

Presència de *Tomistoma cf. lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945) (Reptilia: Crocodylia) al Burdigalià inferior de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). Implicacions paleoambientals

Guillem MAS i Miguel T. ANTUNES

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Mas, G. i Antunes, M.T. 2008. Presència de *Tomistoma cf. lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945) (Reptilia: Crocodylia) al Burdigalià inferior de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). Implicacions paleoambientals. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 51: 131-146. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es dona compte de la presència del cocodril longirrostre *Tomistoma cf. lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945) al Burdigalià inferior de l'illa de Mallorca, com una espècie estenotèrmica d'afinitats tropicals, realitzant una aproximació paleoecològica als ambients, d'estuari o també marí, en que es va desenvolupar. La presència de cocodrils longirrostrats miocènics constitueix un excel·lent indicador biològic de les condicions tropicals i/o subtropicals que haurien prevalgut durant el Burdigalià inferior de Mallorca. La seva decadència i extinció estaria força relacionada amb la degradació de les condicions climàtiques, iniciada després del *Mid-Miocene Climatic Optimum* i coincidint amb un posterior refredament progressiu del medi que culminarà amb les oscil·lacions tèrmiques dels cicles glacials del Quaternari.

Paraules clau: *Reptilia, paleoecologia, indicadors paleoambientals, Miocè inferior, Mallorca, Mediterrània occidental.*

PRESENCE OF *Tomistoma cf. lusitanica* (VIANNA i MORAES, 1945) (REPTILIA: CROCODYLIA) IN THE EARLY BURDIGALIAN OF MALLORCA (BALEARIC ISLANDS, WESTERN MEDITERRANEAN). PALAEOENVIRONMENTAL IMPLICATIONS. The presence of the longirostrine crocodilian *Tomistoma cf. lusitanica* (Vianna & Moraes 1945) in the Lower Burdigalian of Mallorca (Balearic Islands, Spain) is recorded. This is a stenotherm, tropical form whose palaeoecologic contribution to characterize estuary or marine environments is discussed. The presence of these Miocene crocodilians is an excellent biological marker of the tropical and/or subtropical conditions that prevailed during Lower Burdigalian in what is now Mallorca. Their decadence and extinction would surely be related to climate degradation that begun after the Mid-Miocene Climatic Optimum. It coincided with a later, progressive cooling that culminated in the thermal oscillations of the Quaternary glacial cycles.

Keywords: *Reptilia, Palaeoecology, Palaeoenvironmental marker, Early Miocene, Mallorca, Western Mediterranean.*

Guillem MAS, Museu Balear de Ciències Naturals, Apartat de Correus nº 55, 07100 Sóller (Mallorca), Illes Balears; Societat d'Història Natural de les Illes Balears, Margarida Xirgu, 16 baixos, 07011 Palma, Illes Balears,. Email: masgornals@gmail.com; Miguel Telles ANTUNES, Academia das Ciências de Lisboa, Rua da Academia das Ciências, 19; 1249-122 Lisboa, Portugal, Centro de Investigação em Ciência e Engenharia Geológica (CICEGe), Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL, Quinta da Torre; 2829-516 Caparica, Portugal, e-mail: migueltellesantunes@gmail.com

Recepció del manuscrit: 18-des-08; revisió acceptada: 30-des-08.

Introducció

Les referències de rèptils fòssils a l'illa de Mallorca es redueixen a la presència de cf. *Cheirotherium* sp. (icnites) a les fàcies Buntsandstein del Triàsic de Deià-Sóller (Calafat *et al.*, 1987); cf. *Nothosaurus* sp. al Triàsic de Sóller (Bauzá, 1955, 1978; Colom, 1991); *Varanus* sp. a l'Eocè de Felanitx (Colom i Sacarés, 1976; Colom, 1983; 1991); als tàxons Trionychidae, Crocodylidae i *Paleochelys* sp. a l'Eocè mitjà-Oligocè de les mines de la cubeta d'Inca (Bauzá, 1978; Colom, 1983; Jiménez-Fuentes *et al.*, 1989); *Tomistoma* sp. i cf. *Allognatosuchus* sp. a l'Oligocè de Calvià (Ramos-Guerrero *et al.*, 1985). També han estat citats *Crocodylus* sp. al Miocè mitjà-superior (Vindobonià) marí de

Llubí (Bauzá, 1946), així com diferents espècies i subespècies del gènere *Podarcis* al Plio-Quaternari (Bauzá, 1978; Alcover *et al.*, 1981; Kotsakis, 1981; Crespi *et al.*, 2001; Bailón, 2004; Mas, 2005) i el gènere *Testudo* al Quaternari de Portals Nous (Bauzá, 1978) o tortugues miocenes (Alcover i Bover, 2002; Gràcia *et al.*, 2007). Recentment, Vicens i Rodríguez-Perea (2003), citen una dent de cf. *Crocodylia* al Burdigalià inferior de Cala Sant Vicenç (Mallorca); també Mas (2008) i Mas i Fiol (2008) es refereix expressament a la presència de cocodrils dins aquestes mateixes formacions.

La disponibilitat nou material inèdit corresponent a restes de cocodrils d'aquestes formacions del Burdigalià inferior, ens permet fer una determinació taxonòmica més acurada així com realitzar inferències paleoecològiques sobre l'ambient on es va desenvolupar aquesta fauna.

Jaciment (Localització i descripció)

Els espècimens estudiats en aquest treball provenen d'un mateix jaciment situat a la costa oest de la platja de cala Barques dins la cala Sant Vicenç al terme municipal de Pollença de l'illa de Mallorca (Fig. 1), a una zona concreta de penya-segats coneguts baix la toponímia del Pou de l'Olm (Mascaró, 1987). El jaciment s'estén en una franja paral·lela a la costa a una cota màxima de 30-40 m sobre el nivell del mar (Figs. 2 i 3). Les coordenades UTM són: 31S, 504840E; 4419580N.

Cronostratigrafia

El jaciment s'inclou dins la denominada *Formació Calcarenites de Sant Elm*

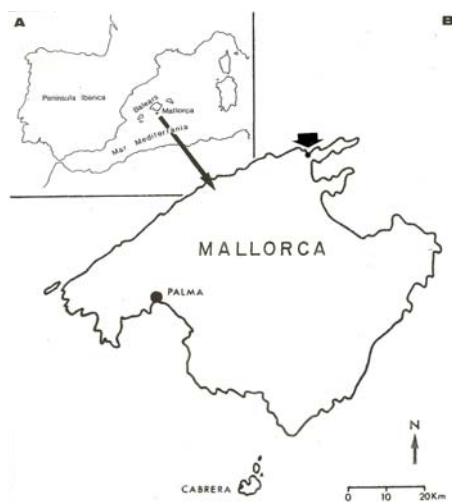


Fig. 1. A) Situació geogràfica de l'illa de Mallorca a la Mediterrània occidental; B) Localització del jaciment estudiat en el mapa simplificat de l'illa de Mallorca.

