.; Maillard, A.; Alcover, J.A.; Fornós, J.J.; Bover, P. & Torres-Roig, E. (2018). Terrestrial colonization

- of the Balearic Islands: New evidence for the Mediterranean Sea-level drawdown during the Messinian Salinity Crisis. *Geology*, 46: 527–530. <https://doi.org/10.1130/G40260.1>
- Mateu, G. (1982). El Neógeno-Pleistoceno de Mallorca: biocronoestratigrafía y paleoceanografía en base a los foraminíferos plantónicos. *Bolletí de la Societat d'Història Natural. Balears*, 26: 75–133.
- Medialdea, T.; Vázquez, J.T. & Vegas, R. (1996). Estructura y evolución geodinámica del extremo noreste del margen continental catalán durante el Neógeno. *Acta Geológica Hispánica*, 29 (4): 39–53.
- Mein, P. & Adrover, R. (1982). Une faunule de mammifères insulaires dans le Miocène moyen de Majorca (Iles Baléares). *Geobios*, 6: 451–463. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(82\)80133-2](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(82)80133-2)
- Montenat, C. (1990). Les bassins néogènes du domaine bétique oriental (Espagne). *Documents et travaux. Paris*, 12–13: 392 pp.
- Morey, B. (2008). El Patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. *Catalogació, caracterització, valoració. Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 51: 229–251.
- Morey, B. (2011). El Miopliocè i el Plioquatnari en el litoral de Sa Ràpita (Campos, Mallorca, Mediterrània. Occidental). *I Jornades d'Estudis Locals*, 1–17.
- Morey, B. (2013). La importància d'una catalogació i valoració de LIPs en el postectònic de Mallorca. *VI Jornades Medi Ambient. Societat d'Història Natural. Balears*, 80–84.
- Morey, B. (2015). Aportaciones a la cronología del género *Myotragus* en Mallorca. Evolución y extrapolación al proceso evolutivo de los homínidos en África y Europa. *XXI Biental de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 25.
- Morey, B. (2016a). Catalogación, caracterización y valoración del patrimonio Paleontológico de Mallorca (I. Balears. Mediterráneo occidental). *Propuesta metodológica. Cuadernos del Museo Geominero*, 20: 233–239.
- Morey, B. (2016b). Modelos geológicos en la catalogación, caracterización y valoración del patrimonio Paleontológico. *El Mioceno postectónico de Mallorca. Cuadernos del Museo Geominero*, 20: 225–233.
- Morey, B. & Forteza, N. (2015). Fauna finimessiniense en el Antiforme Son Seguí-Sta Eugènia (Mallorca. Mediterráneo occidental). *Significado, origen y evolución. XXI Biental de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 29.
- Morey, B. & Mas, G. (2009). Aproximació al Neogen de Santa Eugènia (Mallorca, Balears, Med. occidental). *Bolletí de la Societat d'Història Natural. Balears*, 52: 99–123.
- Nesteroff, W.D. (1973). Un modèle pour les évaporites messiniennes en Méditerranée, bassins peu profonds avec dépôt d'évaporites lagunaires. In: *Messinian Events in the Mediterranean* (Drooger, C.W., Ed.). North-Holland Publ., Amsterdam, 68–81.
- Palancres, A. & Maldonado, A. (1983). La superficie de erosión y las evaporitas del Messiniense en el sector septentrional de la fosa de Valencia. *Actas del X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca*, 7: 18–21.
- Pérez Asensio, J.N.; Aguirre, J.; Schmiedl, G. & Civis, J. (2012). Impact of restriction of the Atlantic-Mediterranean gateway on the Mediterranean Outflow Water and eastern Atlantic circulation during the messinian. *Paleoceanography*, 27: PA 3222. <https://doi.org/10.1029/2012PA002309>
- Plaziat, J.C. (1982). Introduction et l'écologie des milieux de transition eau douce-eau salée pour d'identification des paléoenvironnements correspondants. *Critique de la notion de domaine margino-littoral. Mémoires de la Société Géologique de France*, 144: 187–206.
- Pomar, L. (1991). Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea-level changes, upper miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, 38: 243–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1991.tb01259.x>
- Pomar, L. (2012). The late Miocene Reef Complex, Mallorca: Excursión post-congreso. *XXVIII Jornades de la Sociedad Española de Paleontología, Valencia*, 37 pp.
- Pomar, L.; Esteban, M.; Calvet, F. & Barón, A. (1983). La Unidad Arrecifal del Mioceno superior de Mallorca. In: *El Terciario de las Baleares. Guía de las Excursiones* (Pomar, L.; Obrador, A.; Fornós, J.J. & Rodríguez Perea, A., Eds), X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca, 139–175.
- Pomar, L. & Ward, W.C. (1991). Características de la secuencia deposicional de alta frecuencia en el sistema arrecifal del Mioceno Superior de Mallorca. *Acta Geológica Hispánica*, 76 (3–4): 181–199.
