

## Análisis tectosedimentario del Terciario de la Depresión de Arnedo (Cuenca del Ebro, Prov. de La Rioja)\*

A. MUÑOZ, G. PARDO y J. VILLENA

Departamento de Estratigrafía. Universidad de Zaragoza.

### RESUMEN

El análisis tectosedimentario del Terciario de la Depresión de Arnedo ha permitido diferenciar seis U.T.S.

Los materiales estudiados responden a sistemas de abanicos aluviales, a veces asociados con áreas lacustres. De su evolución vertical se infieren aspectos de la tectónica regional.

*Palabras clave:* Análisis tectosedimentario. Sedimentación continental. Terciario. Depresión del Ebro.

### ABSTRACT

The tectosedimentary analysis of the Tertiary of the Arnedo Basin has allowed to differentiate six Tectosedimentary Units (T.S.U.).

The facies study and its sequential arrangement has permitted to establish a set of type-sequences, which can be interpreted as several processes related to different sectors of aluvial fans, locally associated to lacustrine areas.

From the vertical evolution of the materials, several regional tectonic events can be deduced. In Arnedo area five diastrophic maxima have been established. The first three ones are related with culmination of compressive phases and the two last ones with possibly distensive phases.

A correlation with the T.S.U. of other sectors of Iberian Range and Ebro Basin has been made from the study of the biostratigraphic data, the vertical evolution of T.S.U. and the geometric devices recognized on their limits.

*Key words:* Tectosedimentary analysis. Continental sedimentation. Tertiary. Ebro Basin.

### INTRODUCCIÓN

La Depresión de Arnedo (Cuenca del Ebro) se caracteriza por constituir un anticlinorio de forma elíptica de dirección WNW-ESE, formado por materiales terciarios, cuyo borde meridional está cabalgado por las estribaciones más orientales de la Sierra de Cameros (fig. 1).

Los diferentes estudios que se han ocupado del Terciario del margen norte de la Sierra de Cameros, pueden agruparse en función del enfoque dado al análisis estratigráfico:

Los primeros trabajos presentan una clara orientación cronoestratigráfica, entre ellos podemos señalar los de Richter (1930), Bommer (1954) y Riba (1955 a).

Un segundo grupo, sin obviar los problemas de datación, se orienta hacia el establecimiento de unidades separadas por límites naturales, fundamentalmente discordancias y niveles guía; aquí podemos destacar los de Riba (1964), Crusafont *et al.* (1966) y Gonzalo (1981).

Finalmente, existe otro conjunto de trabajos que hacen especial énfasis en el establecimiento de unidades litoestratigráficas: Riba (1955 b), IGME (1977 y 1982) y Ortega y Pérez-Lorente (1984), son exponentes de ellos.

Es de destacar la ausencia de estudios sedimentológicos de detalle para el área estudiada.

### ESTRATIGRAFÍA

Como base del presente trabajo, se ha realizado un estudio estratigráfico de detalle aplicando la metodología

\* Trabajo realizado dentro del proyecto nº 0826-84 subvencionado por la CAICYT.

del análisis tectosedimentario, el cual nos ha permitido definir un conjunto de 6 Unidades Tectosedimentarias (U.T.S.) en el sentido de Megías (1982) que designamos desde A<sub>1</sub> hasta A<sub>6</sub> de mayor a menor antigüedad. Estas U.T.S. aparecen limitadas por rupturas sedimentarias que se manifiestan como discordancias en los bordes de

la cuenca y/o como cambios de signo o saltos bruscos en la evolución secuencial hacia el centro de la misma. La cartografía de estas unidades se refleja en la figura 1.

Además de por sus límites, las U.T.S. quedan caracterizadas por sus mútuas relaciones geométricas y por su evolución secuencial que se sintetiza en la figura 2.