Fig. 1. A) Geographical situation of the Mallorca Island in the western Mediterranean; B) Location of the paleontological site.

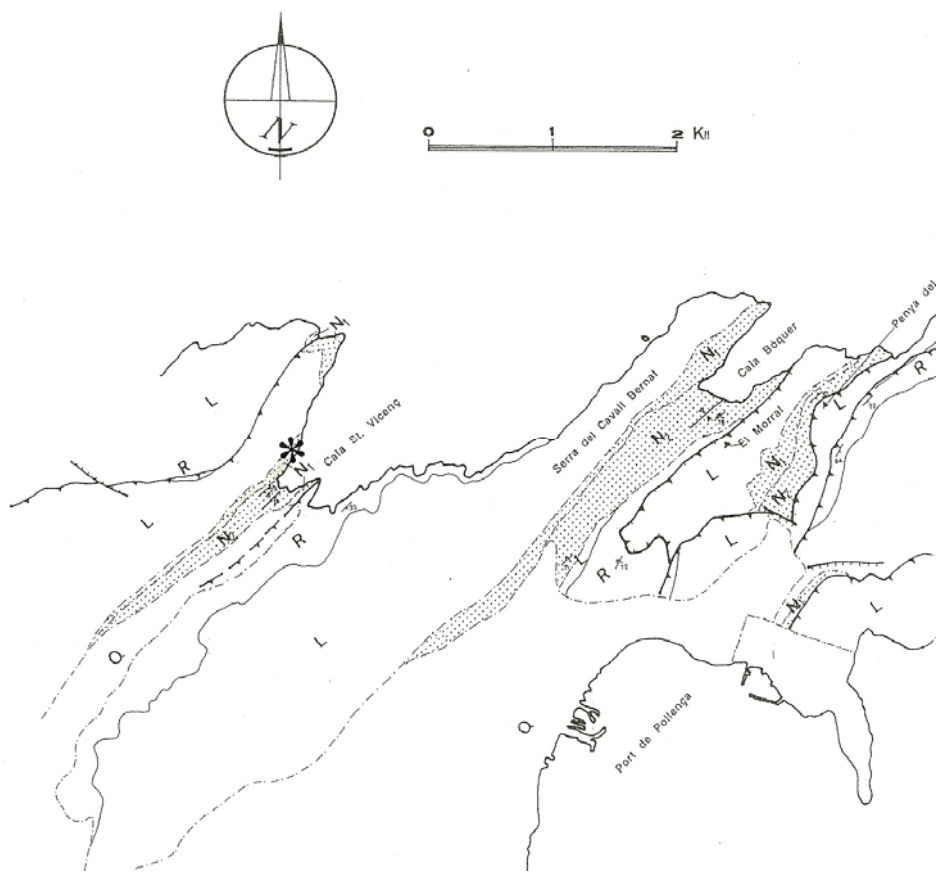


Fig. 2. Mapa geològic del sector amb la localització del jaciment estudiat: R, Triàsic superior (Retià); L, Liàsic; N1, Fm. Calcarenites de St. Elm (Aquitanià – Burdigalià inferior) on s'ubica el jaciment estudiat; N2, Fm. Turbidites de Banyalbufar (Burdigalià superior – Languià); Q, Quaternari (Modificat a partir de Gelabert *et al.*, 1991).

Fig. 2. Geological map of the sector with the location of the studied bed: R, upper Triassic (Rethia); L, Liassic; N1, Fm. Calcarenites of St. Elm (lower Aquitanian - Burdigalian) where the studied site is placed; N2, Fm. Turbidites of Banyalbufar (upper Burdigalian - Languian); Q, Quaternary (Modified from Gelabert *et al.*, 1991).

(Rodríguez-Perea i Pomar, 1983; Rodríguez-Perea, 1984) que es correspon amb la Unitat Calcarenítica de Sant Elm (Pomar *et al.*, 1983), amb la part superior de la Unitat de Conglomerats i Calcàries (Alvaro *et al.*, 1984) i amb la denominada Capa amb *Clypeaster* (Fallot, 1922). És la

unitat 10 del full 643/644/645 (38-25/39-25/40-25) Sa Calobra / Pollença / Cabo Formentor del Mapa Geològic de España (ITGE, 1991).

Presenta dues litofàcies clarament diferenciades: a) un tram inicial de conglomerats corresponents a fàcies conti-

nentals; b) seguits d'un altre tram de calcàries bioclàstiques que és corresponen amb una fàcies marina costera.

En general es tracta d'una seqüència terrígena-carbonatada, transgressiva sobre paleosòls i dipòsits fluvials, que es disposa discordant sobre el basament mesozoic, prèviament carstificat, suavitzant el paleorelleu preexistent. A sobre presenta una important interrupció sedimentària, amb signes d'erosió i desenvolupament d'un *hard-ground* ferruginitzat. A tota la formació, es sobreposa, de forma discordant, una unitat superior turbidítica-carbonatada, denominada Formació Turbidites de Banyalbufar (Pomar et al., 1983; Rodríguez-Perea, 1984; Alvaro et al., 1984 i Gelabert et al., 1991) formada per

una alternança de calcarenites i margues. La Formació Calcarenites de Sant Elm, d'edat aquitaniana a la zona Randa i sector septentrional de la Serra de Llevant (Bourrouilh, 1983; Gelabert, 1998), a la Serra de Tramuntana és correspon amb el Burdigalià inferior, al fossilitzar i ésser sincrònica a nombrosos encavalcaments tectònics (Alvaro et al., 1984; Gelabert, 1998) (Fig. 2).

Ens trobem, doncs, davant de materials sintectònics afectats per l'acció orogènica compressiva ocorreguda durant el Burdigalià inferior fins arribar al Languià – Serraval·lià inferior (Gelabert, 1998), procés compressional iniciat amb anterioritat a partir de l'Oligocè superior (Catià).



Fig. 3. Vista general de la localització del jaciment: A) Burdigalià superior (Fm. Turbidites de Banyalbufar); B) Burdigalià inferior (Fm. Calcarenites de Sant Elm) i C) Liàsic.

