

Los lagos salinos interiores (atalásicos) con faunas de afinidad marina del Cenozoico de la Península Ibérica

P. ANADÓN

Institut de Geologia "Jaume Amera" CSIC, c/ Martí i Franqués s.n., 08028 Barcelona.

RESUMEN

La presencia de depósitos lacustres con organismos de afinidad marina ha sido reconocida en diversas cuencas cenozoicas continentales españolas. Los depósitos más significativos, con faunas fósiles relativamente diversificadas, corresponden a las cuencas del Ebro, Duero y Baza. La edad de los depósitos lacustres que las contienen oscila desde el Oligoceno inferior al Holoceno. La fauna de organismos de afinidad marina de dichos depósitos lacustres incluye diversos taxones de invertebrados bentónicos: foraminíferos (incluyendo *Ammonia beccarii*, elphídidos y otros rotálidos, trochamínidos, miliólidos, etc.), ostrácodos (como *Cyprideis torosa* y *Loxoconcha* sp.) y moluscos ("*Cardium*" o *Cerastoderma*, *Abra*, *Potamides*, etc.). Se discute el significado ambiental de estos organismos en lo concerniente a tolerancia de salinidades y composiciones iónicas de las aguas lacustres en que vivieron. Los depósitos que los contienen están formados principalmente por materiales detríticos y margas, faltando generalmente las evaporitas. No se ha detectado la presencia de este tipo de faunas en las sucesiones lacustres cenozoicas constituidas por materiales evaporíticos. Se resalta la similitud de algunos de los conjuntos faunísticos con la denominada "fauna de *Cardium*" típica de muchos depósitos lacustres cuaternarios del Sahara. Por último, se ofrece una somera reconstrucción de los grandes tipos de cuencas lacustres cenozoicas de la Península Ibérica en base a la salinidad y balance iónico deducidos para sus aguas.

Palabras clave: Lagos salinos atalásicos. Cenozoico. Foraminíferos. Moluscos. Ostrácodos. Paleolimnología. Paleoecología.

ABSTRACT

Lacustrine deposits containing marine-like organisms have been recorded in several inland (non-marine) Cenozoic basins of Spain. The most important and significant deposits with a relatively diversified fauna correspond to the Ebro, Duero and Baza basins. The age of these lacustrine deposits range from the early Oligocene to the Holocene. These marine-like organisms comprise several benthic invertebrate taxa: foraminifera (including *Ammonia beccarii*, Elphidids and other rotalids, trochamminids, miliolids, etc.), ostracodes (i.e. *Cyprideis torosa* and *Loxoconcha*) and molluscs ("*Cardium*", *Abra*, *Potamides*, etc.). The significance of these organisms as environmental markers is discussed in terms of their salt requirements and tolerances, as well as the ionic composition of the waters in which they lived. The lacustrine deposits which contain the marine-like organisms are mainly formed of detrital clastics and marls and, in general, evaporites are absent. Conversely these marine-like organisms are missing in the abundant non-marine Cenozoic evaporitic sequences which are mainly formed of anhydrite/gypsum, halite and Na-Ca sulphates.

The setting of these "marine" organisms in the Cenozoic Spanish continental basins, as having no connection with the sea, is emphasized. This biota show a similarity with the so called "*Cardium* fauna" from the Quaternary lacustrine deposits of the Sahara. A reconstruction of the broad types of Cenozoic lacustrine basins from the Iberian Peninsula has been attempted, with special attention paid to their different salinities and ionic balances.

Key words: Athalassic saline lakes. Cenozoic. Foraminifera. Molluscs. Ostracodes. Paleolimnology. Paleoecology.

INTRODUCCIÓN

La presencia de formas vivas de organismos de afinidad marina (o de ancestros marinos) en aguas continentales, y en particular en medios lacustres salinos atalásicos, es un hecho plenamente reconocido en la actualidad. Por aguas atalásicas (o athalásicas), se entiende en este trabajo aquellas que poseen origen continental, sea cual sea su composición iónica, siguiendo la proposición original de Bayly (1967, in Williams, 1981).

De entre los organismos de afinidad marina presentes en medios lacustres atalásicos, uno de los grupos más citados es el de los foraminíferos (ver referencias previas en Resig, 1974; Cann y De Deckker, 1981 y Levy, 1982 y 1989). No obstante, también se ha reconocido la presencia en algunos medios lacustres de representantes de diversas especies de afinidad marina de moluscos (gasterópodos y bivalvos), ostrácodos y cirrípedos. El significado paleogeográfico y paleoecológico de estas faunas ha sido destacado recientemente (Fontes *et al.*, 1985; Gasse *et al.*, 1987; Levy 1989; Plaziat, en prensa). La presencia de todos estos organismos de afinidad marina en depósitos lacustres antiguos ha suscitado en algunos casos cierta polémica sobre el origen de dichas faunas y la paleogeografía de la época en que vivieron. Uno de los casos más re-

nombrados es el del denominado "Mar Cuaternario del Sahara", propuesto hace más de un siglo en base a la presencia de numerosos afloramientos de depósitos pleistocenos con faunas de "Cardium" en la zona de los chotts nord-saharianos. La presencia de éstos y otros afloramientos similares de la zona sahariana todavía suscita polémicas en la actualidad sobre el origen, contexto geomorfológico y significado de estas faunas cuaternarias (Levy, 1982, 1984b, 1985 y 1989; Ben Ouezdou, 1989 y Plaziat, en prensa, entre otros).

En el presente trabajo se da a conocer, de una forma sintética, la presencia de faunas fósiles de afinidad marina en diversas cuencas cenozoicas de la Península Ibérica. Estas faunas corresponden a diversos episodios repartidos entre el Oligoceno inferior y el Cuater-

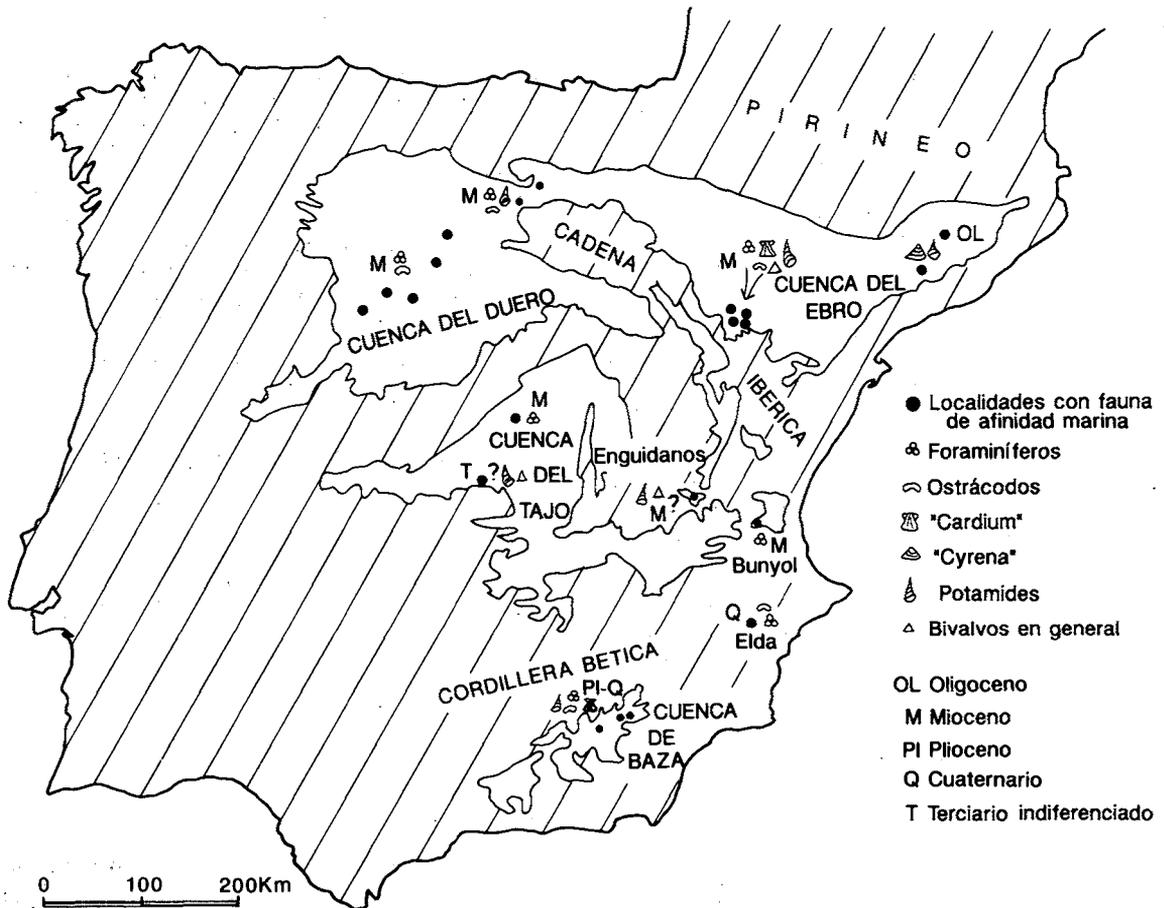


Figura 1.- Esquema de distribución de las citas de fauna de afinidad marina en cuencas cenozoicas continentales de la Península Ibérica

Figure 1.- Location of marine-like faunas in non-marine Cenozoic basins of the Iberian Peninsula.

nario más reciente. Cabe señalar la posibilidad de un episodio de estas características en el Eoceno medio-superior del borde oriental de la Cuenca del Ebro. Aunque la presencia de dichas faunas ha sido, en muchos casos, citada por diversos autores con anterioridad, a veces han sido confundidas con faunas de depósitos marinos o de albufera, en algunos casos se ha invocado la resedimentación para explicar su presencia en depósitos de cuencas continentales, y en otros casos no se ha efectuado ninguna explicación del origen o significado de dichas faunas, señalándose a lo sumo únicamente que planteaban problemas paleogeográficos y paleoecológicos.

Aparte de la reseña de los depósitos lacustres cenozoicos con faunas de afinidad marina, que se ha efectuado cuenca por cuenca, en el presente trabajo se ha intentado, en algún caso, revisar las listas faunísticas aportando algunos datos inéditos y dar énfasis al significado paleoecológico y paleogeográfico de estas faunas.

LOS DEPÓSITOS LACUSTRES CENOZOICOS CON FAUNA DE AFINIDAD MARINA

Son relativamente numerosas, en la literatura geológica española, las citas de depósitos lacustres cenozoicos con faunas de afinidad marina. La figura 1 muestra esquemáticamente la distribución por cuencas de los diferentes grupos de organismos de afinidad marina y cuya explicación detallada se efectúa a continuación.

Cuenca del Ebro

La Cuenca Terciaria del Ebro se configura como la parte autóctona de la cuenca de antepaís meridional de los Pirineos que se formó, principalmente durante el Paleógeno, estrechamente relacionada con el emplazamiento de los mantos de corrimiento pirenaicos (Puigdefábregas *et al.*, 1986). En la historia de la Cuenca del Ebro se pueden considerar dos grandes ciclos marinos o episodios transgresivos, con subsiguiente regresión: Ilerdiense-Cuisiense y Luteciense-Priaboniense. Tras la regresión del Priaboniense (Eoceno superior) en que se depositaron sendas acumulaciones evaporíticas de origen marino en Cataluña y Navarra (Ortí *et al.*, 1985), la sedimentación en la Cuenca Terciaria del Ebro tuvo lugar en ambientes continentales (aluviales y lacustres), sin conexiones con el mar (Riba *et al.*, 1983).

Eoceno medio-superior de Valldeperes (zona oriental de la cuenca del Ebro).

El Grupo Pontils, en la zona central del borde

oriental de la Cuenca del Ebro consiste en un conjunto de materiales depositados en ambientes continentales y de transición, con una potencia de hasta 900 m (Anadón, 1978). Este Grupo se depositó durante el episodio regresivo Cuisiense-Luteciense mencionado en el párrafo anterior. La Formación Valldeperes forma parte del Grupo Pontils y consiste en yesos, lutitas, margas y dolomías que se depositaron en ambientes de playa lake y sabkhas y llanuras lutíticas franjeantes (Anadón, 1978).

En el tramo más alto de la Fm. Valldeperes se localiza un nivel de margas verdosas que por tamizado ha proporcionado una fauna de pequeños foraminíferos hialinos y aglutinados entre los que cabe destacar: *Trochammina* (?), *Miliammina* sp., *Spirulina* sp., *Saccaminidae* y *Patelliminae* (Anadón, 1978, clasif. J. Ferrer). El nivel mencionado se localiza cerca de la base de la Fm. Calizas del Bosc d'en Borràs, originadas en un medio lacustre. Los estudios isotópicos sobre el SO_4^{2-} de los Yesos de Valldeperes (Utrilla, 1989) revelan un origen de reciclaje de evaporitas triásicas para dichos yesos. La interpretación paleogeográfica y paleoecológica de la presencia de los foraminíferos mencionados es problemática, pues por una parte los niveles lagunares de la Fm. La Portella, relacionados con la transgresión "biarritziense" (bartoniense) se localizan estratigráfica y geográficamente próximos y por otra parte se desconoce la prolongación hacia el interior de la cuenca de los niveles citados.

