

ARQUITECTURA FLUVIAL DE LAS «ARENISCAS DEL RIO ARANDILLA». TRIASICO DE MOLINA DE ARAGON (GUADALAJARA)*

Y. Sánchez-Moya**, A. Muñoz**, A. Ramos** y A. Sopeña**

RESUMEN

Los excelentes afloramientos de la parte superior del Buntsandstein (Triásico medio) en Molina de Aragón (Guadalajara), han permitido llevar a cabo un análisis sedimentológico detallado de las facies fluviales y de su arquitectura.

Se han distinguido doce diferentes facies cuyas características y asociaciones se describen en este trabajo.

La evolución fluvial indica la existencia de cuatro episodios deposicionales. Los dos episodios inferiores son característicos de un sistema fluvial con canales de baja sinuosidad, inestables, de gran amplitud y poca profundidad. El drenaje de la cuenca estaba controlado por importantes descargas estacionales.

El episodio intermedio es el resultado de la evolución del sistema hacia facies más distales. En esta etapa los canales son de menor tamaño, la sinuosidad es mayor y existe un mayor porcentaje de depósitos de granulometría fina relacionados con la llanura de inundación.

Por último, durante el episodio final, se produce un rejuvenecimiento de la red fluvial, debido a la actividad tectónica que tuvo lugar en la zona.

Se ha establecido una correlación entre las causas de la evolución de la arquitectura fluvial y las variaciones eustáticas globales según la escala de Haq *et al.* (1987). De esta forma la disminución del nivel del mar que tuvo lugar durante el Anisiense inferior podría corresponder al episodio final de la unidad «Areniscas del río Arandilla».

Palabras clave: *Triásico, Elementos arquitectura fluvial, Baja sinuosidad arenas, eustatismo.*

ABSTRACT

The outstanding outcrops of Upper Buntsandstein sediments (Middle Triassic) in Molina de Aragón (Guadalajara) area, allow a detailed study of their characteristics and their associations which are described here.

The fluvial architecture of the section indicates four main depositional episodes. The two lowest episodes were laid down by a fluvial system characterized by frequent channel shifting, low sinuosity and wide shallow channels. The drainage basin was controlled by highly seasonal discharge. The middle episode evolved into a more distal systems, with smaller higher sinuosity channels and fine overbank deposits. The uppermost episode is related to an increase of slope in the basin. That increase is probably related to tectonic movements recorded in this area.

An attempt has been made to correlate the above events to the global sea level fluctuations (Haq *et al.*, 1987). So, the low stage that have been stated occurred during Early Anisian can be tentatively correlated with the uppermost episode in Areniscas del río Arandilla.

Key words: *Triassic, Fluvial Architectural-elements, sandy low sinuosity eustatic changes.*

Introducción

La escasez de descripciones suficientemente detalladas de la geometría, organización interna, tamaño, forma y relaciones laterales y verticales de los cuerpos sedimentarios o «elementos» (Miall, 1985) que com-

ponen la arquitectura fluvial, ha sido puesta de manifiesto por diversos autores desde hace algunos años (Allen, 1978 y 1983; Miall, 1985 y 1988). Sin embargo, este tipo de datos son imprescindibles para seguir avanzando en el conocimiento de la forma en que los factores alocíclicos y autocíclicos controlan

* Este trabajo ha sido financiado por la C.A.I.C.Y.T. y el C.S.I.C. (Proyecto ID-452).

** Departamento de Estratigrafía. Instituto de Geología Económica U.C.M.-C.S.I.C. Facultad de C. C. Geológicas. 28040 Madrid.

los depósitos fluviales y, por tanto, en las causas de la acumulación sucesiva de secuencias de distintos tipos y en las razones de sus cambios en el tiempo y en el espacio.