Fig. 3. General view of the paleontological site location: A) Upper Burdigalian (Fm. Turbidites of Banyalbufar); B) lower Burdigalian (Fm. Calcarenites of Sant Elm) and C) Liasic.

Localment, en aquest cas, la formació es sobreposa, mitjançant un contacte erosiu, sobre bretxes del Lias a les que segueixen els següents trams:

a) 10-15 m de conglomerats i microconglomerats, amb bona cementació carbonàtica i presència esporàdica de d'inclusions ferruginoses.

b) Sectors molt localitzats (27 – 55 m) de reblliment de canals amb presència de restes de grans ostrèids, més o menys fragmentats, i algun equinoderm.

c) 20-25 m de calcàries bioclàstiques d'aspecte massiu i alguns trams en laminació paral·lela, barrejades amb algun nivell de gresos, amb presència de grans de quars (de dimensions subcentimètriques) rodats i aïllats. Contenen restes d'algues, ostrèids, pectínids, equinoderms, peixos i cocodrils.

Per damunt i en contacte discordant es disposa un tram de margues de caràcter turbidític (Fm. Turbidites de Banyalbufar) que es redueix a un petit aflorament en contacte amb el límit NW de la platja de la cala (Fig. 3).

La totalitat de restes de fauna estudiada correspon als trams b) i c). En conjunt es tracta de sediments de plataforma d'aigües somes en un ambient litoral, amb predomini de sedimentació fluvial i platges (barres) conglomeràtiques, que s'instauren amb posterioritat a un període de forta inestabilitat tectònica en el que es diposita la formació subjacent.

Sistemàtica

Classe: REPTILIA

Ordre: Crocodylia Gmelin, 1788

Subordre: Eusuchia Huxley, 1875

Família: Crocodylidae Gray, 1825

Subfamília: Tomistominae Kälin, 1955

Gènere: *Tomistoma* Müller, 1846

Tomistoma cf. *lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945)

- 1942 *Gavialosuchus americana* (Sellards), variedade lusitana: VIANNA i MORAES; Miocè; Lisboa (Portugal)
- 1945 *Gavialosuchus americanus* (Sellards) var. *lusitanica* n. var.: VIANNA i MORAES; Miocè; Lisboa (Portugal)
- 1949 *Gavialosuchus americanus* Sellards var. *lusitanicus*: ZBYSZEWSKI; Burdigalià sup.; Lisboa (Portugal)
- 1956 *Tursiops*: BATALLER; p. 26; Miocè; València i Barcelona (Espanya)
- 1958 *Gavialosuchus americana* Sellards var. *lusitanica*: ANTUNES; Helvecià mitjà; Lisboa (Portugal)
- 1959 *Tomistoma* sp.: ANTUNES; Helvecià mitjà; Lisboa (Portugal)
- 1961 *Tomistoma lusitanica* (Vianna i Moraes): ANTUNES; figs. 7-29, 36-44; Burdigalià inf. – Tortonià inf.; Lisboa, Algarve i Cabo Espichel (Portugal)
- 1965 *Tomistoma* (*Gavialosuchus* ?) *lusitanica*: LANGSTON; pàg. 26-27, T. 1, fig. 1 (Portugal)
- 1969 *Gavialosuchus americanus* Sellards var. *lusitanica* Vianna i Moraes: CALZADA; p. 33; Miocè (Tortonià); Barcelona (Espanya)
- 1973 *Tomistoma lusitanica* Vianna i Moraes, 1945: STEEL; p. 96; Miocè (Helvetià Mitjà); Lisboa (Portugal)
- 1981 *Tomistoma* cf. *lusitanica* (Vianna i Moraes): ANTUNES *et al.*; p.16, L. 2: figs. 1-2, T.1; Burdigalià sup. ? – Languià; Algarve (Portugal)
- 1984 *Gavialosuchus* sp.: BUFFETAUT *et al.*; p. 116; Miocè mitjà; Polastron-Gers (França)
- 1984 *Tomistoma* cf. *lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945): ANTUNES in MLYNARSKI; Miocè; Pinczów (Polònia)
- 1987 *Tomistoma* (*Gavialosuchus*) *lusitanica*: ANTUNES; T.1, fig. 1; Aquitània – Tortonià; Lisboa (Portugal)
- 1989 *Tomistoma* cf. *lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945): ANTUNES i GINSBURG; p. 81-85, Làms. 1: figs. 1-

- 4, 2, 3: figs. 11-18; Languià; Anjou (França)
- 1994 *Tomistoma lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945): ANTUNES; p. 60-61, L. 1: figs. 11-13; Burdigalià inf. – Languià; Lisboa i Algarve (Portugal)
- 2000 *Tomistoma cf. lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945): GINSBURG *et al.*; p. 601; Orleanià inf.; Maine-et-Loire (França)
- 2001 *Tomistoma lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945): CRESPO; p. 124, fig. 64; Burdigalià – Languià, Vàries localitats (Portugal)
- 2003 cf. Crocodylia: VICENS i RODRÍGUEZ-PEREA; p. 128, fig. 4: 23; Burdigalià; Pollença (Illes Balears)
- 2008 *Tomistoma cf. lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945): MAS; p. 90-92; Burdigalià inf.; Pollença (Illes Balears)

A Europa, el gènere *Tomistoma* també ha estat reconegut a l'Oligocè superior (Catià) de Saint-Geours-de-Mareme al SW de França (Antunes i Cahuzac, 1999); al Miocè de la vall del Roina França (Deperet, 1887), al Languià del Loira sud a França (Lecointre, 1910), al Burdigalià superior de Lisboa a Portugal (Zbyszewski, 1949 i 1958; Vega-Ferreira, 1985); i al Miocè de Malta, Gozzo i Sardenya a Itàlia, a Eggenbourg a Àustria, i a Sèrbia (Steel, 1973).

Zbyszewski (1949; 1958) havia considerat dins de les mateixes capes del Miocè inferior-mitjà de Lisboa, dues espècies que designà amb les denominacions de *Gavialosuchus americanus* (Sellards, 1915) var. *lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945) i de *Tomistoma cf. calaritanus* Cappellini, 1890, aquesta darrera en base a unes dents relativament grosses, més esveltes i molt manco gruixudes. Més tard, revisat aquest tema (Antunes, 1987; Antunes i Ginsburg, 1989), aqueixa darrera forma pareix més bé

correspondre amb un *Gavialis*. Això, no implica que la forma tipus de *T. calaritanus* pertanyin a un Gavial (Antunes, 1994). Per altre lloc, sembla que durant el Miocè inferior-mitjà, la regió mediterrània i fins el que avui és Portugal van viure simultàniament dues espècies de cocodrils longirrostrs.

