

EL "GARUMNIENSE" PREPIRENAICO

J. Rosell¹, R. Linares² y C. Llompart³

¹*Departamento de Geología, Unidad de Estratigrafía, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra.*

²*Departamento de Ciencias Ambientales, Área de Geodinámica Externa, Universidad de Girona, 17071 Girona.*

³*Departamento de Geología, Unidad de Paleontología, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra.*

Resumen: Se realiza un análisis de cuenca de los sedimentos de facies garumniense (capas rojas) de la transición Cretácico/Terciario del Prepirineo. Estos niveles rojizos, por su litología dominante, pueden dividirse, de la base al techo, en: Garumniense gris: Está formado por lutitas grises con intercalaciones de lignitos, calizas con carofíceas y niveles de areniscas. Se ha depositado en un ambiente intra y supramareal con incursiones de pequeños cursos fluviales, que aportan la mayor parte de los sedimentos, y en reducidas áreas pantanosas con abundante acumulación de restos vegetales. Está ligado a la evolución de los sistemas deltaicos de la Formación Areny constituyendo un ciclo deltaico final mal desarrollado. Garumniense rojo inferior: Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas y, localmente, oncolitos y paleosuelos. Las lutitas y areniscas son de facies fluviales de régimen meandriforme. Las areniscas de grano más grueso rellenan canales y las de grano fino y las lutitas constituyen las facies de desbordamiento. El área fuente de los sedimentos, al igual que en el resto del Cretácico Superior, se sitúa, predominantemente en la zona hoy ocupada por el golfo de León en un sentido amplio. En el techo de este tramo se halla el límite Cretácico-Terciario. Calizas de Vallcebre y equivalentes: Muy bien desarrolladas en la mayor parte de la cuenca a excepción del extremo occidental. Son calizas micríticas con carofíceas. Se consideran de edad Daniense y fueron depositadas en un ambiente lacustre. Garumniense rojo superior: El cambio litológico brusco puede interpretarse como el producto de una reactivación tectónica del Pirineo con la puesta en marcha de una red fluvial incipiente enraizada al norte. Está formado por lutitas con intercalaciones de capas de conglomerados, areniscas y, esporádicamente, de calizas y oncolitos. Las lutitas, frecuentemente, se hallan afectadas por procesos edáficos. Los sedimentos tienen un origen local en áreas recién levantadas del Prepirineo y de la Zona Axial Pirenaica. En toda la serie abundan los nódulos de yeso, algunos interpretados como rizoacreciones y, hacia la parte alta, existen niveles de yesos, depositados en medios de *playa lake*, relacionados con el sistema aluvial.

Palabras clave: Garumniense, fluvial, lacustre, palustre, llanuras fangosas, llanuras mixtas, paleosuelos, límite Cretácico-Terciario, Prepirineo.

Abstract: This paper studies the Garumnian Red Beds of the Prepyrenees found at the Cretaceous-Tertiary boundary. These red beds can be subdivided, from base to top, as follows: Gray Garumnian: It is formed by gray pelites with interspersed beds of coal, charofite limestones and, mostly, sandstones. They are deposited in an inter-supratidal environment, with fluvial channel incursions and rare marsh areas with abundant plant debris. Lower Red Garumnian: Formed by red pelites with interspersed sandstones and rare oncolite and paleosoil beds. These pelites and sandstones are meandering fluvial facies. The Cretaceous-Tertiary boundary is placed at the top of this interval. The provenance of the sediments is mainly from the eastern part (Gulf of Lyon's). Vallcebre limestones and its equivalents: Very well developed in most parts of the basin, excluding the most westerly part of it. The limestones are micritic lacustrine with charophyte limestones. Contemporaneously to its deposition, a tectonic reactivation originated at the Pyrenean Axial Zone and at the Empordà High is characterized by the development of conglomerate and sandstone beds that are equivalent in these areas to the Vallcebre limestones. Upper Red Garumnian: A pelitic series with conglomerate, sandstone and, occasionally, limestone and oncolite beds. Most of the pelites are modified (affected) by edaphic processes. The pelites are channelized fluvial and overbank deposits, with sporadic lacustrine areas. Contrary to the other members of the Garumnian, the sediments come from the North (Pyrenean zone). These pelites have many gypsum nodules, and, in the upper part, there are lenses of gypsum, deposited in *playa-lake* environments in a distal part of an alluvial fan system.

Keywords: Garumnian, red beds, fluvial sediments, lacustrine, mud and mixed flats, paleosoils, K-T boundary, Prepyrenees.

Rosell, J., Linares, R. y Llompart, C. (2001): El «Garumniense» prepirenaico. *Rev. Soc. Geol. España*, 14(1-2): 47-56.

