

Síntesis estratigráfica del Terciario del borde Sur de la Cuenca del Ebro: unidades genéticas.

J. VILLENA, A. GONZALEZ, A. MUÑOZ, G. PARDO y A. PEREZ

Area de Estratigrafía. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. 50009 ZARAGOZA.

RESUMEN

En el borde Sur de la Cuenca del Ebro se han definido ocho Unidades Tectosedimentarias (UTS) mediante la aplicación de la metodología del análisis tectosedimentario. Tres de ellas se sitúan en el Paleógeno, una comprende el Oligoceno superior-Mioceno basal y las cuatro estratigráficamente más altas son claramente neógenas. La edad respectiva de cada una de estas unidades es: Thanetiense-Bartoniense, Bartoniense-Priaboniense, Priaboniense-Oligoceno inferior, Oligoceno superior-Ageniense, Ageniense-Aragoniense medio, Aragoniense medio-Aragoniense superior, Aragoniense superior-Vallesiense superior y Turoliense.

Por último se dan a conocer las equivalencias entre las unidades así definidas y los conjuntos cartográficos establecidos por autores anteriores.

Palabras clave: Terciario. Estratigrafía. Unidades Tectosedimentarias (UTS). Cuenca del Ebro.

ABSTRACT

In the southern margin of the Ebro Basin eight Tectosedimentary Units (TSU) have been defined by means of the application of tectosedimentary analysis. These units are limited by sedimentary breaks which can be recognized in the whole studied area. The sedimentary breaks are genetically related to diastrophic evolution, and they are shown as angular or syntectonic unconformities at the basin margins. Each TSU has a particular sequential evolution, generally complex, but with a similar trend in the entire area. For each unit the lithologic composition, evolution, boundaries and chronostratigraphy are established. The three first units are placed in the Palaeogene, the fourth one includes the Palaeogene-Neogene boundary and the four last ones are Neogene in age. The chronostratigraphic interval of each one is, respectively: Thanetian-Bartonian, Bartonian-Priabonian, Priabonian-Lower Oligocene, Upper Oligocene-Agenian, Agenian-Middle Aragonian, Middle Aragonian-Upper Aragonian, Upper Aragonian-Upper Vallesian, and Turolian.

Finally the equivalences between the Tectosedimentary Units and the cartographic units defined by other authors have been established.

Key words: Tertiary. Stratigraphy. Tectosedimentary Units (TSU). Ebro Basin.

INTRODUCCION

Las investigaciones estratigráficas sobre los materiales del Terciario de la Depresión del Ebro, al igual que las de la mayoría de las investigaciones sobre cuencas continentales españolas, se enfrentan desde sus inicios a la escasez de material paleontológico útil para la obtención de datos bioestratigráficos que permitan una adecuada estratigrafía.

El avance en el conocimiento cronoestratigráfico ha sido lento y casi puede decirse que se sigue en la fase de situar algunos límites (por ejemplo, el problemático límite Oligoceno-Mioceno) en el conjunto de la cuenca. Mientras, se ha ido produciendo una importante evolución en la concepción y metodología referentes al establecimiento de divisiones estratigráficas y sus consiguientes correlaciones, que de forma esquemática resumimos a continuación.

Desde las últimas décadas del siglo pasado en que se inician las primeras investigaciones estratigráficas sobre el Terciario del Ebro (Botella, 1877), hasta los años setenta del actual siglo, la investigación estratigráfica se desenvolvía en una estrecha relación y fuerte dependencia de la Paleontología. En este

marco metodológico los estudios encaminados a establecer atribuciones cronoestratigráficas y correlaciones para los materiales terciarios continentales tropezaba con la penuria de restos fósiles que ya hemos señalado y, como consecuencia, debieron fundamentarse en el grado de deformación y, sobre todo, en la semejanza de facies. Esto último, respondía especialmente a un intento de correlacionar los materiales de nuestras cuencas terciarias con aquellas áreas europeas en que se establecieron originalmente las divisiones estratigráficas del Terciario, y condujo, tal como señalan Riba *et al.* (1983), a que se utilizaran las facies (litofacies) con referencia cronoestratigráfica; así, por ejemplo, las calizas terciarias eran «Pontiense» y las areniscas y arcillas sobre las que se apoyaban «Sarmantiense».

Posteriormente, con el inicio en España de la aplicación de las normas del Código de Nomenclatura Estratigráfica, pasó a ser prioritario el estudio de las formaciones, tanto desde el punto de vista individual como en sus relaciones espacio-temporales con otras unidades rocosas, quedando en un plano secundario, al menos en aquellas formaciones pobres en fósiles, el «etiquetado cronoestratigráfico». Este planteamiento conlleva una cierta independencia de la Estratigrafía con respecto a la Paleontología, ya que los aspectos litoestratigráficos cobran una mayor importancia.

Este enfoque de la Estratigrafía, que en muchos aspectos supone un avance, no siempre ha sido correctamente aplicado, lo que ha conducido, en lo que al Terciario del Ebro se refiere, a la profusión de unidades y divisiones estratigráficas que por lo general tienen un valor muy local y no bien establecidas sus relaciones espaciales. En la actualidad el conjunto de formaciones, formal o informalmente definidas, unidades cartográficas e incluso sistemas deposicionales con denominación local, constituyen un galimatías que dificulta más que facilita el conocimiento de la estratigrafía y el análisis evolutivo del relleno de la cuenca.

A la vista de esta situación, a partir de 1982 iniciamos un estudio de los materiales terciarios del margen ibérico de la cuenca del Ebro enfocado a definir unidades estratigráficas de rango elevado, cuyos límites, sea cual sea su origen, tengan significado genético a escala de amplios sectores de la cuenca o de su totalidad. Este enfoque es acorde con las ideas más actuales que abogan, tal como señala Vera (1989), porque los criterios de división del relleno de las cuencas sedimentarias sean aquellos que se reconozcan de manera más clara en las series estratigráficas y que constituyan el reflejo de eventos aloéclicos que afectan a la totalidad de la cuenca.

En el caso particular de la cuenca del Ebro, dados los buenos resultados que anteriormente habíamos obtenido en las cubetas terciarias ibéricas (Pérez,

1981; González, 1982), la metodología que hemos utilizado ha sido la del «análisis tectosedimentario» propuesta por Garrido-Megías (1973, 1982), con las matizaciones y puntualizaciones que sobre el mismo han señalado González *et al.* (1988) y Pardo *et al.* (1989). Esta metodología está basada en la evolución secuencial de los materiales que rellenan la cuenca y en la geometría de las secuencias establecidas.

De hecho este trabajos es una síntesis de los resultados estratigráficos de tres tesis doctorales que, realizadas a lo largo de estos últimos diez años, han ido cubriendo diferentes sectores del área que nos ocupa. Así, el sector más oriental, región comprendida entre los ríos Algas y Martín ha sido estudiado por González (1989); Pérez (1989) estudia el sector central, entre los ríos Martín y Queiles, y finalmente el sector más occidental o sector riojano, que se extiende desde el río Queiles hasta el río Oja, fué estudiado por Muñoz (1991).

RESULTADOS ESTRATIGRAFICOS

En nuestras investigaciones, los límites entre las unidades genéticas establecidas son rupturas sedimentarias, tal como han sido establecidas por González *et al.* (1988), reconocibles en todo el ámbito de estudio. Estas rupturas están genéticamente vinculadas a la evolución de la actividad diastrófica, por lo que en los márgenes de la cuenca se manifiestan como discordancias.

Cada unidad definida entre estas rupturas presenta una evolución particular, generalmente compleja, pero con tendencia semejante en toda el área. La existencia de discrepancias de carácter menor en estas evoluciones serán detalladas en su momento, y se atribuyen, de forma general, al contexto tectónico, que puede variar de un sector a otro de la cuenca. Todo ello nos ha permitido identificar ocho unidades genéticas (UTS) para el conjunto del Terciario (Fig. 1), de las cuales las tres más inferiores pertenecen al Paleógeno, una representa la transición Paleógeno-Neógeno y las cuatro últimas se asignan al Neógeno.

En trabajos anteriores, y hasta no tener la visión de conjunto que ahora presentamos, estas unidades se habían denominado, para una mayor operatividad, con las siglas T1 a T8; en este trabajo las denominaremos por su intervalo cronoestratigráfico, aunque señalando la correspondiente sigla utilizada anteriormente.

En la descripción de cada unidad, a fin de evitar reiteraciones en el texto, cuando se hace referencia a los límites solo describiremos detalladamente el límite inferior.

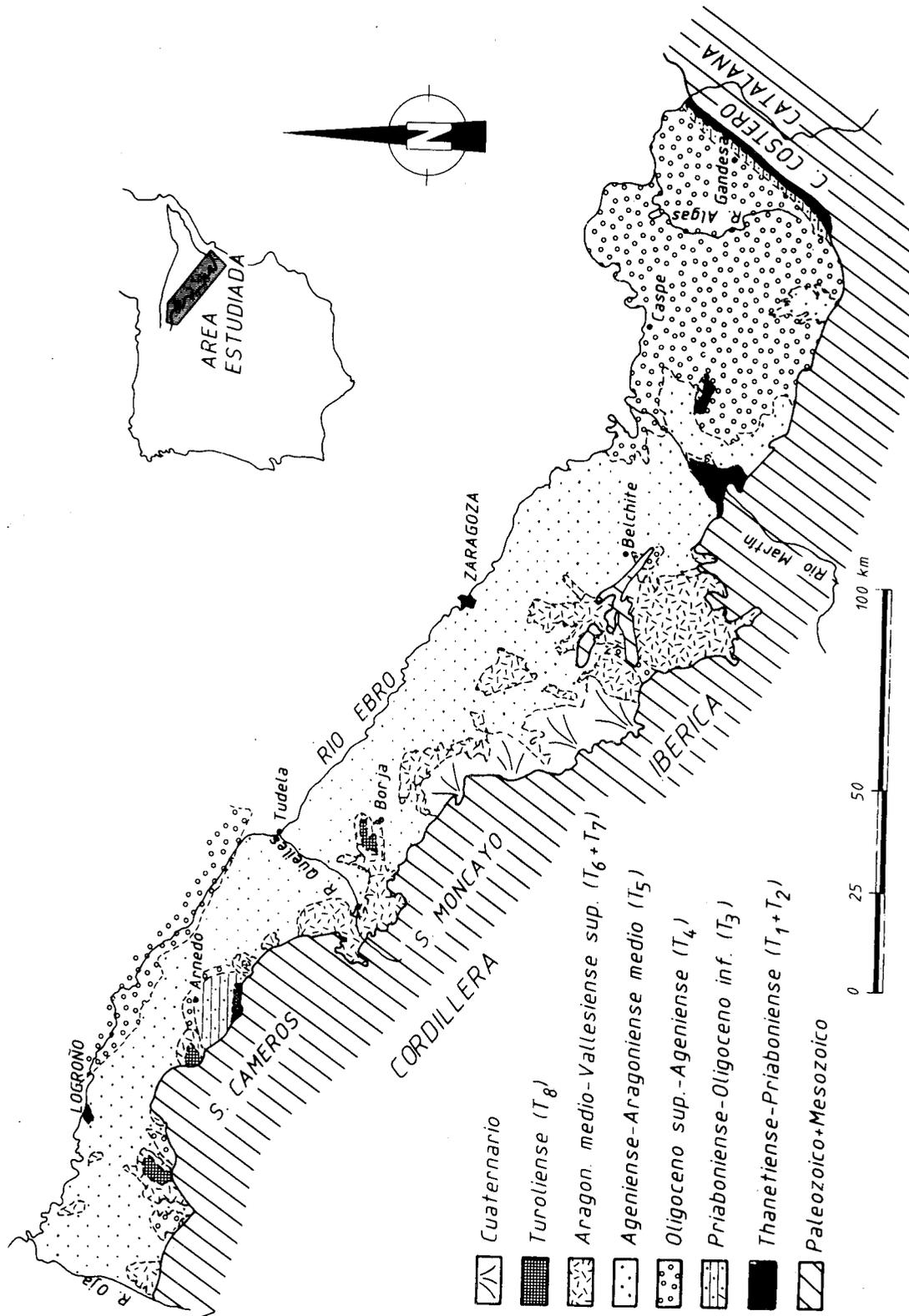


Figura 1.- Esquema de situación y cartografía de las Unidades Tectosedimentarias.