Las series del Pérmico y Triásico de la Cordillera Ibérica, son por sus condiciones de afloramiento y complejidad, uno de los mejores ejemplos donde es posible aplicar diversas técnicas al estudio de series fluviales. Por ello, desde hace algunos años, se han estudiado en detalle las dos unidades inferiores del Buntsandstein en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Ramós y Sopena, 1983; Ramos *et al.*, 1986; Pérez-Arlucea y Sopena, 1986) y la parte superior del mismo en el área de Medinaceli-Somaen (García-Gil y Sopena, 1987) utilizando, además de la metodología habitual del análisis de facies y secuencias, la técnica del análisis de la geometría de los cuerpos sedimentarios, así como de su organización interna y relaciones. Esto se realiza por medio de grandes fotomontajes, sobre los que se delimitan y estudian los distintos elementos que componen la arquitectura fluvial y las direcciones de paleodrenaje.

Continuando con este tipo de trabajos, se exponen

aquí las principales conclusiones obtenidas del estudio de la unidad «Areniscas del río Arandilla» en un sector situado al O de Molina de Aragón, concretamente en la localidad tipo donde fue definida esta unidad por Ramos en 1979 (fig. 1).

De la metodología y técnicas utilizadas, descritas con detalle por Allen (1983), conviene precisar que las fotografías seriadas, siempre que ha sido posible, se han realizado con teleobjetivo para evitar al máximo las deformaciones en los extremos de cada una de ellas y desde un punto fijo a una distancia aproximada del «eje» del afloramiento entre 100 y 200 m. Los detalles de organización interna, estructuras sedimentarias, superficies erosivas, paleocorrientes, etc., han sido obtenidos posteriormente en el campo.

Estratigrafía

La unidad «Areniscas del río Arandilla» (Ramos, 1979), está constituida por una alternancia irregular de niveles de areniscas de color rojo de distintos tamaños de grano, desde grueso a muy fino, con

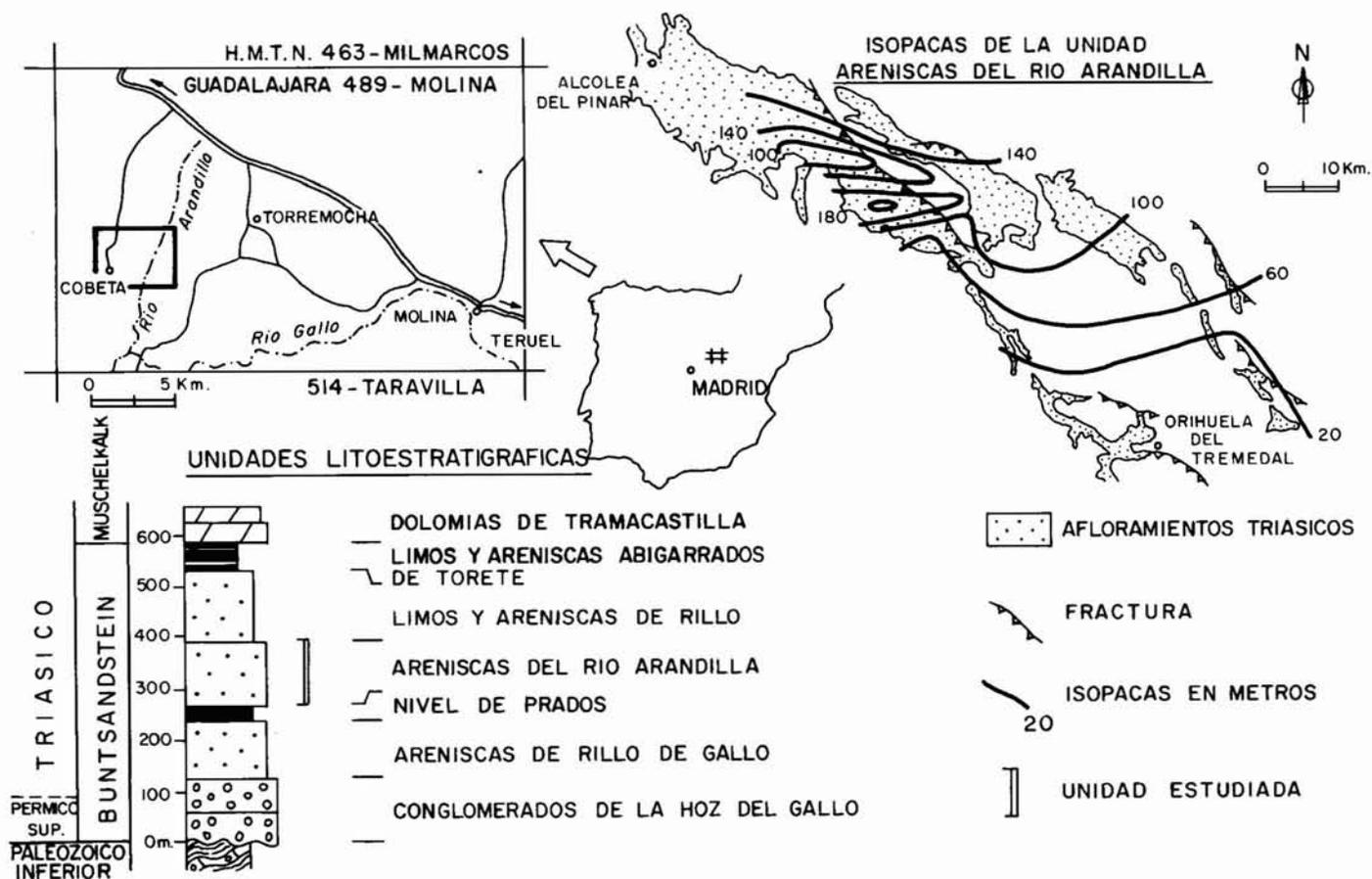
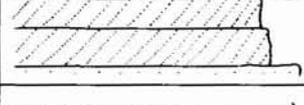
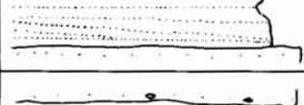
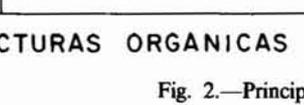