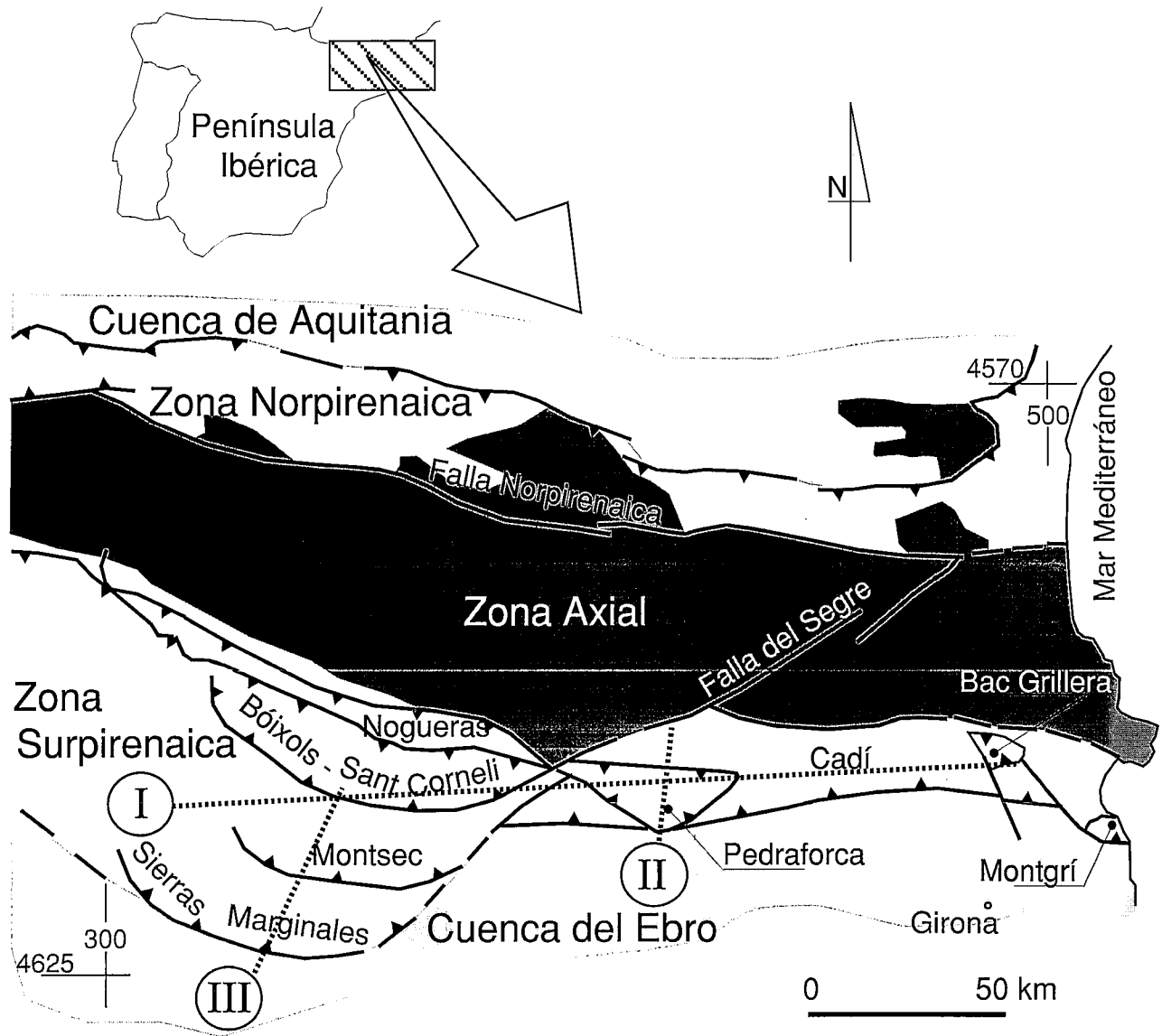


Figura 1.- Situación general del área de estudio y de los cortes estratigráficos representados en la Fig. 2.

La sucesión clásicamente denominada Garumniense es una de las unidades estratigráficas menos conocidas dentro del entorno pirenaico durante la transición entre el Mesozoico y Cenozoico. Está constituida por facies continentales en las que dominan los colores rojizos. En la nomenclatura litoestratigráfica es conocida como Formación Tresp (Mey *et al.*, 1968).

Esta unidad se extiende de este a oeste desde las inmediaciones de la costa mediterránea hasta Navarra donde se acuña paulatinamente.

El Garumniense fue definido por Leymerie (1862) y su nombre fue adoptado por Vidal (1874) y más tarde por Dalloni (1930) y Misch (1934). Bataller (1958) hace una síntesis cronoestratigráfica con el intento de establecerlo como piso geológico. Con Rosell (1967) y Souquet (1967) empieza el estudio estratigráfico al oeste del río Segre que culmina, en esta primera etapa calificable de campo, con la publicación de Garrido y Ríos

(1972). Solé Sugrañes (1970) analiza su estratigrafía al este del río Segre y hasta el valle del río Llobregat, continuando Estevez (1973) entre este punto y el mar. A partir de estos trabajos, las zonas abarcadas en los estudios, y sobre todo, la temática, son mucho más restringidas. En el campo de la paleontología de dinosaurios cabe citar a Lapparent y Aguirre (1956), Llompart (1979), Llompart y Krauss (1982), Llompart *et al.* (1984), Casanovas *et al.* (1985, 1987, 1988 y 1993), Casanovas y Santafé (1993), y a López-Martínez *et al.* (2000). Liebau (1973), aparte de analizar detalladamente la estratigrafía de los alrededores de Isona, efectúa un exhaustivo estudio de los ostrácodos contenidos en los sedimentos inferiores de la serie garumniense. Feist y Colombo (1983), Masriera y Ullastre (1983 y 1990), Galbrun *et al.* (1993), y Ullastre y Masriera (1998) se refieren a la distribución estratigráfica de las carofíceas. En el campo sedimentológico -la mayor par-

te de los estudios han sido realizados en la Conca de Tremp y la Vall d'Àger- hay que citar los trabajos debidos a Nagtegaal (1972), Rossi (1997), Eichenseer y Krauss (1985), Eichenseer (1987), Díaz-Molina (1987), Krauss (1990), Cuevas (1992) y Colombo y Cuevas (1993). Así como los de síntesis estratigráfica del garumniense de la Vall d'Àger realizados por López-Martínez *et al.* (1998 y 1999) que se apoyan en diferentes campos de la estratigrafía. Capítulo aparte merecen el trabajo de Plaziat (1981) donde se describe la evolución paleogeográfica del Pirineo en general de final del Cretácico y comienzos del Terciario, y el mapa geológico a escala 1:50.000 correspondiente a la hoja de Isona realizado por Rosell y Gómez-Gras (1996).

El objetivo principal de este estudio es analizar la historia geológica de la cuenca en la que se depositó esta cuña de sedimentos rojizos de unos 300 km de largo por aproximadamente 100 km de ancho. La falta de niveles guía de rango regional y el carácter discontinuo de los afloramientos debido a la erosión, la tectónica y/o al recubrimiento de conglomerados oligocénicos, dificultan el establecimiento de correlaciones. Este hecho se agrava en aquellas zonas de composición predominantemente lutítica, en las cuales los afloramientos están casi siempre degradados por movimientos en masa (Linares, 1995).

Esta síntesis se ha elaborado a partir de datos cartográficos realizados a escalas 1:25.000 y en muchos casos a 1:12.500 y de cuarenta y cinco series estratigráficas distribuidas prácticamente por la totalidad de los afloramientos.

Encuadre geológico

El mar sufre al final del Cretácico una regresión general en el Pirineo central y oriental que deja toda la cuenca bajo condiciones continentales de sedimentación. Estas tienen lugar en surco alargado de este a oeste al sur del Pirineo Axial en vías de levantamiento, constituyéndose en cuenca de antepaís abierta al mar en la parte oeste donde las facies continentales pasan progresivamente a facies marinas.

Los materiales garumnienses forman una cuña de sedimentos que únicamente se encuentra en las láminas cabalgantes del Montsec y en la de las Sierras Marginales situadas al sur, en el Prepirineo Central; también en las equivalentes respectivas del Pedraforca y del Cadí al este de la falla del Segre (Fig. 1). Las unidades más internas del Prepirineo, así como del Pirineo paleozoico, en este momento, se hallan ya emergidas.

El límite Sur lo formaba, en un principio, el macizo del Ebro en vías de desaparición. Este falso macizo, reducido a pequeños relieves, fue la consecuencia de la tectónica de las evaporitas del Triásico Superior, y quizás del Lias inferior, y funcionó esporádicamente como área fuente de sedimentos durante el Cretácico Superior. Al final de la sedimentación, estas facies rojas son expansivas y sus materiales, aunque muy reducidos de espesor, se extienden por gran parte de la recién formada Depresión del Ebro.