Tafonomia i material recuperat

Material de molt difícil extracció i separació del jaciment degut a la forta cementació de la roca calcària que el conté.

Si bé el material recuperat presenta poc rodament, si que es presenta quasi sempre deformat i/o fracturat in situ per mor a la pressió soferta deguda a l'acció tectònica a la que s'ha vist sotmesa la roca (el sediment) que l'engloba.

Excepcions fetes de varis fragments d'ossos i tres fragments de plaques òssies, els altres exemplars es corresponen amb restes dentàries (dents o fragments de les mateixes) de l'espècie estudiada.

El material paleontològic recuperat passarà a formar part dels fons del Museu Balear de Ciències Naturals de Sóller.

Dents

Exemplar A (Fig. 4A):

Altura màxima conservada: 11,5 mm

Secció: Rodona amb dues carenes molt poc pronunciades.

Diàmetre: 6 mm

Superfície: Quasi llisa, sense estries, lleugerament reticular.

Observacions: Dent curta lleugerament corbada, amb la punta rompuda i sense arrel.

Exemplar B (Fig. 4B):

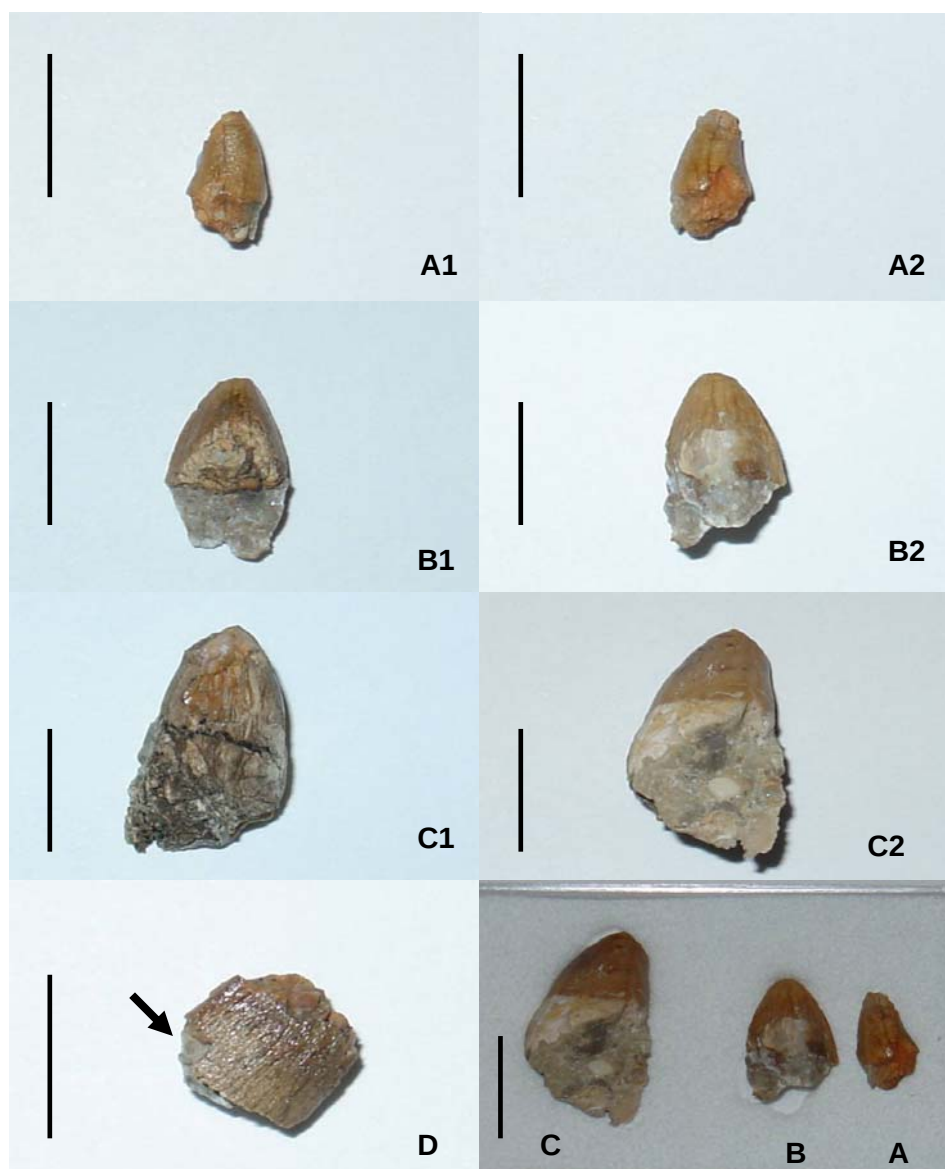


Fig. 4. Dents de *Tomistoma* cf. *lusitanica* (Vianna i Moraes, 1945) del Burdigalià inferior de cala Sant Vicenç (Mallorca). Vegeu dimensions i morfometria dins l'apartat de tafonomia i material recuperat. Totes les escales: 10 mm.

Fig. 4. Teeth of *Tomistoma* cf. *lusitanica* (Vianna and Moraes, 1945) of the lower Burdigalian of cala Sant Vicenç (Mallorca). See dimensions and morphometry in the section of taphonomy and retrieved material. All scales: 10 mm.

Altura màxima: 19 mm

Secció: El·líptica (aplanada labiolingualment) amb les dues carenes ben pronunciades (quasi tallants).

Diàmetre màxim meso-distal: 8,9 mm

Diàmetre màxim labio-lingual: 6,7 mm

Superfície: Fines estries irregulars verticals.

Observacions: Talla mitjana. Despuntada i sense arrel. Possiblement una dent posterior.

Exemplar C (Fig. 4C):

Altura màxima: 23 mm

Secció: Rodona sense carenes.

Diàmetre màxim: 12 mm

Superfície: Quasi llisa, sense estries.

Observacions: Talla grossa. Despuntada i arrel ben desenvolupada.

Exemplar D (Fig. 4D):

Altura màxima: 9 mm

Amplària màxima: 8,5 mm

Secció: El·líptica (aplanada labiolingualment) amb l'única carena observable ben pronunciada i micro-asserrada (vegeu fletxa indicativa Fig. 4D).

Superfície: Fines estries verticals ben marcades.

Observacions: Fragment de la corona que conserva part d'una carena. Talla grossa/mitjana.