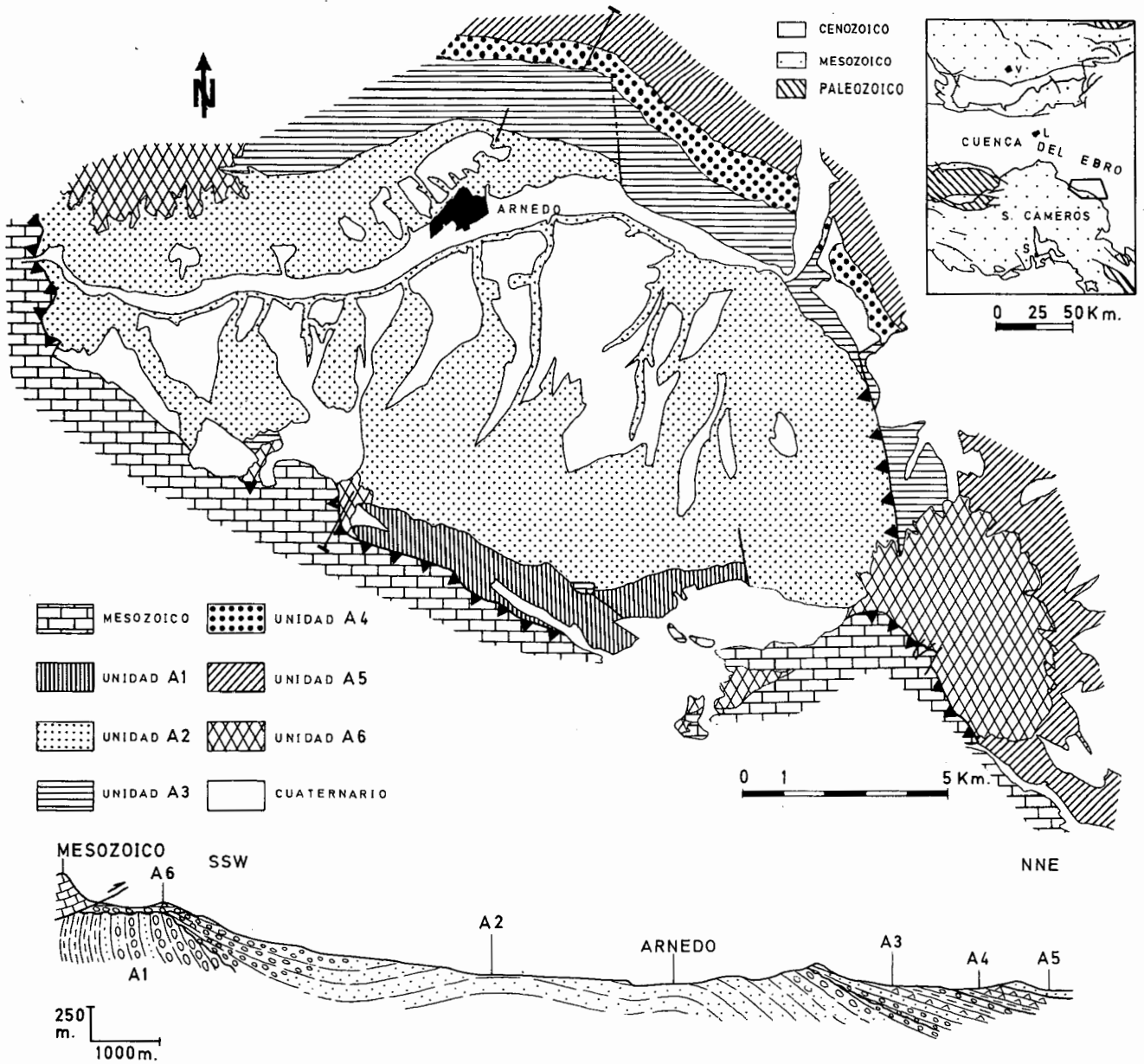


Figura 1. — Esquema de situación, cartografía de las Unidades Tectosedimentarias y corte geológico del área estudiada.

Figure 1. — Situation scheme, mapping of the Tectosedimentary Units and cross-section of studied area.

Unidad A<sub>1</sub>

**Litofacies y evolución.** Está formada por conglomerados poligénicos, areniscas y lutitas de tonos pardo-anaranjados que se ordenan en la vertical constituyendo una megasecuencia granocreciente integrada por otras de menor rango también granocrecientes, separadas por saltos en la evolución secuencial. Se trata por tanto de una U.T.S. compleja en el sentido de Megías (*op. cit.*), formada al menos por dos U.T.S. elementales que designaremos como A<sub>1</sub> la inferior y A<sub>2</sub> la superior, separadas por el máximo salto secuencial (fig. 2). La potencia visible de esta unidad es de unos 700 m.

**Límites:** No se conoce el límite inferior de la unidad, por encontrarse siempre cabalgada en el área estudiada por materiales mesozoicos. El límite superior viene dado por una discordancia angular bajo la unidad A<sub>2</sub>.

Esta U.T.S. equivale a la Fm. Conglomerados de Turruncún (IGME, 1982).

Unidad A<sub>2</sub>

**Litofacies y evolución:** Está formada por areniscas rojo ladrillo y conglomerados pardos y pardo-rojizos. Estos últimos presentan cantos de naturaleza silícica dominante hacia la base, especialmente en los sectores más meridionales; sobre éstos y de forma brusca aparecen conglomerados de naturaleza calcárea que gradualmente pasan hacia el techo de la unidad a silícicos. Las facies conglomeráticas disminuyen de potencia hacia el NE, indentándose con las facies areniscosas. La potencia visible de la unidad es muy variable, superando en algunos puntos los 1.000 m.

Estas litofacies se ordenan en la vertical dando lugar a una evolución compleja, sólo parcialmente reconocible: la existencia de un dispositivo geométrico en «onlap» en relación con la discordancia de la base de la unidad, sugiere un granodecrecimiento inicial que no se puede confirmar por dificultades de observación. Sobre este tramo basal la unidad se desarrolla como una megasecuencia granocreciente formada por otras también granocrecientes separadas por saltos