Figure 1.- Situation map and cartography of Tectosedimentary Units.

Paleógeno

Dentro de los sedimentos paleógenos se han identificado tres unidades genéticas (UTS), (Fig. 2) cuyas características y asignación cronoestratigráfica exponemos a continuación.

Thanetiense-Bartoniense (T1)

Se presenta en pequeños afloramientos aislados, situados en el dominio oriental de la región que nos ocupa, sectores de Albalate del Arzobispo y Puigmoreno, y en las proximidades del río Algas y de los anticlinales mesozoicos de Calanda y Andorra (Fig. 1).

Composición litológica y evolución:

Desde el punto de vista litológico (Fig. 2) está constituida fundamentalmente por lutitas de color rojo vino con intercalaciones de areniscas beige y calizas nodulosas, a veces intraclásticas, y localmente yesos (Puigmoreno y río Algas) o conglomerados (Aguilón). Presenta un espesor máximo de 200 m (Puigmoreno).

Su evolución, en general, se muestra poco definida, aunque en el margen catalán, fuera del área de estudio, se reconoce cíclica. Dentro del dominio investigado la unidad está afectada por lagunas de variable amplitud y diversa situación estratigráfica. Como resultado de ello, mientras en el sector de Albalate del Arzobispo se muestra ligeramente granocreciente, posiblemente por tratarse del techo de la unidad, en Puigmoreno es claramente granodecreciente, al aflorar tramos situados más hacia la base de la misma.

Límites:

A escala de afloramiento su límite inferior se manifiesta por una ruptura sedimentaria que, en la mayoría de los casos, viene dada por la brusca superposición de materiales detríticos rojos sobre los materiales carbonatados marinos infrayacentes. A realmente este límite constituye una discordancia cartográfica en la que los niveles basales de la unidad descansan sobre diferentes términos mesozoicos que van desde el Hettangiense al Senoniense. Localmente, en el área de Puigmoreno, la unidad se apoya directamente en discordancia angular sobre materiales paleozoicos (Fig. 2).

Cronoestratigrafía:

Pocos, y de escaso valor cronoestratigráfico, son los fósiles que se han encontrado en esta unidad dentro de nuestra zona de estudio. Hasta ahora solo se puede citar la presencia de *Vidaliella gerundensis*

en los niveles basales de la zona de Albalate del Arzobispo y la de *Maedleriella michelina* y *Peckichara varians*, bajo capas con *Vidaliella gerundensis*, hacia la base de la unidad, en Puigmoreno (Colombo, 1980, 1986 y González, 1989).

Fuera de esta zona, en el sector suroriental de la Depresión del Ebro, Colombo (op. cit) cita dentro de la unidad la existencia de *Dissostoma aff brauni*, *Vidaliella gerundensis*, *Maedleriella acumulata* y *Nitellopsis (Tectochara) thaleri* sp. en base a lo cual asigna a la unidad un intervalo cronoestratigráfico que abarca desde el Thanetiense hasta el Bartoniense.

Asimismo, y a reserva de confirmación, se atribuye a esta unidad los «materiales basales» con *Vidaliella* sp. y *Microcodium* que Pérez *et al.* (1985) señalan como parte de una escama de cabalgamiento en las proximidades de Aguilón, al sur de Zaragoza.

Bartoniense-Priaboniense (T2)

Se ha identificado esta unidad en los sectores occidental y oriental de la región de estudio (Figs. 1 y 2).

En el sector riojano aflora exclusivamente en la región comprendida entre los ríos Alhama y Cidacos, a lo largo de una franja adosada al margen septentrional de la Sierra de Cameros, al SSE de Arnedo.

Dentro del dominio oriental esta unidad aflora al ONO de Alcañiz, (proximidades de Albalate del Arzobispo y Puigmoreno), en el extremo más oriental de nuestra región como una banda adosada a los relieves mesozoicos de la Cordillera Costero Catalana, y de manera discontinua en las terminaciones periclinales de algunos de los anticlinales mesozoicos que limitan el margen ibérico de la depresión, como el de Calanda por ejemplo.

Composición litológica y evolución:

Litológicamente su composición no es homogénea. Así, en el sector riojano, que es donde mayor espesor se puede observar, está constituida por conglomerados poligénicos y areniscas anaranjadas que gradualmente hacia el NE pasan a una alternancia de areniscas y lutitas pardo anaranjadas. Su potencia máxima debe ser superior a los 700 m observados al SE de Arnedo (Fig. 2) donde, como en todo el dominio occidental, es imposible conocer el límite inferior de la unidad ya que ésta aparece siempre plegada y cabalgada por los materiales mesozoicos. La evolución vertical de los materiales aflorantes corresponde a una megasecuencia granocreciente integrada por tres macrosecuencias granocrecientes de potencia hectométrica separadas por netos saltos granulométricos.

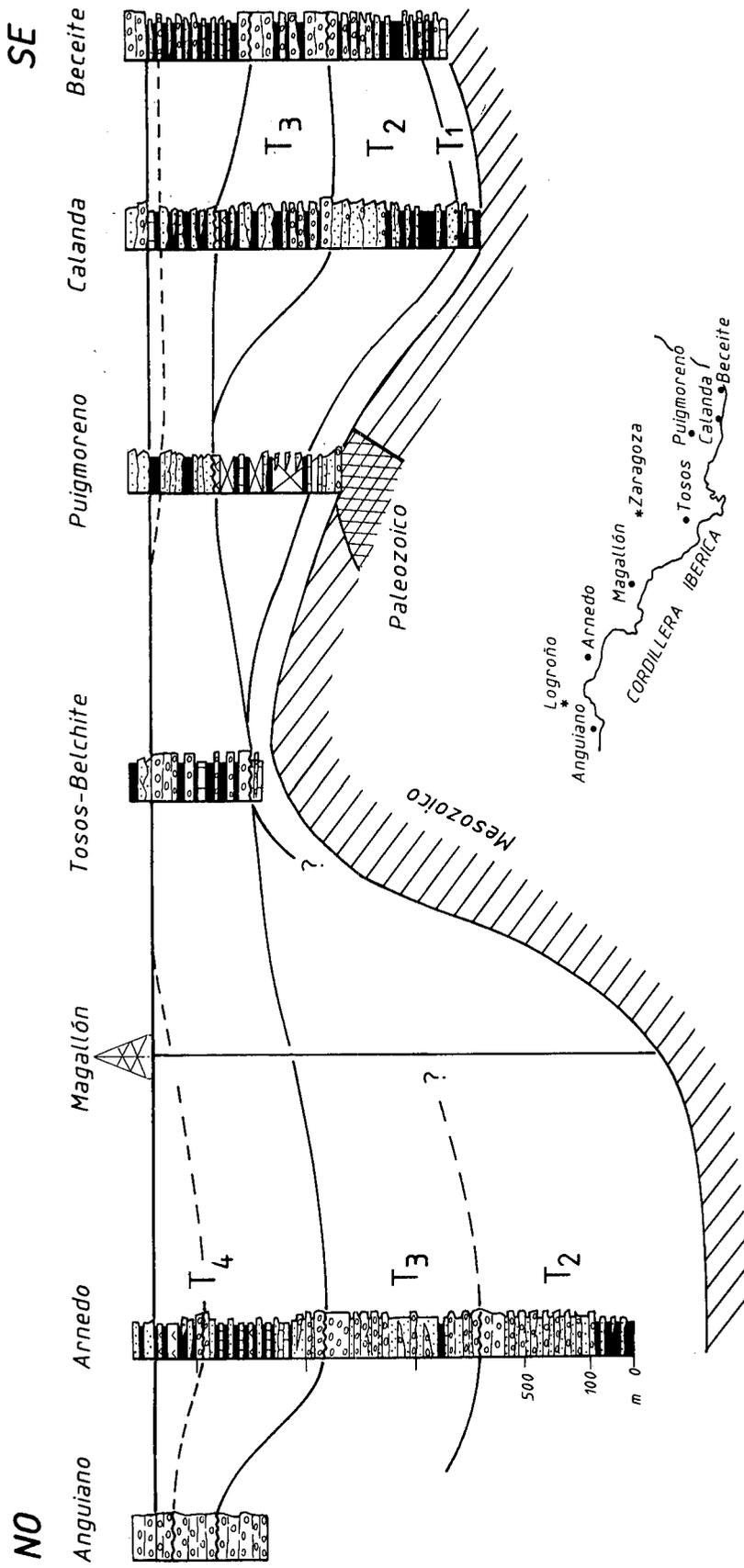


Figura 2.- Columnas estratigráficas sintéticas más representativas de las Unidades Tectosedimentarias paleógenas.

Figure 2.- Representative synthetic stratigraphic logs of the Palaeogene Tectosedimentary Units.

En el dominio oriental presenta una composición y desarrollo variables; así, en el sector de Albalate del Arzobispo, que es donde mayor espesor y desarrollo más completo se pueden observar, la unidad la componen tres tramos: inferior, constituido por una alternancia de conglomerados pardo rojizos, de clastos predominantemente silíceos bien seleccionados, lutitas rojas y areniscas beige; intermedio, de lutitas yesíferas rojas con intercalaciones de areniscas anaranjadas, y superior, compuesto por una alternancia de areniscas y lutitas anaranjadas, presentando en su conjunto la unidad una evolución cíclica (granodecreciente-granocreciente) y un espesor de 630 m. En Puigmoreno, donde sólo se observan 400 m, la unidad, que está parcialmente erosionada, está constituida por una sucesión de evolución granodecreciente que se inicia por una alternancia de areniscas rojas y beige y lutitas rojas que verticalmente pasa a lutitas con intercalaciones de calizas beige y de yesos. Hacia el extremo oriental de nuestra zona las lutitas, de tonos rojos y anaranjados, se hacen dominantes, presentando intercalaciones de areniscas y conglomerados de clastos calcáreos de baja selección, los cuales son más frecuentes hacia los extremos superior e inferior de la serie, lo que le confiere una evolución vertical ligeramente cíclica (granodecreciente-granocreciente). Aquí el espesor observado es de 250 m.

Límites:

El límite inferior de la unidad solo se puede observar en el sector oriental. Allí la unidad descansa en aparente concordancia sobre la unidad inferior, marcando el límite entre ambas una ruptura sedimentaria que se identifica por un salto granulométrico brusco, ocasionalmente acompañado de una inversión en la tendencia evolutiva vertical. Localmente (sector de Albalate del Arzobispo) este límite constituye una discordancia cartográfica, descansando la unidad sobre diferentes términos subyacentes que van desde los materiales de la unidad terciaria precedente hasta los de la Fm. Utrillas.

Cronoestratigrafía:

Dentro de nuestra zona de estudio solo se ha reconocido la presencia de *Gyrogona caelata*, *Mædleriella mangeloti* y *Psilochara* sp. que Anadón *et al.* (1981) citan en Puigmoreno, en unos niveles coincidentes con la parte alta del hem ciclo inferior de la unidad, a los que asignan una edad Luteciense-Auverniense.

González (1989) asigna a esta unidad una edad Eoceno superior (Bartoniense-Priaboniense) al establecer la correlación de la UTS T2 con unos materia-

les del margen catalán de la depresión que Ferrer (1971) atribuye al Bartoniense-Priaboniense alto en base a *Nummulites perforatus*, *Alveolina fragilis*, *Nummulites striatus*, *Truncorotaloides rhorii* (sp. aff.), *Nummulites praefaviani* y *Globigerinopsis semiinvoluta*. Colombo (1986) les asigna la misma edad a partir de la siguiente lista faunística: *Dissostoma* aff. *munia*, *Ischurostema formosum* var. *minutum*, *mædleriella* sp., *Nitellopsis thaleri*, *Nitellopsis major* sp., *Harrisichara* sp. y *Harrisichara* cf. *vasiformis*.