Exemplar E:

Altura màxima: 18 mm

Secció: El·líptica (aplanada labiolingualment) amb la dues carenes ben pronunciades (quasi tallants).

Diàmetre màxim meso-distal: 21 mm

Diàmetre màxim labio-lingual: 12 mm

Superfície: Fines estries irregulars verticals.

Observacions: Talla grossa. Despuntada i arrel ben desenvolupada. Presenta una lleugera curvatura.

Miscel·lània

Restes diverses de fragments d'ossos i plaques dèrmiques molt fragmentades i deteriorades.

Mètode

A partir d'una anàlisi de les característiques paleontològiques i afinitats taxonòmiques de la fauna descrita, tenint en compte les característiques estratigràfiques i litològiques dels dipòsits que la contenen, es realitza una aproximació paleoecològica als ambients en que es va desenvolupar l'herpetofauna estudiada.

S'ha procedit a la recollida del material mínimament classificable, tenint en compte bàsicament les restes dentàries, així com també algunes d'òssies.

S'ha procedit a la revisió de la bibliografia disponible sobre paral·lelismes existents, principalment al sud de França (Antunes i Ginsburg, 1989; Ginsburg *et al.*, 2000) i de Portugal (Antunes, 1961; 1994; Antunes *et al.*, 1981; Crespo, 2001) procedint a la recopilació, anàlisi, contrast i síntesi d'opinions d'experts, completat amb un procés additiu d'evidències proporcionades a partir de dades empíriques (sedimentologia, tafonomia, fauna associada,...) convergents.

Discussió

Diagnosi

Les dents estudiades són dents altes, còniques, lleugerament corbades cap a

l'interior, amb l'apex poc punxant i porten dues carenes, una anterior u l'altra posterior. La capa d'esmalt presenta una superfície finament reticular i arrugada, en canvi la superfície externa de la dentina presenta una fina i llarga ornamentació estriada. Es poden distingir dos tipus de dents: a) unes son més grans, més altes, més corbades, poc carenades i presenten una secció més o manco el·líptica o rodona, b) unes altres, que es corresponen manifestament amb dents posteriors, són més petites, més baixes, més dissimètriques degut a un aplanament labio-lingual que fa les carenes més marcades. Entre aquests dos tipus de dents, apareixen formes intermediàries. Aquestes característiques coincideixen, si no totalment, amb la descripció de les dents de *Tomistoma cf. lusitanica* realitzada per Antunes i Ginsburg (1989).

Durant al Miocè a l'àrea d'Europa occidental vivien, a més del gènere *Diplocynodon*, altres dos gèneres, *Tomistoma* (inclòs *Gavialosuchus*) i un altre, mal representat per restes òssies però amb una dentició molt diferent, que pareix coincidir amb *Gavialis*.

Les dents analitzades presenten unes mides que exclouen, sens dubte, la pertinença a *Diplocynodon*, amb un diàmetre meso-distal que arriba a sobrepassar els 21 mm. L'apex és més esmussat i menys picant que *Diplocynodon*. La superfície finament arrugada i reticular també les diferencia del les dents pràcticament llises de *Diplocynodon*.

La determinació diferencial amb alguna forma de *Gavialis* (normal acompanyant minoritari de *T. lusitanica* en altres jaciments miocens d'Europa occidental) és clara tenint en compte la forma més fina, allargada, estilitzada, poc corbada,

acanalades longitudinalment i amb l'apex més agut i llis de les dents de *Gavialis* sp. Ara bé, la limitada quantitat de restes recuperades, no permet afirmar de forma significativa la absència de *Gavialis*, a més si tenim en compte que aquesta espècie apareix en una proporció clarament inferior a la de *Tomistoma* a altres paral·lelismes d'associacions faunístiques coetànes.

La determinació diferencial a nivell específic ens pareix més problemàtica, però la forma robusta, mida, dimensions i proporcions de les dents analitzades, ens condueixen cap a la forma d'un gran *Tomistoma cf. lusitanica*. Res ens fa veure que puguin pertànyer a d'altre forma específica.

No s'ha pogut descartar la presència i/o sinonímia amb *Tomistoma calaritanus* Capellini, 1890, la impossibilitat de comparar amb l'original, del que només s'ha pogut accedir mitjançant descripcions i figures (Capellini, 1890 i fotografia Museo D. Lovisato), ens ha limitat molt una possible comparació. Tampoc es pot descartar que *T. calaritanus* no es tracti d'un vertader gavial, si bé Kotsakis *et al.* (2002) consideren *T. calaritanus* com una espècie molt afí a *T. lusitanica*.

De totes les maneres s'ha de tenir en compte que la realitat pot ésser més complexa del que en un principi es pot pensar. Realment no pareix molt possible que només existís una sola i mateixa espècie de *Tomistoma* compartida entre la Mediterrània Occidental i l'Atlàntic, a més si es pensa que les representades a Portugal certament migraren a partir d'Orient i no d'Àfrica (Antunes, 1994).

Paleogeomorfologia

Tomistoma lusitanica (Vianna i Moraes, 1945), era un gran cocodril longirostre

lligat a grans rius i estuaris, però igualment capaç de realitzar incursions a les zones marines costaneres (Crespo, 2001). Com moltes altres espècies fòssils del gènere *Tomistoma*, *T. lusitanica* va viure dins de regions d'estuari amb freqüents incursions mar endins. De fet, la gran talla d'aquests animals ha d'ésser entesa en relació amb la gran abundància de nutrients (biomassa) aportats per l'ecosistema marí (Antunes, 1961).

L'anàlisi litològica del sediment format per una successió de conglomerats, microconglomerats i calcàries bioclàstiques, també ens du a interpretar aquests nivells com a una seqüència terrígena-carbonatada pròpia d'una fàcies d'estuari. La litofàcies de conglomerats s'interpreta com a platges de sediments fluvials (barres) i la litofàcies de calcàries s'interpreta com a dipòsits de plataforma carbonàtica costera. Aquestes característiques suggereixen un dispositiu paleogeomorfològic consistent amb plataformes someres marines amb influències de sedimentació fluvial de rius que drenaven paleorells sotmesos a denudació. A la línia de costa el material gosser aportat per la desembocadura és retreballat pe l'onatge format barres conglomeràtiques progradants. Els nivells localitzats d'ostreïds s'interpreten com a bioherms d'ostres (Alvaro *et al.*, 1984; Mas i Fiol, 2008).