El Garumniense yace sobre la Formación Areniscas de Areny en la lámina del Montsec al oeste del río Segre y sobre materiales de edad equivalente o anterior, pero de diferente litología, en el resto de la cuenca. Sobre las Areniscas de Areny el límite lo constituye un paleosuelo que se caracteriza por una fuerte coloración rojiza, debido a la acumulación de óxidos de hierro, y por una intensa bioturbación.

Clásicamente, los depósitos garumnienses del Prepirineo central se dividen en tres tramos: el lutítico rojo inferior, el calizo intermedio y el lutítico rojo superior (Rosell, 1967). A ellos hay que añadir un cuarto tramo basal, de facies de transición (salobres) y carbonosas con coloraciones grises, por lo que se ha venido denominando Garumniense gris (Fig. 2).

El Garumniense gris

Solamente está representado en las láminas cabalgantes del Montsec y en su equivalente del Pedraforca, al este del río Segre. El frente del Montsec, durante la sedimentación de la Arenisca de Areny se ha convertido en un alto sedimentario que divide la cuenca en dos sectores. El situado más al norte coincide con el laxo y amplio sinclinal que forma la Conca de Tremp. Y el meridional se extiende desde el frente de la lámina del Montsec hasta el límite del Prepirineo coincidente con la lámina de las Sierras Marginales. Al sur del alto del Montsec, el tramo de calizas lacustres que yacen directamente sobre las calizas arrecifales del Campaniense, constituye probablemente el equivalente lateral del Garumniense gris sin que exista argumento alguno sobre el que apoyar esta aseveración.

Aunque se le haya dado el nombre de Garumniense nada tiene que ver, desde el punto de vista sedimentológico, con las facies rojas del Garumniense típico.

Está formado por lutitas grises, que dominan en la serie, y capas de lignitos, de areniscas y de calizas intercaladas.

Se ha depositado en un ambiente mareal muy proximal: supramareal y de llanura fangosa y mixta intramareales. Está caracterizado por la presencia de ciclos estrato y grano decrecientes formados por capas de areniscas de grano fino con estratificación *flaser* en la base y lenticular, aumentando hacia el techo la proporción de lutita que llega a dominar en la mayor parte de los ciclos. Pasan lateralmente, hacia las partes marginales de la cuenca, a facies fangosas supramareales. El conjunto está cortado por una red de canales fluviales efímeros que aportan el sedimento a la cuenca.

En el paleosuelo situado en el techo de la Arenisca de Areny, dentro de la lámina cabalgante del Montsec *s. s.*, existen abundantes fragmentos de huesos de dinosaurios (aliviadero de la presa del embalse de Talar), nidadas de huevos (Basturs), icnitas (Areny) y, localmente, acumulaciones de ejemplares de gasterópodos, de gran tamaño, del género *Lychmus*.

En algunas áreas reducidas se producía el encharcamiento de aguas dulces o salobres con la sedimentación de calizas ricas en carófitas y/o ostrácodos. Estos hechos son muy clarividentes en las series de los alrededores de

Isona. En otras de estas pequeñas cuencas lacustres se acumularon restos vegetales que dieron lugar a turberas, más tarde convertidas en lignitos; antaño fueron motivo de explotación (Suterranya, Barcedana y Biscarri en la Conca de Tremp, Masies de Coll de Nargó en el valle del Segre y en la zona de Fígols de les Mines).

En las áreas fangosas intramareales vivían abundantes *Corbicula laletana* (ocupando un ambiente ecológico similar al de los actuales *Cerastoderma*). Los pequeños movimientos de ascenso del nivel del mar probablemente produjeron el lavado por el oleaje de estos fangos y las conchas se concentraron como un sedimento residual, dando lugar a capas de lumaquelas (*chennier*). A veces fueron retrabajados por corrientes pues, en algunos afloramientos, presentan una cierta reorientación (Mimó *et al.*, 1995). Son raras las capas formadas por conchas de ostras y, cuando existen (con ejemplares enteros, o más frecuentemente, con fragmentos), poseen un desarrollo pequeño en extensión y potencia. En estos fangos localmente abundan los gasterópodos salobres típicos de estas zonas, *Deianira*, *Potamides*, *Melanopsis*, *Melanatria*, *Cerithium*, *Pirgulifera*, entre otros. En las márgenes de la Conca de Tremp existían pequeñas bahías con salinidad normal, en las que se desarrollaban bancos de radiolítidos (Orcau, Barcedana, Moror).

En esta serie predominantemente lutítica, se intercalan capas de tormenta, que han aportado sedimento y restos esqueléticos desde la parte netamente marina a esta zona costera. Estas capas poseen una granoselección y están formadas, en su gran mayoría, por fósiles o fragmentos de los mismos. Entre ellos abundan los hippurítidos (*Hippurites castroi*) en ejemplares sueltos o en grupos de pocos individuos adheridos y corales, ya fragmentados ya enteros, individuales o coloniales, siempre formando parte del intervalo inferior, el de granulometría mayor, de las capas. Algunas capas con restos de ostreidos poseen una génesis similar.

En el techo de las capas de calizas micríticas son frecuentes las icnitas de dinosaurios generalmente mal preservadas (barranco de la Posa de Isona, Orcau, Moror, Areny, zona de Fígols de les Mines). Tanto las capas areniscas como las lutíticas incluyen restos de cáscaras de huevos y fragmentos de huesos de estos reptiles.

El máximo desarrollo de esta facies se encuentra al este del pueblo de Isona y en la zona de Fígols de les Mines donde las pequeñas capas de lignitos han sido motivo de explotación a cielo abierto hasta fechas recientes. En esta área subsidente como la de Isona, se depositaron un centenar de metros de materiales de facies grises. Ambas zonas están separadas por el área menos subsidente del valle del Segre (Coll de Nargó). Hacia el sur se acuña por pérdida rápida de potencia. Hacia el oeste, a partir de Tremp, también disminuye de grosor, pues cambia lateralmente de facies a materiales netamente marinos.

Su edad, como lo demuestra, la abundante fauna fósil que incluye, es maastrichtiense.

Su techo es en general neto marcado por un brusco cambio de color, del gris al rojo, y de facies, de marinas o salobres a continentales.

En realidad el Garumniense gris puede representar una pulsación última del sistema deltaico estuarino en el que se depositó la Arenisca de Areny. Constituye un momento en que los aportes fluviales son escasos en régimen de avenidas, y están dominados por sedimentos finos distribuidos en un medio marino micromareal, capaz solamente de construir una llanura fangosa y muy esporádicamente una llanura mixta.

El Garumniense rojo inferior

Es el tramo inferior, finicretácico, de facies propiamente garumniense (*red beds*).

Posee un máximo espesor en la zona de Vallcebre y en el eje de la lámina cabalgante del Montsec al oeste de Isona. Se acuña progresivamente hacia los márgenes de la cuenca hasta desaparecer. En el extremo meridional de la lámina de las Sierras Marginales se acuña por completo. En el equivalente oriental de esta lámina, en la Unidad Cadí, todo el Garumniense tiene probablemente edad paleocena.