Fig. 1.—Localización geográfica del área estudiada. Unidades litoestratigráficas del Triásico. Isopacas de las «Areniscas del río Arandilla».

| | | FACIES | DESCRIPCION | TAMAÑO DE GRANO | TAMAÑO DE "SETS" | H |
|---------------|-----|---|--|---------------------------|--|--------|
| CONGLOMERADOS | Se |  | CONGLOMERADOS MASIVOS DE CANTOS DE CUARZO Y CUARCITA ASOCIADOS A BASES EROSIVAS. | 2 CM. 250 CM. | 0.1-0.8 M. | |
| | Gm |  | CUERPOS SIGMOIDALES DE ARENISCAS SEPARADOS POR SUPERFICIES DE ACRECION LATERAL. | 4-6 CM. | 0.1-0.2 M. | |
| ARENISCAS | LA |  | CICATRICES EROSIVAS CON CONGLOMERADOS DE INTRACLASTOS DE LUTITAS ASOCIADOS. | FINO MEDIO MUY FINO | 1.6 M. | |
| | Shp |  | ARENISCAS CON LAMINACION PARALELA QUE LATERALMENTE DESARROLLA CARAS DE AVALANCHA. | FINO | 0.5-1 M. | |
| | Sta |  | ARENISCAS CON ESTRATIFICACION CRUZADA DE TIPO "TROUGH". | FINO MEDIO | 0.15-1 M. ESPESOR 2-10 M. ANCHURA | |
| | Stb |  | MEGAFORMAS COMPUESTAS POR ARENISCAS CON ESTRATIFICACION DE TIPO "TROUGH". FORMAN CUERPOS TABULARES CON SUPERFICIES DE REACTIVACION. | MEDIO GRUESO | 0.70 M. ESPESOR 12 M. ANCHURA | |
| | Sp |  | ARENISCAS CON ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR. | FINO MEDIO | 0.15- 0.40 M. | |
| | Sh |  | ARENISCAS CON LAMINACION PARALELA Y ESTRATIFICACION CRUZADA DE MUY BAJO ANGULO (10°) PUEDEN PRESENTAR LINEACION PRIMARIA DE CORRIENTE. | MUY FINO MEDIO | 0.5-1.5 M. | R O |
| | Sr |  | ARENISCAS CON LAMINACION DEBIDA A "RIPPLES". | FINO MUY FINO | 0.1-0.2 M. | B |
| | Bp |  | ARENISCAS Y LUTITAS CON INTENSA BIOTURBACION DE ORIGEN EDAFICO, EN FORMA DE NODULOS DE CARBONATO O FISURAS, TUBOS Y MOLDES DE RAICES. | FINO LUTITA | | R P |
| LUTITAS | Fl |  | LUTITAS Y LUTITAS ARENOSAS CON LAMINACION DEBIDA A "RIPPLES". | LUTITA | 0.3-1.5 M. | R B |
| | Fm |  | LUTITAS MASIVAS O CON LAMINACION HORIZONTAL. | LUTITA | 0.05-0.3 M. | |