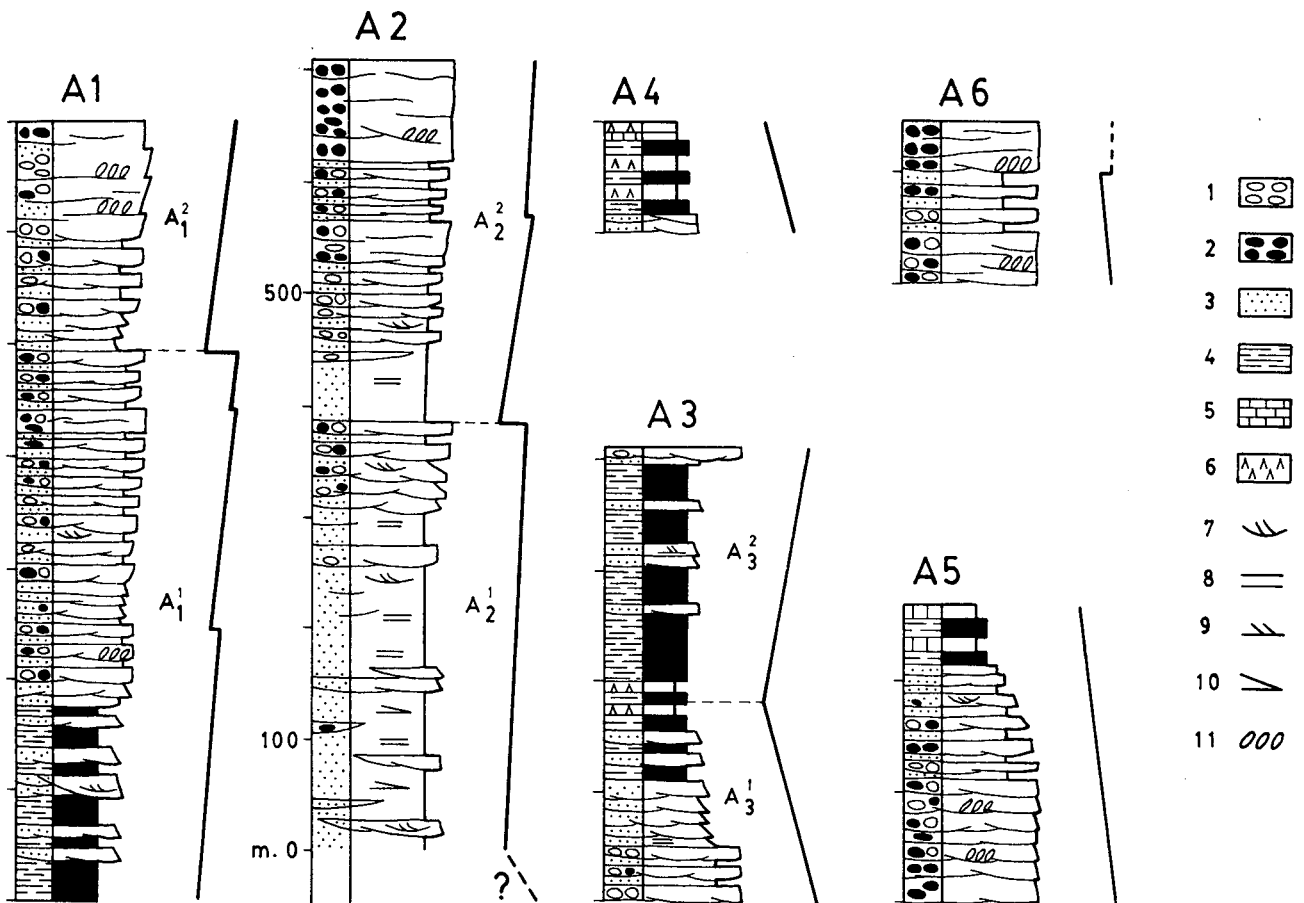


Figura 2. — Perfiles representativos de las Unidades Tectosedimentarias. 1: Conglomerados de cantos calcáreos; 2: Conglomerados de cantos areniscosos y cuarcíticos; 3: Areniscas; 4: Lutitas; 5: Calizas; 6: Yesos; 7: Estratificación cruzada en surco; 8: Laminación horizontal; 9: Laminación cruzada; 10: Laminación cruzada de bajo ángulo; 11: Imbricación de cantos.

Figure 2. — Representative profiles of the Tectosedimentary Units. 1: Conglomerates of calcareous pebbles; 2: Conglomerates of sandstone and quartzite pebbles; 3: Sands; 4: Mudstones; 5: Limestones; 6: Gypsum; 7: Trough cross-bedding; 8: Horizontal lamination; 9: Cross-bedding; 10: Low angle cross-bedding; 11: Imbricated pebbles.

en la evolución secuencial. Esto nos permite dividir esta U.T.S. compleja al menos en otras dos elementales que designaremos como A<sub>1</sub> la inferior y A<sub>2</sub> la superior, separadas por el mayor salto evolutivo, asociado a un cambio en la litología de los cantos (fig. 2).

**Límites:** El límite inferior viene dado por una discordancia angular sobre la unidad A<sub>1</sub>, en relación con la cual la unidad A<sub>2</sub> presenta localmente una disposición en «onlap». También localmente este límite puede presentarse en relación con un abanico de capas. Tales observaciones apuntan a que el límite entre las unidades A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> pudiera corresponder a una discordancia sintectónica (Riba, 1973). El límite superior, viene dado por una ruptura sedimentaria, que localmente se manifiesta como discordancia angular bajo la unidad A<sub>3</sub>.

Esta unidad se corresponde a los términos inferiores de la Fm. Arnedo (IGME, 1977).

#### Unidad A<sub>3</sub>

**Litofacies y evolución:** Está constituida por conglomerados grises de cantos mayoritariamente calcáreos, areniscas amarillentas y lutitas grises y rojas con intercalaciones de yeso. Alcanza una potencia máxima de unos 500 m.

La evolución de la unidad es cíclica y por lo tanto será una U.T.S. compleja formada por una U.T.S. elemental inferior A<sub>3</sub> granodecreciente y otra superior A<sub>3</sub> granocreciente (fig. 2).

**Límites:** El límite inferior es una ruptura sedimentaria, que se manifiesta hacia el margen Sur de la depresión (sector de Préjano) como discordancia angular sobre la unidad A<sub>2</sub>. Hacia el centro de la cuenca esta ruptura viene dada por un cambio de signo en la evolución secuencial acompañado de un cambio neto en la composición litológica de los cantos conglomeráticos. El límite superior es una ruptura sedimentaria bajo la unidad A<sub>4</sub>.

Esta unidad se corresponde a los términos superiores de la Fm. Arnedo (IGME, 1977) y comprende los Conglomerados de Quel y la Fm. Autol de Ortega y Pérez-Lorente (1984). Se sitúa en ella el yacimiento de Autol (Cuenca, 1983).