Priaboniense-Oligoceno inferior (T3)

Es en el sector occidental donde esta unidad aflora más ampliamente. Allí, se reconoce en el valle del río Cidacos, constituyendo la casi totalidad de la depresión del Arnedo, y también en la zona de intersección del río Najerilla con la sierra de la Demanda, en los alrededores de Anguiano, donde aflora a lo largo de una estrecha franja cabalgada por las estribaciones más nororientales de la Sierra de La Demanda. Así mismo se ha identificado en la zona adosada al margen catalán de la depresión, en el extremo suroccidental de la región que nos ocupa (Figs. 1 y 2).

Composición litológica y evolución:

En las zonas marginales de la depresión de Arnedo la unidad está constituida por conglomerados pardos y pardorrojizos, de clastos fundamentalmente silíceos, con intercalaciones de areniscas rojo-vinoso que hacia las zonas más centrales (N y NE) pasan a areniscas rojo anaranjadas con intercalaciones de conglomerados y lutitas pardo-rojizas. Su potencia en esta zona llega a superar los 1000 m (O de Arnedo). En los alrededores de Anguiano la unidad está integrada por unos conglomerados poligénicos pardo grisáceos. En el sector oriental la unidad está formada por conglomerados grises de clastos calcáreos, mal seleccionados, con intercalaciones ocasionales de lutitas arenosas y lutitas de tonos rojos y anaranjados, constituyendo una sucesión de unos 150 m.

En donde la unidad se puede observar más completa, entre los ríos Algas y Matarraña y al N de la depresión de Arnedo, la sucesión se ordena según una evolución vertical cíclica granodecreciente-granocreciente. En esta última región el hem ciclo superior está integrado al menos por tres macrosecuencias granocrecientes de potencia hectométrica. En el sector meridional de la depresión de Arnedo solo se pueden observar de forma parcial los niveles basales de la unidad, siendo difícil establecer allí su evolución vertical, pero la disposición geométrica en onlap que las capas presentan hace suponer una evolución vertical granodecreciente (Fig. 2).

Límites:

En el sector occidental el límite con la unidad anterior es una ruptura sedimentaria del tipo 1, según la nomenclatura de González *et al.* (1988), que se manifiesta desde un cambio en la evolución secuencial en los dominios septentrionales de la depresión de Arnedo, hasta una discordancia angular al E de Gatún (SE de Arnedo), pasando por un abanico de capas abierto hacia el N (entre Gatún y Peña Isasa) en el que aparecen implicadas esta unidad y la inmediata anterior. Litológicamente, en este sector la ruptura viene caracterizada por la aparición de conglomerados masivos y poco cementados, de clastos fundamentalmente silíceos, sobre los conglomerados poligénicos, cementados y bien estratificados de la unidad anterior. En el sector oriental su límite inferior no es bien conocido. No obstante, según González (1989) este límite es correlacionable con la discordancia sintectónica de San Miguel de Montclar, que Colombo (1980) cita en dominios más al E de nuestra zona de estudio, dentro de la región catalana, y en la que están implicados materiales que según González (*op. cit.*), son correlativos de esta unidad y de la subyacente.

Cronoestratigrafía:

Hasta el momento no se ha encontrado ningún resto fósil dentro de nuestra región, por lo que para su asignación cronoestratigráfica nos basaremos en las correlaciones que se han podido establecer con los materiales de áreas vecinas en las que sí se han encontrado restos que permiten establecer dataciones. Así, en función de la identidad en la evolución secuencial y en la tipología de las rupturas limitantes, y teniendo en cuenta la asignación cronoestratigráfica de las unidades que la enmarcan, podemos establecer la correlación de esta unidad con la UTS T3 que Pérez (1989) ha definido en la cubeta de Montalbán. Según este autor, en dicha unidad el yacimiento de vertebrados de edad Stampiense, dado a conocer por Fallot y Bataller (1927) y posteriormente revisado por Crusafont (1965), se sitúa en los niveles superiores del hem ciclo inferior granodecreciente. Por otra parte González (1989) correlaciona los materiales de esta unidad con otros situados más al NE, en el sector del margen catalán de la cuenca del Ebro, y a los que Anadón *et al.* (1987) y Crusafont *et al.* (1971), en base a los yacimientos de Rocafort de Queralt, San Cugat de Gavadons, Calaf 6, 7, 8, 13 y 14, Tárrega y Ciutadilla atribuyen una edad Priaboniense alto-Oligoceno inferior, edad que González (*op. cit.*) asume para la unidad que nos ocupa.

Transición Paleógeno-Neógeno

Tras las unidades paleogénas, los siguientes materiales corresponden a un intervalo cronoestratigráfi-

co que queda comprendido entre la parte final del Oligoceno y el inicio del Mioceno, los cuales se agrupan en una nueva unidad.

Oligoceno superior-Ageniense (T4)

Esta unidad se presenta de forma más o menos continua a lo largo de toda nuestra región, siendo en el dominio oriental donde ofrece mayor superficie y continuidad de afloramientos, ya que cubre la casi totalidad del mismo; mientras que en los dominios central y occidental se presenta en afloramientos de menor extensión, generalmente desconectados (Fig. 1). Así, en el sector central la unidad aparece de forma discontinua a lo largo de los ríos Huerva y Aguasvivas adosada a los paleorelieves jurásicos, y en el dominio occidental aflora con escasa continuidad lateral en una serie de sectores entre los que sobresalen, por su mayor extensión, la banda situada al NE de la depresión de Arnedo, la del área de Alcanadre, y las secciones de los ríos Iregua y Najerilla.

Composición litológica y evolución:

En cuanto a composición y evolución esta unidad resulta un tanto problemática debido a que presenta a la vez una gran variabilidad litológica y una mayor complejidad evolutiva.

La unidad está constituida principalmente por conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y yesos, cuya importancia relativa y distribución areal y vertical está condicionada por su mayor o menor proximidad al margen mesozoico.

Los conglomerados son principalmente calcáreos en los sectores occidental y oriental, a excepción del área de Albalate del Arzobispo donde son silíceos, y mayoritariamente poligénicos en el sector central. Las areniscas presentan preferentemente tonos amarillos anaranjados, aunque localmente (sector occidental) pueden ofrecer tintes rojizos y violeta. Las lutitas muestran por lo general tonos rojizos y rojizos asalmonados sin que sean extraños los tonos blanquecinos, grises y versicolores. Las calizas, por lo general con escaso desarrollo, son mayoritariamente de tonos blancos, a veces rosáceos y beige, y localmente, en el sector occidental, pueden presentar nódulos de sílex. Los yesos son blancos, nodulosos en los sectores central y oriental, y con nódulos de sílex en el sector occidental, donde a veces pueden estar acompañados de glauberita, anhidrita y halita.

Estas litologías se organizan verticalmente en sucesiones de evolución más o menos compleja según los dominios, pero uniforme dentro de cada uno de ellos (Fig. 2). Así, en el sector oriental el desarrollo

más completo de la unidad, integra una evolución secuencial constituida por un ciclo granodecreciente-granocreciente al que sucede, tras un salto granulométrico que en el anticlinal de Calanda se manifiesta como discordancia local, una secuencia con evolución vertical no bien definida, en ocasiones granocreciente. La unidad presenta un espesor máximo superior a los 430 m (E de Caspe). En algunos puntos de este sector solo se observa una evolución cíclica (área de Albalate del Arzobispo) pero en estos casos no se tiene la seguridad de que la unidad esté completa. En el sector central, donde su evolución es la más sencilla, la unidad alcanza los 600 m y posee una evolución cíclica granodecreciente-granocreciente. Por último, la evolución más compleja corresponde al sector occidental en donde la unidad, que presenta un espesor comprendido entre los 575 m de Autol y los 195 de Anguiano, está formada por dos ciclos sucesivos de evolución granodecreciente-granocreciente, separados por una ruptura que se manifiesta como discordancia angular en los alrededores de Anguiano, como discordancia progresiva, con el abanico de capas abierto hacia el SO al N de Anguiano y SO de Baños de Río Tobía, y como suave biselamiento del ciclo inferior por el superior en el río Iregua. En todos los casos se pasa lateralmente a continuidad, y cuando esto ocurre la ruptura viene dada por el cambio de signo, de granocreciente a granodecreciente, en la evolución secuencial. Todos estos hechos son de gran importancia, ya que tal ruptura permite la definición en este sector occidental de dos unidades análogas a las infrayacentes diferenciadas hasta el momento. Su presencia en el sector riojano plantea la problemática, todavía no resuelta, de su identificación en los otros sectores, y de momento preferimos considerarla como una «ruptura tectónica local», según la nomenclatura de Garrido-Megías (1982).

Límites:

De forma general para toda la región, su límite inferior se corresponde con una ruptura sedimentaria del tipo 1, según la nomenclatura de González *et al.* (1988), tal como lo demuestran los siguientes hechos:

Dentro del sector oriental, en el margen catalán la unidad se articula con la inmediata anterior mediante una discordancia sintectónica. En el margen ibérico y en Puigmoreno este límite se reconoce de forma general por una discordancia angular, descansando la base de la unidad sobre diversos términos subyacentes que van desde el Jurásico a la unidad terciaria anterior. En el sector central también su límite inferior descansa en discordancia angular sobre sedimentos mesozoicos (Jurásico y Cretácico) y terciarios, estos últimos pertenecientes a los «materiales basales» de Pérez *et al.* (1985), que en principio hemos incluido en nuestra primera unidad paleógena. Dentro

del sector occidental el límite inferior viene señalado por un cambio de signo en la evolución secuencial, paso de granocreciente a granodecreciente, correlativo de una discordancia angular visible al E de Préjano y con una discordancia sintectónica que se puede observar en Anguiano, en la que están implicadas esta unidad y la anterior. Localmente la ruptura que nos señala este límite inferior viene acompañada de un salto granulométrico y por la superposición de conglomerados grises, estratificados, de cantos calcáreos angulosos, sobre conglomerados pardos, masivos, de clastos silíceos redondeados.

Cronoestratigrafía:

A diferencia de la pobreza fosilífera de las unidades anteriores, a lo largo de esta unidad se han localizado un importante número de yacimientos que a continuación vamos a reseñar, y que van a permitir una asignación cronoestratigráfica de mayor precisión que las hasta ahora realizadas.

Con este fin vamos a citar, en el orden estratigráfico relativo más exacto que nuestra información nos permite (Fig. 3), los diferentes yacimientos hasta ahora conocidos. Para ello tomaremos como referencia las diferentes y sucesivas megasecuencias que en cada sector constituyen la totalidad de la unidad.

Así, en el margen catalán de la depresión, en un área externa a nuestra zona de estudio, pero en unos niveles perfectamente correlativos con el hem ciclo inferior granodecreciente de nuestro sector oriental, Cabrera (1983) cita el yacimiento de Gandesa cuya fauna más característica es: *Eucricetodon huberi* (SCHAUB), *Pseudocricetodon montalbanensis* THALER, *Eomys zittelli* (SCHLOSSER), *Gliravus* aff. *tennis* BAHLO, *Archaeomys* (A.) *major* SCHLOSSER e *Issiodoromys* aff. *minor* (SCHLOSSER). Este mismo autor cita el yacimiento de Torre del Compte en los niveles que marcan la inflexión en la tendencia evolutiva de granodecreciente a granocreciente, y el de Mina del Pilar-3 en los niveles próximos a dicha zona de inflexión. Estos yacimientos están situados en las proximidades del margen ibérico y Mequinenza respectivamente, y su contenido biológico es: *Eucricetodon* aff. *huberi* (SCHAUB), *Eucricetodon* aff. *dubius* (SCHAUB), *Pseudocricetodon* aff. *montalbanensis* THALER, *Eomys major* FREUDENBERG y *Plesiosminthus* aff. *promyarion* SCHAUB en el de Torre del Compte, y *Eucricetodon* aff. *huberi* (SCHAUB), *Eucricetodon* aff. *dubius* (SCHAUB), *Pseudocricetodon* sp., *Eomys* aff. *major* FREUDENBERG, *Gliravus* aff. *tennis* BAHLO y *Microdyromys praemurinus* (FREUDENBERG) en el de Mina.