Dadas las características ecológicas de la microfauna mencionada, que se analizarán posteriormente, y los datos discutidos en el párrafo anterior, no se puede descartar (ni afirmar categóricamente) la posibilidad de un origen no marino (lago salino athalásico) para los niveles de margas con foraminíferos de la Formación Valldeperes.

Oligoceno inferior de Calaf-Sta. Coloma de Queralt (Zona oriental de la Cuenca)

Los materiales oligocenos de la zona oriental de la Cuenca del Ebro se depositaron en un mosaico de ambientes continentales que correspondían a sistemas aluviales en los márgenes catalánides y pirenaico y sistemas lacustres en las zonas de interior de la cuenca. Vidal y Deperet (1906) señalan en diversos puntos de estas zonas la existencia de unas «Calizas tabulares con "Cyrenas"»: Torrente dels Ars y Cubells, en la zona de Calaf y en el río Gaià entre Pontils y Sta. Coloma de Queralt, sin poder precisar esta última localidad. Bataller (1929) localiza los niveles con "Cyrena" de Sta. Coloma de Queralt y reconoce, en diversas capas, la presencia de "*Cyrena semistriata*" (= *Polymesoda convexa*), *Potamides rhodanicus* e *Hydrobia dubuissoni*. Niveles con "Cyrena" han sido localizados por el autor en las cercanías de Rocafort de

Queralt, siendo correlacionables con los niveles lacustres de Sarral y de Sta. Coloma de Queralt.

Los niveles de Sta. Coloma de Queralt con "Cyrena" consisten en calizas finamente estratificadas, de poco espesor (<1m) que alternan con margas grises con ostrácodos y carófitas (*Harrisichara tuberculata* y *Gyrogona caelata*, clasif. M. Feist). Estos tramos, de espesor variable, se intercalan en el seno de una sucesión constituida por lutitas y margas grises y rojizas, calizas y areniscas. Esta sucesión se originó en un medio lacustre con influencias terrígenas acusadas y oscilaciones importantes del nivel de agua. Los niveles de Sta. Coloma de Queralt han proporcionado una fauna de micromamíferos que permite atribuirlos al Oligoceno inferior, zona de *Theridomys calafensis* (Agustí *et al.*, 1987).

Otro nivel bioestratigráfico conocido desde antiguo (Vidal y Deperet, 1906) es el caracterizado por el gasterópodo *Brotia albigensis* (= "*Melanoides*" *albigensis*), que en la zona oriental de la Cuenca del Ebro abunda en los tramos del Oligoceno inferior de la región Calaf-Cervera. Este gasterópodo limnogénico, que localmente se encuentra formando acumulaciones mono-específicas, probablemente indica aguas oligohalinas (Lozouet, 1986).

Mioceno medio superior al sur de la Plana de Zaragoza (zona central de la Cuenca)

En la zona al Sur de la Plana de Zaragoza, en la zona centromeridional de la Cuenca del Ebro, la serie superior neógena registra una importante fase de sedimentación detrítico-carbonatada (Gutiérrez *et al.*, 1982). Los materiales que se depositaron en este episodio, de origen lacustre con importantes aportes detríticos, constituyen la denominada Unidad Superior por Pérez *et al.* (1985) que se atribuye al Mioceno medio y/o superior (Pérez *et al.*, 1985; Villena *et al.*, 1988). Diversos trabajos muestran que en estos depósitos de origen lacustre abundan las estructuras tractivas originadas en régimen de oleaje y tormentas (Pérez *et al.*, 1986-87; Villena *et al.*, 1987).

Esta unidad se caracteriza por la presencia, localmente abundante, de una fauna de moluscos en la que destacan *Potamides* y "*Cardium*". Una primera cita de las faunas de *Potamides* de Zaragoza la proporcionan Verneuil y Lorière (1854), reproducida por Deirems (1898), quienes señalan unas calizas con profusión de *Potamides* y "*Cerithes*" indeterminables entre Muniesa y Belchite y en las cercanías de Fuendetodos.

De diversas localidades de esta zona Royo (1925, 1926a) cita escuetamente la presencia de *Potamides* (Moneva, Tosos, Fuendetodos). Únicamente para la primera localidad cita a nivel específico la presencia

de *P. tricinatum*. Royo (1922), previamente, se hizo eco de un trabajo de Martín Donaire (1873) donde se afirma que "en Tosos y Fuendetodos existen unas calizas, areniscas y conglomerados sobre el Jurásico que poseen moldes de *Cerithium*, *Venus* y *Cardium*, fósiles que indican un régimen de agua salobre y aun quizá marino; pero que tampoco se puede decir a qué periodo Terciario pertenecen. Quizá se trate de algún manchón eoceno o a lo sumo oligoceno". Este trabajo de Martín Donaire fue contestado por Sáenz (1943) quien atribuyó al Cretácico dicha fauna.

Recientemente IGME (hoja de Moyuela, *in* Villena *et al.*, 1988) cita la presencia de gasterópodos (*Planorbis*, *Helix*, *Hydrobia*), charáceas (*Chara* aff. *rochetiana*), ostrácodos (*Candona* aff. *suevica* y *Candona* sp.) y foraminíferos (*Ammonia beccarii tepida*).

Por nuestra parte cabe destacar que los niveles basales de la sucesión de esta unidad en la zona de la Ermita de la Magdalena (Moyuela), muestran que los *Potamides* se encuentran asociados, en varios niveles margosos, a *A. beccarii*, localmente abundante y a *Cyprideis torosa* (clasif. C. López), abundando los niveles calcareníticos cementados con abundantes moldes de *Potamides*. En la zona de Fuendetodos, las acumulaciones de foraminíferos llegan a constituir niveles arenosos (*grainstones*) que alternan con arenas cuarzosas y, aparte de *Potamides*, cabe señalar la presencia de bivalvos de tipo "*Cyrena*" y "*Cardium*". Estos últimos constituyen niveles lumaquéllicos (Fig. 2).

Cuenca del Duero

El relleno de la Cuenca del Duero está constituido por materiales de origen continental que se depositaron principalmente durante el Paleógeno y el Mioceno. La presencia de faunas talásicas ha sido señalada en materiales miocenos lacustres de las dos zonas de esta cuenca: central y nororiental.

Zona Central

El Neógeno de la zona central de la Cuenca del Duero (sector de Valladolid) está constituido por una unidad inferior detrítica, "Facies de Tierra de Campos", de origen aluvial, a la que se superponen las denominadas "Facies de las Cuestas" (Hernández Pacheco, 1915), y a las que se les superpone a su vez la Calizas de los Páramos. Las Facies de las Cuestas (Mioceno medio y superior) están constituidas fundamentalmente por arcillas, margas, yesos y calizas. Los yesos predominan en las zonas más internas (Cigales-Valladolid).

Sánchez de la Torre *et al.* (1979-1982) señalan la presencia de importantes acumulaciones de foraminíferos (*Ammonia beccarii tepida*) en diversos niveles de las Facies de Cuestas de la zona centro-occidental de esta cuenca, señalando que “plantea un problema paleogeográfico y paleoecológico”. Barba *et al.* (1980) y Del Olmo *et al.* (1982 a y b), en las memorias de los mapas geológicos de la zona central de la cuenca, señalan en diversos niveles de margas blancas de las Facies de Cuestas la presencia de *Ammonia beccarii*, a menudo acompañada de *Cyprideis torosa* (muy abundante), entre otras especies de ostrácodos. González *et al.* (1986) en un trabajo sintético sobre la distribución de foraminíferos y ostrácodos en la Cuenca del Duero, señalan, para la zona central de la cuenca, en diversos puntos de las Provincias de Zamora y Palencia la presencia de *Ammonia tepida*, ya sea exclusivamente o junto a ostrácodos representados mono-específicamente o casi mono-específicamente por *Cyprideis*.

Zona nororiental

La presencia de faunas “salobres” en depósitos lacustres de edad Mioceno medio y superior ha sido señalada reiteradamente en la zona de Castrillo del Val desde finales del siglo pasado. El primer autor que estudió el corte de Castrillo del Val, a pocos km al E de Burgos, fue Larrazet (1897), quien además dió a



Figura 2.- Acumulación lumaquélica de “*Cardium*” sp. Depósitos lacustres miocenos de Fuendetodos. Cuenca del Ebro.

Figure 2.- “*Cardium*” sp. lumachelle. Miocene lacustrine deposits from Fuendetodos. Ebro Basin.

conocer la abundante fauna de *Potamides* que poseen los niveles de dicha localidad. Larrazet (1897) distingue es esta zona un tramo inferior yesífero, el tramo intermedio con *Potamides* (34 m) y un tramo superior o “Caliza lacustre Miocena” (12 m). El tramo intermedio consiste en areniscas, arcillas, margas y calizas y contabiliza hasta 14 niveles con *Potamides*. Diversos gasterópodos acompañan a *Potamides*, estando también aquellos presentes en los niveles alternantes. En muchos casos dichos gasterópodos corresponden a formas fundamentalmente de agua dulce (*Lymnaea*, *Planorbis*, *Melanopsis*), que son especialmente abundantes hacia la parte superior del tramo. Larrazet distingue 2 especies nuevas y 4 subespecies de *Potamides*, señalando su semejanza con *P. lamarcki*, sin embargo Royo (1925), revisa la fauna de gasterópodos y señala que los *Potamides* de Castrillo deben ser atribuidos a *P. tricinctus*, estando presentes formas de tránsito a *P. papaveraceum* y *P. basteroti* y también *Pirenella gr. bicinctum*.

El corte de Castrillo ha sido estudiado y descrito posteriormente por Royo (1926 b) y por Truyols y Porta (1979-1982). Estos últimos efectúan algunas precisiones taxonómicas a la lista de Royo (1925) y señalan la presencia de diversas especies de ostrácodos clasificados por J. Civís: *Cyprideis tuberculata*, *Cyprinotus salinus bressanus*, *Ilyocypris gibba* y *Leptocythere*. Truyols y Porta (1979-82) indican el carácter salobre del medio lacustre donde se originaron los niveles con *Potamides* e indican que probablemente dicho carácter fue heredado “pudiendo proceder del depósito de sales solubles originarias de materiales de las áreas circundantes del Keuper o del Cretácico, por ejemplo”.

González *et al.* (1986) señalan la presencia abundante de *Cyprideis tuberculata* en los niveles inferiores del corte de Castrillo, mientras que en la parte superior de la sucesión abundan los foraminíferos, siendo predominantes los miliólidos (*Quinqueloculina* sp.) y *Nonion granosum* sobre *Ammonia tepida*. La mayor abundancia de foraminíferos corresponde a los niveles con abundantes *P. tricinctum*. Para la sucesión de Castrillo define los episodios salobres por el predominio de *P. tricinctum*, *Hydrobia*, *Cyprideis tuberculata*, *Cyprinotus salinus*, miliólidos y *Nonion granosum* (estando presente *Ammonia beccarii*).

Sánchez Benavides *et al.* (1988), relacionan los niveles inferiores de la serie de Castrillo, que contienen *Potamides* y otra fauna “salobre”, con barras de distributarios deltaicos, señalando a techo carbonatos lacustres. Esto explicaría la alternancia, en algunos puntos, de niveles de *Potamides* y niveles con *Melanopsis*, gasterópodos que clásicamente se ha señalado prefieren los cursos fluviales, lagos de agua dulce y las desembocaduras fluviales de aguas poco salinas.

Cuenca del Tajo y zonas próximas

Los datos que hasta la fecha se poseen sobre la presencia de faunas de afinidad marina en esta cuenca y zonas próximas son muy pocos, y generalmente confusos. En este sentido, la atribución a un origen marino de algunos depósitos de las cercanías de Toledo y de una zona al Sur de Cuenca por parte de varios autores merece cierta atención. Se constata además que, a la luz del presente trabajo, es necesario revisar en campo estas citas antiguas de "faunas marinas".

Madrid

Sólo hasta fechas muy recientes se ha registrado la presencia de foraminíferos en la Cuenca de Madrid: J. P. Calvo (comunicación personal) e IGME (1989) señalan la presencia de *Elphidium crispum* en muestras del sondeo SGOP-1. Dicho sondeo localizado en la avenida de Portugal de Madrid, atravesó 256 metros de materiales atribuidos al Mioceno medio, depositados en ambientes aluviales y lacustres evaporíticos (Calvo y García Yagüe, 1985).

Toledo

Douvillé (1908a) clasificó unos restos fósiles en forma de moldes mal conservados en una molasa calcárea, procedentes de Toledo y recogidos por V. Reyes. Entre los restos que estudió reconoció "*Arca* cf. *barbata*", "*Natica*", "*Potamides*", "*Hydrobia*", y con dudas *Paludina*, atribuyendo esta fauna al Aquitaniense. Deperet (1908), sin embargo, opina que deben ser atribuidos al Tongriense (Oligoceno). Douvillé (1908b) le contesta, señalando un nuevo hallazgo: "*Fusus* cf. *bulbitosus*" que le permite, entonces, atribuir los niveles de Toledo al Eoceno.