Paleoclima

Els crocodilians, en general, i *Tomistoma*, de forma específica, constitueixen un dels millors indicadors biològics de les condicions de temperatura paleoambientals. Les espècies actualment existents no suporten temperatures mínimes inferiors als 10°C dins l'estació més freda; necessitant al

mateix temps, durant la resta de l'any, de temperatures substancialment superiors per al normal desenvolupament dels seu processos vitals d'activitat, alimentació, reproducció, etc. (Antunes *et al.*, 1981; Crespo, 2001). Si bé, cal tenir en compte que actualment alguns cocodrils, com *Alligator mississippiensis* (Daudin, 1801), són capaços de suportar en casos extrems, durant breus períodes, baixes temperatures de fins a -3,1°C (Brisbin, 1990).

La decadència i extinció estaria força relacionada amb la degradació de les condicions climàtiques i, sobretot, temperatures menys elevades, fet certament comprovat durant el Miocè superior i posterior i que concorda amb l'absència absoluta de cocodrils als conjunts faunístics marins posteriors al Burdigalià; excepció feta d'una cita de *Crocodylus* sp. al Miocè mitjà-superior (Vindobonià) marí de Llubí (Bauzá, 1946).

La presència de cocodrils miocènics és, per tant, un excel·lent indicador de les condicions tropicals i/o subtropicals que haurien prevalgut al Burdigalià inferior del que avui és la zona de l'illa de Mallorca.

Paleogeografia

Aprofitant l'evidència de que tants els Tomistominae com els gavials són de caràcter estrictament tropical, la seva migració cap a les àrees de l'occident europeu i no només això, *Tomistoma* cf. *lusitanica* també ha estat citat a Polònia (Antunes, 1984), és pot considerar perfectament normal entre el Miocè inferior i inicis del Miocè mitjà.

La dispersió geogràfica de *Tomistoma* fou de fet enorme, ja que aquestes migracions no tenen perquè constituir cap problema tractant-se d'animals excel·lents nedadors, tendint a desplaçar-se per via

EXEMPLARS CITATS			
TAXA	Mas i Fiol (2008)	Vicens i Rodríguez- Perea (2003)	DESCRIPCIÓ
<i>Carcharias</i> cf. <i>taurus</i> Rafinesque, 1810	49	20	dents i fragments
<i>Isurus</i> cf. <i>oxyrinchus</i> Rafinesque, 1810 ¹	5	4	dents i fragments
<i>Carcharodon megalodon</i> Agassiz, 1843	-	2	fragments corona
<i>Hemipristis serra</i> Agassiz, 1843	7	2	dents i fragments
<i>Carcharhinus</i> spp. ²	34	12	dents i fragments
<i>Galeocерdo aduncus</i> Agassiz, 1843	11	1	dents i fragments
<i>Pristis</i> cf. <i>aquitanus</i> Delfortrie, 1872	1	-	dent rostral
<i>Diplodus</i> cf. <i>vulgaris</i> (E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	2	-	incisius
<i>Diplodus jomnitanus</i> (Valenciennes, 1844)	9	5	incisius
<i>Sparus cinctus</i> (Agassiz, 1843)	122	73	molariformes + caniniformes
<i>Pagellus caparicaensis</i> Jonet, 1975	1	-	caniniforme
<i>Labrodon multidens</i> (Von Münster, 1846)	11	3	fragments plaques faríngies
<i>Labrodon pavimentatus</i> Gervais, 1859	1	-	fragment placa faríngia
<i>Labrodon</i> sp.	-	13	fragments plaques faríngies
<i>Dentex</i> sp.	-	2	dents
<i>Trigonodon jugleri</i> (Münster, 1846) ³	9	13	incisiformes + fragments plaques faríngies
<i>Diodon vetus</i> Leydi, 1855 ⁴	3	5	plaques + fragments
<i>Balistes lerichei</i> Bauzá, 1949 ⁵	27	15	dents i fragments
<i>Pagrus mauritanicus</i> Arambourg, 1927	-	2	dents
Batoidea ⁶	2	1	dent central placa mastegadora + fiblons
Sparidae	5	-	petites dents
Pisces	-	6	Vèrtebres
TOTAL	299	179	

¹ Vicens i Rodríguez-Perea (2003): Citat com *Isurus hastalis* (Agassiz, 1843)² Vicens i Rodríguez-Perea (2003): Determinació específica *Carcharinus priscus* (Agassiz, 1843)³ Inclou *Trigonodon oweni* Sismonda, 1846 i *Taurinichthys villaltai* Bauzá, 1948. Vegeu Schultz i Bellwood (2004).⁴ Vicens i Rodríguez-Perea (2003): Determinació genèrica *Diodon* sp.⁵ Inclou *Balistes crassidens* Casier, 1958. Vegeu Vicens i Rodríguez-Perea (2003).⁶ Vicens i Rodríguez-Perea (2003): Determinació genèrica *Myliobatis* sp.

Taula 1. Ichtiologia associada, a partir de Vicens i Rodríguez-Perea (2003) i Mas i Fiol (2008).

Table 1. Ichthyology associated, from Vicens i Rodríguez-Perea (2003) and Mas i Fiol (2008).

marina per tot on torbessin unes condicions climàtiques i ambientals adequades. Recentment ha estat descrit *Tomistoma penghuensis*. Shan *et al.* (2007) al Miocè de Taiwan i l'actual forma *Tomistoma schlegelii* (Müller, 1838) a tengut en temps històrics una distribució molt més àmplia que l'actual, arribant fins al sud de Xina.

Força interessant és el fet que ja en varies ocasions, anteriorment al present treball, s'hagi assenyalat que moltes de les formes trobades en el Miocè marí d'Algarve (sud de Portugal) manifestaven una major proximitat a les seves afins mediterrànies (p. ex. com la paleoictiofauna de les Illes Balears) més que amb les de la regió atlàntica de Lisboa (Antunes, 1961; Crespo, 2001). Les referències a treballs anteriors (Vicens i Rodríguez-Perea, 2003; Mas i Fiol, 2008), l'anàlisi de la ictiofauna associada (Taula 1), les variables ambientals, així com altres indicadors biològics i geològics ens revelen la correspondència amb un clima subtropical en un ambient mixt de caràcter semiobert, amb aigües poc profundes de salinitat intermitja i/o variable, i una diversitat de tipus de fons amb predomini dels detrítics amb aportacions continentals, trets que caracteritzen un sistema d'estuari.

Agraïments

Al Dr. Eduardo Gonçalves Crespo de la *Universidade de Lisboa* com a facilitador de contacte entre els coautors del present treball, així per l'àmplia bibliografia de referències indicades.