H - ESTRUCTURAS ORGANICAS

Fig. 2.—Principales facies de la unidad «Areniscas del río Arandilla».

algunas intercalaciones de lutitas y en menor proporción de conglomerados. Forma parte del conjunto de cinco unidades detríticas de origen fluvial y de edad Pérmico superior-Triásico inferior y medio, que componen la sucesión de Buntsandstein en la región comprendida entre el borde oriental del Guadarrama y el sector E de Molina de Aragón en la provincia de Guadalajara (fig. 1). Se ha reconocido, por tanto, esta unidad, en un amplio área que va desde el borde SE del Sistema Central hasta las proximidades de la Sierra de Albarracín en la provincia de Teruel (Ramos, 1979; Sopeña, 1979; Pérez-Arlucea y Sopeña, 1985; Pérez-Arlucea, 1987). Su espesor es muy variable, con un máximo de 160-180 metros que coincide con un surco situado al NO de Molina de Aragón y donde la potencia del Buntsandstein es también de las mayores de la Cordillera Ibérica (fig. 1).

Aunque no existen argumentos paleontológicos, por la posición estratigráfica que ocupa, Ramos (1979) asigna a esta unidad una edad Anisiense. Esto supone, dentro del contexto general del Triásico de la Península (Sopeña *et al.*, 1983) que al menos parte de las «Areniscas del río Arandilla» son contemporáneas con los carbonatos del Muschelkalk inferior que afloran en regiones cercanas de la Cordillera Ibérica o en Cataluña. Por tanto, hay que pensar que su depósito está controlado sobre todo por la subsidencia tectónica que dio origen al surco de Molina.

Facies y asociaciones de facies

Para el análisis y reconstrucción de los distintos ambientes y subambientes sedimentarios, se han establecido una serie de facies cuya composición es fundamentalmente arenosa. Las facies de conglomerados intraformacionales son también abundantes; no así las lutitas que son muy escasas, sobre todo en la parte inferior de la unidad. En la figura 2 se han sintetizado las principales características de las facies establecidas siguiendo la nomenclatura de Miall (1977, 1978), ligeramente modificada. La descripción más detallada de cada una de las características de estas facies puede encontrarse en Sánchez-Moya (1987).

A partir del análisis de la geometría de los cuerpos sedimentarios, de las facies y asociaciones de facies que los componen y de sus relaciones laterales y verticales, se han determinado los distintos estilos de arquitectura fluvial presentes en la unidad y la evolución vertical de la red de drenaje. Teniendo en cuenta estas características, se han distinguido cuatro tramos cuyas asociaciones de facies (fig. 3) se describen a continuación.