- Pomar, L. & Ward, W.C. (1994). Response of a late Miocene Mediterranean platform to high frequency eustasy. *Geology*, 22: 131–134. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1994\)022<0131:ROALMM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1994)022<0131:ROALMM>2.3.CO;2)
- Rivas, P.; Braga, J. & Sánchez-Almanzo, P. (1999). Arrecifes del Tortonense inferior de la Cuenca de Granada, Cordillera Bética, España. *Trabajos de Geología*, 21: 309–321.
- Robledo, P.A. (2005). Los paleocolapsos cársticos de las plataformas carbonatadas del Mioceno superior de Mallorca: modelo geográfico, geológico, genético y evolutivo. *Tesis Doctoral. UIB. Palma de Mallorca*. 352 pp.
- Rovieri, M.; Basetti, M.A. & Ricci Lucchi, F. (2001). The mediterranean messinian salinity crisis and Apennine foredeep perspective. *Sedimentary Geology*, 140: 201–214. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(00\)00183-4](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00183-4)
- Royo, G. (1922). El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica. *Memorias del Comité de Investigaciones paleontológicas y prehistóricas*, 227 pp.

- Salvador, A. (1994). International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy. Second edition. Geological Society of America. 214 pp.
- Santisteban, C.; Taberner, C. & Zamarreño, I. (1992). El arrecife Bía (Mioceno superior de la cuenca de Fortuna, Murcia). Bioconstrucción de *Tarbellastrea* sp. y *Porites* sp. compuesta de unidades menores. *Geogaceta*, 12: 109–110.
- Sierro, F.J.; Flores, J.A.; Civis, J.; Delgado, J.A. G. & Frances, G. (1993). Late Miocene global event-stratigraphy and biogeography in the Ne-Atlantic and Mediterranean. *Marine Micropaleontology*, 21: 143–168. [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(93\)90013-N](https://doi.org/10.1016/0377-8398(93)90013-N)
- Silva, P.G.; Goy, J.L.; Zazo, C.; Jiménez, J.; Fornós, J.J.; Cabero, A.; Bardají, T.; Mateos, R.; González Hernández, F.M.; Hillarie-Marcel, Cl. & Bassam, G. (2005). Mallorca island: Geomorphological evolution and neotectonics. Sixth international conference on geomorphology. Field Trip Guide, 38pp.
- Simó, A. & Ramon, X. (1986). Análisis sedimentológico y descripción de las secuencias deposicionales del Neógeno postorogénico de Mallorca. *Boletín Geológico Minero*, 97 (4): 446–478.
- Soria, J.M.; Caracuel, J.E.; Corbí, H.; Dinares-Turell, J.; Lancis, C.; Tent-Manclús, J.E.; Viseras, C. & Yébenes, A. (2008). The Messinian-early Pliocene stratigraphic record in the southern Bajo Segura Basin (Betic Cordillera, Spain). Implications for the Mediterranean salinity crisis. *Sedimentary Geology*, 203: 267–288. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.12.006>
- Soria, J.M.; Caracuel, J.E.; Corbí, H. & Yébenes, A. (2007). La sedimentación de afinidad Lago Mare (Messiniense). y la transgresión del Plioceno en Alicante (Cuenca del Bajo Segura). *Geogaceta*, 41: 219–222.
- Stanley, D.J.; Got, H.; Leenhardt, O. & Weiler, Y. (1974). Subsidence of the Western Mediterranean Basin in Pliocene quaternary time: further evidence. *Geology*, 345–350. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1974\)2<345:SOTWM-B>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1974)2<345:SOTWM-B>2.0.CO;2)
- Taviani, M.; Remia, A.; Esu, D. & Sami, M. (2007). Messinian Lago-Mare mollusc fauna from the Gorgona Island slope, Tyrrhenian Sea. *Geobios*, 40 (3): 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2007.02.001>
- Tent-Manclús, J.E. (2003). Estructura y estratigrafía de las sierras de Crevillent, Albaïlla y Algayal. Su relación con la Falla de Crevillente. Tesis, Universidad de Alicante, 969 pp.
- Tent-Manclús, J.E.; Soria, J.M.; Estévez, A.; Lancis, C.; Caracuel, J.E.; Dinarès-Turell, J. & Yébenes, A. (2008). The Tortonian salinity crisis in the Fortuna Basin (southeastern Spain): Stratigraphic record, tectonic scenario and chronostratigraphy. *C.R. Geoscience*, 340: 474–481. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.05.003>
- Van Assen, E.; Kuiper, K.F.; Barthoum, N.; Krijgsman, W. & Sierro, J.J. (2006). Messinian astrochronology of the Melilla Basin: Stepwise restriction of the Mediterranean-Atlantic connection through Morocco. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238 (4): 15–31. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.03.014>
- Van Couvering, J.A.; Castradori, D.; Cita, M.B.; Hilgen, F.J. & Rio, D. (2006). The base of the Zanclean Stage and of the Pliocene Series. *Sedimentary Geology*, 188–189: 319–340.
- Vicens, D. (2015). El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'illa de Mallorca (Illes Balears. Mediterrània occidental). Tesis Doctoral, 754 pp.