Está formado por materiales lutíticos rojos con intercalaciones de niveles lenticulares de areniscas. Los de arenisca son canaliformes y están formados por un único ciclo estrato y grano decreciente y, en general, poseen una manifiesta acreción lateral; por ello se han interpretado como barras depositadas en cursos fluviales meandriformes. Entre los depósitos lutíticos existen delgadas capas intercaladas, interpretadas como el producto del desbordamiento de los canales, y constituidas por areniscas de grano fino con una delicada laminación cruzada debida a *climbing ripples*. Los depósitos lutíticos, a veces, están afectados por procesos edáficos como queda patente por las coloraciones violáceas y anaranjadas de las lutitas y por una gran concentración de nódulos calizos (caliche). En la Conca de Tremp es relativamente frecuente encontrar diaclasas que atraviesan estos materiales, rellenas de asfaltos.

En la zona de Vallcebre, donde alcanza el mayor espesor de todo el Prepirineo (unos 450 m), dominan las facies lutíticas con abundantes niveles de paleosuelos y, en el techo existe un nivel muy constante de areniscas y microconglomerados blanquecinos de facies fluviales producto de un reducidísimo número de avenidas de flujos muy concentrados procedentes del cuadrante sudeste. La dirección y sentido de los aportes coincide con las que prevalecen durante todo el Cretácico superior en la cuenca pirenaica.

En la subcuenca de la Vall d'Àger, al sur del umbral del Montsec, esta serie lutítica, ya muy reducida de espesor, intercala un nivel arenoso, muy constante a lo largo de los afloramientos. Se trata de un gran lentejón de areniscas que se acuña hacia el norte contra el alto del Montsec y hacia el sur en el límite con la Depresión del Ebro. En conjunto puede interpretarse como el relleno de un amplio valle fluvial cuya cabecera se situaba en el margen oriental, en el que se construían barras separadas por canales más o menos efímeros (sistema *braided*). En la Unidad Cadí, únicamente cabe la remota posibilidad de que este

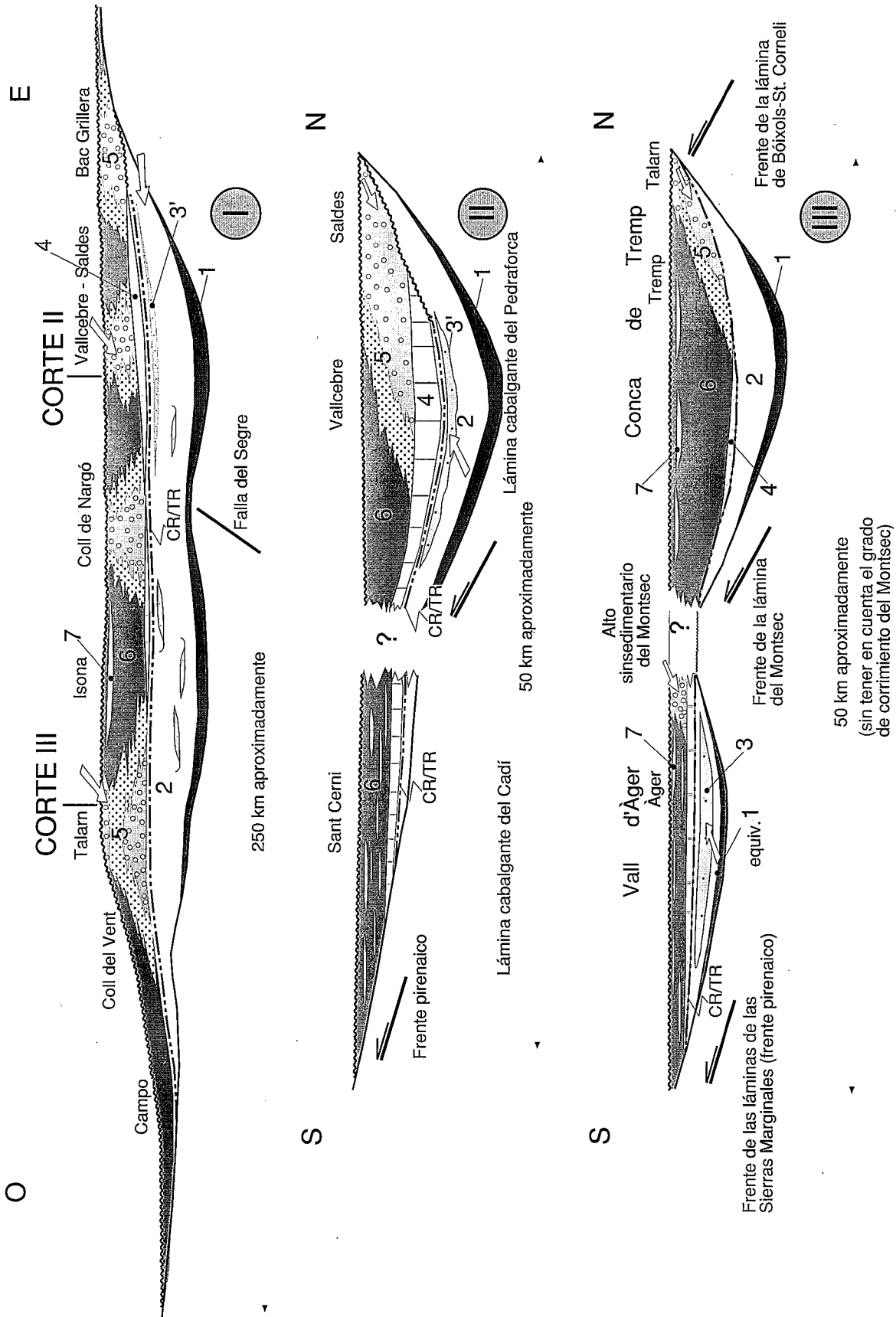


Figura 2.- Cortes sintéticos de los materiales de facies garumnienses en el Prepireneo (sin escala vertical y con escala horizontal aproximada). 1.- Garumniense gris. 2, 3 y 3'.- Garumniense rojo inferior. Arcillas rojas expansivas en la base y afectadas por procesos edáficos en el resto con pequeños canales, la mayoría de facies meandriforme de areniscas (2) y areniscas fluviales de cursos trenzados (3 y 3'). 4.- Calizas de Vallcebre y equivalentes. 5, 6 y 7.- Garumniense rojo superior. Sistemas de conos de deyección torrencial conglomeráticos y areniscosos (5), paleosueltos margosos y calizas lacustres (6) y evaporitas (7).

lentejón de areniscas se correlacione con los niveles basales de las series de Gréixer y Fornols en los primeros afloramientos al este del Segre. Asimismo en la lámina del Pedraforca, este nivel de areniscas, puede ser coetáneo con el de igual litología y facies que se sitúa prácticamente a lo largo de todos los afloramientos por debajo de las calizas de Vallcebre.