#### Unidad A<sub>4</sub>

**Litofacies y evolución:** Está constituida por yesos blancos con intercalaciones de areniscas y lutitas grises, rojizas y violáceas y calizas blancas. Ocasionalmente, los yesos contienen nódulos de sílex. Estas litofacies se ordenan en la vertical constituyendo una evolución positiva (fig. 2). La potencia de la unidad es de unos 100 m.

**Límites:** El límite inferior viene dado por una ruptura que se manifiesta por un cambio de signo en la evolución secuencial. El límite superior viene dado por una ruptura que se manifiesta mediante un salto brusco en la evolución secuencial bajo la unidad A<sub>5</sub>.

Corresponde a los Yesos de Autol (IGME, 1977), equivalentes a los Yesos de Los Arcos (Riba, 1964 y Crusafont *et al.*, 1966).

#### Unidad A<sub>5</sub>

**Litofacies y evolución:** Presenta una gran variedad litológica, desde conglomerados pardos masivos en los lugares próximos a la Cadena Ibérica a lutitas rojizas con intercalaciones arenosas y calcáreas de tonos grises en las partes más distales. Las litofacies se ordenan en la vertical constituyendo una evolución granodecreciente. Su potencia es muy variable siendo en la zona estudiada de unos 200 m.

**Límites:** La unidad, de carácter expansivo, aparece mediante una discordancia angular sobre el Mesozoico en el borde de la cuenca. Hacia el centro de la misma el límite inferior viene dado por un cambio litológico neto sobre la unidad A<sub>4</sub>. El límite superior es una discordancia angular en el borde de la cuenca y una ruptura sedimentaria (salto granulométrico) hacia el centro.

Esta U.T.S. en el área estudiada se corresponde con la Fm. Fitero y sus equivalentes laterales, formaciones de Cascante y Alfaro (IGME, 1982).

#### Unidad A<sub>6</sub>

**Litofacies y evolución:** Fundamentalmente está constituida por conglomerados masivos pardo-rojizos, alternando paquetes en que predominan los cantos calcáreos con otros en que predominan los de areniscas y cuarcitas. Su potencia supera los 400 m.

Por presentar grandes dificultades de observación, en esta unidad resulta difícil establecer su evolución, que es granodecreciente en su parte basal sin poder precisar nada para la parte superior, aunque es muy posible que se trate de una U.T.S. compleja de carácter cíclico.

**Límites:** El límite inferior es una discordancia angular sobre cualquiera de las unidades anteriores, correlativa a un cambio granulométrico brusco hacia el centro de la cuenca sobre la unidad A<sub>5</sub>. De carácter expansivo, rebasa el ámbito de la cubeta actual apoyándose sobre los márgenes mesozoicos.

La unidad A<sub>6</sub> es equivalente a la Fm. de Yerga (IGME, 1982).

## ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO

En las unidades estudiadas se ha reconocido un conjunto de facies sedimentarias a las que hemos designado siguiendo la nomenclatura establecida por Miall (1977 y 1978) para facies fluviales. Añadiremos facies calcáreas y evaporíticas no consideradas por este autor:

**Fy:** Lutitas y yesos mezclados de forma caótica. Su organización es similar a la estructura en mallas.

**C:** Caliza margosa dispuesta en niveles de 5-20 cm y de aspecto noduloso.

**Y:** Yesos masivos sacaroideos en niveles decimétricos.

Dada la gran abundancia y variedad de gravas masivas que aparecen en el área estudiada, hemos subdividido las facies Gm de Miall (1977) en otras dos:

**Gm<sub>1</sub>:** Conglomerados masivos o con estratificación horizontal mal definida que viene señalada por la alternancia de niveles de cantos gruesos y finos. En esta facies es frecuente la imbricación de cantos.

**Gm<sub>2</sub>:** Conglomerados desorganizados muy heterométricos, donde los clastos alcanzan el tamaño bloque.

### Secuencias tipo.

Las facies reconocidas se ordenan verticalmente en un conjunto de secuencias. Del estudio de todas las orde-

naciones reales observadas, abstraemos unas ordenaciones modales, a las que denominamos secuencias tipo (fig. 3).

**Secuencia A**

Representa depósitos propios de áreas muy proximales de abanicos en las que el flujo deja de ser confinado y pierde competencia, depositando de forma muy rápida los materiales más groseros en forma de manto (facies Gm<sub>2</sub>). Cuando disminuye la descarga se produce una canalización de las corrientes continuando la agradación del depósito con facies Gm<sub>1</sub> y Sh.

**Secuencia B**

Corresponde a depósitos con geometría en mantos siendo las cicatrices erosivas muy escasas y de bajo relieve. Todo ello sugiere un mecanismo deposicional no canalizado. La secuencia es granocreciente, con techos irregulares por acumulación de cantos mayores. Se interpreta como el resultado de la acreción vertical y horizontal de lóbulos con una amplia orla arenosa.

**Secuencia C**

El nivel conglomerático de la secuencia que presenta una amplia

extensión lateral, puede interpretarse como el depósito debido a barras longitudinales. La facies Sh, de grano grueso y con hiladas de cantos, indica condiciones de alta energía. Su elevada potencia nos induce a interpretarlas como depósitos de desbordamiento, en las zonas inmediatamente adyacentes al sistema de canales.

**Secuencia D**

Representa los depósitos de un sistema fluvial «braided» con dos niveles topográficos diferenciados: uno inferior de alta energía, por el que migran barras de grava de crestas sinuosas y otro superior de menor energía, adyacente al anterior, por el que los flujos sólo tienen competencia para transportar arenas.

La secuencia sería el resultado de una migración lateral de todo el sistema fluvial, con la consiguiente superposición de los dos niveles.

**Secuencia E**

El conjunto conglomerático basal de la secuencia refleja el desarrollo de barras transversas en un sistema «braided». El nivel arenoso que corona la secuencia lo interpretamos como depósitos de flujos laminares de alta velocidad originados en las áreas adyacentes al sistema de canales durante las épocas de desbordamiento.