Sur de la Provincia de Cuenca

Cortazar (1875) señala en la zona de Enguidanos (Cuenca) la presencia de unos tramos calcáreos que descansan sobre diversos niveles mesozoicos y también "Miocenos de agua dulce", en los que recogió algunos ejemplares de "*Potamides lamarcki*" y de los bivalvos *Cytherea incrassata*, *Lucina* y *Cardita*. Con respecto a estos tramos, señala que deben ser marinos o por lo menos salobres y, a pie de página, dice que emplea "el término marino a falta de otro que indique mejor la naturaleza de los depósitos formados en aguas que tenían en disolución gran cantidad de sales".

Con respecto a los niveles con *Potamides* de Toledo y Cuenca y también de Tosos-Fuendetodos, Sáenz (1943) opina que en todos estos casos la fauna que contienen son cretácicas. Para la primera localidad,

dice Sáenz que la visitó y recogió "venéridos" y "turritela" (sic) de difícil determinación específica, que se localizan en una sucesión de más de 100 m de potencia de arcosas blanquecinas con niveles margosos o calcáreos que, por similitud de facies, la atribuye al Cretácico.

Depresión Litoral Valenciana. Bunyol.

La sucesión de margas, lutitas, arenas y conglomerados que incluye los niveles con mamíferos fósiles de Bunyol (Valencia), ha sido considerada clásicamente como originada en un medio continental (Robles *et al.*, 1974). Aparte de los restos de vertebrados, que indican una edad Burdigaliense superior (Adrover, 1968) dichos niveles han proporcionado gasterópodos: *Tudorella drapanaudi minor*, *Hydrobia* sp. *Cepaea* sp. (Royo, 1922; Robles, 1975). Márquez y Usera (1984) señalan la presencia de abundantes foraminíferos en algunos de los niveles con mamíferos, siendo las formas predominantes *Quinqueloculina seminula* y *Rosalina douvillei*. Estas especies son consideradas "autóctonas" por dichos autores, quienes señalan además la presencia de formas "transportadas". El ambiente en que vivían las formas autóctonas lo describen como lacustre de aguas salobres.

Depresión de Guadix-Baza

La depresión intramontañosa de Guadix-Baza se sitúa sobre el contacto de las zonas Bética y Subbética de la Cordillera Bética. La presencia de niveles neógenos y cuaternarios con *Cerastoderma* y otras faunas de afinidad marina en esta depresión ha sido señalada desde antiguo. Así, en la zona de Benamaurel, al NNE de Baza, O'Shea y Dupuy de Lôme (1918) señalan la presencia de *Syndosmya alba* (= *Abra alba*) y *Cardium edule* (= *Cerastoderma edule*). Otros autores, con posterioridad, citaron niveles con *Cerastoderma* y otras especies de afinidad marina. Este hecho ha llevado a algunos autores a considerar un origen lagunaro o de albufera, con cierta conexión marina, a los niveles que los contienen (Vera, 1970; Peña *et al.*, 1977). Trabajos más recientes, no obstante ya han apuntado un origen lacustre para dichos niveles (Peña, 1985; Vera *et al.*, 1985; Agustí *et al.*, 1985). El análisis de diversas sucesiones de la zona oriental de la Cuenca de Baza en el sector de Orce-Venta Micena (Anadón *et al.*, 1986; 1987) ha demostrado que durante el Pleistoceno inferior se sucedieron fases de salinidad diversa, que quedaron reflejadas en la alternancia de niveles con fósiles de organismos de agua dulce y de agua salina. Durante las fases de agua salina, proliferó una fauna de afinidad marina (Anadón *et al.*, 1986; 1987): moluscos (*Cerastoderma* cf. *glaucum*, *Hydrobia* sp.), foraminíferos (*Ammonia becarrii*, *Elphidium* sp.) y

ostrácodos (*Cyprideis torosa*, *Loxiconcha* sp.). Por otra parte Robles (1989) señala la presencia de una especie no identificada de *Potamides* en la zona de Orce.

Aunque durante parte del Mioceno y del Plioceno existió comunicación de esta cuenca con el mar abierto, la evolución dinámica posterior de la misma ha sido objeto de diversas hipótesis (Alberdi *et al.*, 1989). Por su parte Goy *et al.* (1989) señalan que durante el Plioceno superior y Pleistoceno inferior se produjo el aislamiento definitivo de la Cuenca de Guadix-Baza con respecto al mar a causa de un levantamiento del borde oriental de la Cuenca de Baza.

Lagos Salinos de Alicante

Los casos analizados hasta aquí tratan de la presencia de faunas fósiles en niveles cenozoicos lacustres. En el presente apartado se citan dos casos de presencia de faunas de afinidad marina en medios actuales.

Las salinas de Elda

En la zona oriental de la provincia de Alicante (zona Pinoso-Elda) y oriental de la de Murcia (Yecla-Jumilla) existen diversas zonas endorréicas con pequeños lagos salinos someros, efímeros, que en algunos casos han sido explotados como salinas. Un ejemplo es el lago de La Salina de Elda (h = 475 m), que dista unos 40 km del mar y ha sido alimentado con salmueras de manantiales salinos cuyas aguas atraviesan materiales triásicos con evaporitas (halita y yeso). En La Salina de Elda, De Deckker, Julià y Comín (*in* Anadón *et al.*, 1987, p.46) citan especímenes subfósiles de *Ammonia beccarii* y de *Cyprideis torosa*, acompañados de carofitas, *Ilyocypris* sp. y un hidróbido. Según dichos autores esta fauna se desarrolló muy probablemente durante la última etapa húmeda de la laguna.

Laguna del Hondo (Albufera del Fondo)

Una fauna de ostrácodos constituida por especies eurihalinas y oligohalinas (*Cyprideis torosa*, *Loxiconcha elliptica* y *Darwinula stevensoni*) ha sido registrada por Bodergat (1983) en la Laguna del Hondo (Albufera del Fondo), a unos 12 kms al Oeste de Santa Pola. Las aguas de la laguna son oligohalinas (5 gr/l) y aunque próxima a la costa, está alimentada por canales de riego y por flujos subterráneos de los cursos bajos de los ríos Vinalopó y Chicao. Estos atraviesan formaciones triásicas con evaporitas (yesos y halita).

Edades y distribución de las faunas

La tabla 1 proporciona un resumen de la distribución por edades y cuencas de las diversas faunas de afinidad marina y la constitución de las mismas. Aunque se constata la presencia de dichas faunas desde el Eoceno hasta prácticamente la actualidad, la época en que se registra su presencia en un mayor número de localidades y de cuencas corresponde al Mioceno medio-superior. Este hecho no debe sorprender si se tiene en cuenta que corresponde a una de las épocas en que existieron, o perduraron, numerosas cuencas sedimentarias continentales, alcanzando además muchas de ellas su mayor tamaño y expansión. Por otra parte los depósitos de sistemas lacustres miocenos son los que afloran con mayor extensión en muchas de dichas cuencas.

SIGNIFICADO ECOLÓGICO DE LAS FAUNAS LACUSTRES DE AFINIDAD MARINA

En este apartado se tratará de las faunas de afinidad marina (talasogénicas o "talasoides") dejando aparte las faunas de agua dulce típicamente límnicas y las faunas que, aunque pueden vivir en aguas continentales oligohalinas, son de indudable origen limnogénico (ej. los gasterópodos *Melanoides tuberculatus*, *Melanopsis* o numerosas especies de ostrácodos).

Antes de considerar el significado paleoecológico de los diversos organismos mencionados en los párrafos anteriores conviene precisar que en muchos casos, y sobre todo cuando se trata de referencias antiguas, las clasificaciones de los organismos y su atribución taxonómica, no son exactamente las aceptadas en la literatura actual.

Otro problema surge al tratar de grupos con elevada variabilidad intraespecífica, como ocurre con las diferentes especies de *Potamides*, que en gran parte han sido objeto de revisión recientemente (Lozouet, 1986; Plaziat, 1989). Por último, cabe mencionar los problemas de identificación, sinonimia y prioridades, y así, por ejemplo, la especie de bivalvo *Cyrena semistriata* (DESH) muy citada en la literatura, cuando la identificación específica está asegurada, es sinónimo de *Polymesoda convexa* (BRONGN), siendo prioritaria esta última denominación según Hölzl (1957).

A continuación se revisan las características ecológicas de los diferentes grupos de organismos de afinidad marina (o de taxones afines) que están presentes en depósitos lacustres del cenozoico de la Península Ibérica. La lámina 1 muestra una selección de la fauna de afinidad marina de dichos depósitos.

	EBRO	DUERO	TAJO y zonas próximas	CUENCAS LEVANTINAS	BAZA
PLIO-CUATERNARIO			?Post Mioceno - Sur de Cuenca "Potamides lamarcki" "Cytherea incrassata" "Lucina" "Cardita"	Holoceno - Rec. - Elda Cyprideis torosa Ammonia beccarii Hydrobiinae	Pleistoceno - Baza Loxoconcha sp. Cyprideis torosa Heterocypris salina Syndosmya alba Cerastoderma cf. glaucum Potamides sp. Hydrobia sp. Ammonia beccarii Elphidium sp.
MIOCENO	<u>Mioceno medio-superior</u> Cyprideis torosa "Cardium" sp. "Cyrena" sp. Potamides gr. lamarcki(1) Hydrobia sp. Ammonia beccarii	<u>Mioceno superior</u> Cyprideis tuberculata Cyprideis torosa Cyprinotus salinus bressanus Loxoconcha sp. Potamides gr. lamarcki(1) Hydrobia sp. Ammonia beccarii Quinqueloculina Nonion granosum Elphidium	<u>Mioceno s.l. - Madrid</u> Elphidium crispum	<u>Mioceno inf.-medio - Bunyol</u> Quinqueloculina seminula Rosalina douvillei	
OLIGOCENO	<u>Oligoceno inferior</u> Polymesoda convexa "Potamides rhodanicus" Hydrobia dubuissoni		<u>Paleógeno - Toledo</u> "Arca cf. barbata" "Natica" cf. Potamides Hydrobia "Fusus cf. bulbitosus"		
EOCENO	<u>?Eoceno medio-superior</u> Trochammina (?) Miliammina sp. Spirillina sp. Saccamminidae Patellininae				

TABLA 1.- Distribución por edades y cuencas de las faunas lacustres cenozoicas de afinidad marina de la Península Ibérica. Se ha mantenido la denominación taxonómica empleada en las citas bibliográficas, excepto para (1) *Potamides gr. lamarcki*, según Lozouet in litt.

TABLE 1.- Age and basin distribution for marine-like faunas from cenozoic lacustrine basins of the Iberian Peninsula.

Foraminíferos

Se pueden considerar tres grupos principales:

Grupo I) Constituido por especies de caparazón aglutinado. A este grupo pertenecen un conjunto de géneros fundamentalmente de las familias Trochamminidae y Miliamminidae y cuyas especies actuales son capaces de tolerar las variaciones más amplias de salinidad y también las salinidades más bajas, habiéndose encontrado por ejemplo en aguas dulces. *Miliammina fusca* se ha encontrado en aguas prácticamente dulces y de hasta 3.8‰ en el Lago (lagoon) de Maracaibo (Hedberg, 1934) y en aguas de salinidad de 1.8 a 9‰ y en la bahía de Kiel (Alemania). *Trochammina ochracea* ha sido citada en áreas de agua dulce del estuario del Río de la Plata (Boltovskoy, 1957, 1965). Similar comportamiento posee *T. nitida* (ver datos adicionales en Boltovskoy, 1965).

Por otra parte también se han encontrado representantes de este grupo en salinas marítimas, soportando salinidades elevadas (40-80‰), como por ejemplo *Trochammina inflata* y *Jadammina macrescens* (Zaninetti, 1982, 1984). *Trochammina* ha sido encontrada en lagos interiores salinos (Resig, 1974; Can y De Deckker, 1981), soportando en algún caso salinidades de hasta 60‰. Sin embargo, ejemplares vivos de *T. inflata* han sido citados en el Oued el Akarit (Tunez), en aguas poco saladas (oligohalinas) por Levy (1982).

Grupo II) Constituido por diversos géneros y especies de rotálidos.

Ammonia beccarii, y alguna de sus variedades (o morfotipo?), a veces considerada como especie diferente (*A. tepida*), es un foraminífero que ha sido localizado en numerosos ambientes salobres e hipersalinos. *A. beccarii*, se encuentra en muchos lagoons con salinidades <9‰, siendo una de las más bajas la registrada en el "Lago" Maracaibo (3.8‰), resistiendo salinidades aun más bajas en el estuario del Río de la Plata (Boltovskoy y Lena, 1974 in Levy, 1982). Se ha citado también en ambientes hipersalinos, de salinas marítimas, viviendo entre 40‰ y 80‰ de salinidad (Zaninetti, 1982, 1984).