Bibliografia

- Alcover, J. A. i Bover, P. 2002. Paleontologia, espeleologia i ciencias del karst en las Balears. *Boletín de la SEDECK* 3: 92-105.
- Alcover, J.A.; Moyà-Solà, S. i Pons-Moyà, J. 1981. Les quimeres del passat. Els vertebrats fòssils del Plio-Quaternari de les Balears i Pitiüses. Monografies Científiques, 1. Institució Catalana d'Història Natural: Memòria 11. Editorial Moll. 266 pp. Palma de Mallorca.
- Alvaro, M.; Barnolas, A; Del Olmo, P; Ramírez del Pozo, J. i Simó, A. 1984. El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica. *Bol. Geol. Miner.*, 95(1): 3-25.
- Antunes, M.T. 1958. Nota sobre um crocodilo fóssil do Miocénico de Lisboa. *Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ciên. Univ. Lisboa.*, 7.^a Sér., n. 21.
- Antunes, M.T. 1959. Notícia sobre um crocodilo fóssil do Miocénico de Lisboa. *Las Ciencias*, 25(1).
- Antunes, M.T. 1961. *Tomistoma lusitanica*, crocodilien du Miocène du Portugal. *Revta. Fac. Ciênc. de Lisboa*, 2a série C, 9 (1): 3-88.
- Antunes, M.T. 1984. Order Crocodylia Gmelin in Linnaeus, 1788. In: Mlynarski, M. (Ed.), Notes on the amphibian and reptilian fauna of the Polish Miocene. *Acta Zool. Cracoviensia*, 27(8): 127-148 [134-135].
- Antunes, M.T. 1987. Affinities and Taxinomial Status of Miocene Longirostrine Crocodilians from Western Europe with Remarks on Phylogeny, Paleoecology and Distribution. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 73 (1-2): 49-58.
- Antunes, M.T. 1994. On Western Europe Miocene Gavials (Crocodylia) their Paleogeography, Migrations and Climatic significance. *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 80: 57-69.
- Antunes, M.T. i Cahuzac, B. 1999. Crocodilian faunal renewal in the Upper Oligocene of Western Europe. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes*, 328: 67-73.
- Antunes, M.T. i Ginsburg, L. 1989. Les Crocodiliens des faluns miocènes de l'Anjou. *Bull. Mus. Nation. Hist. Nat.*, 4e sér. C, 11 (2): 79-99.
- Antunes, M.T.; Jonet, S. i Nascimento, A. 1981. Vertébrés (crocodiliens, poissons) du Miocène marin de l'Algarve occidentale. *Ciências da*

- Terra (UNL)*, 6: 9-39.
- Bailón, S. 2004. Fossil records of Lacertidae in Mediterranean islands: the state of the art. In: Pérez-Mellado, V., Riera, N. i Perera, A. (eds.): *The Biology of Lacertid lizards. Evolutionary and Ecological Perspectives*. Institut Menorquí d'Estudis. Recerca, 8: 37-62. Menorca.
- Bauzá, J. 1946. Contribución a la geología y paleontología de Mallorca. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 44 (5-6): 369-380.
- Bauzá, J. 1955. Notas Paleontológicas de Mallorca: Sobre el hallazgo del "Nothosaurus" en el Triás. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, (1-2-3): 87.
- Bauzá, J. 1978. Paleontología de Mallorca. Ciento ochenta millones de años de la flora y fauna de Mallorca. In: Mascaró, J. (coord.): *Historia de Mallorca*, 7: 331-430. Gráficas Miralles. Palma de Mallorca.
- Bataller, J.R. 1956. Contribución al conocimiento de los Vertebrados terciarios de España. Instituto "Lucas Mallada" de investigaciones Geológicas. *Cursillos y Conferencias*, 3: 11-28.
- Bourrouilh, R. 1983. *Estratigrafía, sedimentología y tectónica de la isla de Menorca i noroeste de Mallorca*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Colección Memorias, 99. 2 vols: 671 pp + 99 pp. Madrid.
- Brisbin, I.L. 1990. Survivre au froid. In: Ross, Ch.A. i Garnett (cons.): *Crocodiles, Alligators et Caimans*, pp. 50-51. Encyclopédie Visuelle Bordas. París.
- Buffetaut, E., Croucel, F., Juillard, F. i Stigliani, F. 1984. Le Crocodilien longirostre *Gavialosuchus* dans le Miocène moyen de Polastron (Gers, France). *Geobios*, 17 (1): 113-117.
- Calafat, F., Fornós, J.J., Marzo, M., Ramos-Guerrero, E. i Rodríguez-Perea, A. 1987. Icnología de vertebrados de la facies Buntsandstein de Mallorca. *Acta Geol. Hisp.*, 21-22 (1986-1987): 515-520.
- Calzada, S. 1969. Litoestratigrafía y paleontología de unas arenas del Mioceno de Sant Pere de Ribes (Garraf, Barcelona). *Acta Geol. Hisp.*, 4(2): 29-34.
- Capellini, G. 1890. Sul coccodrilliano gavialoide (*Tomistoma calaritanus*) scoperto nella collina di Cagliari nel 1868. *Mem. R. Acc. Lincei*, 6: 507-533.
- Colom, G. 1983. *Los lagos del Oligoceno de Mallorca*. Gráficas Miramar. 167 pp. Palma de Mallorca.
- Colom, G. 1991. *Las ciencias naturales en las Islas Baleares. Historia de sus progresos. Dirección General de Cultura*. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Govern Balear. 369 pp. Palma de Mallorca.
- Colom, G. i Sacarés, J. 1976. Estudios sobre la geología de la región de Randa, Llucmajor y Porreras. *Revista Balear*, 11 (44-45): 21-71.
- Crespí, D., Gràcia, F., Vicens, D., Dot, M. A., Vadell, M., Barceló, M. A., Bover, P. i Pla, V. 2001. Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 4: puig Gros de Bendinat (2a part). Calvià -Mallorca-. *Endins*, 24: 75-97.
- Crespo, E.G. 2001. *Paleo-herpetofauna de Portugal*. Publicações Avulsas (Museu Bocage. Museu Nacional de História Natural), 2ª Série, 7. Lisboa.
- Depéret, Ch. 1887. Echerches sur la succession des faunes de Vertébrés miocènes de la vallée du Rhône. *Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, 4: 269 pp.
- Fallot, P. 1922. *Etude géologique de la Sierra de Majorque*. Thèse d'état. Libr. Polytechnique Ch. Béranger. 480 pp. Paris i Liège.
- Gelabert, B. 1998. *La estructura geológica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Colección Memorias, 104. 129 pp. Madrid.
- Gelabert, B., Sàbat, F. i Rodríguez-Perea, A. 1991. Estructura geológica de la península de Formentor (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 34: 85-94.
- Ginsburg, L.; Cheneval, J.; Janvier, P.; Pouit, D. i Sen, S. 2000. Les Vertébrés des sables continentaux d'âge orléanien inférieur (MN 3) de Mauvières à Marcilly-sur-Maulne (Indre-et-Loire), La Brosse à Meigné-le-Vicomte (Maine-et-Loire) et Chitenay (Loir-et-Cher). *Geodiversitas*, 22(4): 597-631.
- Gràcia, F., Fornós, J.J. i Clamor, B. 2007. Cavitats costeneres de les Balears generades a la zona de mescla, amb important continuacions subaquàtiques. In: Pons, G. X. i Vicens, D. (Edit.). *Geomorfologia Litoral i*

- Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 14: 299-352.
- Kotsakis, T. 1981. Le lucertole (Lacertidae, Squamata) del Pliocene, Pleistocene e Olocene delle Baleari. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 25: 135-150.
- Kotsakis, A.; Delfino, M. i Piras, P. 2002. Elements of palaeobiogeography of Italian Cenozoic crocodiles. In: 4º Congresso Nazionale *Societas Herpetologica Italica*. Ercolano (Napoli) 18-22 giugno 2002. Simposio: Paleontologia e Biogeografia. Riassunti: p. 18-19.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. 1991. *Mapa Geológico de España. Escala 1:50:000*. Madrid.
- Jiménez-Fuentes, E.; Ramos-Guerrero, E.; Martín, S.; Pérez, E. i Mulas, E. 1989. Quelonios del Eoceno medio de Mallorca. *Paleontologia i Evolució*, 23 (1992): 153-156.
- Langston, W. 1965. Fossil crocodilians from Colombia and the Cenozoic history of the Crocodilia in South America. *Univ. Calif. Pub. Geol. Sci.*, 52: 157 pp.
- Lecointre, H.D. 1910. Les formes diverses de la vie dans les faluns de la Touraine (neuvième suite). Les sauriens des faluns de la Touraine. *Feuille jeun. Nat.*, 4 série, 40 (479): 169-171.
- Mas, G. 2005. Nova cita de sargantanes fòssils, *Podarcis* sp. (Lacertidae; Squamata), al Quaternari de Mallorca. *Aubaina*, 6 (1): 48-51.
- Mas, G. 2008. Les formes marines de Crocodylia (Reptilia) com indicadors de canvi climàtic al Neogen de la Mediterrània occidental. In: Pons, G.X. (edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 90-92. Palma de Mallorca.
- Mas, G. i Fiol, G. 2008-2009. Ictiofauna del Burdigalià inferior de Cala Sant Vicenç (Illes Balears, Mediterrània Occidental). Una aproximació paleoecològica. *Batalleria*, 14: 67-68.
- Mascaró, J. 1987. *Mapa General de Mallorca*. 2a ed. V. Colom R. Editor. Palma de Mallorca.
- Pomar, L.; Marzo, M. i Barón, A. 1983. El Terciario de Mallorca. In: Pomar, L., Obrador, A., Fornós, J. i Rodríguez-Perea, A. (edits.). *El Terciario de las Baleares (Mallorca - Menorca)*. Guía de las excursiones. Grupo Español de Sedimentología. pp 21-44.
- Ramos-Guerrero, E.; Marzo, M.; Pomar, L. i Rodríguez-Perea, A., 1985. Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno del sector occidental de la Sierra Norte de Mallorca (Balears). *Rev. Inv. Geol.*, 40: 29-63.
- Rodríguez-Perea, A. 1984. *El Mioceno de la Serra Nord de Mallorca. Estratigrafia, sedimentología e implicaciones estructurales*. Tesis doctoral Universitat de Barcelona i Palma de Mallorca. 532 pp.
- Rodríguez-Perea, A. i Pomar, L. 1983. El Mioceno de la Sierra Norte de Mallorca (Sector occidental). *Acta Geol. Hisp.*, 18: 105-116.
- Schultz, O. i Bellwood, D. 2004. *Trigonodon oweni* and *Asima jugleri* are diferents parts of te same species *Trigonodon jugleri*, a Chiseltooth Wrasse from the Lower and Middle Miocene in Central Europe (Osteichthyes, Labridae, Trigonodontinae). *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 105 A: 287-305.
- Shan, H-Y.; Cheng, Y-N. i Wu, X-C. 2007. First nearly complete crocodylian, *Tomistoma penghuensis* sp. nov. (Crocodylidae: Tomistominae), from the Miocene of Taiwan. In: 2007 Taiwan Geosciences Assembly (TGA). May 15-18, 2007. Acer Aspire Park, Longtan, Taoyuan County, Taiwan. [http://2007tga.cgu.org.tw/cdrom/Oral%20\(PDF\)/ST1-4B-05.pdf](http://2007tga.cgu.org.tw/cdrom/Oral%20(PDF)/ST1-4B-05.pdf)
- Steel, R. 1973. *Crocodylia*. In: Kuhn, O. (ed.): *Encyclopedia of Paleoherpertology*. Part 16. Gustav Fischer Verlag. 116 pp. Stuttgart
- Uriarte, A. 2003. *Historia del clima de la Tierra*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 306 pp. Victoria – Gasteiz.
- Veiga-Ferreira, O. 1985. Lisboa há milhões de anos. *Ciência Actual*. Ano II, 8: 8-11.
- Vianna, A. i Moraes, A. 1942. Sobre um crâneo de crocodilo fóssil encontrado no Mioceno de Lisboa. *Actas I Congresso Nacional Ciências Naturais, Livro III. Bol. Soc. Geol. Port. C. Nat.* vol. XIII, supl. III.
- Vianna, A. i Moraes, A. 1945. Sur un crâne de crocodile fossile dans le Miocène de Lisbonne. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, 4: 161-70.

- Vicens, D. i Rodríguez-Perea, A. 2003. Vertebrats fòssils (Pisces i Reptilia) del Burdigalià de cala Sant Vicenç (Pollença, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 117-130
- Zbyszewski, G. 1949. Les Vertébrés du Burdigalien supérieur de Lisbonne. *Mem. Serv. Geol. Port*, 1949: 77 pp
- Zbyszewski, G. 1958. Le Quaternaire du Portugal. *Bol. Soc. Geol. Port.*, 13: 3-227.