Las areniscas poseen fragmentos esporádicos de huesos de dinosaurios. En la parte occidental de la Vall d'Àger al sur del pueblo de Corçà, existen en la base de un canal de estas areniscas, las icnitas de dinosaurios que primeramente fueron descritas de la zona prepirenaica y de esta edad (Llompart, 1979).

En la base presentan abundantes, pero pequeñas, depresiones canaliformes con oncolitos, muchos de ellos con forma de "oreja", producto del crecimiento de cianobacterias alrededor de valvas de conchas atribuibles a *Uniónidos*. En uno de estos niveles oncolíticos se ha hallado el único diente de dinosaurio conocido del Garumniense del Prepireneo; corresponde a un herbívoro (Llompart y Krauss, 1982).

En la zona de Isona en estas series lutíticas existen esporádicos nidos de huevos de dinosaurios, así como, en ciertos niveles, abundantes trozos de cáscaras. Los intensos procesos erosivos que afectan a las lutitas han provocado la separación de los fragmentos y su parcial transporte a otros lugares (Isona, margen norte de la Sierra del Montsec, Coll de Nargó).

En las inmediaciones del techo de esta formación se localizan los últimos restos de huesos de dinosaurios conocidos en la zona (Puig Pedrós, en Figuerola de Orcau, en las arcillas subyacentes a las calizas lacustres danienenses). Este punto de la serie estratigráfica coincide, además, con un cambio en la distribución vertical de especies de carofíceas. La paleogeografía sufre una transformación rápida marcada por la sustitución de medios sedimentarios: de lutitas y areniscas fluviales se pasa a calizas lacustres. Y aparecen los primeros vestigios de *Microcodium*. Todas estas características apoyan el situar en este cambio brusco de facies el límite entre las eras Mesozoica y Cenozoica (65 Ma). En los años 60, este límite se colocó por geología regional en esta posición. Hoy en día, después de los estudios bioestratigráficos detallados basados sobre todo en la distribución de las carofíceas, se está corroborando esta posición y se hace oscilar ligeramente en torno al techo de las arcillas del Garumniense rojo inferior muy cerca del contacto con las calizas.

Las calizas de Vallcebre y equivalentes

Esta unidad litoestratigráfica fue definida formalmente con el rango de Formación por Solé-Sugrañes (1970). Aunque esta denominación es únicamente aplicable estrictamente a la zona norte del Bergadà, se ha extendido a las calizas depositadas en la base de la serie paleocena de separación entre los dos tramos rojos del Garumniense. El nombre procede de la localidad de Vallcebre donde aflora muy bien y posee un espesor que por término medio puede evaluarse en unos 50 m. Aquí

está formado por un único tramo calizo al igual que en la subcuenca del sur del Montsec. En la Conca de Tremp estas calizas están muy reducidas de espesor y están formadas, por lo general, por más de un nivel.

En su gran mayoría corresponden a calizas micríticas con carofíceas. Se hallan frecuentemente recristalizadas e incluyen, hacia el techo, localmente, abundantes nódulos de sílex (Millà, al sur del Montsec). Han sido datadas como Daniense.

Hacia la parte alta de la serie existen superficies cársticas, que podrían haberse originado durante el Montiense (Daniense superior). El estado actual de los conocimientos, no obstante, obliga a pensar que estas superficies erosivas son de rango local (Molí de Fontllonga, al sur del Montsec).

Hacia el techo de esta formación caliza existen, en todo el Prepireneo, abundantes estructuras de *Microcodium* (Rampone *et al.*, 1987 y Rossi, 1997). La aparición de esta *incertae sedis* en las series de este trabajo se ha considerado como del Paleoceno. Esta estructura se ha encontrado en rocas que, como mínimo, van del Devónico al Cuaternario. No obstante, en el Prepireneo, su aparición, gran desarrollo y amplia distribución areal, coincide con la desaparición de los restos de dinosaurios, con un cambio en la distribución vertical de las carofíceas y con una importante transformación de la paleogeografía. Estos hechos apoyan el que sea utilizado como un criterio cronoestratigráfico.

En las zonas no ocupadas por las cuencas lacustres, al mismo tiempo, se producían fenómenos edáficos que originaron la formación de paleosuelos. Estos paleosuelos, que indican paros prolongados en la sedimentación, no evaluables geológicamente, y los niveles de calizas pueden utilizarse como capas guías para el establecimiento de correlaciones muy detalladas en áreas restringidas.

El Garumniense rojo superior

Es de edad paleocena. Solamente ha sido objeto de estudio muy detallado en el trabajo de Rossi (1997) realizado en el área situada inmediatamente al sur de la Vall d'Àger.

Es el nivel de facies Garumniense más expansivo. Su sedimentación sobrepasa los límites del extremo septentrional de la lámina de las Sierras Marginales. En esta etapa empieza probablemente a funcionar, por lo menos en algunos puntos, la Depresión del Ebro como una cuenca sedimentaria. Los materiales inferiores rojizos ("capas de *Bulimus*", *Vidaliella gerundensis* (VIDAL)) que yacen bajo las calizas con alveolinas del Ilerdiense (Igalada y Sant Martí Sacalm) corresponden a esta unidad. En otros puntos del borde de la Depresión del Ebro con los Catalánides, en que no existe la cuña de calizas con alveolinas, la existencia de este tipo de fauna puede utilizarse como un criterio de correlación con el Garumniense rojo superior del Prepireneo.

Este tramo del Garumniense está formado en gran parte del margen septentrional de la cuenca por una gran abundancia de niveles de conglomerados. Estos