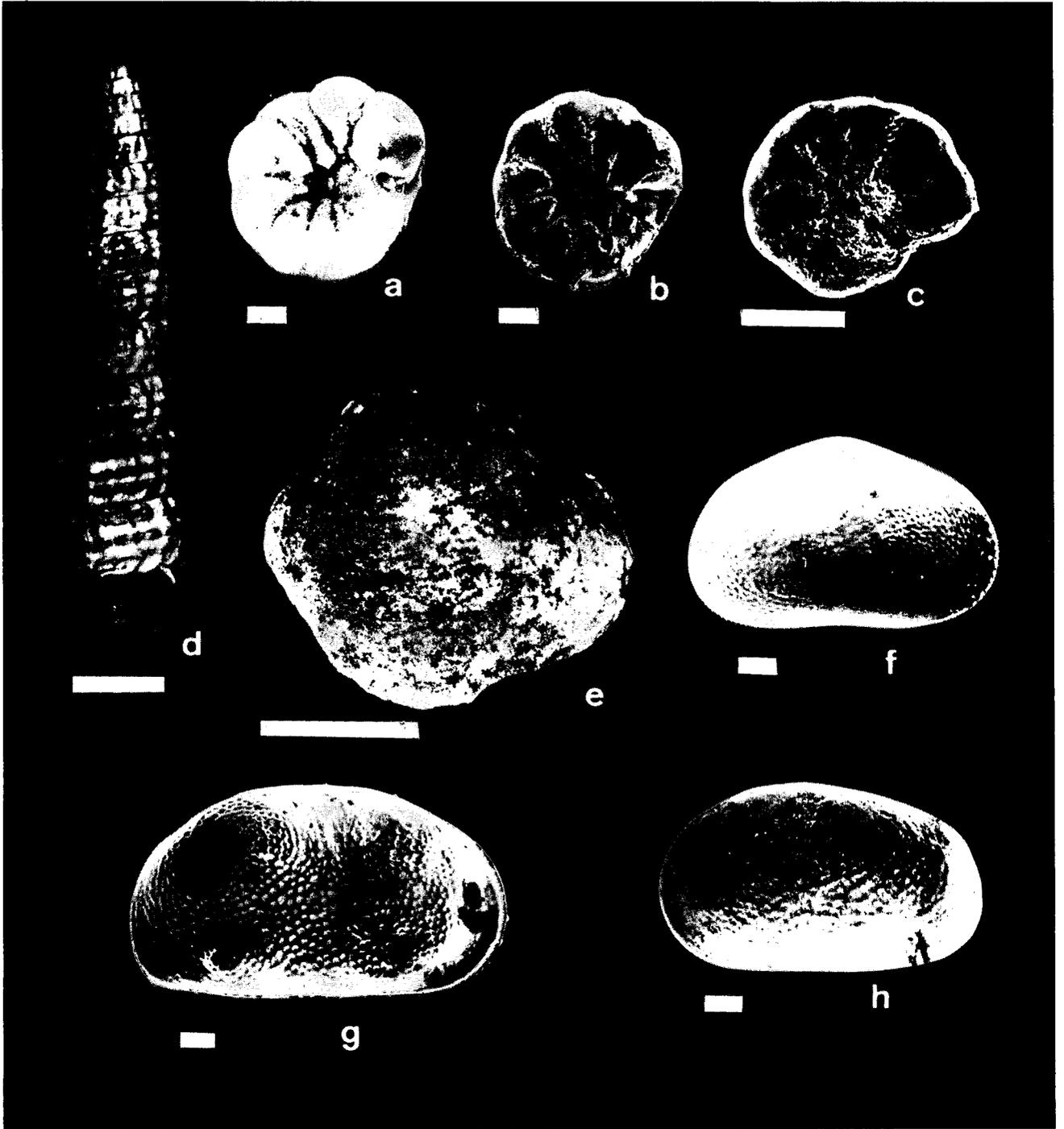
A. beccarii se ha localizado también viviendo en lagos interiores, de diversa salinidad de los cinco continentes: Caspio (12‰-50‰ según Boltovskoy 1965; y lagoons conectados con dicho mar, soportando salinidades mucho menores: Yassini y Ghahreman, 1976), Salton Sea de California (33.6‰; Arnal, 1961), Birket Qarum, en la depresión del Fayoum, Egipto (28‰, Levy 1984b) Lago Niriz en Irán (Löffler, 1981) y también en lagos salinos de Australia (hasta 33‰; Cann y de Deckker, 1981) y Hawaii (Resig, 1974), así como en cursos fluviales del Norte de Africa: Oued el Akarit (Levy, 1982) y Oued Rhir (Levy, 1989).

Bradshaw (1957) mostró en cultivos experimentales de *A. beccarii tepida* que esta forma posee un amplio rango de tolerancia, pues sobrevive en aguas de salinidades comprendidas entre 2‰ y más de 70‰. Salinidades entre 10‰ y 60‰ no inhiben el crecimiento. No obstante, esta especie se reproduce a salinidades entre 20‰ y 40‰, requiriendo temperaturas inferiores a 35°C. Cann y De Deckker (1981) añadieron que esta especie requiere aguas permanentes, a diferencia de *Elphidium*, no puede sobrevivir a episodios de desecación de lagos salinos efímeros. Schnitker (1974) ha mostrado que *A. beccarii* presenta una gran variación morfológica y que muchas formas de *Ammonia*, entre las que se incluyen *A. tepida*, son sinónimas de *A. beccarii*.

Se sabe que diversas especies del género *Elphidium* y otros rotálidos son tolerantes de un amplio rango de salinidades. Así, algunas especies de *Elphidium*, *Protelphidium*, *Nonion*, *Rotalia* y *Spirillina* entre otros se han encontrado en estuarios, en aguas prácticamente dulces (0.07‰ a 0.12‰ Marie 1938, in Boltovskoy, 1965). *Elphidium granulosum* y *Nonion depressulus* (*Haynessina depressula*) se han registrado en Kiel a salinidades entre 6 y 9‰, y en el Mar Caspio con salinidades de 12‰ a 13‰ (Boltovskoy, 1965). Diversas especies de los géneros mencionados anteriormente se han reconocido en salinas mediterráneas, en aguas de salinidades comprendidas entre 40‰ y 80‰ (Zaninetti, 1982) y también en diversos lagos salinos atalásicos como *Elphidium hyalocostatum* en el Salt Lake de Hawaii (Resig, 1974). *Elphidium* sp. y *Trichohyalus tropicus* se han citado en lagos salinos australianos con salinidades de hasta 60‰ (Cann y De Deckker, 1981). *Elphidium tumidum* ha sido citado en el Salton Sea (Arnal, 1961). *E. poeyanum*, es una especie que se encuentra en ciertas zonas del "Mar Caspio" con salinidades de hasta un 50‰ junto a *A. beccarii* (Boltovskoy, 1965). Esta misma pareja se ha encontrado en algunos depósitos cenozoicos lacustres del Paramint Lake, en California (Smith, 1960).

Algunas especies de rotálidos y textuláridos (*A. tepida*, *E. articulatum*, *T. aguayoi*) y *Trochammina inflata* han sido encontrados en aguas de manantiales y cursos fluviales de aguas ligeramente salinas (oligohalinas) de la zona costera tunecina (Levy, 1982, 1984 a, 1989). *Trichohyalus aguayoi* se ha encontrado en aguas casi dulces de lagoons de la costa rumana del Mar Negro ($\pm 0.4‰$, Tufesco, 1969) y en aguas salinas del oued el Melah (<30g/l; Levy, 1989).

Grupo III) Los miliólidos constituyen un grupo con especies de cierta tolerancia a la salinidad, pero no parecen soportar salinidades tan bajas como los trochamminidos y rotálidos mencionados anteriormente (cf. Boltovskoy, 1965). Así *Quinqueloculina seminula*, se ha encontrado junto a *A. beccarii tepida* y otros



rotálidos en aguas con salinidad de hasta 8‰, de la costa de Massachussets. No obstante *Q. aff. seminula* se ha encontrado en salinas mediterráneas en aguas de salinidad 27‰ a 40‰ (Zaninetti, 1982). En estos ambientes, en salinidades entre 40‰ y 80‰, aparte de *Quinqueloculina* sp. se encuentran diversas especies de *Triloculina* y otros miliólidos.

Algunos miliólidos indeterminados se han encontrado en unos cuantos lagos interiores como el Salt Lake de Hawaii y el Birket Qarum, mencionados anteriormente. Un miliólido (? *Triloculina rotundata*) ha sido citado en lagos salinos permanentes de Australia, en salinidades inferiores a 33‰. Por otra parte *Quinqueloculina bellatula* se presenta en el lago Salton Sea de California (Arnal, 1961). *Quinqueloculina* sp junto a otros miliólidos y rotálidos indeterminados y *A. beccarii* han sido citados en el lago Niriz, Iran (Löffler, 1981).

Moluscos

Gasterópodos. Los gasterópodos de los medios de agua salobre e hipersalina *thalassoides* presentan notables dificultades desde el punto de vista taxonómico (cf. Lozouet, 1986), debido a la gran variabilidad que presentan sus poblaciones. Entre los grupos de afinidad marina que se encuentran en lagos interiores cabe destacar los potamididos y los hidróbidos.

La familia Potamididae agrupa géneros (*Potamides*, *Tympanotonos*) cuyas especies actuales son típicas no sólo de zonas estuarinas y lagoons, como se

creía tradicionalmente, sino que además algunas especies son capaces de colonizar ríos salados y lagos salinos litorales e intracontinentales (Plaziat, 1989). Por lo que al género *Potamides* se refiere, la especie actual *P. conicus* (= *Pirenella conica*) es una especie eurihalina que vive en sustratos y aguas bien oxigenadas cubiertas con tapices microbianos, por ejemplo de zonas litorales superiores del Golfo de Aqaba (Gerdes *et al.* 1985). Esta especie ha sido encontrada también en lagunas de baja salinidad (5‰ - 10‰) de la costa griega (Guelorget y Perthuisot, 1983), en lagos hipersalinos costeros (*anchihaline pools*) del Sinaí, soportando salinidades de más de 100‰ (Gerdes *et al.*, 1985) y ha sido citada también en el cauce del río salado Mehran, Irán (Baltzer *et al.*, 1982). *P. conicus* ha sido también encontrado en el lago Qarum, en la depresión del Fayoum, Egipto (Rose, 1972) donde recientemente (1978) la salinidad alcanzaba 49,5‰ (Bishai y Kirollus, 1980). *P. conicus* ha sido observado en oasis del Desierto de Libia, a veces junto a *Cerastoderma glaucum* y otra fauna talasoide peculiar (Crawford, 1948). Gasse y Fontes (1989) citan *Potamides* en fuentes con aguas salinas de origen marino y salinidad ligeramente superior a la marina, que alimentan el lago Assal en Djibouti.

Otro grupo de gasterópodos típicos de estuarios y lagoons, y también muy abundantes en lagos salinos, son los hidróbidos. Una especie actual muy característica *Hydrobia ulvae* es un pequeño gasterópodo muy eurihalino que tolera no sólo agua salobre de origen marino sino también condiciones hipersalinas (hasta cerca del 90‰, Bayly, 1972). *Hydrobia ventrosa* se encuentra con cierta abundancia en salinidades de hasta 75‰ en zonas marginales del mar de Azov (Hedgpeth, 1957). Esta última especie ha sido citada en el oasis de Siwa (Desierto de Libia) por Crawford (1948) y otras especies han sido citadas de lagos ligeramente salinos (0,5-8‰) en Argelia (Beadle, 1943 in Gasse *et al.*, 1987), lago Qarum (Rose, 1972) o en lagos salinos del Irán junto a una fauna eurihalina de foraminíferos y ostrácodos (Löffler, 1981).

Bivalvos. Entre los bivalvos talásicos encontrados en medios lacustres salobres o salinos recientes y citados en la literatura, cabe destacar *Cerastoderma* (= "*Cardium*"), *Polymesoda* (= "*Cyrena*"), *Mytilus*, *Brachydonates*, *Abra*, *Venerupis* (= *Tapes*). De éstos se han citado "*Cardium*", *Cerastoderma*, *Abra* y "*Cyrena*" en los depósitos lacustres cenozoicos de la Península Ibérica.

Del grupo de "*Cardium*", el representante actual más genuino es *Cerastoderma glaucum* (Cardiidae, Laevicardinae), que es una especie de aguas salobres más eurihalina que *C. edule*, que es considerada una típica especie eurihalina marina según Rygg (1970).

←

LAMINA 1.- Selección de diversos ejemplares de faunas de afinidad marina de cuencas lacustres cenozoicas de la Península Ibérica.

PLATE 1.- Marine-like organisms from cenozoic lacustrine basins of the Iberian Peninsula.

a) *Ammonia beccarii*. Pleistoceno inferior. Venta Micena Cuenca de Baza. Barra de escala= 0.1 mm. b) *Ammonia cf. beccarii*. Mioceno inferior-medio. Ermita de la Magdalena. Moyuela. Cuenca del Ebro. Barra=0.1 mm. c) *Elphidium* sp. Mioceno superior. Castrillo del Val. Cuenca del Duero. Barra= 0.1 mm. d) *Potamides* cf. *disjunctus* (gr. *lamarcki*). Clasificación y foto de P. Lozouet. Mioceno superior. Castrillo del Val. Cuenca del Duero. Barra= 0.5 cm. e) "*Cyrena*" sp. Oligoceno inferior. Santa Coloma de Queralt. Cuenca del Ebro. Barra = 1 cm. f) *Cypronotus cf. salinus*. Mioceno superior. Castrillo del Val. Cuenca del Duero. Barra =0.1 mm. g) *Cyprideis torosa*. Ejemplar nodoso. Pleistoceno inferior. Venta Micena. Cuenca de Baza. Barra= 0.1 mm. h) *Cyprideis* cf. *torosa*. Ejemplar de concha lisa. Mioceno superior. Castrillo del Val. Cuenca del Duero. Barra = 0.1mm.