También en el área de Mequinenza pero hacia la parte superior del hem ciclo granocreciente de la

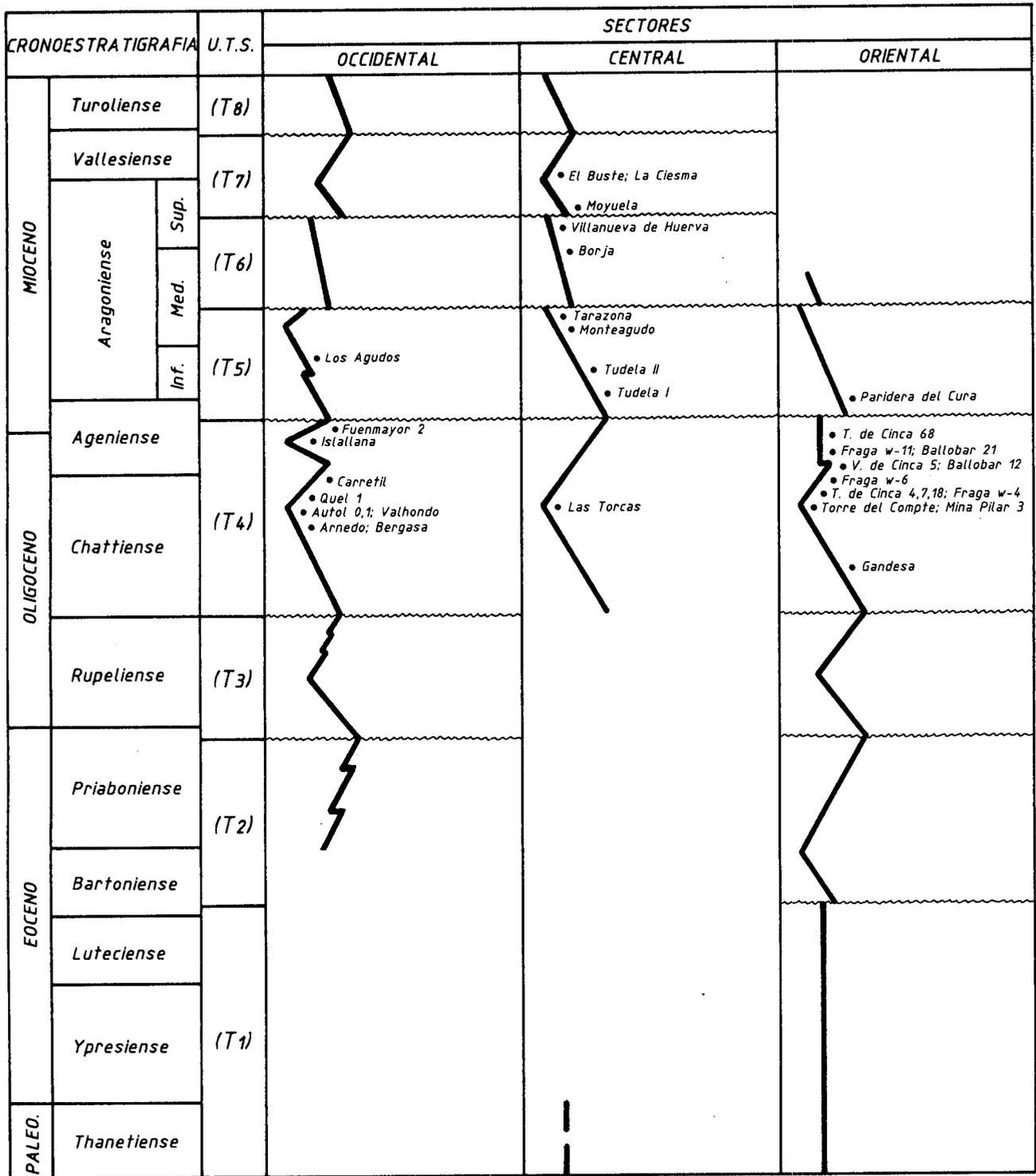


Figura 3.- Evolución secuencial de las Unidades Tectosedimentarias y localización estratigráfica de los yacimientos de vertebrados de la zona estudiada.

Figure 3.- Sequential evolution of the Tectosedimentary Units and stratigraphic location of the vertebrate sites in the studied area.

unidad (Fig. 3), Cabrera (*op. cit.*) señala los yacimientos de Fraga W-4, Fraga W-6, Fraga W-7, Torrente de Cinca 4, Torrente de Cinca 7, Torrente de Cinca 18, Velilla de Cinca 5 y Ballobar 12; con una asociación en la que destacan la presencia de *Eucricetodon* sp. (grupo *praecursor-collatus*), *Eucricetodon* nova sp. (línea *dubius*), *Eomys* aff. *major*, *Eucricetodon huerzeleri* VIANEY-LIAUD, *Issiodoromys psedanoema* GERVATS, *Rhodanomys* nova sp., *Peridyromys murinus* (POMEL), *Miodyromys* nova sp. Por último, en la megasecuencia final sin evolución vertical definida con que culmina la unidad, el mismo autor y en la misma área da a conocer los yacimientos de Fraga W-11, Ballobar 21 y Torrente de Cinca 68, (Fig. 3) con una asociación caracterizada por la presencia de *Rhodanomys* nova sp., *Miodyromis* nova sp., *Rhodanomys schlosseri* DEPERET y DOUXAMI y *Peridyromis murinus* (POMEL).

En el sector central solo se conoce el yacimiento de Las Torcas (Pérez *et al.*, 1985) que está situado en los niveles carbonatados que marcan el final del hemicycle inferior granodecreciente y el inicio del hemicycle superior granocreciente. En este yacimiento se ha identificado la presencia de *Adelomiarion vireti* e *Issiodoromys* sp.

En el sector riojano la unidad presenta, como ya se ha dicho, una evolución vertical más compleja, habiéndose citado también un importante número de yacimientos cuya relación ordenada, de acuerdo con su situación estratigráfica relativa, pasamos a exponer a continuación.

El yacimiento más inferior de la unidad es el de Arnedo, dado a conocer por Muñoz (1991), el cual se sitúa en el hemicycle granodecreciente del ciclo inferior de la unidad (Fig. 3), conteniendo la siguiente asociación faunística: *Rhodanomys transiens*, *Peridyromys murinus*, *Ebromys* cf. *autolensis*, *Plesiosminthus schaubi*, *Pseudodryomys simplicidens*, *Cricetidae* indet., *Cainotheriidae* indet., *Insectivora* indet. (*Soricidae*). Casi al mismo nivel estratigráfico, pero algo por encima, se sitúa el de Bergasa (Alvarez-Sierra *et al.*, 1987 y Alvarez-Sierra, 1987) con un contenido faunístico en el que se han identificado: *Issiodoromys pseudanoema*, *Eucricetodon collatus*, *Peridyromys murinus*, *Microdyromys*, *Ebromys*, *Rhodanomys transiens*, *Pseudootheridomys schaubi*, *Plesiosminthus* y *Sciurinae*. A continuación, siguiendo en la megasecuencia más inferior, se encuentra Autol-0 (Muñoz, 1991) que ha suministrado ejemplares de *Rhodanomys* sp., *Ebromys autolensis*, *Armanatomy*, *Peridyromys murinus* y *Pseudodryomys ibericus/aljaphi*. En niveles estratigráficamente equivalentes están los yacimientos de Autol-1 conteniendo restos de *Ebromys autolensis*, *Peridyromys murinus*, *Pseudodryomys aljaphi*, *Rhodanomys schlosseri*, *Pseudo-*

theridomys parvulus, *Heteroxerus paulhiacensis*, *Sciurus* sp., *Eucricetodon collatum*, *Adelomyarion* sp., *Plesiosminthus myarion* e *Issiodoromys* sp.; estudiado por Cuenca (1983 y 1985), Alvarez-Sierra *et al.* (1987), Martínez-Salanova (1987) y Agustí *et al.* (1988), y el yacimiento de Valhondo con una fauna de *Peridyromys*, *Pseudodryomys*, *Rhodanomys*, *Sciuridae* indet. y *Ochotonidae* indet., según Cuenca (1983 y 1985).

Ya situados en el hemicycle granocreciente del ciclo inferior hay que citar los yacimientos Quel-1 y Carretil (Fig. 3). El primero fué dado a conocer con una asociación inicial integrada por *Plesiosminthus myarion*, *Eucricetodon* cf. *gerandianus*, *Ritteneria molinae* y *Ebromys autolensis* (Alvarez-Sierra *et al.*, 1987; Alvarez-Sierra, 1987, y Martínez-Salanova, 1987), que ha sido posteriormente fijada en las siguientes especies: *Quercomys bijmai*, *Plesiosminthus myarion*, *Heteroxerus lavocati*, *Peridyromys murinus*, *Pseudodryomys ibericus*, *Ebromys autolensis*, *Ritteneria molinae* y *Eucricetodon hespericus* (Lacomba y Martínez-Salanova, 1988). El segundo, estratigráficamente más alto, se definió inicialmente (Cuenca, 1983 y 1985) con una fauna de *Peridyromys*, *Pseudodryomys*, *Rhodanomys*, *Pseudootheridomys* y *Ritteneria* en la que posteriormente se propuso incluir *Ritteneria manca* (Alvarez-Sierra *et al.*, 1987 y Alvarez-Sierra, 1987), hecho que ha sido descartado admitiendo, sin embargo, la presencia de *Ritteneria molinae* (Cuenca, com. per.).

Otros dos yacimientos son los únicos hasta ahora conocidos en el ciclo superior. El más bajo, Isallana, situado en los niveles correspondientes a la inflexión en la tendencia evolutiva del ciclo (Fig. 3), fue dado a conocer por Muñoz (1991). En un estudio preliminar se encontró una fauna de *Rhodanomys schlosseri*, *Peridyromys murinus* y *Quercomys* cf. *bijmai*, posteriormente ampliada (Cuenca, com. per.) con la siguiente asociación: *Pseudodryomys simplicidens*, *Peridyromys murinus*, *Glirudinus modestus*, *Ritteneria molinae*, *Ritteneria manca*, *Pseudootheridomys* aff. *fejfari*, *Pseudootheridomys* indet. e *Insectivora* indet. (*Soricidae*). El segundo, Fuenmayor-2, ya está situado en el hemicycle granocreciente del ciclo superior. En él se ha citado una asociación faunística con *Peratherium* sp., *Crocidosorex* cf. *thauensis*, *Myotis* sp., *Heteroxerus* sp., *Palaeosciurus* aff. *fissurae*, *Peridyromys murinus*, *Pseudodryomys simplicidens*, *Pseudodryomys ibericus*, *Praearmantomys* sp., *Ebromys bacchius*, *Gliridae* indet., *Ritteneria manca*, *Eucricetodon gerandianus*, *Eucricetodon* cf. *cetinensis*, *Piezodus* aff. *tomerdingensis*, *Herpestides* cf. *antiquus* y *Caenotherium* sp. (Martínez-Salanova, 1987) y una asociación solo de roedores con *Quercomys bijmai*, *Heteroxerus* sp., *Peridyromys murinus*, *Pseudodryomys simplicidens*, *Pseudodryomys ibericus*, *Ebromys bacchius*, *Ritteneria molinae*, *Eucricetodon gerandianus* y *Eucricetodon* cf. *cetinensis* (Lacomba y Martínez-Salanova, 1988).