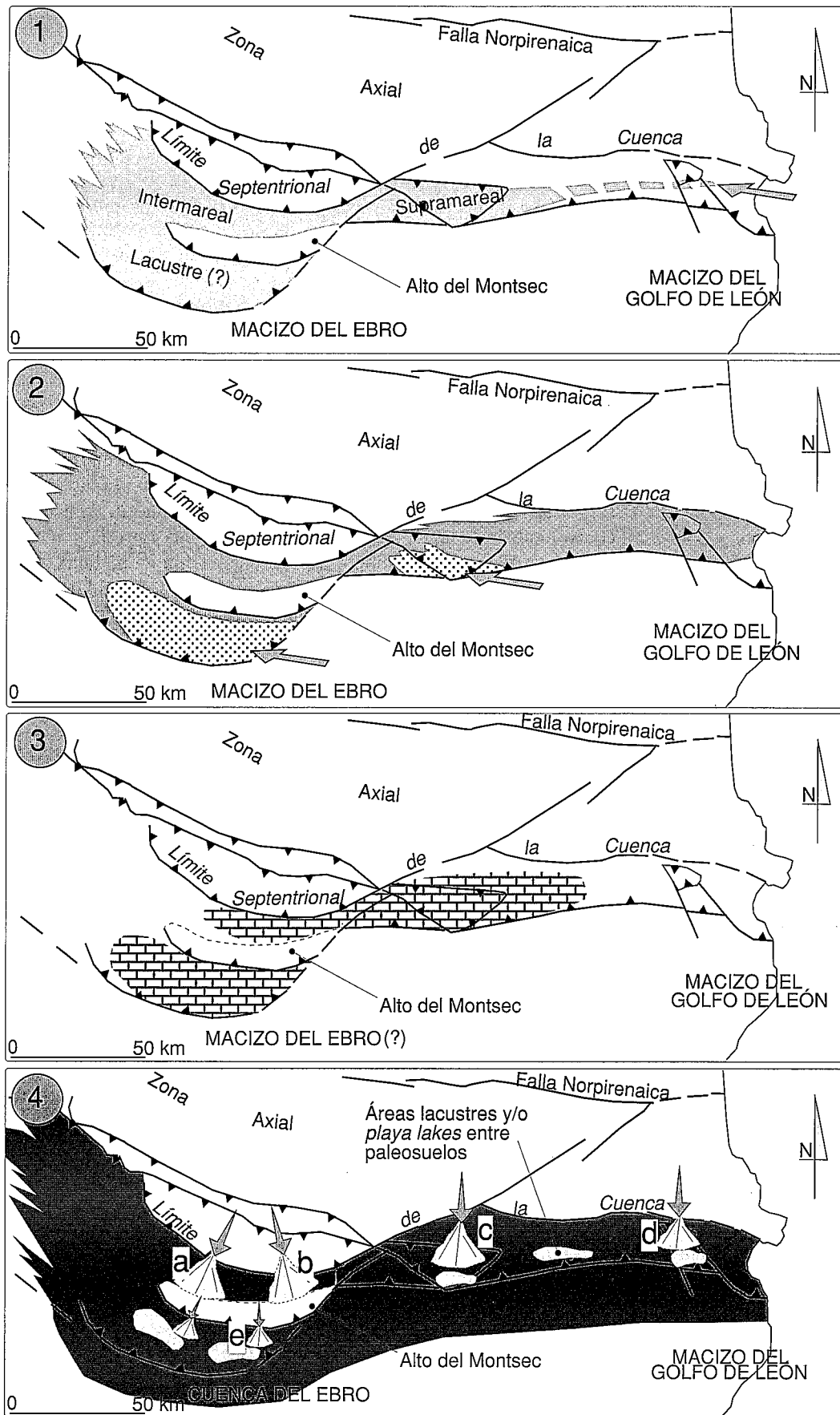


Figura 3.- Síntesis de la evolución de la cuenca sedimentaria del "Garumniense" prepirenaico. 1.- Garumniense gris (Maastrichtiense). 2.- Garumniense rojo inferior (Maastrichtiense). 3.- Calizas de Valcebre y equivalentes (Daniense). 4.- Garumniense rojo superior (Tanethiense), a: sistema aluvial de Talarn, b: sistema aluvial de Coll de Nargó, c: sistema aluvial del Pedraforca-Saldes, d: sistema aluvial de Bac Grillera y e: sistema aluvial del Montsec. Las flechas indican las direcciones dominantes de aporte.

conglomerados pasan, hacia la parte distal, el margen meridional, a niveles de areniscas que se intercalan en la serie lutítica.

Los sistemas aluviales de Talarn en la Conca de Tremp y de Sallent de Montanissell-Coll de Nargó, en el valle del Segre, están formados por conglomerados y areniscas de procedencia norte, es decir, de la erosión del Pirineo Axial y de las láminas cabalgantes prepirenaicas de Bóixols-Sant Corneli y de Les Nogueres. Son el producto de episodios de transporte-sedimentación a partir de fuertes avenidas, de flujos muy concentrados que han dado lugar a las capas conglomeráticas y areniscas en la parte proximal, y, en la parte distal, a barras areniscas (*sensu Mutti et al.*, 1996), con acreción frontal, con geometría sigmoidal y totalmente bioturbadas (sistema sedimentario de Talarn-Tremp). En la parte occidental de la Conca de Tremp estas capas de conglomerados y/o areniscas, son frecuentes hasta el techo de la serie, se intercalan en lutitas y fueron sedimentadas a partir de flujos hiperconcentrados. En el sistema aluvial de Saldes y en los de posición equivalente en toda la zona de Vallcebre-Fígols de les Mines, los conglomerados, de una génesis similar a los de la Conca de Tremp, proceden de la erosión del macizo del Pedraforca. En los del Bac Grillera, aunque de procedencia septentrional, es más difícil localizar su exacta área fuente.

En la parte alta de la sucesión, por lo general, existen, además, intercalaciones muy discontinuas y poco desarrolladas de capas de oncolitos. En la mayoría de afloramientos de la Conca de Tremp y sur de la Vall d'Àger, en la parte alta del Garumniense, hay restos nodulares de yesos y anhidrita y, localmente, verdaderos lentejones de evaporitas que han sido interpretadas (García-Veigas, 1988) como de *playa lake* en relación con la parte distal de los sistemas aluviales.

En las series de la lámina de la Unidad Cadí, Fornols, Bagà-Gréixer, autóctono del Bac Grillera y Empordà, que ocuparían la posición más meridional del surco sedimentario, existen esporádicas capas de conglomerados y de areniscas, producto de fuertes avenidas originadas en la Zona Axial pirenaica y que llegan a alcanzar el margen de la nueva cuenca del Ebro. En los períodos de tranquilidad sedimentaria se forman esporádicas y pequeñas cuencas lacustres en las que se depositan calizas, generalmente micríticas, con carofíceas.

En todos estos sedimentos es muy frecuente el *Microcodium*, ya terroso, preferentemente concentrado en niveles de paleosuelos, ya en las calizas lacustres que, esporádicamente, se intercalan en la serie lutítica.

El techo del Garumniense se sitúa en el momento en que aparecen los primeros sedimentos marinos que indican la base de la transgresión ilderdiense. Este contacto, muy neto en la parte oriental de la cuenca, se va haciendo transicional a medida que, hacia la occidental, se van acuñando los sedimentos rojizos al cambiar lateralmente a facies marinas. Su edad es tanethiense como lo demuestra la totalidad de estudios bioestratigráficos basados mayormente en la distribución vertical de las carofíceas.

Análisis de la cuenca sedimentaria

La evolución de la cuenca sedimentaria del Garumniense prepirenaico puede sintetizarse en las siguientes fases (Fig. 3):

1: Establecimiento de un régimen estuarino, en el momento final de la regresión cretácica en la cuenca pirenaica, con el desarrollo, sobre todo, de llanuras mareales fangosas, raramente mixtas, surcadas por esporádicos canales fluviales. Marginalmente, se originaban áreas palustres con una sedimentación de carbonatos, por donde los últimos dinosaurios del Pirineo dejaron sus huellas, y zonas pantanosas con sedimentación de abundantes restos vegetales que dieron lugar a capas (yacimientos) de lignitos.