Este autor en un estudio comparativo de ambas especies muestra las dificultades que a menudo se presentan en su clasificación y distinción y opina que *C. glaucum* puede haber evolucionado a partir de una población de *C. edule* en el Mediterráneo durante su aislamiento y durante el Mioceno terminal y Plioceno inferior.

Según los datos recogidos por Rygg, *C. glaucum* en la naturaleza se encuentra en salinidades desde 4 a 60‰, mientras que en experimentos de acuario sobrevive también entre 5 y 60‰. *C. edule* sin embargo ha sido encontrado en la naturaleza por encima de 15‰ de salinidad, sobreviviendo en acuarios sólo en salinidades entre 10‰ y 45‰. Levy (1989) señala que *C. glaucum* vive en salinidades desde 3 a más de 62 gr/l y que los individuos juveniles, más resistentes pueden llegar a tolerar hasta 115 gr/l. *C. glaucum* se encuentra en mares de baja salinidad, como en el Báltico, en aguas de 4.5‰ (Rygg, 1970) junto a *Mytilus edulis* (Segenstråle, 1957), en el Mar de Azov (10‰) junto a *Corbula* e *Hydrobia* y en el Mar Negro (20‰) junto a *Mytilus edulis* (Caspers, 1957). *C. "edule"* (probablemente se trata en realidad de *C. glaucum*) ha sido reconocido en el "Mar Caspio" (12-13‰) y en el "Mar de Aral" (10‰), siendo probablemente una especie inmigrante reciente (Zenkevich, 1957). A este respecto Rygg (1970) concluyó que las poblaciones de "*C. edule*" en la región Ponto-Caspica consisten exclusivamente de *C. glaucum*. Por otra parte Caspers (1957) señala que *C. "edule"* del Mar de Azov puede vivir más de 5 años, alcanzando tallas de 21 a 24 mm.

Por último cabe destacar que faunas de "*Cardium*" han sido citadas en medios lacustres atalásicos como el lago Qarum en la depresión del Fayoum (Egipto), donde *C. glaucum* vive junto a otros bivalvos talasogénicos como *Abra* (Scrobiculariidae) y el Veneridae *Venerupis* (Rose, 1972). También se ha citado *C. glaucum* en un oasis próximo al de Siwa (Libia), junto a *P. conicus*, un mytilido (*Brachydontes minimus*) y *Balanus amphitrite* (Crawford, 1948; Nilson-Cantell, 1948).

Las especies de "*Cyrena*" son frecuentes en el registro fósil formando grandes acumulaciones: "Marnes à Cyrènes sannoisiennes" de las facies salobres del Oligoceno de la Cuenca de Paris, de la fosa del Rin ("Cyrenen mergel") y las "Couches à Cyrena" del Este de Francia (Gillet, 1953). Una de las especies más conocidas es *Polymesoda convexa* (= *Cyrena semistriata*, según Hölzl, 1957) ampliamente repartida en el Cenozoico, a partir del Eoceno superior. Dos especies de *Polymesoda* viven actualmente en las costas atlánticas de los Estados Unidos: *Polymesoda (Pseudocyrena) maritima* que se encuentra en la Laguna Madre (Golfo de México, Texas) desde 50-60‰ a 80‰ y en la bahía de Florida hasta <20‰ (Plaziat, in

litt). Sin embargo *P. caroliniana* se encuentra en salinidades de 18.6 a 19.2‰ en zonas intermareales y hasta menos de 2‰ en los "creeks" de los Everglades de Florida (Plaziat, in litt.).

Ostrácodos

De las especies de ostrácodos citadas en medios lacustres cenozoicos de la península ibérica, cabe mencionar como talasogénicas a: *Cyprideis torosa*, *Cyprinotus salinus*, y *Loxoconcha sp.*

Cyprideis torosa es una especie que por sus características ecológicas, dispersión y edad ha sido objeto de numerosos estudios. Esta especie, eurihalina y euri-terma, puede llegar a soportar fácilmente salinidades de 80‰ (Bodergat, 1983, Carbonel et al., 1988), requiriendo aguas permanentes (De Deckker en Anadón et al., 1987). Ha sido citado en la Gavish Sabkha, junto a un Paracyprideinae indeterminado soportando una salinidad de 130‰ (Gerdes et al., 1985). Se ha citado también en la salina de Santa Pola en balsas de 120 gr/l (Bodergat y Andreani, 1980) e incluso en agua de salinidad de 140‰ (Carbonel, 1983). A este respecto cabe añadir que Bodergat (1983) "cultivó" *C. torosa* en aguas de salinidad desde 30 gr/l a 210 gr/l. A salinidades moderadas y altas *Cyprideis torosa* presenta la concha lisa, mientras que en salinidades bajas (0,5-6‰) la concha adopta un aspecto nodoso según han observado diversos autores, recopilados y ratificados por Carbonel et al. (1988). Según estos últimos, *Cyprideis* junto a *Cyprinotus* viven en aguas con *vía de concentración salina neutra* (clorurada o clorosulfatada). *C. torosa*, especie de características oportunistas, vive en estuarios, lagoons, albuferas, salinas y lagos salinos interiores de Europa, Africa y Asia, y se conoce desde el Oligoceno superior (Sandberg, 1964).

Loxoconcha elliptica es una especie que tolera elevadas salinidades (hasta 65‰) en salinas del Mediterráneo (Zaninetti, 1982, 1984), encontrándose junto a *C. torosa*. Esta última no obstante tolera salinidades mayores, formando acumulaciones mono-específicas en salinidades >65‰.

Cyprinotus salinus (= *Heterocypris salina*) y especies próximas poseen un comportamiento ecológico similar a *Cyprideis torosa*, viviendo en aguas de tipo clorurado a clorosulfatado (Carbonel et al., 1988). En la salina de Santa Pola *C. salinus* se encuentra en balsas salobres junto a *C. torosa*, *L. elliptica*, *Cyprinotus incongruens* y *Potamocypris variegata*. En balsas de mayor concentración (45‰-65‰) sobreviven sólo *C. torosa* y *L. elliptica* (Bodergat, 1983, Zaninetti, 1984). Para Löffler (1961) *C. salinus* puede soportar salinidades de hasta 25‰. Mientras que en Gasse et al. (1987) esta especie es considerada como talásica, Bayly (1972) considera que es una forma esencial-

mente de agua dulce que es tolerante a la salinidad.

Junto a estas especies talásicas existen otras limnógenicas pero que pueden encontrarse en aguas oligohalinas como algunas especies de *Darwinula*, *Ilyocypris gibba* - *I. bradyi* y algunas especies de *Potamocypris* y *Eucypris*. En algunos casos muchas especies no marinas pueden tolerar valores de salinidad elevados. Así De Deckker (1981) recoge datos de numerosos autores anteriores y registra tolerancias de salinidad de hasta 110‰ para *Eucypris inflata* (= *E. mareotica*) y 205,5‰ para *Limnocythere staplini*, siendo este último valor el más elevado registrado hasta la fecha para un ostrácodo.

DISCUSIÓN

Distribución ambiental de las faunas lacustres de afinidad marina

Como ha podido observarse en párrafos precedentes, los géneros, y en muchos casos especies, de las faunas lacustres de afinidad marina del Cenozoico de la Península Ibérica corresponden a taxones con formas vivientes en la actualidad. Estas formas actuales poseen una amplia distribución geográfica y colonizan biotopos muy diversos. Por una parte se presentan en medios de transición entre los marinos y continentales, ya sean de baja salinidad, (estuarios, deltas, albuferas y mares desalados como el Báltico), o bien de alta salinidad (*lagoons* hipersalinos, salinas marítimas y *anchihaline pools*). Por otra parte, como ya se ha mencionado previamente, se ha registrado la presencia de faunas de afinidad marina con mayor o menor diversidad específica en diversos ambientes no-marinos, tales como lagos, mares residuales ("Mar" Caspio), manantiales salinos, cursos fluviales salados y pozos en zonas desérticas.

En este tipo de fauna destacan, como se ha mencionado, foraminíferos (*Ammonia beccarii*, diversas especies de *Elphidium*, algunos miliólidos, ciertas especies de foraminíferos quitinosos, etc.), ostrácodos (*Cyprideis torosa*, *Loxococoncha elliptica*) y moluscos (*Cerastoderma glaucum* y *Potamides conicus* entre otros). La denominación de este tipo de faunas, típicamente eurihalinas, y en muchos casos extremadamente euritópicas, ha originado ciertas polémicas. Para algunos autores se trata de *faunas salobres*, término que desde hace unas décadas se considera debe abandonarse (ver Montes y Martino, 1987) y de hecho ha desaparecido virtualmente en los trabajos limnológicos más recientes (cf. Hammer, 1986). Levy (1982) define este tipo de faunas y los ambientes donde viven como *marginolitorales*, mientras Guelorget y Perthuisot (1983) considera este tipo de fauna como constituida

por especies *parállicas*. Estos intentos de definir una asociación de especies en términos que implican conexiones del medio en que viven con el mar, ha sido cuestionado y criticado por Plaziat (1982 y en prensa).

Otro punto de frecuente discusión y controversia, es el mecanismo de instalación o colonización de algunas masas de aguas salinas del interior de los continentes por organismos de afinidad marina. Por una parte, algunas de estas masas de agua son relictos de antiguos mares, siendo paradigmático el caso de los "mares" Caspio y Aral, relictos del Paratethys. En estos "mares" se encuentran, junto a numerosas especies endémicas derivadas de ancestros marinos y de agua dulce (Zenkevich, 1957; McKenzie, 1981), diversas especies de afinidad marina de instalación relativamente reciente como por ejemplo *Cerastoderma edule* (Zenkevich, 1957). Por otra parte, el papel de las aves acuáticas e insectos en la colonización por microorganismos (y larvas de moluscos) de masas de agua del interior de los continentes ha sido reconocido desde los tiempos de Darwin (1859) y recientemente ha sido remarcado por Cann y De Deckker (1981) y Plaziat (1982, 1989 y en prensa y Gasse *et al.*, 1987) desde el punto de vista de la colonización de aguas salinas atalásicas por organismos de origen marino. No obstante, la eficacia de dicho mecanismo desde este punto de vista ha sido puesto en duda por falta de pruebas suficientes por Levy (1985, 1989).

Tolerancia de salinidad

Aunque existen especies de las que se conoce que están adaptadas a un amplio rango de salinidades y a variaciones importantes de salinidad en el medio como por ejemplo *Cyprideis torosa*, *Ammonia beccarii*, *Potamides conicus* y *Cerastoderma glaucum*, en el caso de otras muchas especies citadas previamente los datos que se poseen únicamente permiten afirmar su adaptación a aguas oligohalinas o bien a hiperhalinas. A estos efectos, cabe destacar que la mayor parte de los datos de tolerancia de salinidades de las faunas de afinidad marina en la literatura provienen precisamente de ambientes peri-marinos (o de transición marino-continental). Corresponden a salinidades de agua cuyos solutos son de tipo Cl-Na predominantemente, es decir, se trata de aguas de composición cualitativa (proporciones iónicas) semejante a la marina, ya sean diluidas o concentradas por evaporación.

Otra consideración a tener en cuenta es que determinadas especies, ya sean en sus formas juveniles en unos casos, o en otros en formas adultas, pueden *sobrevivir* a ciertas salinidades que no están en los límites tolerados para la reproducción (recuérdese el caso de *A. beccarii*). Por ello la presencia de unos pocos ejemplares, o bien, únicamente numerosos ejem-

plares juveniles, en un cierto nivel del registro fósil, debe analizarse con precaución mientras que conjuntos de formas fósiles que representen antiguas poblaciones serán indicadores de condiciones óptimas para la reproducción. Éstas, en algunos casos, sin embargo, pueden darse bajo una amplia gama de salinidades (ej. *Cerastoderma glaucum*).

Como puede deducirse de los párrafos anteriores, en muchos casos puede ser muy difícil reconstruir con precisión la paleosalinidad total de medios lacustres basándose en las faunas de afinidad marina que eventualmente pudieran encontrarse, debido a la plasticidad adaptativa de muchas de las especies que las constituyen. A menudo una herramienta útil puede ser el estudio de los conjuntos faunísticos y en especial de las especies de origen limnogénico acompañantes (Anadón *et al.*, 1986, 1987).

La presencia o ausencia de determinadas formas puede obedecer, en algunos casos, más que a problemas de adaptación a ciertas salinidades, a otras causas ecológicas: ej. resistencia de los huevos u otras formas reproductivas a la desecación en medios acuosos efímeros, variaciones muy rápidas de salinidad, etc. Como ejemplo del primer caso se puede citar *A. beccarii*, que no se encuentra en medios acuosos efímeros debido a que no posee la capacidad de enquistarse, a diferencia de *Ephidium*, que sí la posee y puede hallarse en lagos salinos que sufren desecaciones periódicas (Cann y De Deckker, 1981).