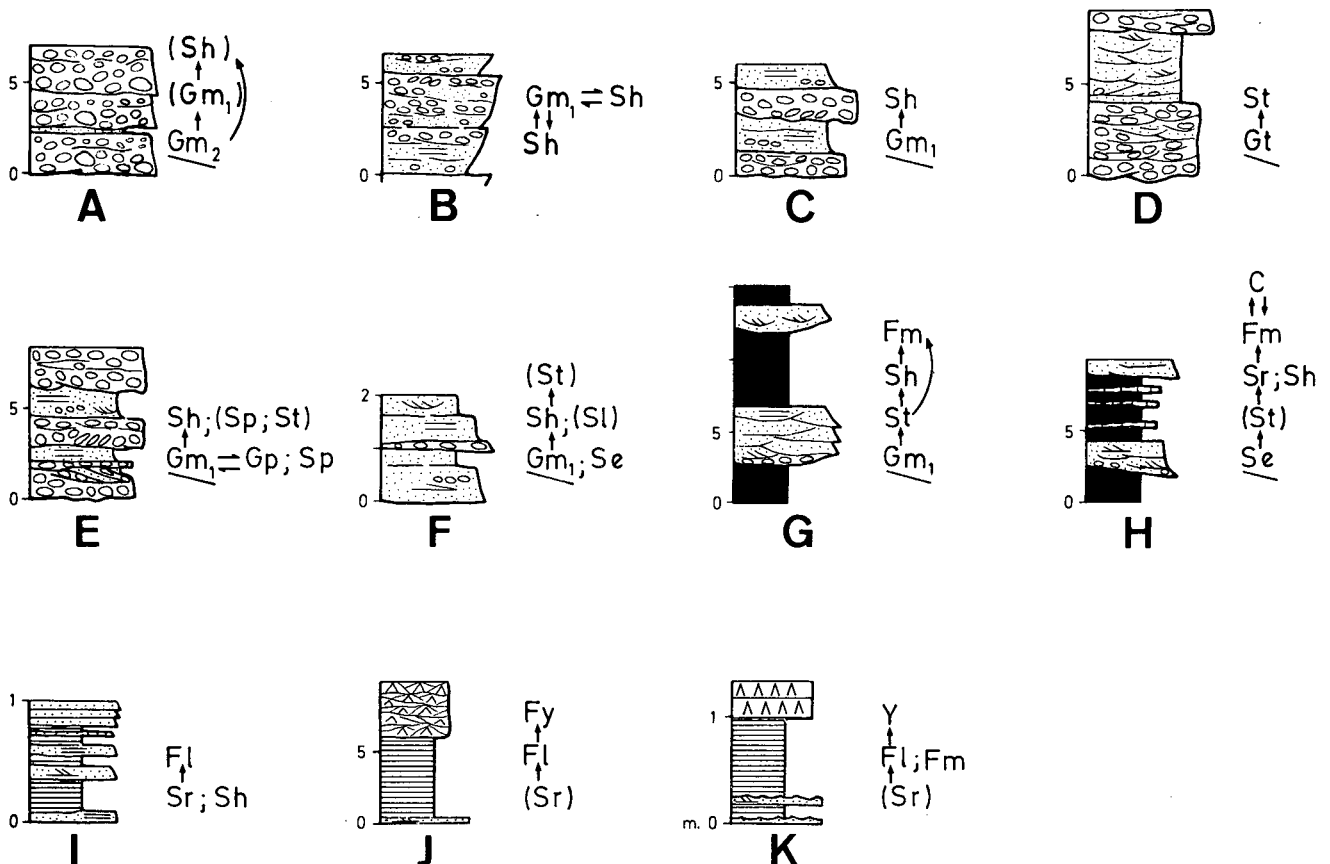


Figura 3. — Secuencias tipo.

Figure 3. — Type-sequences.

**Secuencia F**

Constituye depósitos de geometría laminar a canalizada muy laxa propios de una llanura «braided» arenosa, de canales interconectados y poco definidos con variaciones importantes en la descarga.

**Secuencia G**

Interpretamos la secuencia como el depósito correspondiente a una llanura lutítica atravesada por cursos dispersos de baja sinuosidad.

**Secuencia H**

Corresponde a un ambiente de llanura lutítica de carácter palustre, con depresiones muy someras donde tuvo lugar la acumulación de fango carbonatado, que pueden mostrar alteración pedogenética, y a la cual pueden llegar aportes arenosos transportados por canales dispersos.

**Secuencia I**

Se interpreta como depósitos formados a partir de flujos laminares en áreas de «sand flat-mud flat».

**Secuencia J**

Los materiales de las litofacies F1 y Sr se originaron a partir de flujos acuosos tractivos muy someros y no confinados, de baja competencia. La litofacies Fy es el resultado del desarrollo de procesos diagenéticos tempranos por bombeo evaporítico que da lugar al crecimiento de sulfatos en la zona vadosa. Todo ello permite interpretar un ambiente de llanura lutítica evaporítica («saline mud flat»).

**Secuencia K**

Interpretamos esta secuencia como producto de la sedimentación en las áreas marginales de un lago efímero o salina. En estas áreas, el aporte de detriticos se produce por episodios de «sheet flow», correlativos a los cuales tienen lugar fases de expansión de la salina, lo que permite el retrabajamiento de las láminas de arena que presentan «ripples» de oscilación (facies Sr). Posteriormente, la evaporación produce la contracción del lago, la concentración de las salmueras y la precipitación de sulfatos.