El Montsec, o frente de la lámina cabalgante del mismo nombre, en vías de levantamiento, en este momento, es un alto sedimentario que confina, en forma de ensenada abierta en su parte occidental, el sector de cuenca situado al sur del umbral. En esta zona, parcialmente aislada, se produce, probablemente al mismo tiempo, una sedimentación de carbonatos lacustres.

2: De forma relativamente súbita tuvo lugar la regresión final del Cretácico; el mar se retira hacia el oeste y se instala, al sur del Pirineo oriental y central, una cuenca fluvial en sentido amplio. En la subcuenca situada al norte del Montsec se depositaron canales de areniscas, y abundantes lutitas de desbordamiento, generalmente afectadas por paleosuelos, de un régimen fluvial bien desarrollado. En la subcuenca situada al sur del Montsec, al mismo tiempo, se depositó un único cuerpo de areniscas de facies fluviales, intercalado entre niveles poco potentes de lutitas. Antes y después de la sedimentación de los cuerpos de areniscas reinaban unas condiciones fluvio-lacustres con pequeños y efímeros cuerpos canalizados en los que se sedimentaban oncolitos.

Ambos sistemas fluviales proceden del extremo este y sureste del Pirineo donde se situaba el alto del Empordà, que formaba parte de un amplio Macizo, hoy desaparecido, existente en el área actual del Golfo de León. Los aportes de esta zona se habían ya iniciado durante el Cretácico Superior (Campaniense y/o Maastrichtiense inferior) y contribuyeron a la construcción de los edificios deltaicos estuarinos del complejo "Areniscas de Areny". Este camino, dirección y sentido, de aportes seguirá siendo el dominante en el Pirineo hasta el Eoceno superior.

Cabe indicar que el mal denominado Macizo del Ebro, considerado como área fuente de los sedimentos terrígenos depositados durante el Cretácico Superior, actuó solamente como tal en esporádicas ocasiones durante el Santoniense superior. Durante esos momentos aportó a la cuenca marina arenas y gránulos de cuarzo mediante ocasionales avenidas de gran intensidad que llegaron a alcanzar la plataforma externa. Estos materiales terrígenos procedían en su mayor parte de la erosión de pequeños relieves, producto de la tectónica salina, constituidos por formaciones evaporíticas del Keuper (hecho éste corroborado por la gran abundancia de granos de

cuarzo, que conservan su idiomorfismo) y por arenas y microconglomerados del Albiense (facies Utrillas).

Al final de esta etapa se produce el cambio de era (Mesozoico-Cenozoico). Este límite se sitúa en algunos puntos a techo de las facies rojizas, por debajo del contacto con el equivalente de las calizas de Vallcebre en el sector occidental, y entre las calizas de Vallcebre y el cuerpo de areniscas fluviales del techo de la serie roja inferior del Garumniense, en el oriental.

3: De forma brusca, al comienzo del Paleoceno (Daniense), ya sea por coincidir con un momento de gran estabilidad tectónica, ya por un ascenso general del nivel de base de la red fluvial (ligero ascenso eustático), se establece una sedimentación lacustre que da origen a los niveles de calizas de Vallcebre y a sus equivalentes laterales.

4: Una fase tectónica reactiva la sedimentación fluvio-aluvial y origina, a partir de este momento, un aporte de conglomerados, areniscas y pelitas procedentes de la Zona Axial y de la parte del Prepirineo ya levantados. El área de sedimentación de los materiales de este tramo garumniense sobrepasa el límite del Prepirineo y se adentra, por lo menos en el extremo oriental, en la actual Depresión del Ebro, que a partir de este momento, y sobre todo durante el Eoceno, Oligoceno y Mioceno, actúa como una cuenca de sedimentación.

Agradecimientos

Esta síntesis se ha realizado dentro del proyecto CICYT nº 95-0092-OP. Los autores agradecen la contribución que ha supuesto en la mejora del manuscrito las indicaciones constructivas realizadas por los revisores del trabajo: doctores Ildefonso Armenteros y Beatriz Carenas, así como las sugerencias apuntadas por el editor principal de la Revista de la Sociedad Geológica de España, Dr José M. González-Casado.

Referencias

- Bataller, J.R. (1958): El Garumniense español y su fauna. *Notas y Comunicaciones del I.G.M.E.*, 50: 43-82.
- Casanovas, M.L., Santafé, J.V., Sanz, J.F. y Buscaloni, A.D. (1985): *Orthomerus* (Hadrosaurinae, Ornithopoda), du Crétacé supérieur du gisement de "Els Nerets" (Trem, Lleida). En: Colloque "Les Dinosaures de la Chine à la France". Toulouse: 100-111.
- Casanovas, M.L., Santafé, J.V., Sanz, J.L. y Buscaloni, A.D. (1987): Arcosaurios (Crocodylia, Dinosauria) del Cretácico superior de la Conca de Trem (Lleida, España). *Estudios Geológicos*. Vol. Extraordinario: Galve-Trem: 95-110.
- Casanovas, M.L., Santafé, J.V. y Sanz, J.F. (1988): La primera resta fòssil d'un Teròpode (Saurischia, Dinosauria) en el Cretaci superior de la Conca de Trem (Lleida, Espanya). *Paleontologia i Evolució*, 22: 77-81.
- Casanovas, M.L. y Santafé, J.V. (1993): Presencia de Titanosáuridos (Dinosauria) en el Cretácico superior de Fontllonga (Lleida, España). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 3: 67-80.
- Casanovas, M.L., Santafé, J.V. y Isidro, A. (1993): *Pararhabdodon isonense* n. gen. n. sp. (Dinosauria). Estudio morfológico, radio-tomográfico y consideraciones biomecánicas. *Paleontologia i Evolució*, 26-27: 121-131.
- Colombo, F. y Cuevas, J.L. (1993): Características estratigráficas y sedimentológicas del "Garumniense" en el sector de Àger (Pre-Pirineo, Lleida). *Acta Geológica Hispánica*, 28: 15-32.
- Cuevas, J.L. (1992): Estratigrafía del "Garumniense" de la Conca de Trem. Prepirineo de Lérida. *Acta Geológica Hispánica*, 27 (1-2): 95-108.
- Dalloni, M. (1930): Etude geologique des Pyrenées Catalanes. *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille*, XVI (3), 373 págs. Alger.
- Díaz Molina, M. (1987): Sedimentación sintectónica asociada a una subida relativa del nivel del mar durante el Cretácico superior (Fm. Trem, provincia de Lérida). *Estudios Geológicos*, vol. Extraordinario: Galve-Trem: 69-94.
- Eichenseer, H. (1987): Facies geology of late Maastrichtian to early Eocene coastal and shallow marine sediments, Trem-Graus Basin, northeastern Spain. Ph. D. Thesis.
- Eichenseer, H. y Krauss, S. (1985): The Trem Formation (Maastrichtian/Paleogene) and the lower Ager Group (Paleogene) of the northern flank of the Trem-Graus embayment (NE Spain). En: *6th European Regional Meeting of Sedimentology*. I.A.S., Lleida, Abstracts: 149-151.
- Estévez, A. (1973): La vertiente meridional del Pirineo catalán al norte del curso medio del río Fluvià. Tesis doctoral. Univ. de Granada. 514 págs.
- Feist, M. y Colombo, F. (1983): La limite Crétacé-Tertiaire dans le nord-est de l'Espagne, des charophytes. *Géologie Méditerranéenne*, 20: 303-326.
- Galbrun, B., Feist, M., Colombo, F., Rocchia, R. y Tambareau, Y. (1993): Magnetostratigraphy and biostratigraphy of Cretaceous-Tertiary continental deposits, Ager Basin, Province of Lerida, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 102: 41-52.
- García Veigas, J. (1988): La formación evaporítica de la facies garumniense de la Conca de Trem (Lleida). Tesis de Licenciatura Univ. Autónoma de Barcelona, inédita.
- Garrido-Megías, A. y Ríos Aragües, L.M^a (1972): Síntesis geológica del Secundario y Terciario entre los ríos Cinca y Segre. (Pirineo Central de la vertiente sur pirenaica, provincias de Huesca y Lérida). *Boletín Geológico y Minero* 83: 1-47.
- Krauss, S. (1990): Stratigraphy and facies of the "Garumnian"-Late Cretaceous to early Paleogene in the Trem region, Central Southern Pyrenees. Ph. D. Thesis, Univ. Tübingen, 142 p.
- Lapparent, A.F. y Aguirre, E. (1956): Algunos yacimientos de Dinosaurios en el Cretácico superior de la Cuenca de Trem. *Estudios Geológicos*, 12: 377-382.
- Leymerie, A. (1862): Aperçu géognostique des Petites Pyrénées et particulièrement de la montagne d'Auseing. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 19: 1091-1096.
- Liebau, A. (1973): El Maastrichtiense lagunar (Garumniense) de Isona. En: *XIII Coloquio Europeo de Micropaleontología*. 113-140.
- Linares, R. (1995): Geología ambiental de la Depresión de Trem-Isona. Tesis doctoral, Univ. Autónoma de Barcelona, 235 p.
- López-Martínez, N., Ardevol, L., Arribas, M.E., Civís, J.E. y González-Delgado, A. (1998): The geological record in non-marine environments around the K/T boundary. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 169: 11-20.
- López-Martínez, N., Fernández-Marrón, M.T. y Valle, M.F. (1999): The succession of vertebrates and plants across the Cretaceous-Tertiary boundary in the Trem Formation, Ager valley (South-Central Pyrenees, Spain). *Geobios*, 32: 617-627.