En la adaptabilidad de las especies eurihalinas interviene por una parte la capacidad de regulación osmótica, que ha sido resaltada por numerosos autores entre los que cabe mencionar a Beadle (1969), Bayly (1972), Hammer (1986) y Conte y Geddes (1988). Por otra parte, intervienen factores rópicos, es decir de equilibrio iónico, que poseen también una importancia fundamental en la vida acuática como ha sido destacado, entre otros, por Pora (1969), Plaziat (1982) y Conte y Geddes (1988).

La utilización de las faunas de afinidad marina en la reconstrucción paleoambiental, y en concreto de la composición iónica de las aguas, debe tener en cuenta que aunque estas formas es de esperar que colonizaran ambientes (ej. lagos) con una composición cualitativa semejante a la marina (dejando aparte el problema de la salinidad total), se desconoce con precisión qué variaciones de proporciones iónicas (composición de solutos) son capaces de tolerar los organismos que estamos discutiendo. Aunque aparentemente las aguas de predominancia en Cl y Na y de proporciones iónicas semejantes a las marinas son las más apropiadas, otros datos parecen indicar que estos organismos también se adaptan a aguas clorosulfatadas sódico cálcicas, pero con contenidos relativamente más elevados en sulfatos y en Mg con relación al agua marina (Anadón, trabajos en curso).

Por otra parte, los medios lacustres salinos actuales con composición de solutos (proporciones iónicas) claramente diferenciadas de la del agua marina, no presentan fauna de afinidad marina aunque presentan formas que toleran elevadas salinidades. Un ejemplo lo constituyen los lagos salinos atalásicos actuales de Norteamérica (Forester, 1983) y de la Península Ibérica (Baltanas *et al.*, en prensa).

Los medios lacustres cenozoicos de la Península Ibérica

Los depósitos lacustres cenozoicos son extraordinariamente abundantes en la Península Ibérica, constituyendo una gran parte de las sucesiones de las zonas centrales, y en algunos casos marginales, de las cuencas de antepaís del Ebro, Duero y Tajo-Madrid. Los depósitos lacustres abundan también en numerosas fosas neógenas de la zona oriental de la Península Ibérica (Anadón *et al.*, 1989). Aunque en todas las cuencas de antepaís mencionadas se han citado faunas de agua dulce (Royo, 1922), la presencia de abundantes evaporitas en todas ellas (Ortí, 1988) y de faunas de afinidad marina plantea el problema del origen, tipo y distribución de las sales (solutos) en los medios lacustres cenozoicos. Aunque pueden haber existido diversas fuentes en la incorporación de solutos a dichos medios lacustres, uno de los mecanismos más importante ha sido el reciclaje de evaporitas (cloruros y sulfatos) de sucesiones marinas mesozoicas y en menor grado eocenas (Ortí *et al.*, 1988; Utrilla, 1989).

El contenido paleobiológico de las sucesiones lacustres terciarias de las cuencas consideradas anteriormente, permite distinguir diversos tipos de medios lacustres desde el punto de vista del significado ecológico de las faunas (paleosalinidad). Un primer tipo lo constituirían los medios lacustres de baja salinidad (o escasa mineralización) de las aguas, que estarían colonizados por organismos típicos de agua dulce. Aunque la composición iónica precisa de dichas aguas es difícil de reconstruir, probablemente se trataba de aguas con predominio de iones HCO_3^- y Ca^{+2} . Los depósitos de estos lagos consistían en materiales detríticos y carbonatos, biogénicos o precipitados bioinducidos, que dieron lugar a sucesiones de lutitas, calizas y margas predominantes. La fauna fósil que contienen (moluscos, ostrácodos) indica un agua dulce o de muy baja salinidad. Entre los moluscos fósiles que contienen destacan los planórbidos, limneidos y ancílididos. Los ostrácodos de agua dulce presentes en estos depósitos son algunas especies de *Ilyocypris* y *Candona*, principalmente (Anadón *et al.*, 1987).

La fauna de afinidad marina de los depósitos lacustres objeto de este trabajo, nos marca la existencia de unos medios lacustres salinos de composición iónica

relativamente similar a la del agua marina, pero sin alcanzar una gran salinidad. Una salinidad elevada hubiera impedido el desarrollo de faunas con dichas características, pero una salinidad aún mayor hubiese provocado el depósito de evaporitas. Cabe destacar que estas faunas de afinidad marina aparecen a menudo en sucesiones o depósitos dominados por detríticos clásticos y generalmente con ausencia de evaporitas. Por otra parte, conviene recordar aquí que el yeso, a partir de agua marina, empieza a precipitar a salinidades por encima de 140-150 gr/l (Ortí *et al.*, 1984).

Cabe destacar la aparente ausencia de restos fósiles de invertebrados bentónicos en gran parte de las sucesiones evaporíticas de las cuencas mencionadas. Estas aparecen constituidas fundamentalmente por depósitos de margas, dolomías, yeso/anhidrita nodulares y laminados, halita y con presencia, abundante en alguna de ellas, de sulfatos sódico-cálcicos y sódicos. Estas paragénesis indicarían salmueras pertenecientes al gran grupo denominado Na-SO₄-Cl por Eugster y Hardie (1978) y Eugster (1980). El depósito de minerales evaporíticos en salmueras de este tipo tendría lugar a partir de elevadas salinidades, lo que explicaría, en parte, la ausencia de fauna bentónica fósil en las sucesiones que los contienen. En algún caso dicha ausencia se debería al carácter efímero de las aguas en las zonas centrales de lagos de tipo playa. En los estadios iniciales o de cierta dilución de estos sistemas salinos, tendría lugar la formación de depósitos dolomíticos.

Un caso aparte de las sucesiones lacustres evaporíticas lo constituye las formadas por las litofacies de yeso denominadas por Ortí (1988) "gipsilitas y gipsarenitas lenticulares", en las que es frecuente observar restos de bioturbación (Bustillo y Díaz Molina, 1980) y en algunos casos además una abundante fauna lacustre (Anadón, 1983). Estas características indicarían un medio lacustre de salinidad relativamente baja donde tendría lugar precipitación de yeso aunque permitiría la existencia de organismos bentónicos y de algunos vertebrados. Un ejemplo de depósito de yeso de estas características lo constituyen los Aljezares de Teruel (Gaudant, 1984). Teniendo en cuenta que la solubilidad del yeso en agua destilada, (2,3 gr/l; Zen, 1965) o con escasas cantidades de otros solutos, es relativamente alta, las sucesiones de estas litofacies yesíferas probablemente indicarían un depósito a partir de aguas de relativa baja salinidad (4-5‰), pero con una composición iónica dominada por SO₄²⁻ y Ca⁺².

Las diferencias en el contenido en solutos y composición iónica de las aguas de los medios lacustres considerados anteriormente nacen de las diferentes, y a menudo complejas, composiciones litológicas de las áreas fuentes y de las zonas de recarga de los acuíferos profundos cenozoicos. La baja mineralización y la

constitución fundamentalmente bicarbonatada cálcica que se ha deducido para algunos solutos de medios lacustres cenozoicos, indicarían áreas fuentes constituidas en gran parte por rocas carbonatadas. Los medios lacustres con fauna talásica y los que originaron depósitos evaporíticos (de baja o alta salinidad), aunque tienen en común que poseían un área de drenaje o de recarga en que existían evaporitas, resultaron probablemente de balances diferentes entre aportes hídricos de naturaleza diversa, desde aguas de tipo Ca-SO₄ a aguas de tipo Na-SO₄-Cl. La evolución de los diferentes tipos de salmueras así generadas condicionaría el tipo de depósitos evaporíticos presentes en las sucesiones lacustres cenozoicas peninsulares.

Por último, para finalizar este breve repaso de los medios lacustres cenozoicos de la Península Ibérica hay que hacer notar que en muchas cuencas existe superposición de tramos constituidos por calizas con fauna lacustre de agua dulce sobre: o bien niveles detríticos o margosos con faunas de afinidad marina, originados en medios lacustres de cierta salinidad, o bien sobre tramos evaporíticos. Ejemplos de estas ordenaciones secuenciales se observan en la zona NE de la Cuenca del Duero (ver Sánchez Benavides *et al.*, 1988), en la Cuenca del Ebro (Quirantes, 1978) y en las cuencas de Calatayud y de Teruel (Aguirre *et al.*, 1974 y Anadón, 1985) entre otras. Estas secuencias cabe interpretarlas como originadas en fases de dilución y de expansión de las áreas lacustres, como lo prueba el trazado cartográfico de uno y otro tipo de facies. En otros casos se ha detectado una coexistencia de medios lacustres de salinidad diferente y que han dado lugar a lito y biofacies bien diferenciadas, con pasos laterales entre las mismas. Ejemplos de estos cambios laterales han sido mencionados en la fosa de Teruel (Anadón, 1985) y en la Cuenca de Guadix-Baza (Anadón *et al.*, 1987). Estos cambios laterales obedecen a la complejidad de los sistemas lacustres, en los que probablemente existían varias zonas con aportes hídricos diferenciados en cantidad y composición iónica de solutos.

CONCLUSIONES

- Se confirma la presencia de restos fósiles de invertebrados bentónicos de origen o afinidad marinos en depósitos lacustres de diversas cuencas cenozoicas interiores de la Península Ibérica. Entre estas cuencas destacan las del Ebro, Duero, Tajo, Guadix-Baza y presentándose también en algunas otras cuencas o afloramientos de menor entidad. Las edades de los depósitos que contienen la fauna lacustre de afinidad marina se reparten entre el Oligoceno inferior y la actualidad. Se propone, con dudas, el origen lacustre para unas faunas de foraminíferos del Eoceno medio-superior del margen oriental de la Cuenca del Ebro.

- Las faunas de afinidad marina de estos depósitos lacustres cenozoicos están constituidas por representantes de diversos taxones: foraminíferos, moluscos (gasterópodos y bivalvos) y ostrácodos. Aunque anteriormente una parte de estas faunas había sido dada a conocer, en unos casos se evitaba mencionar el origen de las mismas, o en otros su presencia se explicaba o bien por mecanismos de resedimentación o por conexiones con mares abiertos.

- Destaca la presencia de conjuntos faunísticos comparables a las "faunas de *Cardium*" reconocidas en niveles lacustres pleistocenos y holocenos del Sahara. Dichas faunas han sido detectadas en depósitos lacustres miocenos de la Cuenca del Ebro y plio- cuaternarias de la Cuenca de Baza.

- La presencia de estas faunas talasoides en depósitos lacustres cenozoicos indica medios lacustres oligo a hipersalinos, probablemente de salinidad oscilante, pero comprendidas entre 3‰ y 60‰ aproximadamente, indicada por el rango de proliferación de dichos organismos. La composición iónica de las aguas pertenecería al tipo Na-SO₄-Cl. Estas composiciones iónicas probablemente corresponden a un balance de diversos aportes hídricos con solutos incorporados en sucesiones evaporíticas preexistentes, principalmente triásicas.

- Las faunas de afinidad marina de los depósitos lacustres cenozoicos mencionados, se encuentran en niveles o tramos constituidos predominantemente por materiales detríticos siliciclásticos, calcareníticos o margosos, y con ausencia o escasísima presencia de evaporitas. Este hecho concuerda con la "relativa" baja salinidad deducida para el medio deposicional si se la compara con la necesaria para precipitar solutos en aguas de composición como la deducida (Na-SO₄-Cl).

- Se ha destacado la ausencia de registro de restos fósiles de invertebrados talasoides en las sucesiones evaporíticas en las que se encuentran como constituyentes principales el yeso/anhidrita, halita y en menor grado sulfatos sódico cálcicos o sódicos. Este conjunto indicaría el depósito a partir de salmueras concentradas de tipo Na-(Ca)-SO₄-Cl.

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer a Carlos López, Carlos Montes, Jean-Claude Plaziat, J. de Porta y F. Comín la lectura crítica del manuscrito y sus observaciones que en algún caso han contribuido a mejorar notablemente el mismo. Agradezco también a A. Pérez su colaboración y puesta a disposición de sus conocimientos sobre los niveles con *Potamides* de los afloramientos del sur de Zaragoza. P. Lozouet proporcionó datos taxonómicos sobre las faunas de *Potamides* de las cuencas del Duero y Ebro. C. López además revisó algunas

faunas de ostrácodos y foraminíferos. Las fotografías de microscopio electrónico de barrido han sido efectuadas en el Servei de Microscòpia Electrònica de la Universitat de Barcelona. Este trabajo se ha beneficiado del soporte económico del proyecto PB 88-0050 subvencionado por la CICYT.