**Dispositivos sedimentarios**

Las posibilidades de reconocer relaciones laterales de facies para cada unidad están limitadas en el área de estudio por las particulares condiciones de los afloramientos, la mayoría de los cuales son perpendiculares a las direcciones de paleocorrientes. Por el contrario, la evolución vertical de secuencias tipo ha quedado bien establecida (fig. 4), permitiendo, por aplicación de la ley de Walter, intentar deducir los rasgos generales de los dispositivos sedimentarios.

Las secuencias tipo definidas permiten interpretar procesos referibles a diversos sectores de abanicos aluviales. De forma general, siguiendo las direcciones de paleocorrientes se reconoce en primer lugar un predominio de los depósitos debidos a flujos acuosos no canalizados con alta variabilidad en la descarga, que caracterizarían los sectores proximales de los abanicos

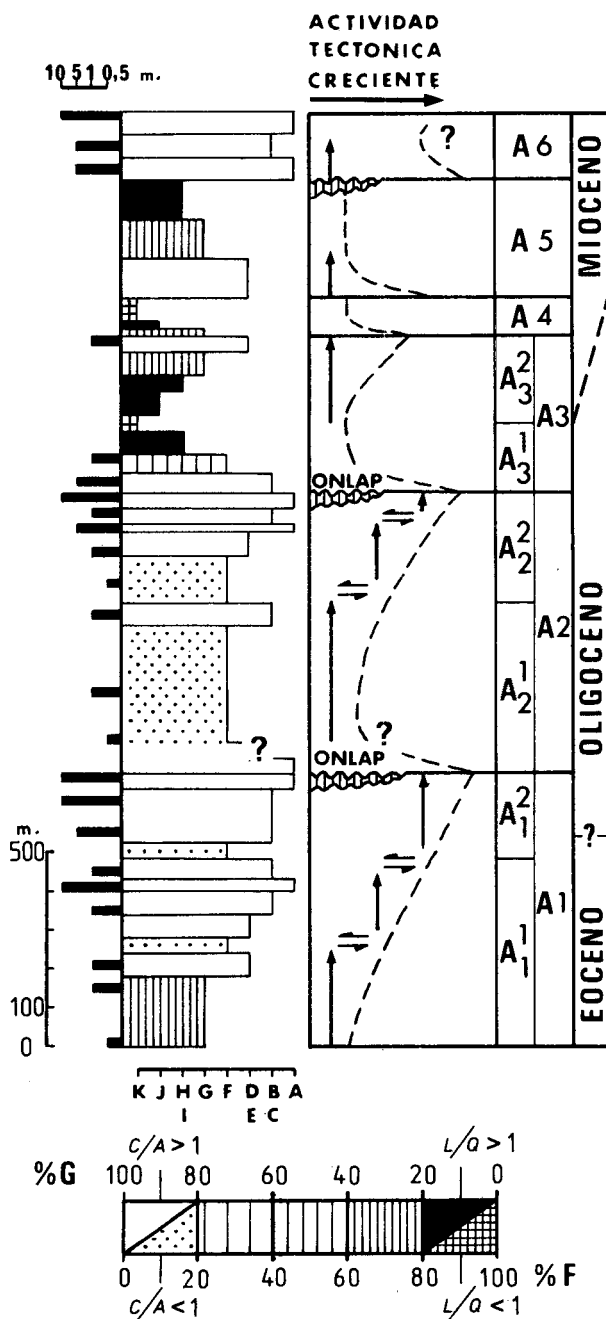


Figura 4. — Relación entre la evolución sedimentológica de las Unidades Tectosedimentarias y la tectónica inferida.

- G. Gruesos      C. Conglomerados      L. Lutitas
- F. Finos        A. Areniscas            Q. Químicos

Figure 4. — Relation between the sedimentological evolution of the Tectosedimentary Units and the inferred tectonic.

- G. Coarse deposits      C. Conglomerates
- F. Fine deposits        A. Sandstones
- L. Mudstones            Q. Chemical deposits

(Sec. A, B y C). Aguas abajo, estos depósitos se relacionan con otros propios de sistemas de canales entrelazados poco definidos o de escaso relieve y rápida migración atribuibles a los sectores medios (Sec. C, D, E y F) que dejan paso, a su vez, a depósitos de flujos tractivos laminares de baja energía (Sec. I) y depósitos de decantación con canalizaciones menores, someras y dispersas (Sec. G) que vendrían a caracterizar los sectores distales.

Sobre este modelo general cada U.T.S. puede presentar particularidades en función de los sectores representados, su amplitud y sus relaciones con otros ambientes:

La unidad  $A_1$  responde al modelo general con escasa incidencia de los depósitos de flujo laminar (Sec. I) en sus sectores distales.

La unidad  $A_2$  sólo presenta en el área sectores proximales y medios, con predominio en ambos de flujos no canalizados (Sec. A y F).

La unidad  $A_3$  presenta como rasgos más característicos el paso rápido de facies proximales a distales, debido posiblemente a una acusada ruptura de pendiente. En estos sectores distales se reconocen extensas llanuras de arenas y barros; estos últimos presentan áreas palustres donde tienen lugar depósitos carbonatados con alteraciones pedogenéticas (Sec. H) y procesos de bombeo evaporítico (Sec. J). Tales llanuras bordean áreas lacustres efímeras sometidas a etapas alternantes de expansión y contracción, precipitando sulfatos durante estas últimas (Sec. K).

La unidad  $A_4$  sólo aflora en el sector N del área de estudio, donde es referible casi exclusivamente a llanuras de barro y salina.

Los abanicos de la unidad  $A_5$  se caracterizan por presentar sectores proximales de dimensiones reducidas frente a los medios y distales.