Tramo basal

La arquitectura fluvial de este tramo basal se construye a partir de grandes cuerpos sedimentarios

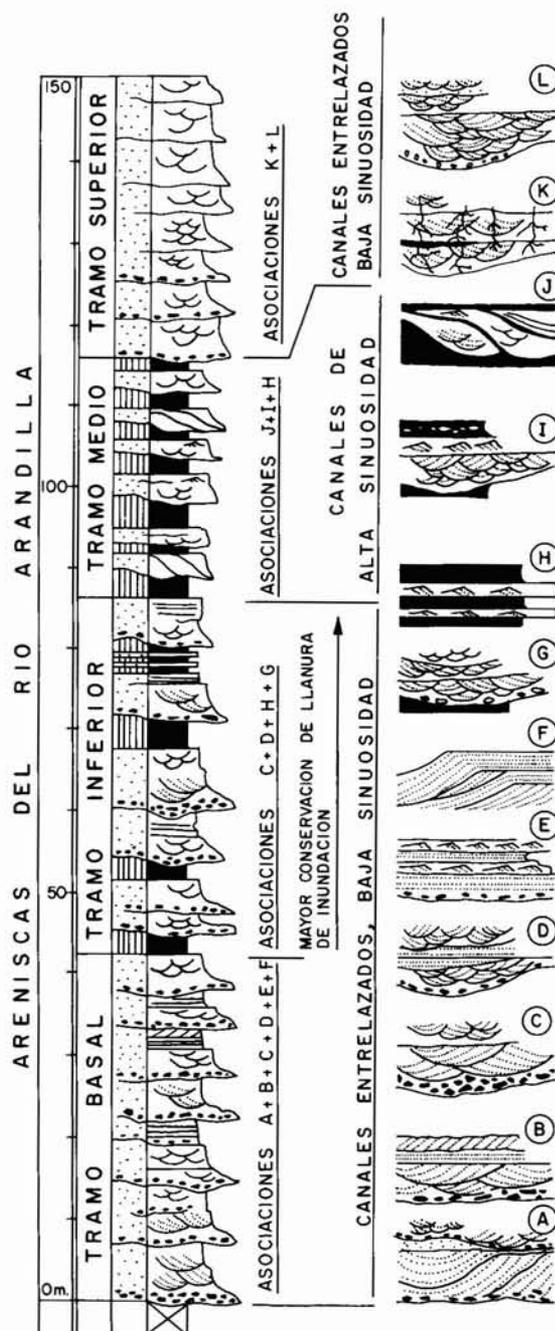


Fig. 3.—Principales asociaciones de facies y evolución vertical de la red de drenaje.

arenosos amalgamados (fig. 4A), separados por cicatrices erosivas de centenares de metros de extensión con intraclastos de lutitas. Algunos de estos cuerpos se encuentran impregnados de hidrocarburos pesados, aunque su porosidad efectiva es muy baja. Es destacable la casi total ausencia de niveles de lutitas. Las