BIBLIOGRAFÍA

- ADROVER, R., 1968: Los primeros micromamíferos fósiles de la cuenca valenciana de Buñol (Nota preliminar). *Acta Geol. Hispánica*, 3:78-80.
- AGUIRRE, E., HOYOS, M., MENSUA, S., MORALES, J., PÉREZ GONZÁLEZ, A., QUIRANTES, J., SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. y SORIA, M.D., 1974: Cuenca del Jalón. *Col. Int. Biostr. Contin. Neog. Sup. y Cuat. inf.*, Madrid-Montpellier. Libro Guía: 13-48.
- AGUSTÍ J., ANADÓN, P., GIBERT, J., JULIÀ, R., MARTÍN-SUÁREZ, E., MENÉNDEZ, E., MOYA-SOLA, S., PONS-MOYA, J., RIVAS, P. y TORO, I., 1985: Estratigrafía y paleontología del Pleistoceno inferior de Venta Micena (Orce, depresión de Guadix-Baza, Granada). Resultados preliminares. *Paleontología i Evolució*, 18: 19-41.
- AGUSTÍ, J., ANADÓN, P., ARBIOL, S., CABRERA, L., COLOMBO, F. y SÁEZ, A., 1987: Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins). *Münchner Geowiss. Abh. (A)*, 10: 35-42.
- ALBERDI, M.T., BONADONA, F.P. y LEONEE, G., 1989: Esquema de la evolución geodinámica de la región de Guadix-Baza (Granada, España). *Trabajos Neog.-Cuaternario*, 11: 113-117.
- ANADÓN, P., 1978: *El Paleógeno inferior anterior a la transgresión "biarritziense" (Eoceno medio) entre los Ríos Gaià y Ripoll (Provincia de Tarragona y Barcelona)*. Tesis Univ. Barcelona, 267 pp. Inédita. Resumen publicado en *Estudios Geol.*, 34: 431-440.
- ANADÓN, P., 1983: Estudio sedimentológico del Terciario de la Hoja de Teruel (E. 1:200.000). *IGME*, 95 pp. (inédito).
- ANADÓN, P., 1985: Terciario. In: Mapa Geológico de España, E. 1:200.000, 2ª serie, 1ª ed. Hoja nº 47, 128-154, 1 mapa, *Inst. Geol. Min. España*.
- ANADÓN, P., DE DECKKER, P. y JULIÀ, R., 1986: The Pleistocene lake deposits of the NE Baza Basin (Spain) *Hydrobiologia*, 143: 199-208.
- ANADÓN, P., JULIÀ, R., DE DECKKER, P., ROSSO, J-C. y SOULIE-MÄRSCHKE, I., 1987: Contribución a la Paleolimnología del Pleistoceno inferior de la cuenca de Baza (sector Orce-Venta Micena). *Paleont. i Evol.*, Mem. esp., 1:35-72.
- ANADÓN, P., CABRERA, L., JULIÀ, R., ROCA, E. y ROSELL, L., 1989: Lacustrine oil-shale basins in Tertiary grabens from NE Spain (Western European rift system). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 70: 7-28.

- ARNAL, R.E., 1961: Limnology, sedimentation and microorganisms of the Salton Sea, California. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 72: 427-478.
- BALTANAS, A., MONTES, C. y MARTINO, P. (en prensa): Distribution patterns of ostracods in Iberian saline lakes. Influence of ecological factors. *Hydrobiologia*.
- BALTZER, F., CONCHON, O., FREYTET, P. y PURSER, B.H., 1982: Un complexe fluvio-deltaïque sursalé et son contexte: originalité du Mehran (SE Iran). *Mem. Soc. Geol. France*, N.S., 144: 43-52.
- BARBA, A., CABRA, P. y ALCALDE, A., 1980: Memoria de la Hoja de San Pedro de Latarce. Mapa Geol. Esp.:50.000, 2ª ser. 1ª ed., Hoja nº 341, IGME. Madrid.
- BATALLER, J.R., 1929: Sobre el Oligoceno inferior de Santa Coloma de Queralt (Tarragona). *Asoc. Esp. Progr. Ciencias, Congreso de Barcelona*, 5: 21-24. Madrid.
- BAYLY, I.A.E., 1967: The general biological classification of aquatic environments with special reference to those in Australia. In: *Australian inland waters and their fauna* (A.H. Weatherly, Ed.) Australia Nat. Univ. Pren., Canberra, 78-104.
- BAYLY, I.A.E., 1972: Salinity tolerance and osmotic behavior of animals in athalassic saline and marine hypersaline water. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 3: 233-268.
- BEADLE, L.C., 1943: An ecological survey of some inland saline waters of Algeria. *J. Linn. Soc. (Zool.)*, 41: 218-242.
- BEADLE, L.C., 1969: Osmotic regulation and the adaptation of freshwater animals to inland saline waters. *Verh. Internat. Vereim. Limnol.*, 17: 421-429.
- BEN OUEZDOU, H., 1989: Sur l'hypothèse de la mer saharienne Quaternaire: Analyse du contexte géomorphologique et géologique de l'évolution récente des chotts algéro-tunisiens et du seuil d'Ouedref (Tunisie). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 308: 767-772.
- BISHAI, H.M. y KIROLLUS, S.Y., 1980: The water budget of Lake Qarûm and its physico chemical characteristics. *Water supply and Manag.*, 4: 93-97.
- BORDEGAT, A.M., 1983: Les ostracodes, témoins de leur environnement: approche chimique et écologique en milieu lagunaire et océanique. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, 88, 246 pp.
- BODERGAT, A.M. y ANDREANI, A.M., 1980: Mise en évidence de la réponse adaptative d'une espèce euryhaline, *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) à des conditions écologiques difficiles par l'analyse multi-elementaire en spectrométrie de masse à étincelle. In Martinell, J.: *Int. Symp. on "Concept and Method in Paleontology"*. Univ. Barcelona, 135-139.
- BOLTOVSKOY, E., 1957: Los foraminíferos del estuario del Río de la Plata y su zona de influencia. *Inst. Nac. Argent. Cienc. Nat. Rev.*, Geol., 6.
- BOLTOVSKOY, E., 1965: *Los Foraminíferos recientes*. Eudeba, Buenos Aires, 510 pp.
- BOLTOVSKOY, E. y LENA, H., 1974: Foraminíferos del Río de la Plata. *Servicio Hidrografía Naval Armada Argentina*, H661, 21 pp.
- BRADSHAW, J.S., 1957: Laboratory studies on the rate of growth of the foraminifer. *Streblus beccarii* (Linné) var. tepida Cushman. *J. Paleontol.*, 31: 1138-1147.
- BUSTILLO, M.A. y DIAZ MOLINA, M., 1980: Sílex "tobáceos" en el Mioceno inferior continental (provincia de Cuenca). Un ejemplo de silicificaciones de paleosuelos en ambiente de lago-playa. *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 78: 227-241.
- CALVO, J.P. y GARCÍA-YAGUE, A., 1985: Nuevos sondeos de investigación geológica en el área de Madrid. *Estudios Geol.*, 41: 25-31.
- CANN, J.H. y DE DECKKER, P., 1981: Fossil Quaternary and living foraminifera from athalassic (non-marine) saline lakes, Southern Australia. *J. Paleontol.*, 55: 660-670.
- CARBONNEL, G., 1983: Morphométrie et hypersalinité chez *Cyprideis torosa* (JONES) (Ostracoda, Actuel) dans les salines de Santa-Pola (Alicante, Espagne). *Sci. Géol. Bull.*, 36: 211-219.
- CARBONNEL, P., COLIN, J-P., DANIELOPOL, D.L., LÖFFLER, H. Y NEUSTREVA, I., 1988: Paleocology of limnic ostracodes: A review of some major topics. *Paleogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 62: 413-461.
- CASPERS, H., 1957: Black Sea and Sea of Azov. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 67(1): 801-809.
- CONTE, F.P. y GEDDES, M.C., 1988: Acid brine shrimp: Metabolic strategies in osmotic and ionic adaptation. *Hydrobiologia*, 158: 191-200.
- CORTÁZAR, D., 1875: Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca. *Mem. Com. Mapa Geol. España*, 3: 406 pp.
- CRAWFORD, G.I., 1948: The Armstrong College Zoological Expedition to Siwa Oasis (Libyan Desert) 1935. *Mollusca. Proc. Egypt. Acad. Sciences*, 4: 45-58.
- DARWIN, CH., 1963: El origen de las especies por la selección natural (1859). Trad. J.M. Barroso. Ed. Ibéricas, 2 vol. (357 + 316 pp)
- DE DECKKER, P., 1981: Ostracods of athalassic saline lakes. *Hydrologia*, 81: 131-144.
- DEL OLMO, P. GUTIERREZ, M. y MOLINA, E., 1982a: Memoria de la Hoja de Valladolid. Mapa Geol. España 1:50.000, 2ª serie, Hoja nº 372, Valladolid, IGME, Madrid.
- DEL OLMO, P., GUTIERREZ, M. y MOLINA, E., 1982b: Memoria de la Hoja de Cigales. Mapa Geol. España 1:50.000, 2ª serie, Hoja nº 343. Cigales. IGME, Madrid.
- DEPERET, CH., 1908: Sur les bassins tertiaires de la Meseta espagnole. *Bull. Soc. Géol. France*, [4] 8: 18-19.
- DEREIMS, A., 1898: Recherches géologiques dans le sud de l'Aragon. *Annales Hébert*, 2: 196 p.
- DOUVILLE, H., 1908a: Oligocène des environs de Tolède. *Bull. Soc. Géol. France*, [4] 8: 17-19.
- DOUVILLE, H., 1908b: Sur le Tertiaire des environs de Tolède. *Bull. Soc. Géol. France*, [4] 8: 455-456.
- EUGSTER, M.P., 1980: Geochemistry of evaporitic lacustrine deposits. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 8: 35-63.
- EUGSTER, M.P. y HARDIE, L.A., 1978: Saline lakes. In: *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*. (A. Lerman, Ed.). Springer Verlag. Berlin, 237-293.
- FONTES, J.C., COQUE, R., DEVER, L., FILLY, A. y MAMOU, A., 1983: Paleohydrologie isotopique de l'oued el Akarit (Sud Tunisie) au Pleistocène supérieur et à l'Holocène. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 43: 41-62.
- FORESTER, R.M., 1983: Relationship of two lacustrine ostracode species to solute composition and salinity: Implications for paleohydrochemistry. *Geology*, 11: 435-438.
- GASSE, F., FONTES, J.C., PLAZIAT, J.C., CARBONEL, P., KACZMARSKA, I., DE DECKKER, P., SOULIE-MÄRSCHKE, I., CAILLOT, Y. and DUPEUBLE, P.A., 1987: Biological remains, geochemistry and stable isotopes for the