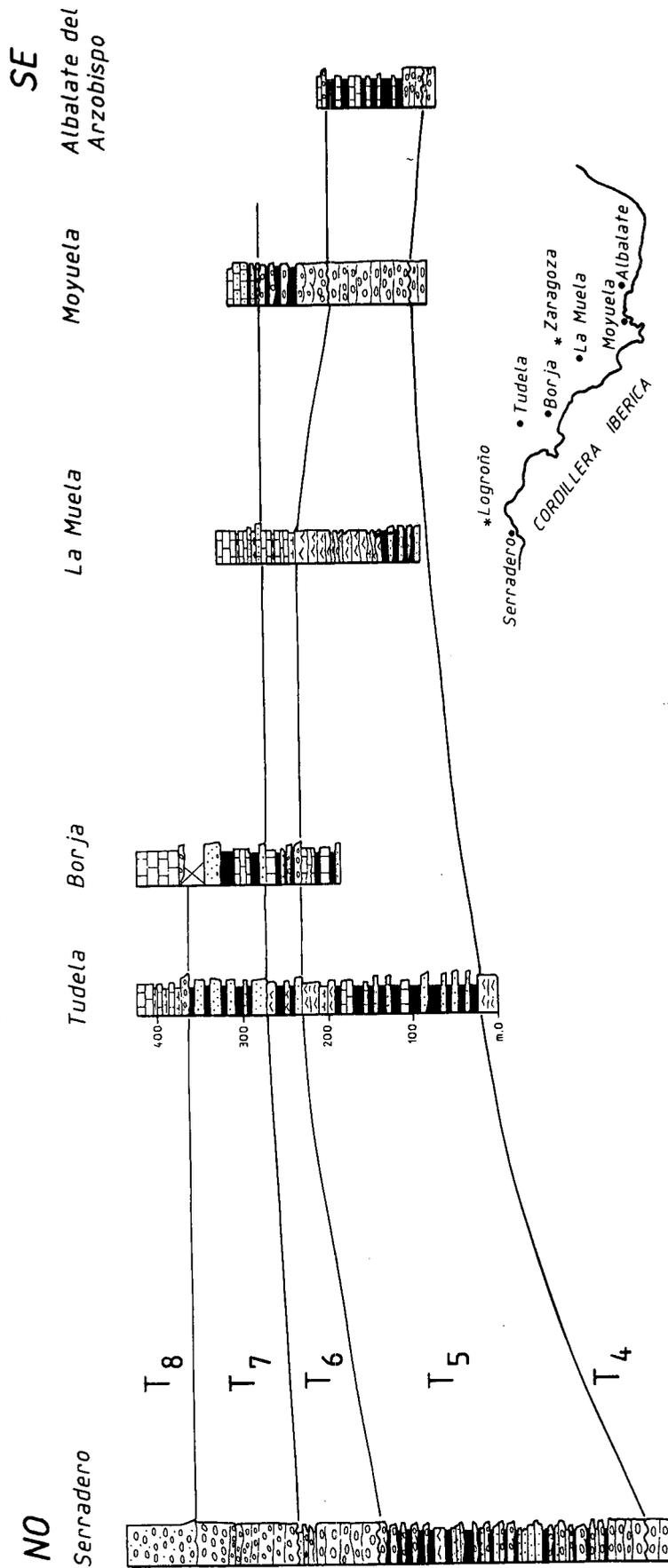


Figura 4.- Columnas estratigráficas sintéticas más representativas de las Unidades Tectosedimentarias neógenas.
 Figure 4.- Representative synthetic stratigraphic logs of the Neogene Tectosedimentary Units.

No vamos a hacer una discusión pormenorizada acerca de la asignación cronoestratigráfica de los diferentes yacimientos y tramos correspondientes, ya que además de resultar altamente tediosa muy posiblemente no llegaríamos a resultados muy clarificadores. De hecho, la asignación cronoestratigráfica de los diferentes yacimientos citados, varía a veces con los diferentes autores que los han estudiado, o incluso para un mismo autor con la fecha de su estudio, tal como señala Muñoz (1991) para el sector riojano; de manera que una asociación faunística determinada no conlleva una única asignación cronoestratigráfica. Por ello preferimos solo dejar constancia de la ordenación estratigráfica relativa de los diferentes yacimientos, así como de su contenido biológico, a fin de que cada lector pueda sacar sus propias conclusiones. No obstante, y a fin de fijar los límites del intervalo cronoestratigráfico que cubre la unidad centraremos nuestra consideración en los yacimientos más extremos, los de Gandesa y Arnedo para el límite inferior, y los de Torrente de Cinca 68 y Fuenmayor-2 para el límite superior.

La fauna del yacimiento de Gandesa (Cabrera, 1983) permite datar el hem ciclo inferior de la unidad como Oligoceno superior bajo (nivel paleomastológico referencial de Antoingt). Por otro lado el límite más bajo atribuible a la fauna de Arnedo podría situarse en el nivel referencial de Coderet, biozona MN 0 de Mein (1975), lo cual confirma la edad Oligoceno superior para la base de la unidad.

En cuanto al límite superior, González (1989) lo sitúa para el sector oriental en el Oligoceno superior-base del Mioceno, en base a que la fauna del yacimiento de Torrente de Cinca 68 es atribuible al nivel paleomastológico de Paulhiac (MN1 de Mein, 1975). Sin embargo, en el sector occidental las faunas del yacimiento de Fuenmayor-2 nos sitúan el hem ciclo granocreciente del ciclo superior en el Ageniense (MN2 de Mein, 1975) lo cual es compatible con los datos del sector oriental y amplía la posible extensión vertical de la unidad. Por todo ello, y teniendo en cuenta que el límite inferior de la siguiente unidad, como veremos más adelante, se localiza próximo a la biozona MN-2b de Mein (1975), situamos el límite superior de la unidad en el Ageniense (intra MN-2). Por lo tanto el intervalo cronoestratigráfico atribuible a esta unidad será Oligoceno superior (nivel de Antoingt)-Mioceno inferior (Ageniense, intra MN-2).

Neógeno

En los sedimentos neógenos se han identificado hasta cuatro unidades, con las siguientes características y asignación cronoestratigráfica.

Ageniense-Aragoniense medio (T5)

Esta unidad es la que mayor superficie de afloramiento presenta dentro del área de estudio (Fig. 1). Sus materiales se extienden de forma casi continua desde el río Oja (límite occidental de nuestro estudio) hasta sectores situados más al E del río Martín, prolongándose, ya en afloramientos aislados, hasta los dominios más orientales (sectores de Belmonte y proximidades del río Algas).

Composición litológica y evolución:

La unidad está principalmente constituida por sedimentos detríticos, conglomerados, areniscas y lutitas, aunque también incluye carbonatos y evaporitas. De forma análoga a como ocurre en la unidad anterior, todos estos materiales presentan una distribución areal y una importancia relativa que es consecuencia de la mayor o menor lejanía a las alineaciones montañosas que limitan la cuenca.

Por lo que respecta a los sedimentos detríticos, los conglomerados son predominantemente calcáreos y de tonos grises en el sector oriental, poligénicos y de tonos marrones en el dominio central y mayoritariamente silíceos, pardo rojizos, en las áreas occidentales. Las areniscas presentan preferentemente tonos anaranjados y amarillos. En cuanto a las lutitas, son mayoritariamente de tonos rojizos más o menos anaranjados o asalmonados. Los sedimentos químicos presentan un desarrollo de menor importancia (Fig. 4), están constituidos por calizas de tonos beige en el sector oriental y de tonos grises en los otros sectores. Los yesos normalmente son blancos, nodulosos, a veces alabastrinos, pudiendo presentar en el sector central tonos rojizos y nódulos de sílex.

Atendiendo a su evolución, encontramos que en el sector riojano, los materiales que la constituyen se organizan en una secuencia cíclica asimétrica, con un hem ciclo inferior granodecreciente y un hem ciclo superior granocreciente de escasa representación. En este sector la unidad puede alcanzar espesores superiores a los 800 m (área de Nájera). En los otros sectores, la unidad presenta una evolución granodecreciente y espesores comprendidos entre los 150 y 170 m (Fig. 4). Esta discrepancia en la evolución secuencial es atribuible al diferente contexto geodinámico del sector riojano, donde la compresión se prolonga al menos hasta el Vallesiense (Muñoz, 1991 y Muñoz *et al.*, en este volumen), frente a lo que sucede en los restantes sectores del margen Sur de la cuenca, donde la compresión se da por terminada en el Aragoniense medio.

	MUÑOZ (1991)	RIBA (1955)	PEREZ-LORENTE (1987)	ITGE (1990a,b,c y d)	ORTEGA Y PEREZ-LORENTE (1984)	IGME (1976: 1977a,b,c y d; 1978a y b; 1979 y 1982)
Turolense (T8)	A8	Facies de Sanfundejo	Conglomerado del Serradero Tramo del Colonado	UTS 5	Conglomerado de Yerga	Bc Tcg c 12 Fm. Yerga
Aragoniense sup. Valesiense sup. (T7)	A7		Brecha de los Gamello. Capas de Daroca	U T S 4		Ba-Bc Tcg c 11 Fm. Alfarero
Aragoniense med. Aragoniense sup. (T6)	A6	Facies de Haro	Conglo. de Ponzó Niveles de Valdeña	UTS 3		Ba-Bc Tcg c 11 Fm. Cascante Fm. Fitero
Ageniense Aragoniense med. (T5)	A5		Niveles de Valdeña			Ba-Bc Tcg c 11 Fm. Cascante Fm. Fitero
Oligoceno sup. Ageniense (T4)	A4		Fm. de Nájera	UTS 2	Yesos de Los Arcos	Ba Tcg c 11-12 Fm. Alfarero
	A3	Facies de Nájera	Niveles de Valdeña		Fm. de Aulol	Ba Tcg c 11 Fm. Cascante Fm. Fitero
Priaboniense Oligoceno inf. (T3)	A2		Brecha de los Gamellones	UTS 1	Conglomerado de Quel	Ba Tcg c 11 Fm. Cascante Fm. Fitero
Bartoniense Priaboniense (T2)	A1				Conglomerado de Yerga	Ba Tcg c 11 Fm. Cascante Fm. Fitero
Thanetiense Bartoniense (T1)					Fm. de Annedo	Ba Tcg c 11 Fm. Cascante Fm. Fitero

Figure 5.- Equivalencias entre las Unidades Tectosedimentarias y los conjuntos cartográficos definidos en el sector occidental de la Cuenca del Ebro.
Figure 5.- Equivalences between the Tectosedimentary Units and the cartographic units established in the western sector of the Ebro Basin.

Límites:

El límite inferior responde a una ruptura de tipo 1 de González *et al.* (*op. cit.*) que se manifiesta bien como discordancia angular, apoyándose esta unidad directamente sobre materiales que van desde el Mesozoico hasta el Terciario de la unidad anterior, bien como discordancia sintectónica (sectores de Puigmoreno y N de Viguera, entre otros), o bien como un cambio de signo o salto granulométrico en la evolución vertical cuando la unidad se apoya en aparente continuidad y concordancia con la unidad inmediatamente anterior.

Cronoestratigrafía:

Dentro de esta unidad se han identificado los siguientes yacimientos paleontológicos:

- En el sector oriental (Fig. 3) se conoce el de Paridera del Cura, situado hacia la parte inferior de la unidad y que contiene una fauna caracterizada por la presencia de *Peridyromys murinus*, *Pseudodryomys ibericus*, *Praerematomys* sp., *Ritteneria manca* y *Eucricetodon* sp. (Cuenca *et al.*, 1989) en base a la cual ha sido atribuido al Mioceno inferior (MN 2b de Mein, 1975).
- Dentro del dominio central se conocen cuatro yacimientos situados estratigráficamente en el siguiente orden: en la mitad inferior los de Tudela I y Tudela II; en la mitad superior los de Monteagudo y Tarazona de Aragón (Fig. 3).