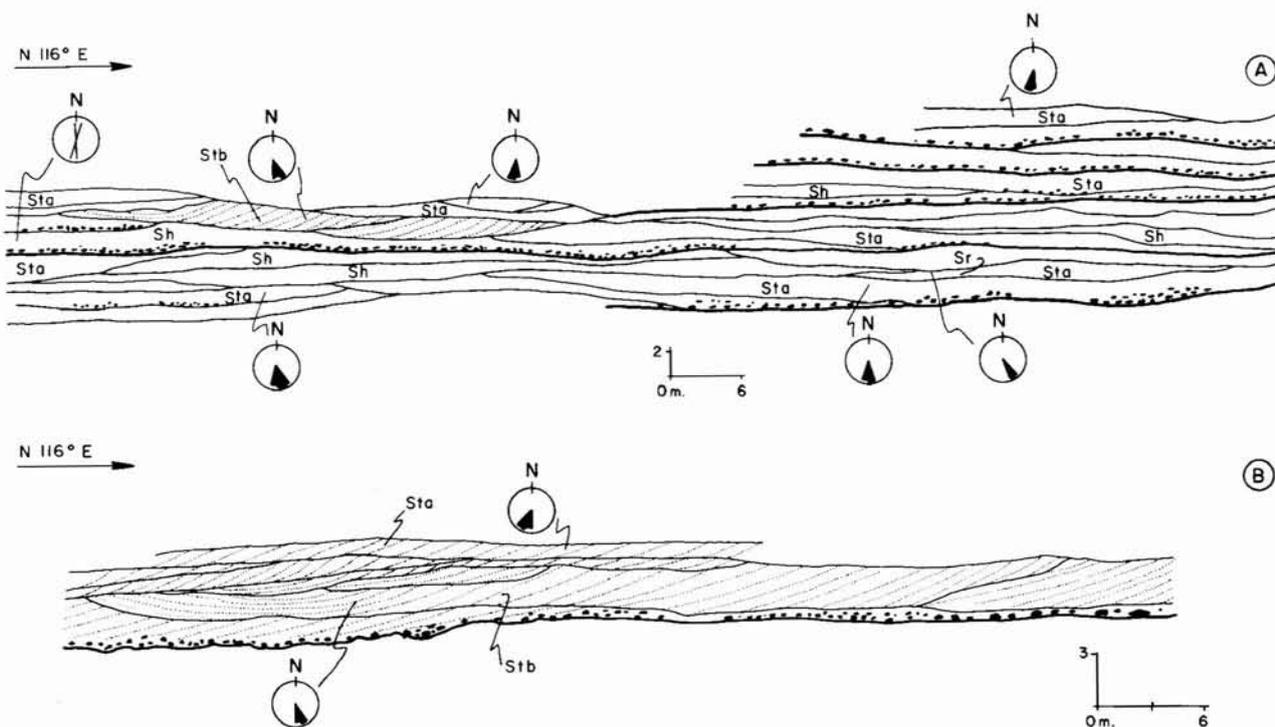


Fig. 4.—Tramo basal. A) Arquitectura fluvial y distribución de las principales facies. B) Estructura interna de una de las barras de tipo lunado.

principales asociaciones de facies de este tramo son las siguientes:

Asociación A (fig. 3): Se (Gm)=Stb=Sta

Este conjunto de facies presenta una geometría tabular con base plana (fig. 4B). Cuando las facies Stb se relacionan lateralmente con las Sta, estas últimas presentan geometría cóncava a gran escala. Las direcciones de paleocorrientes obtenidas en estas asociaciones indican, en general, un sentido hacia el SE, con una ligera variación hacia el SO en las facies Sta.

Esta asociación se construye por el depósito de megaformas (Stb) que por su tamaño («sets» >1 m. y anchura >18 m.), representan accidentes morfológicos en la fisiografía del río. Son formas que en aguas bajas llegan a emerger y cuya morfología externa podría ser lunada con la concavidad desarrollada aguas abajo. Sobre estas barras migran formas de menor tamaño (Sta). Lateralmente existirían canales por los que migran también campos de dunas (Sta) (Ramos *et al.*, 1986).

Asociación B (fig. 3): Se=Stb=Sh=Sp

La asociación, muy similar a la anterior, tiene en conjunto geometría tabular con una extensión lateral difícil de precisar. Las facies Stb presentan numerosas superficies de reactivación, y se encuentran separadas de la laminación paralela por una superficie erosiva.

Representan megaformas en el lecho del río como se han descrito anteriormente. Sobre ellas se genera

laminación paralela de régimen de flujo alto y al disminuir éste migrarían «megaripples» de cresta recta (Cant y Walker, 1978).

Asociación C (fig. 3): Se=Sta=(Fm)

El conjunto tiene geometría canalizada con gran continuidad lateral, base erosiva ligeramente cóncava y techo frecuentemente erosionado. Las medidas de paleocorrientes tomadas en las facies Sta señalan un sentido hacia el S-SE (N 150-N 186) (fig. 4A).

La asociación es interpretada como el relleno de canales mayores de gran amplitud y profundidad. Las formas mayores se generan en etapas de fuertes inundaciones estacionales (Coleman, 1969) y sobre ellas migran formas menores que se producirían en etapas de flujo más bajo.

Asociación D (fig. 3): Se=Sta=Sh=Sta

Esta asociación presenta gran extensión lateral y se repite verticalmente. En conjunto son niveles de base cóncava, con el techo erosionado por la secuencia siguiente. Las medidas de paleocorrientes tomadas en esta asociación indican sentido hacia el S, con una variación hacia el SE en las facies Sta (fig. 4A).