Por último, la unidad  $A_6$  sólo presenta secuencias A y C correspondientes a sectores proximales y medios-proximales.

Los abanicos descritos tienen una procedencia S y SW, excepto los correspondientes a la unidad  $A_6$  cuya procedencia es del W.

## RELACIONES TECTÓNICA-SEDIMENTACIÓN

La fig. 4 en su primera columna, muestra la evolución vertical de las diferentes U.T.S., en función de los siguientes parámetros:

- Serie virtual de distal a proximal de secuencias tipo.

- Relación de materiales detríticos gruesos respecto a finos.
- Espesor de los niveles conglomeráticos.

En esta figura, cada unidad se ha representado por una sucesión de tramos, caracterizados por el predominio de una secuencia de las descritas previamente o la alternancia de dos de ellas. Esta secuencia dominante determina la anchura del tramo en el esquema. La altura de cada tramo es su potencia a escala y dentro de cada uno de ellos se representa mediante tramas, la relación grueso/fino.

Por último, a cada tramo se adosan barras horizontales cuya longitud es proporcional al espesor de los niveles conglomeráticos en el mismo.

Esta evolución sedimentológica y estratonomica es perfectamente concordante con la expresada en la fig. 2, basada únicamente en los aspectos litológicos y es interpretable en términos de progradación (secuencias negativas) y retrogradación (secuencias positivas) de los sistemas deposicionales de cada unidad. Estos fenómenos implican sistemas deposicionales enteros, puesto que depósitos interpretados como propios de sectores proximales llegan a superponerse en la misma unidad a otros de sectores distales o a la inversa. A esta escala, progradación, retrogradación o saltos secuenciales sólo pueden explicarse por fenómenos alocíclicos, entre los que para medios continentales, sólo cabe invocar la tectónica o el clima. Este último, debe descartarse dada la uniformidad de los procesos de sedimentación interpretados, quedando la tectónica como único factor determinante de la evolución de las U.T.S.

En la segunda columna de la figura 4 se representa de forma cualitativa la actividad tectónica inferida a partir de la evolución de las unidades, de los tipos de rupturas y de los dispositivos geométricos reconocidos en sus límites.

Así, las unidades  $A_1$ , gran parte de la  $A_2$  y la  $A_3$  obedecen a una progradación de los abanicos atribuibles a períodos de actividad tectónica acelerada que culminan con máximos diastróficos (discordancias angulares y rupturas de sus límites superiores respectivos). Estos movimientos tendrían una marcada componente vertical mientras que saltos secuenciales como los del límite  $A_1/A_2$  y  $A_2/A_3$  pueden corresponder a movimientos de componentes horizontal (Steel y Gloppen, 1980).

Por el contrario, las unidades  $A_4$ ,  $A_5$  y el inicio de la  $A_6$  presentan una evolución positiva que obedece a la retrogradación de los respectivos sistemas deposicionales, lo que atribuimos a períodos de deceleración o nula actividad diastróficas tras los movimientos tectó-

nicos que tienen lugar en sus límites inferiores. En definitiva, los límites de las U.T.S. establecidas para el área de Arnedo responden a cinco máximos diastróficos. Los tres primeros son atribuibles a la culminación de fases compresivas, mientras que los límites A<sub>4</sub>/A<sub>5</sub> y A<sub>5</sub>/A<sub>6</sub> podrían corresponder a fases distensivas. El carácter expansivo de las unidades A<sub>5</sub> y A<sub>6</sub> es otro hecho a favor de tal interpretación. Para esta última unidad, el estudio de las paleocorrientes y la distribución de afloramientos nos hace suponer la actuación de un sistema de fallas escalonadas con dirección NNW-SSE que desciende desde la Cordillera Ibérica hacia la Cuenca del Ebro. De hecho, la unidad A<sub>6</sub> se ve afectada por el juego de fracturas con dicha orientación de componente horizontal dextral y en menor proporción componente vertical inversa, lo que nos señala la reanudación de una tectónica compresiva posterior al depósito de la unidad, o quizá incluso simultánea al techo de la misma, dado su posible carácter cíclico.

El límite A<sub>5</sub>/A<sub>6</sub> se corresponde con la discordancia de Yerga que marca la segunda fase tectónica de Riba (1964)

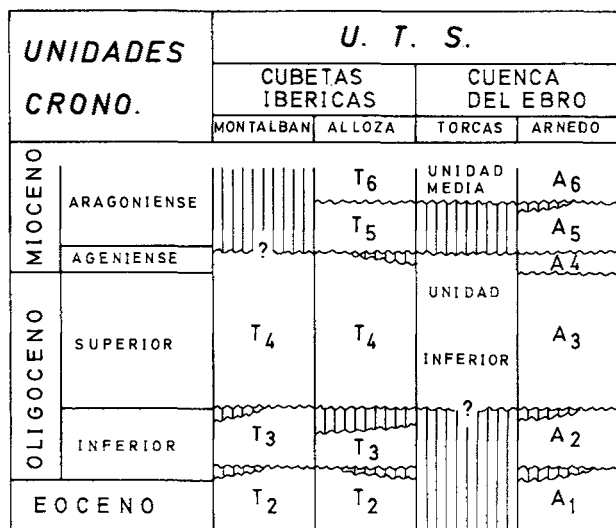


Figura 5. — Cronoestratigrafía y correlación de las Unidades Tectosedimentarias de Arnedo. Los datos de Montalbán, Alloza y Las Torcas se han obtenido respectivamente de Pérez *et al.* (1983), González *et al.* (1984) y Pérez *et al.* (1985), modificados según comunicaciones personales de los mismos autores.