El Tudela I (Crusafont *et al.*, 1966) está caracterizado por la presencia de *Paleochoerus meisneri* que indica, según estos autores, una edad de Aquitanienense. En Tudela II (Crusafont *et al.*, *op. cit.*) han sido descritas formas de *Bracyodus onoideus* DEPERET, *Dicerorhinus tagicus* ROMAN y cocodrilo indet., siendo datado como Burdigaliense.

De los yacimientos superiores, el yacimiento de Monteagudo, estudiado por Ruiz de Gaona *et al.* (1946), presenta una asociación formada por *Ceratorhinus sansaniensis* LARTET; *Ceratorhinus* sp.; *Anchiterum aurelianense* CUVIER; *Listriodon splendens* MEYER var. *major* ROMAN; *Palaeomeryx Kampi* MEYER; *Mastodon augustidens* CUVIER, que ha sido atribuido al Vindoboniense.

En los niveles que marcan el techo de la unidad se sitúa el de Tarazona de Aragón (Valdes *et al.*, 1986), en el que citan formas pertenecientes a *Heteroxerus rubricati*, *Heteroxerus* sp., *Armantomys aragonensis*, *Pseudodyromys ibericus*, *Microdyromys koenigswaldi*, *Megacricetodon collongensis*, *Fahlbuschia koenigswaldi*, *Fahlbuschia* sp. y *Lagopsis peñai*, en base a las cuales se incluye dentro del grupo de faunas con *Hispa-*

notherium, característico del Aragoniense medio (zona D o MN 4).

- Por lo que al sector occidental se refiere, podemos citar el yacimiento de los Agudos (Cuenca, 1983 y 1985, Martínez Salanova, 1987) ubicado hacia los niveles más altos del hemicycle inferior de la unidad en esta zona. Su contenido faunístico no ha sido dado a conocer hasta ahora, incluyéndolo Martínez Salanova (*op. cit.*) en la biozona de *Peridoromys murinus* con *Pseudodromys ibericus* (biozonas Z y A de Daams y Van Der Meulen, 1984).

A la vista de estos datos, y teniendo en cuenta la correlación que Pérez (1989) establece entre los materiales de la unidad que nos ocupa con los de la UTS T5 de la cubeta de Montalbán, en donde la abundancia de yacimientos permite una buena asignación cronoestratigráfica, pensamos que esta unidad se puede datar como Ageniense (MN-2)-Aragoniense medio (intra MN-4).

Aragoniense medio-Aragoniense superior (T6)

Esta unidad está presente en los sectores central y occidental (Fig. 1). En el primero de ellos se extiende por la casi totalidad del mismo, a excepción de la región de Cariñena donde queda cubierta por un amplio glacis cuaternario. Es una de las unidades que integran los relieves de las «muelas» (Muela de Borja, La Muela, La Plana de Zaragoza y Plana de Valmadrid) que tan buena representación tienen en los dominios más septentrionales del sector. Dentro del sector occidental se reconocen de forma individualizada en la margen derecha del río Iregua, en el Serradero y en puntos aislados al S de Logroño y NO de Nájera, así como formando parte, junto con otras unidades más altas, de una serie de afloramientos compresivos de varias unidades en las sierras de Yerga, Cabi Monteros, Montes de Suso y zonas de contacto de las Sierras de la Demanda y Cameros con la Cuenca del Ebro.

Composición litológica y evolución:

Los materiales que constituyen esta unidad son litológicamente similares a los de las unidades precedentes.

Los conglomerados, en el sector central (zonas de Tarazona de Aragón y Azuara), son poligénicos, de cantos calizos, cuarcíticos y areniscosos, de muy angulosos a redondeados; mientras que en el sector occidental están constituidos mayoritariamente por clastos redondeados de naturaleza silíceo, que ocasionalmente intercalan otros clastos angulosos calcáreos de tonos grises. Las lutitas y areniscas son

	PEREZ et al. (1988, 1989)	IGME (1977d) CASTIELLA et al. (1978)	QUIRANTES (1969 y 1978)	ITGE (1989a, b y c)	ITGE (1991)
Turoliense (T8)	N4	T ^{Bc} T ^{cg} c12			
Aragoniense sup. Vallesiense sup. (T7)	N3	T ^{Bc} T ^{c11-12}		55, 31, 16	69
Aragoniense med. Aragoniense sup. (T6)	N2	Fm. Fitero T ^{Bb-Bc} T ^{c11-12} Yesos de Monteagudo Fm. Alfaró Fm. Cascante Fm. Tudela	Fm. Longares Fm. Alcubierre Fm. Zaragoza	30, 14, 15 29, 13 54, 28, 12	66 65 63 64
Ageniense Aragoniense med. (T5)	N1	Fm. Lerín		26, 11 27, 10 25, 9	61 60
Oligoceno sup. Ageniense (T4)					
Priaboniense Oligoceno inf. (T3)					
Bartoniense Priaboniense (T2)					
Thanetiense Bartoniense (T1)				24	54

Figura 6.- Equivalencias entre las Unidades Tectosedimentarias y los conjuntos cartográficos definidos en el sector central de la Cuenca del Ebro.
Figure 6.- Equivalences between the Tectosedimentary Units and the cartographic units established in the central sector of the Ebro Basin.

mayoritariamente de tonos rojizos o rojo-anaranjados, siendo las areniscas por lo general de grano grueso.

Estas facies detríticas se distribuyen espacialmente según un esquema granodecreciente desde el margen ibérico hacia el N.

Las facies químicas, que solo están presentes en el sector central, muestran variaciones litológicas que merecen señalarse. Así, en las zonas de La Muela y La Plana de Zaragoza, la unidad está representada exclusivamente por calizas blancas y margas blanco-verdosas, con microfacies mayoritariamente de biomicritas e intramicritas, presentando laminación paralela, a veces convolucionada, y laminación cruzada. Más hacia el NO, en la zona de Borja, se observa un paso de materiales detríticos a calizas blancas y lutitas carbonatadas grises. Las calizas presentan geometría tabular o en montículos, con microfacies de micritas o biomicritas y abundantes restos de gasterópodos y charáceas, frecuentemente nodulizadas y bioturbadas por raíces. Asimismo, al E. de Borja, entre las facies lutítico-carbonatadas, afloran niveles de yeso alabastrino con desarrollo de nódulos de sílex blanco.

Las litofacies mencionadas se ordenan en toda la región estudiada según una megasecuencia vertical granodecreciente (Fig. 4), oscilando su espesor entre los 40 m (mínimo espesor del sector central) y los 115 m (potencia máxima del sector occidental).

Límites:

El límite inferior en el sector central viene generalmente marcado por una discordancia angular, apoyándose esta unidad sobre diferentes términos inferiores, desde el Paleozoico hasta el Terciario; no obstante, cuando se presenta en aparente continuidad sobre la unidad terciaria anterior, su límite viene dado, a escala regional, por un salto en la evolución secuencial que se manifiesta por la superposición neta de litofacies lutíticas y carbonatadas sobre los yesos terminales de la unidad infrayacente.

En el sector occidental el límite inferior lo constituye una ruptura sedimentaria de tipo 1, reconocible como discordancia sintectónica en la margen derecha del río Najerilla (al N. de Ledesma de la Cogolla) y como cambio de signo en la evolución secuencial, paso de granocreciente a granodecreciente, en el resto del sector.

Cronoestratigrafía:

En esta unidad se sitúan los yacimientos de Borja (Pérez, 1989) y Villanueva de Huerva (Pérez *et al.*, 1985), (Fig. 3).

El primero de ellos, situado hacia la parte media de la unidad, presenta restos correspondientes a roedores de la familia Cricetidae tales como *Fahlbuschia* cf. *darocensis* y *Cricetodon*. Tal asociación es atribuida al Aragoniense medio (Zona MN5 o F) o Aragoniense superior (Zona MN6 o F/G).

El de Villanueva de Huerva, situado en las proximidades del límite superior de la unidad, presenta formas de micro y macromamíferos. La fauna determinada es: *Megacricetodon crusafonti*, Gliridae indet., *Heteroxerus* sp. y *Micromerys fluorensianus*. El resto de la fauna lo constituyen insectívoros y quelonios indeterminados. La fauna citada, caracterizada por la presencia de *Megacricetodon crusafonti*, permite datar este yacimiento como Aragoniense superior (Zona MN6 o MN7). Recientemente Cuenca *et al.* (1992) estudia este mismo yacimiento y admite la presencia de *Megacricetodon collongensi*.

De acuerdo con estos datos, y teniendo en cuenta los límites de la unidad anterior, se propone para esta unidad una edad Aragoniense medio (intra MN4)-Aragoniense superior (MN7).

Aragoniense superior-Vallesiense superior (T7)

Aflora esta unidad prácticamente en las mismas áreas de la unidad anterior, pues a excepción de los afloramientos antes señalados al S de Logroño y NO de Nájera, donde está ausente, para el resto de la región sus afloramientos son geográficamente coincidentes.

Composición litológica y evolución:

Litológicamente muestra una composición variable según el sector. Así, en el central, está constituida casi exclusivamente por calizas, calcarenitas y areniscas amarillas, con escasas intercalaciones de lutitas carbonatadas y muy ocasionalmente de conglomerados. En los afloramientos de La Muela y La Plana de Zaragoza se inicia, al menos localmente, con areniscas y calcarenitas, aunque la facies dominante corresponde a micritas y biomicritas con abundantes restos de gasterópodos y charáceas. Estas calizas se presentan con estratificación paralela, nodulosa o irregular; a veces se reconoce geometría de montículos y es frecuente el desarrollo de una intensa bioturbación por raíces. En la Muela de Borja, lateralmente y alternando con las facies calcáreas aparecen arenas amarillas y blancas en cuerpos canaliformes y con estratificación cruzada; finalmente, en los afloramientos adosados al margen ibérico de este sector (región de Moyuela), encontramos que sobre unos conglomerados basales, la unidad presenta una sucesión de biocalcarenititas y biocalcarruditas amarillas

con abundantes fragmentos de gasterópodos (*Potamides*), en las que se encuentran abundantes estructuras tales como ripples de oscilación, dunas simétricas y estratificación cruzada "hummocky" entre otras.

En el sector occidental la unidad está formada por conglomerados grises y gris-anaranjados de clastos calcáreos angulosos y subangulosos y conglomerados ocreos de clastos silíceos subredondeados, localizándose los primeros junto al margen ibérico mientras los segundos alcanzan posiciones más distales.

El espesor de esta unidad varía entre los 45 m de potencia media del sector central y los 90-100 del sector occidental (Fig. 4).

La unidad presenta una evolución cíclica granodecreciente-granocreciente con un desarrollo asimétrico en el sector central, donde el hemiciclo inferior presenta escaso espesor.

Límites:

Su límite inferior viene dado por una ruptura tipo 3 de González *et al.* (1988) que se manifiesta como discordancia angular en varios puntos del sector occidental (margen derecha del río Najerilla, SSO de Castro Viejo y NE de Viguera) y en la región de Moyuela dentro del sector central, mientras que en resto de la región, donde la unidad se presenta en concordancia con la inmediata subyacente, es un salto granulométrico neto quien nos marca la ruptura limitante inferior.

Cronoestratigrafía:

Dentro de esta unidad se conocen tres yacimientos, el de Moyuela (Pérez, 1989) y los de La Ciesma y El Buste (Azanza, 1986), estos últimos en la región de Tarazona de Aragón (Fig. 3).

El yacimiento de Moyuela (S de Zaragoza) se sitúa prácticamente en la base de la unidad en dicha región. En él se ha identificado la siguiente fauna: Molar M3 izquierdo de *Megacricetodon* cf. *minor*, molar M3 superior de *Cricetodon* sp., molar M2 inferior de *Fahlbuschia* cf. *darocensis*, fálange de Lagomorfo Ochonidae, metápodo y fálange de *Caenotherium* y molar de *Gomphotherium*, que permiten atribuirlo al Aragoniense superior (biozona MN6 a 8).