- López-Martínez, N., Moratalla, J.J. y Sanz, J.L. (2000): Dinosaurios nesting on tidal flats. *Palaeogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 160: 153-163.
- Llompert, C. (1979): Yacimiento de huellas de pisadas de reptil en el Cretácico superior prepirenaico. *Acta Geológica Hispánica*, 14: 333-336.
- Llompert, C. y Krauss, S. (1982): Restos de moluscos y dinosaurios en formaciones estromatolíticas garumnienses al S del Montsec (prov. de Lérida). *Boletín Geológico y Minero*, 93: 371-378.
- Llompert, C., Casanovas, M.L. y Santafé, J.V. (1984): Un nuevo yacimiento de Icnitas de Dinosaurios en las facies garumnienses de la Conca de Tremp (Lleida, España). *Acta Geológica Hispánica*, 19: 143-147.
- Masriera, A. y Ullastre, J. (1983): Essai de synthèse stratigraphique des couches continentales de la fin du Crétacé des Pyrénées Catalanes (NE de l'Espagne). *Géologie Méditerranéenne*, 20: 283-290.
- Masriera, A. y Ullastre, J. (1990): Yacimientos inéditos de carófitas que contribuyen a fijar el límite Cretácico-Terciario en el Pirineo Catalán. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 3: 33-42.
- Mey, P.H.W., Nagtegaal, P.J.C., Roberti, K.J. y Hartevelt, J.J.A. (1968): Lithostratigraphic subdivision of post-hercinian deposits in the south-central Pyrénées, Spain. *Leidse Geologische Mededelingen*, 41: 21-228.
- Mimó, M., Llompert, C. y Padrós, M. (1995): Ciclos intra y supramareales en el Garumniense gris de la Conca de Tremp: Maastrichtiense. En: *XIII Congreso Español de Sedimentología*, Teruel. Comunicaciones: 81-82.
- Misch, P. (1934): Der Bau der mittleren Sudpyrenäen. *Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttinge, Mathem Phys. K. 1, Folge III* (12): 1597-1764. Berlin. En: *Publicaciones extranjeras sobre Geología de España*, vol. IV (19).
- Mutti, E., Davoli, G., Tinterri, R. y Zavala, C. (1996): The importance of ancient fluvio-deltaic systems dominated by catastrophic flooding in tectonically active basins. *Memoire di Scienze Geologiche*, 48: 233-291.
- Nagtegaal, P.J.C. (1972): Depositional history and clay minerals of the upper cretaceous basin in the south central Pyrenees. *Leidse Geologische Mededelingen*, 47: 251-275.
- Plaziat, J.C. (1981): Late Cretaceous to late Eocene paleogeographic evolution of southwest Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 36: 263-320.
- Rampone, G., Arribas, M.E., Estrada, R. y Obrador, A. (1987): Excepcional abundancia of "Microcodium" in continental facies (Campllong Anticline, NE Spain). En: *8th European regional Meeting*, Tunez, I. A. S. Abstract.: 421-422.
- Rosell, J. (1967): Estudio geológico del sector de Prepirineo comprendido entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana (Prov. de Lérida). *Pirineos* (1965), 21 (75-78): 9-214.
- Rosell, J. y Gómez-Gras, D. (1996): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000, hoja nº 290 (Isona)*. ITGE. Madrid.
- Rossi, C. (1997): Microcodium y trazas fósiles de invertebrados en facies continentales (Paleoceno de la cuenca de Ager, Lérida). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 10 (3-4): 371-391.
- Solé Sugrañes, L. (1970): Estudio geológico del Prepirineo entre los ríos Segre y Llobregat. Tesis doctoral, Univ. de Barcelona, 491 p. Inédita.
- Souquet, P. (1967): Le Crétacé supérieur sud-pyrénéen en Catalogne, Aragon et Navarre. Ph. D. Thesis, Univ. de Toulouse, 529 p.
- Ullastre, J. y Masriera, A. (1998): Nuevas aportaciones al conocimiento estratigráfico del Paleoceno continental del Pirineo catalán (España). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 7: 95-128.
- Vidal, L.M. (1874): Datos para el conocimiento del terreno Garumniense de Cataluña. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1: 209-247.

Manuscrito recibido el 18 de octubre de 2000

Aceptado el manuscrito revisado el 25 de enero de 2001