Figure 5. — Chronostratigraphy and correlation of Arnedo Tectosedimentary Units. Montalbán, Alloza and Las Torcas data have been obtained respectively from Pérez *et al.* (1983), González *et al.* (1984) and Pérez *et al.* (1985), modified by personal communications from these authors.

en el borde Sur de la Cuenca del Ebro. La tectónica compresiva que se manifiesta al techo de la unidad A<sub>6</sub> correspondería a la tercera fase de este autor que origina los cabalgamientos de La Demanda y Cameros. La primera fase reconocida por Riba (*op. cit.*) en este margen de la Cuenca del Ebro (discordancia de Anguiano) no tiene datación propia; podría ser Oligoceno Superior (edad de la discordancia de Barbarin en el borde Norte), en cuyo caso podría corresponder al límite entre las U.T.S. A<sub>2</sub>/A<sub>3</sub>.

## CRONOESTRATIGRAFÍA Y CORRELACIÓN

Los principales datos bioestratigráficos regionales corresponden a los trabajos de Crusafont *et al.* (1966) y Cuenca (1983).

Los primeros establecen, en base al yacimiento de Tudela I, un límite Oligoceno-Mioceno situado al techo de los Yesos de Los Arcos correlacionables con nuestra unidad A<sub>4</sub>. Por el contrario, el trabajo de Cuenca (1983) tiende a situarlo aproximadamente entre las unidades A<sub>1</sub> y A<sub>3</sub>. Ambas opiniones se reflejan en el trazado del límite Oligoceno-Mioceno en la figura 4.

En cualquier caso, partiendo de estos datos bioestratigráficos, las unidades A<sub>3</sub> más A<sub>4</sub> del área de Arnedo son correlacionables por edad e identidad en la evolución secuencial con la unidad T<sub>4</sub> establecida en las cubetas ibéricas por Pérez *et al.* (1983) y González *et al.* (1984) y con la Unidad Inferior definida por Pérez *et al.* (1985) en Las Torcas (sector aragonés de la Cuenca del Ebro).

Las U.T.S. superiores e inferiores de Arnedo pueden correlacionarse con las de los sectores antes citados en base a los dispositivos geométricos reconocidos en sus límites y a una identidad de evoluciones verticales (fig. 5).

## BIBLIOGRAFÍA

- BOMER, B., 1954: Trois aspects du contact entre Monts Celtibériques occidentaux et Bassin de l'Ebre. *Bull. Assoc. Géogr. Français*, 239-240: 35-41.
- 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. *Est. Geol.*, 39: 217-224.



- GONZÁLEZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y PÉREZ, A., 1984: Estratigrafía y sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (prov. de Teruel). *Boletín Geológico y Minero*, 95: 407-428.
- GONZALO, A.N., 1981: *El relieve de La Rioja. Análisis de Geomorfología estructural*. Logroño, Ed. Biblioteca de Estudios Riojanos I.E.R., II vol., 508 pp.
- IGME, 1977: Mapa geológico de España. Escala 1:50.000, 2 serie, 243: Calahorra. Madrid, Serv. Publ. Ministerio Industria, 27 p., 1 mapa pleg.
- IGME, 1982: Mapa geológico de España. Escala 1:50.000, 2 serie, 281: Cervera del Río Alhama. Madrid, Serv. Publ. Ministerio de Industria, 41 p., 1 mapa pleg.
- MEGÍAS, A.G. 1982: Introducción al análisis tectosedimentario: aplicación al estudio dinámico de cuencas. *Actas V Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina*: 385-402.
- MIALL, A.D., 1977: A review of the braided-river depositional environment. *Earth Sci. Rev.*, 13: 1-62.
- MIALL, A.D., 1978: Lithofacies types and vertical profiles models in braided river deposits. A summary In A.D. Miall, eds. *Fluvial Sedimentology*, pp. 597-604, C.S.P.G. Memoir 5.
- ORTEGA, A. y PÉREZ-LORENTE, F., 1984: El Terciario en la Depresión de Arnedo. *Rev. Berceo*, Inst. Est. Riojanos, 2: 99-113.
- PÉREZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y GONZÁLEZ, A., 1983: Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno de la Cubeta de Montalbán (prov. de Teruel, España). *Bol. R. Soc. Española Hist. nat. (Geol.)*, 81: 197-223.
- PÉREZ, A.; AZANZA, B.; CUENCA, G.; PARDO, G. y VILLENA, J., 1985: Nuevos datos estratigráficos y paleontológicos sobre el Terciario del borde Meridional de la Depresión del Ebro (prov. Zaragoza). *Estudios geol.*, 41: 405-411.
- 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 sedimentation du Tertiaire de la partie ouest du Bassin de l'Ebre. *Geol. Rundschau*, 43: 363-371.
- RIBA, O., 1964: Estructura sedimentaria del Terciario continental de la Depresión del Ebro en su parte Riojana y Navarra. *Aport. Esp. al XX Congr. Geogr. Int.*: 127-138. Reino Unido.
- RIBA, O., 1973: Las discordancias sintectónicas del Alto Cardener (Prepirineo Catalán), ensayo de interpretación evolutiva. *Acta Geol. Hispánica*, 8: 90-99.
- RICHTER, G., 1930: Die Iberischen Ketten zwischen Jalon und Demanda. *Beitr. Geol. Westl. Medit. Geol. n.º 5, Abh. Les. Wiss. Gottingen*, 16(3): 47-118.
- STEEL, R. y GLOPPEN, T.G., 1980: Late Caledonian (Devonian) basin formation, western Norway: signs of strike-slip tectonics during infilling. In P.F. Ballance and A.C. Reading, eds. *Sedimentation in Oblique-slip Mobile zones*, pp. 79-103, The Netherlands, I.A.S. Spec. Publ. 4.