Los yacimientos de La Ciesma y El Buste (Azanza, 1986) se sitúan hacia la parte inferior del hemiciclo superior granocreciente de la unidad, habiéndose citado la siguiente fauna: La Ciesma: *Listrodon splendens*, *Gomphotherium augustidens*, *Palaeomeryx* cf. *magnus*, Bovidae indet. cf. *Caprotragoides*, *His-*

panomeryx aragoniensis nov. sp., *Conohyus ebroensis* nov. sp. y restos de Rhinocerotidae. Posteriormente Azanza *et al.* (1988) han encontrado en este yacimiento nuevos niveles con faunas de micromamíferos tales como: Gliridae cf. *Myomimus dehmi* y *Progonomys* sp. característicos del límite Aragoniense-Vallesiense. En el El Buste se cita la presencia de *Aceratherium* cf. *simorreense* y *Conohyus ebroensis*.

A partir de estos datos, y dada la situación del yacimiento de Moyuela (base de la unidad), creemos que se puede situar el límite inferior de la unidad en el Aragoniense superior (intra-biozona G) posiblemente en una situación equivalente a la biozona MN7. En cuanto a su límite superior hemos de tener en cuenta que se sitúa por encima de la última fauna hallada en La Ciesma, la cual es característica del límite Aragoniense-Vallesiense, pero no podemos dar ningún dato objetivo acerca de la edad de este límite; salvo, como señala Pérez (1989), admitir la posible correlación de nuestra unidad con la unidad T7 que Villena *et al.* (1987) diferencian en al región de Daroca-Retascón, en la que se incluyen los yacimientos de vertebrados de Nombrevilla, Pedregueras y Fuentes, que permiten a dichos autores asignar al límite superior de esa unidad T7 una posible edad Vallesiense superior, y hacerlo corresponder con la ruptura de tal edad que López Martínez *et al.* (1987) citan en dicha cubeta de Daroca.

En resumen, por nuestra parte proponemos una edad Aragoniense superior-Vallesiense superior para la unidad que nos ocupa.

Tuoliense (T8)

Pocos son los afloramientos existentes de esta unidad (Fig. 1). En el sector central solo se reconoce en la parte superior de la Muela de Borja. En el sector de La Rioja se reconoce de forma individualizada coronando los Sierras de Yerga, Cabi Monteros y Serradero e intergrada en una serie comprensiva, junto con las dos unidades estratigráficas inmediatamente inferiores, en unos pequeños afloramientos sobre la franja de contacto entre la Cuenca del Ebro y la Sierra de Cameros.

Composición litológica y evolución:

En la Muela de Borja está constituida por unos niveles detríticos basales (conglomerados granosostenidos y areniscas) a los que suceden una serie de calizas grises y marrones de aspecto masivo, cuyas microfácies corresponden a unas texturas oncolíticas «Grainstone» o «Packstone». Los oncolitos están formados por algas azules-verdes de los tipos *Calothrix/Dichotrix*, *Phormidium/Schizothrix*, y, a veces, secciones de *Rivularia*.

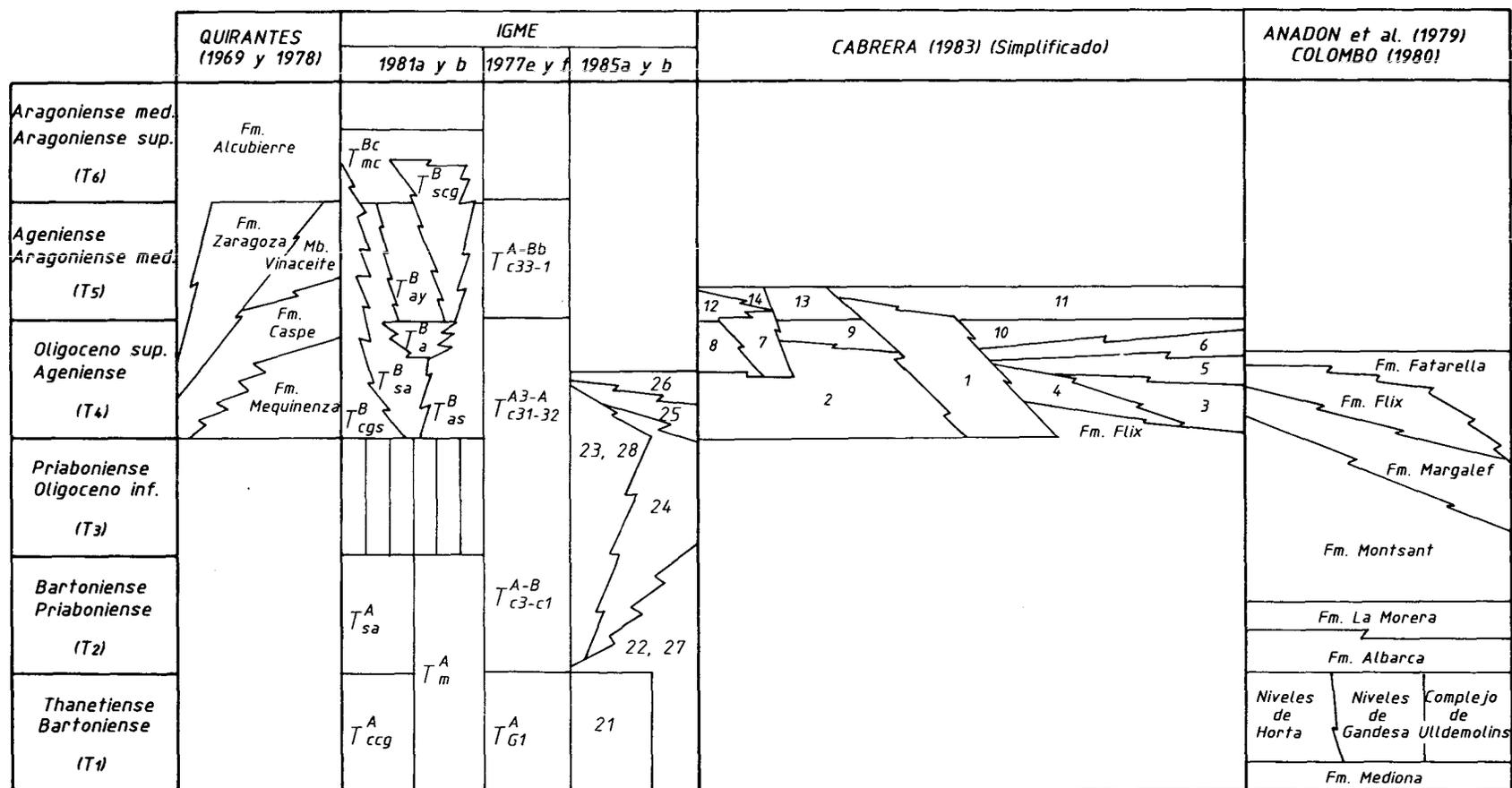


Figura 7.- Equivalencias entre las Unidades Tectosedimentarias y los conjuntos cartográficos definidos en el sector oriental de la Cuenca del Ebro. La numeración que aparece en la columna de Cabrera (1983) corresponde a las siguientes unidades estratigráficas: 1 Fm. Caspe, 2 Tramo de Ráfales, 3 Unidad de Mequinenza, 4 Unidad de la Granja d'Escarp, 5 Unidad de la Cuesta de Fraga, 6 Unidad de Torrente de Cinca, 7 Unidad de La Codoñera, 8 Unidad de Escatrón, 9 Unidad de La Portellada, 10 Unidad del Llano de Cardiel, 11 Unidad de Bujaraloz, 12 Unidad del Llano de la Chumilla, 13 Tramo de Fórnoles y 14 Unidad de Vinaceite.

Figure 7.- Equivalences between the Tectosedimentary Units and the cartographic units established in the eastern sector of the Ebro Basin. The numeration that appears in the column from Cabrera (1983) corresponds to following stratigraphic units: 1 Caspe Fm., 2 Ráfales Section, 3 Mequinenza Unit, 4 Granja d'Escarp Unit, 5 Cuesta de Fraga Unit, 6 Torrente de Cinca Unit, 7 La Codoñera Unit, 8 Escatrón Unit, 9 La Portellada Unit, 10 Llano de Cardiel Unit, 11 Bujaraloz Unit, 12 Llano de la Chumilla Unit, 13 Fórnoles Section and 14 Vinaceite Unit.

En el sector riojano la unidad está compuesta por conglomerados rojizos de clastos mayoritariamente silíceos (más del 95%) y redondeados, careciendo por lo general de cemento.

La unidad presenta una evolución granodecreciente, con espesores que varían entre los 50-60 m en la Muela de Borja hasta más de 170 m en el sector occidental (Fig. 4).

Límites:

El límite inferior viene dado por lo general por un cambio en la evolución secuencial, paso de granocreciente a granodecreciente, acompañado a veces de un salto granulométrico (área de Borja), e incluso en algunos puntos (Sierra de Yerga) se puede apreciar una superficie erosiva que marca la existencia de una suave discordancia angular con respecto a la unidad anterior (T7). Pero el hecho quizás más importante, en cuanto a este límite inferior, es que tanto en la zona de Yerga como de Serradero la unidad fosiliza, mediante un dispositivo geométrico en *onlap*, el frente de cabalgamiento de la Sierra de Cameros. En estas zonas, este accidente superpone los materiales mesozoicos del borde N de la Sierra sobre la unidad terciaria anterior.

Cronoestratigrafía:

No se conoce por el momento en la región que nos ocupa ningún yacimiento que permita dar alguna información sobre la cronología de esta unidad. Por comparación con la serie terciaria que Villena *et al.* (*op. cit.*) dan en la cuenca de Daroca-Calamocha es posible establecer una correlación con la unidad T8 de aquella región, dada su similar posición estratigráfica, y en base a ello Pérez (1989) asigna a la unidad que nos ocupa una edad Turoliense.

EQUIVALENCIAS

Es evidente que dentro del conjunto de las unidades genéticas diferenciadas quedan englobadas las numerosas divisiones litoestratigráficas, cartográficas, etc., que se han venido estableciendo en los materiales terciarios de los diferentes sectores del margen Sur de la Cuenca del Ebro, y que son además las que se pueden encontrar en la literatura geológica usual. Por ello, y a fin de facilitar la identificación de nuestras unidades a partir de la información existente, hemos establecido las equivalencias de las mismas con las principales divisiones hasta ahora utilizadas en los distintos sectores de la zona de estudio, equivalencias que de forma esquemática se sintetizan en las figuras 5, 6 y 7.

CONCLUSIONES

La caracterización de las unidades genéticas (UTS) en el borde Sur de la Cuenca del Ebro mediante la aplicación de la metodología del análisis tectosedimentario, nos ha permitido cartografiar y por tanto conocer la extensión areal de cada una de ellas. Ello permite que en el momento actual se pueda disponer de unas divisiones cronoestratigráficas de los materiales terciarios, válida al menos para todo el ámbito estudiado, cosa que hasta el presente no se había realizado.

La edad respectiva de cada una de estas unidades es: Thanetiense-Bartoniense, Bartoniense-Priaboniense, Priaboniense-Oligoceno inferior, Oligoceno superior-Ageniense, Ageniense-Aragoniense medio, Aragoniense medio-Aragoniense superior, Aragoniense superior-Vallesiense superior y Turoliense.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo subvencionado por los proyectos PB89-0342 y PB89-0344 de la DGICYT. Las críticas y comentarios de dos revisores anónimos han contribuido a mejorar este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- AGUSTI, J., CABRERA, L., ANADON, P. y ARBIOL, S., 1988: A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain): A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.*, 18(2): 81-97.
- ALVAREZ-SIERRA, M.A., 1987: Estudio sistemático y bioestratigráfico de los Eomyidae (Rodentia) del Oligoceno superior y Mioceno inferior español. *Scripta Geologica*, 86: 1-207.
- ALVAREZ-SIERRA, M.A., DAAMS, R., LACOMBA, J.I., LOPEZ-MARTINEZ, N. y SACRISTAN-MARTIN, M.A., 1987: Succession of micromammal faunas in the Oligocene of Spain. *Munchner Geowiss. Abh. (A)*, 10: 43-48.
- ANADON, P., CABRERA, L., COLOMBO, F., MARZO, M. y RIBA, O., 1981: Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borjas Blancas. (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona). *Junta de Energía Nuclear*. Inédito.
- ANADON, P., COLOMBO, F., ESTEBAN, M., MARZO, M., ROBLES, S., SANTANACH, P. y SOLE SUGRAÑES, L., 1979: Evolución tectonoestratigráfica de los Calalánides. *Acta Geológica Hispánica*, 14:242-270.
- ANADON, P. y FEIST, M., 1981: Charophites et biostratigraphie du Paleogene du bassin de l' Ebre oriental. *Paleontographica*, 178 Abt. B:143-168.
- ANADON MONZON, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, LL. y HARTENBERGER, J.L., 1987: Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontologia i Evolució*, 21: 117-131.