- reconstruction of environmental and hydrological changes in the Holocene lakes from North Sahara. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 60: 1-46.
- GASSE, F. y FONTES, J.C., 1989: Paleoenvironments and palaeohydrology of a tropical closed lake (Lake Asal, Djibouti) since 10.000 yr B.P. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 69: 67-102.
- GAUDANT, J., 1984: Sur les poissons fossiles (Teleosteens, Cyprinidae) des gypses turoliens du Fossé de Teruel: Essai d'approche paléocologique. *Estudios Geol.*, 40: 463-472.
- GERDES, G., SPIRA, J. y DIMENTMAN, C., 1985: The fauna of the Gavish Sabkha and the Solar Lake. A comparative study. In: *Hypersaline ecosystems, the Gavish Sabkha*. G.M. Friedman and W.E. Krumbein Eds. Springer (Ecological Studies, 53), Berlin, 322-345.
- GILLET, S., 1953: Les marnes à Cyrènes de l'Oligocène d'Alsace. *Rev. Inst. Franc. Pétrole*, 8: 395-422.
- GONZÁLEZ DELGADO, J.A., CIVIS, J., VALE, M.F., SIERRA, F.J. y FLORES, J., 1986: Distribución de los foraminíferos, moluscos y ostrácodos en el Neógeno de la cuenca del Duero. Aspectos más significativos. *Studia Geol. Salmanticensis*, 22: 277-291.
- GOY, J.L., ZAZO, C., DABRIO, C.J., HOYOS, M. y CIVIS, J., 1989: Geomorfología y evolución dinámica del sector suroccidental de la cuenca de Guadix-Baza (área Baza-Carriles). *Trabajos Neog.-Cuaternario*, 11: 97-111.
- GUELORGET, O. y PERTHUISSET, J.P., 1983: Le domaine paraliq. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. *Trav. Lab. Géol. Ecole Normale Sup.*, 16: 129p.
- GUTIÉRREZ, M., MELÉNDEZ, A. y SORIANO, A., 1982: Las series terminales neógenas en el sector centromeridional de la Depresión del Ebro y su relación con la morfogénesis. *Bol. Geol. Minero*, 93: 5-9.
- HAMMER, U.T., 1986. *Saline lake ecosystems of the world*. Junk Publ., 616 p.
- HEDBERG, H.D., 1934: Some Recent and fossil brackish to freshwater foraminifera. *J. Paleontol.*, 8: 469-476.
- HEDGPETH, J.W., 1957: Estuaries and lagoons. II. Biological aspects. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 67(1): 693-729.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E., 1915: Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. *Mem. Com. Invest. Paleontol. y Prehist.* 5: 300 p.
- HÖLZL, O., 1957: Die Corbiculidae der oligozänen und miozänen Molasse Oberbayerns sowie Bemerkungen zu den oberbayerischen Cyrenenschichten nebst Beschreibung neuer Arten. *Geol. Bavarica*, 29: 84 p.
- IGME (1989): Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000, 2ª serie, Hoja nº 559, Madrid.
- IGME, en prensa: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª serie, Hoja nº 466, Moyuela. Realizado 1986.
- LARRAZET, M., 1897: Notas estratigráficas y Paleontológicas acerca de la provincia de Burgos. *Bol. Mapa Geol. España*, 22: 121-143.
- LEVY, A., 1982: Sur la survie de certains foraminifères dans les eaux continentales et sur ses conséquences. *Mém. Soc. géol. France*, N.S., 144: 161-171.
- LEVY, A., 1984 a: 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*; 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera (Pau, April 1983): 361-367, Pau-Bordeaux.
- LEVY, A., 1984 b: Données nouvelles sur la paléogéographie du sud tunisien au quaternaire supérieur. *Benthos '83*, 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera (Pau, April 1983): 367-379, Pau et Bordeaux.
- LEVY, A., 1985: Une nouvelle conception de l'origine énigmatique des *Cerastoderma glaucum* quaternaires du Sahara. C.R. Acad. Sc. Paris, 301: 437-442.
- LEVY, A., 1989: Lacs quaternaires sahariens à faunes margino-littorales. *Bull. Soc. Géol. France*, (8), 5: 63-71.
- LÖFFLER, H., 1961: Beiträge zur Kenntnis der Iranischen Binnengewässer. II. Regional-limnologische Studie mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceen-Fauna. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol. Hydrogr.*, 46: 309-406.
- LÖFFLER, H., 1981: The winter condition of lake Niriz in Southern Iran. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 21: 528-534.
- LOZOUET, P., 1986: Redéfinition des genres Potamides et Pirenella (Gastropoda, Prosobranchia) à partir des espèces actuelles et fossiles, implications phylétiques et biogéographiques. *Ann. Paleontol.*, 72(3): 163-210.
- MARIE, P., 1938: Sur la faune des Foraminifères de l'estuaire de la Rance. *Lab. Dinard Bull.*, 20.
- MÁRQUEZ, L. y USERA, J., 1984: Una fauna de foraminíferos en el Mioceno Continental de la localidad de Buñol (Provincia de Valencia). *Estudios Geol.*, 40: 225-230.
- MARTÍN DONAIRE, F., 1873: Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza. *Mem. Com. Mapa Geol. t.I*, 128 p. Madrid.
- MCKENZIE, K.G., 1981: Palaeobiogeography of some salt lake faunas. *Hydrobiologia*, 82: 407-418.
- MONTES, C. y MARTINO, P., 1987: Las lagunas salinas españolas. *R. Acad. Ciencias Exactas, Fis. Nat. Madrid*. Seminario sobre "Bases científicas para la protección de las humedades en España: 95-145.
- NILSSON-CANTELL, C.A., 1948: The Armstrong College expedition to Siwa Oasis (Lybian desert) 1935. Notes on a Balanus from the saline Lake Birket el Gessabaia (Exabaia). *Proc. Egypt Acad. Sci.*, 4: 43-44.
- ORTÍ, F., 1988: Sedimentación evaporítica continental durante el Terciario de la Península Ibérica: Aspectos generales. *II Congr. Geol. España, Granada*. Simposios, 509-518.
- ORTÍ, F. y PUEYO, J.J., 1983: Origen marino de la sal triásica del domo de Pinoso. *Acta Geol. Hispánica* 18: 139-145.
- ORTÍ, F., PUEYO, J.J. y TRUC, C., 1984: Las salinas marítimas de Santa Pola (Alicante, España). Breve introducción al estudio de un medio natural controlado de sedimentación evaporítica somera. *Rev. Inv. Geológicas*, 38/39: 9-29.
- ORTÍ, F., PUEYO, J.J. y ROSELL, L., 1985: La halite du bassin potassique sud-Pyrénéen (Eocène supérieur, Espagne). *Bull. Soc. Geol. France*, (8) 1: 863-872.
- ORTÍ, F., ROSELL, L., UTRILLA, R., INGLÉS, M., PUEYO, J.J. y PIERRE, C., 1988: Reciclaje de evaporitas en la Península Ibérica durante el ciclo alpino. *II Congr. Geol. España. Comunicaciones*, 1: 421-424.
- O'SHEA, G. y DUPUY DE LOME, E., 1918: Estudio de los criaderos de azufre de Benamaurel (Granada). *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 19: 229-251.
- PEÑA, J.A., 1985: La depresión de Guadix-Baza. *Estudios Geol.*, 41: 33-46.

- PEÑA, J.A., RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J. y RUIZ BUSTOS, A., 1977: El yacimiento de vertebrados de Cortes de Baza I (Depresión Guadix-Baza). Nota preliminar. *Acta Geol. Hispánica*, 12: 42-45.
- PÉREZ, A., AZANZA, B., CUENCA, G., PARDO, G. y VILLENA, J., 1985: Nuevos datos estratigráficos y paleontológicos sobre el Terciario del borde meridional de la depresión del Ebro (Provincia de Zaragoza). *Estudios Geol.*, 41: 405-411.
- PÉREZ, A., VILLENA, J. y PARDO, G., 1986-1987: Presencia de estratificación cruzada hummocky en depósitos lacustres del Terciario de la depresión del Ebro. *Acta Geol. Hispánica*, 21-22: 27-33.
- PLAZIAT, J.C., 1982: Introduction à l'écologie des milieux de transition eau douce - eau salée pour d'identification des paléoenvironnements correspondants. Critique de la notion de domaine margino-littoral. *Mém. Soc. Géol. France*, N.S., 144: 187-206.
- PLAZIAT, J.C., 1989: Signification écologique et paléogeographique des peuplements oligotípicos de Potamides (Gasteropodes thalassiques). In: Proc. 5º Simp. Ecol. Paleocol. Taormina (1985).
- PLAZIAT, J.C. (en prensa): Paleogeographic significance of the Cardium, Potamids and foraminifera living in intracontinental salt lakes of North Africa (Sahara Quaternary, Egypt Present Lakes). In: Lang and Kogbe Eds. *African Sediments*. Pergamon Press.
- PUIGDEFABREGAS, C., MUÑOZ, J.A. y MARZO, M., 1986: Thrust belt development in the Eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin. *Spec. Publ. I.A.S.*, 8: 229-246.
- QUIRANTES, J., 1978: Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros. Inst. "Fernando el Católico" (CSIC). Zaragoza. *Tesis Doctorales*, 27: 207 p
- RASMY, M. y ESTEFAN, S.F., 1983: Geochemistry of saline minerals separated from Lake Qarun brine. *Chemical Geology*, 40: 269-277.
- RESIG, J., 1974: Recent foraminifera from a landlocked hawaiian lake. *J. Foram. Research*, 4: 69-76.
- RIBA, O., REGUANT, S. y VILLENA, J., 1983: Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la Cuenca terciaria del Ebro. *IGME*. Libro Homenaje a J. Rios. t.II: 131-159.
- ROBLES, F., 1975: Síntesis Paleontológica del neógeno continental del levante español. *Trabajos Neog. Cuaternario*, 4: 117-129.
- ROBLES, F., 1989: Moluscos continentales del Plio-Pleistoceno de la cuenca de Guadix-Baza. *Trabajos Neog.-Cuaternario*, 11: 127-138.
- ROBLES, F., TORRENS, J., AGUIRRE, E., ORDOÑEZ, S., CALVO, J.P., SANTOS, J., 1974: Levante. Libro Guía Coloquio *Int. Biostr. Contin. Neogeno Sup. y Cuat. Inferior*, 87-133.
- ROSE, K.D., 1972: A mollusk new to lake Birket Qarum, Egypt. *Nautilus*, 85: 141-173.
- ROYO GÓMEZ, J., 1922: El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica. *Mem. Com. Invest. Paleont. y Prehist.*, 30: 227 pp.
- ROYO GÓMEZ, J., 1925: Notes sur la Géologie de la Péninsule Ibérique. *Bull. Soc. Géol. France*, [4] 25: 83-88.
- ROYO GÓMEZ, J., 1926a: Tectónica del Terciario continental ibérico, *XIV Congr. Geol. Int. Madrid* 1926, 2: 593-624.
- ROYO GÓMEZ, J., 1926b: Terciario Continental de Burgos: XIV Congr. Geol. Intern. Madrid, Excursión A-6, 67 p.
- RYGG, B., 1970: Studies on *Cerastoderma edule* (L) and *Cerastoderma glaucum* (Poiret). *Sarsia*, 43: 65-80.
- SÁENZ, C., 1943: Verdadera edad de las Manchas del pretendido Terciario marino del Centro de España. *Bol. Real Soc. Esp. Hª Nat.*, 41: 227-232.
- SANDBERG, P., 1964: The ostracod genus *Cyprideis* in the Americas. *Stockholm Contr. Geol.*, 12: 178 p.
- SÁNCHEZ DE LA TORRE, L., MANJON, M. y GONZÁLEZ-LASTRA, J., 1979-82: Sedimentos carbonatados en el Mioceno superior al Oeste de Valladolid. *Temas Geol. y Mineros*, 6 (2): 623-637.
- SÁNCHEZ BENAVIDES, F.J., ALONSO, G. y DABRIO, C.J., 1988: Sedimentología de los depósitos lacustres neógenos de Castrillo del Val (Burgos) España. *Studia Geol. Salmanticensis*, 25: 87-108.
- SCHNITKER, D., 1974: Ecotypic variation in: *Ammonia beccarii* (Linné). *J. Foram. Research*, 4: 217-223.
- SEGENSTRÄLE, S.G., 1957: Baltic sea. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 67(1): 751-800.
- SMITH, P.B., 1960: Fossil Foraminifera from the South-eastern California deserts. *U.S. Geol. Survey Professional Papers*, 400-B: 278-279.
- TRUYOLS, J. y PORTA, J., 1978-1982: Observaciones sobre los niveles fosilíferos del Mioceno de Castrillo del Val (Burgos). *Temas Geol. y Mineros*, 6(1): 663-676.
- TUFESCO, M., 1969: Sur la présence de *Trichohyalus aguayoi* (BERMUDEZ) dans la Mer Noire. *Revue Micropal.* 12(1): 46-52.
- UTRILLA, R., 1989: Les composicions isotòpiques (δ^{18} , δ^{34} S) del sulfat, com a indicadors de l'origen de les evaporites del Mesozoic i del Cenozoic de la Península ibèrica i les Illes Balears. *Tesis Univ. Barcelona*, 276 p. Inédita.
- VERA, J.A., 1970: Estudio estratigráfico de la Depresión Guadix-Baza. *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 81(5): 429-462.
- VERA, J.A., FERNÁNDEZ, J., LÓPEZ-GARRIDO, A.C. y RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, J., 1985: Geología y estratigrafía de los materiales plioceno-pleistocenos del sector de Orce-Venta Micena (Prov. Granada). *Paleontología i Evolució*, 18: 3-11.
- VERNEUIL, E. y LORIERE, G., 1854: Observations géologiques et tableau des altitudes observées en Espagne pendant l'année 1853. *Bull. Soc. Geol. France*, [2] 9: 661-711.
- VIDAL, L.M. y DEPERET, Ch., 1906: Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña. *Mem. R. Acad. Ciencias y Artes de Barcelona*, 5(19): 311-327.
- VILLENA, J., PÉREZ, A. y PARDO, G., 1987: Storm deposits in the lacustrine Miocene of Ebro Basin, Spain. *8th IAS Reg. Meeting*, Tunis 1987, Abstracts: 494-495.
- VILLENA, J., PÉREZ, A., PARDO, G., MUÑOZ, A. y ARENAS, C., 1988: Sistemas lacustres de la región de Moyuela. *Guía de Campo III Reunión Grupo Español IGCP-219*, Zaragoza, Nov. 1988, Exc. nº 3: 81-104.
- WILLIAMS, W.D., 1981: Inland salt lakes: An introduction. *Hydrobiologia*, 81: 1-14.
- YASSINI, I. y GHahreman, A., 1976: Récapitulation de la distribution des ostracodes et des foraminifères du Lagon de Pah-lavi, Province de Gilan, Iran du Nord. *Revue Micropal.* 19(3): 172-190.

- ZANINETTI, L., 1982: Les foraminifères des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France): milieu de vie et transport dans le salin. Comparaison avec les microfaunes marines. *Géol. Méditerranéenne* 9(4): 447-470.
- ZANINETTI, L., 1984: Les foraminifères du salin de Bras del Port (Santa Pola, Espagne), avec remarques sur la distribution des Ostracodes. *Rev. Inv. Geol.*, 38/39: 123-138.
- ZANINETTI, L. y TETART, J., 1982: Les ostracodes des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France). *Géol. Méditerranéenne*, 9(4): 471-478.
- ZEN, E-A., 1965: Solubility Measurements in the System CaSO_4 - NaCl - H_2O at 35°, 50° and 70°C and one atmosphere Pressure. *J. Petrology*, 6: 124-164.
- ZENKEVICH, L.A., 1957: Caspian and Aral Seas. *Geol. Soc. Am. Mem.* 67(1): 891-916.

Recibido, julio 1989