- AZANZA, B., 1986: Estudio geológico y paleontológico del Mioceno del sector oeste de la comarca de Borja. *Cuadernos de Estudios Borjanos*, 17-18: 63-126.
- AZANZA, B., CANUDO, I. y CUENCA, G., 1988: Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). *II Congreso Geológico de España. Comunicaciones*. Vol 1: 261-264. Granada.
- BOTELLA, F., 1877: Apuntes paleogeográficos. España y sus antiguos mares. *Bol. Soc. Geogr.*, II: 161.
- CABRERA, L., 1983: *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligoceno-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 443 pp.
- CASTIELLA, J., SOLE, J. y DEL VALLE, J., 1978: *Memoria explicativa del Mapa Geológico de Navarra*. Diputación Foral de Navarra, Dir. Obras Públicas, Servicio Geológico (no publicada).
- COLOMBO, F., 1980: *Estratigrafía y sedimentología del Terciario inferior continental de las Catalánides*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 608 pp.
- COLOMBO, F., 1986: Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno continental del borde meridional occidental de los Catalánides (provincia de Tarragona. España). *Cuadernos Geología. Ibérica*, 10:55-115.
- CRUSAFONT, M., 1965: Zur Obergrenze des Villafranchiums in Spanien. *Ber. Geol. Ges. DDR. Band 10*, 1: 108 pp.
- CRUSAFONT, M., GOLPE, J.M., GIBERT, J. y THALER, L., 1971: El yacimiento sanoisiense de Calaf tres cuartos de siglo después. *Paleontología y Evolución*, 3: 72-74.
- CRUSAFONT, M., TRUYOLS, J. y RIBA, O., 1966: Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja. *Notas y Comunicaciones del I.G.M.E.*, 90: 53-76.
- CUENCA, G., 1983: Nuevo yacimiento de vertebrados del Mioceno inferior del borde meridional de la Cuenca del Ebro. *Estudios Geológicos*, 39: 217-224.
- CUENCA, G., 1985: *Los roedores (Mammalia) del Mioceno inferior de Autol (La Rioja)*. Ed. Instituto de Estudios Riojanos, Ciencias de la Tierra, 2. 96 pp.
- CUENCA, G., AZANZA, B., CANUDO, J.I. y FUERTES, V., 1989: Los mamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6:75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., ANDRES, J. A. y LAPLANA, C., 1992: Los mamíferos del Aragoniense (Mioceno medio) de la Cuenca del Ebro (España). *III Congreso Geológico de España. Simposios*, 2: 77-87.
- DAAMS, R. y VANDER MEULEN, A. J., 1984: Paleoenviromental and paleoclimatic interpretation of micromammal faunal successions in the Upper Oligocene and Miocene of North central Spain. *Paleobiol. Continent.*, 14, 2: 241-257.
- FALLOT, P. y BATALIER, J. R., 1927: Itinerario geológico a través del Bajo Aragón y el Maestrazgo. *Mem. Real. Acad. Ciencias y Artes de Barcelona*. Vol XX, nº 8: 143. 7 lams., 1 corte geol.
- FERRER, J., 1971: El Paleoceno y Eoceno del borde suroriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suisses de Paleont.*, 90: 1-70.
- GARRIDO-MEGIAS, A., 1973: *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central (provincias de Huesca y Lérida)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 395 pp.
- GARRIDO-MEGIAS, A., 1982: Introducción al análisis tectosedimentario: aplicación al estudio dinámico de cuencas. *Actas V Congreso Latinoamericano de Geología*, 385-402. Argentina.
- GONZALEZ, A., 1982: *Estudio estratigráfico y sedimentológico del Terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. Teruel)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Zaragoza. 199 pp.
- GONZALEZ, A., 1989: *Análisis tectosedimentario del Terciario del borde SE de la Depresión del Ebro (sector bajoaragonés) y cubetas ibéricas marginales*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 507 pp. 2 vols.
- GONZALEZ, A., PARDO, G. y VILLENA, J., 1988: El análisis tectosedimentario como instrumento de correlación entre cuencas. *II Congreso Geológico de España. Simposios*: 175-184. Granada.
- GONZALEZ, A., PARDO, G. y VILLENA, J., 1991: Análisis Tectosedimentario del Terciario de la cubeta de Berge (Provincia de Teruel). *Revista Sociedad Geológica España*. 4 (3-4): 361-369.
- IGME, 1976: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 204 (*Logroño*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1977a: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 243 (*Calahorra*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1977b: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 205 (*Lodosa*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1977c: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 244 (*Alfaro*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1977d: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 320 (*Tarazona*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1977e: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 494 (*Calanda*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1977f: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 495 (*Castelserás*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1978a: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 240 (*Ezcaray*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1978b: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 169 (*Casalarreina*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1979: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 170 (*Haro*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1981a: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 476 (*Muniesa*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1981b: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 468 (*Albalate del Arzobispo*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1982: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 281 (*Cervera del Río Alhama*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- IGME, 1985a: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 496 (*Horta de San Juan*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.

- IGME, 1985b: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 521 (*Beceite*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE, 1990a: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 202 (*Santo Domingo de La Calzada*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE, 1990b: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 203 (*Nájera*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE, 1990c: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 241 (*Anguiano*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE, 1990d: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 242 (*Munilla*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE, 1990e: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 439 (*Azuara*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE, 1990f: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 440 (*Belchite*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE, 1990g: Mapa Geológico de España. Escala 1: 50.000. 2ª serie. nº 466 (*Moyuela*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- ITGE, 1991: Mapa Geológico de España. Escala 1: 200.000. Hoja nº 40 (*Daroca*). Serv. Publ. Ministerio de Industria. Madrid.
- LACOMBA, J.I. y MARTINEZ-SALANOVA, J., 1988: *Quercomys Bijmai* Gen. Nov. Sp. Nov. (Gliridae, Rodentia, Mammalia) del tránsito Oligoceno-Mioceno español. *Estudios Geológicos*, 44: 107-118.
- LOPEZ-MARTINEZ, N., AGUSTI, J., CABRERA, L., CALVO, J.P., CIVIS, J., CORROCHANO, A., DAAMS, R., DIAZ, M., ELIZAGA, E., HOYOS, M., MARTINEZ, J., MORALES, J., PORTERO, J.M., ROBLES, F., SANTISTEBAN, C. y TORRES, T., 1987: Approach to the Spanish continental Neogene syntheses and paleoclimatic interpretation. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hung.*, 70: 383-391.
- MARTINEZ-SALANOVA, J., 1987: *Estudio Paleontológico de los micromamíferos del Mioceno inferior de Fuenmayor (La Rioja)* Ed. Instituto de Estudios Riojanos. Ciencias de la Tierra (Paleontología), 10. 99 pp.
- MEIN, P., 1975: Resultats du Groupe de Travail des vertebres. *Report on activity of the RCMNS Working Group*: 77-81. Bratislava.
- MUÑOZ, A., 1991: *Análisis Tectosedimentario del Terciario del sector Occidental de la Cuenca del Ebro. (Comunidad de La Rioja)*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 496 pp.
- ORTEGA, A. y PEREZ-LORENTE, F., 1984: El Terciario en la Depresión de Arnedo. *Berceo*, 2: 99-113.
- PARDO, G., VILLENA, J. y GONZALEZ, A., 1989: Contribución a los conceptos y a la aplicación del análisis tectosedimentario. Rupturas y unidades tectosedimentarias como fundamento de correlaciones estratigráficas. *Revista Sociedad Geológica España*, 2(3-4): 199-219.
- PEREZ, A., 1981: *Estudio estratigráfico y sedimentológico del Terciario de la Cuenca de Montalbán. (Prov. Teruel)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Zaragoza. 180 pp.
- PEREZ, A., 1989: *Estratigrafía y Sedimentología del Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (sector riojano-aragonés) y cubetas de Muniesa y Montalbán*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 474 pp. II Tomos.
- PEREZ, 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 Geológicos*, 41: 405-411.
- PEREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G. y VILLENA, J., 1989: Evolución de los sistemas lacustres del margen ibérico de la Depresión del Ebro (sectores central y occidental) durante el Mioceno. *Acta Geológica Hispánica*. 24: 243-257.
- PEREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y ARENAS, C., 1988: Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde ibérico de la Depresión del Ebro (sector central). In: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sánchez eds. *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la cuenca del Ebro*. pp 7-20. Guía Campo III Reunión Grupo Español de Trabajo PICG 219.
- PEREZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y GONZALEZ, A., 1983: Estratigrafía y Sedimentología del Paleógeno de la Cubeta de Montalbán (Prov. de Teruel, España). *Bol. R. Soc. Esp. Hª. Nat.*, 81(3-4): 197-223.
- PEREZ-LORENTE, F., 1987a: Geología del borde Norte del Sistema Ibérico entre los ríos Iregua y Najerilla. *La Rioja. Zúbia*, 5: 143-150.
- PEREZ-LORENTE, F., 1987b: La estructura del borde Norte de la Sierra de Cameros (La Rioja). *Boletín Geológico y Minero*, XCVIII-IV: 484-492.
- QUIRANTES, J., 1969-1978: *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Publ. Inst. Fernando el Católico. CSIC.: Zaragoza. 200 pp.
- RIBA, O., 1955a: Sobre la edad de los conglomerados terciarios del borde Norte de las Sierras de La Demanda y de Cameros. *Notas y Comunicaciones del I.G.M.E.*, 39: 39-50.
- RIBA, O., 1955b: Sur le type de sédimentation du Tertiaire de la partie-ouest du Bassin de l'Ebre. *Geol. Rundschau*, 43: 363-371. Stuttgart.
- RIBA, O., REGUANT, S. y VILLENA, J., 1983: Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la Cuenca terciaria del Ebro. *Libro Jubilar J.M. Ríos. Geología de España*, II: 131-159.
- RUIZDEGAONA, M., VILLALTA COMELLA, J.F. y CRUSAFONT PAIRO, M., 1946: El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra). *Notas y Comunicaciones del I.G.M.E.*, 16: 159-182. Madrid.
- VALDES, G.G., SESE, C. y ASTIBIA, H., 1986: Micromamíferos (Rodentia y Lagomorpha) del yacimiento del Mioceno medio de Tarazona de Aragón (Depresión del Ebro, Provincia de Zaragoza). *Estudios Geológicos*, 42: 41-49.
- VERA, J.A., 1989: División de Unidades Estratigráficas en el análisis de cuencas (Introducción). *Revista Sociedad Geológica España*, 2(3-4): 169-176.
- VILLENA, J., 1990: *Métodos actuales de análisis de cuencas: Análisis Tectosedimentario del Terciario continental de Aragón*. Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de Zaragoza. 35 pp.
- VILLENA, J., PEREZ, A., PARDO, G. y GONZALEZ, A., 1987: *Estudio sedimentológico del Terciario de la hoja de Daroca*. Docum. Complement. Memoria Mapa Geológico 1:200.000 hoja nº 40 *Daroca*. ITGE. 162 pp.