Se interpretan como relleno múltiple de canales por los que normalmente migran campos de «megaripples» de cresta sinuosa. En períodos de descargas bruscas y enérgicas se generaría la laminación paralela.

Asociación E (fig. 3): (Se)=Sh=Sr=Fm

Se presenta como una secuencia repetida vertical-

mente, con extensión lateral variable y formando niveles tabulares de base y techo planos. En ocasiones, en el techo de cada secuencia pueden observarse estructuras de erosión y relleno.

Representaría la sedimentación en etapas de inundación en áreas de «overbank» o zonas no canalizadas en general. Marca la deceleración del flujo hasta llegar a la decantación de lutitas. Este tipo de secuencias han sido citadas en medios antiguos, por ejemplo, por Cant y Walker (1976) y en el Triásico de la Cordillera Ibérica por Ramos y Sopena (1983).

Asociación F (fig. 3): Se=Sta=Sh-p=Sr

Es una asociación compleja formada a partir de un obstáculo en el fondo (Sta), por encima del cual se produce una compresión de las líneas de flujo con aumento de la velocidad de la corriente originando laminación paralela. Al frente de la forma elevada se produciría una expansión del flujo generándose caras de avalancha.

Tramo inferior

La arquitectura de este tramo se construye por la superposición de niveles de areniscas con base erosiva y gran extensión lateral, separados por niveles de lutitas poco importantes. Siguen siendo características, como en el tramo anterior, las superficies de erosión marcadas por intraclastos de lutitas, en ocasiones de gran tamaño. Además de las asociaciones C y D descritas en el tramo anterior son específicas de este tramo las asociaciones G y H que se describen a continuación.

Asociación G (fig. 3): Se=Gm=Sta=(Fm)

Forman cuerpos de tendencia tabular y gran extensión lateral pero con base cóncava y erosiva, frecuentes estructuras de tipo «sole cast» y techo plano, en ocasiones bioturbado.

Esta asociación se interpreta con relleno de canales de gran extensión en los que se producen variaciones en el régimen de flujo, marcadas por numerosas superficies de reactivación en las facies Sta. Esto también se refleja en la existencia de intraclastos, ya que debe existir un período de energía menor, en el cual se depositan lutitas y otro en el que se erosionan. Progresivamente se produce una disminución de la profundidad del canal, lo que se refleja en formas de menor tamaño. Secuencias similares se han descrito, por ejemplo, en el río Saskatchewan por Cant y Walker (1978) y en la Old Red Sandstone por Allen (1983).

Asociación H (fig. 3): Fm=Sr=(Fl)

La asociación está compuesta principalmente por niveles de lutitas, y de forma menos frecuente por areniscas de grano fino. En conjunto presenta morfología tabular con el techo en ocasiones erosionado. A veces los niveles de areniscas tienen morfología lenticular.

Es interpretada como depósitos generados por acreción vertical en la llanura de inundación, que recibe aportes procedentes de desbordamiento de los canales. En medios actuales este proceso ha sido descrito, por ejemplo, en el Red River (Texas) por Schwartz (1978).

Tramo medio

La arquitectura sedimentaria de este tramo se caracteriza por la presencia de cuerpos de areniscas de morfología canalizada incluidos en una matriz lutítica, y que con frecuencia desarrollan superficies de acreción lateral.

Asociación I (fig. 3): Sta=Sr=Fm=Bp

Los niveles de areniscas presentan una morfología de canal, mientras que las lutitas aparecen en niveles cuya geometría es muy irregular. Las direcciones de paleocorriente tomadas en esta asociación indican un sentido hacia el SE. Se interpreta como relleno de canales por cuyo fondo migrarían campos de «mega-ripples» (Sta) (Cant y Walker, 1978). Las facies Sr serían típicas de zonas más someras con menor velocidad de flujo. La llanura de inundación estaría representada por las facies Fm y en ella se desarrollarían procesos edáficos.

Asociación J (fig. 3): LA=Sta=Sr

Los niveles de areniscas presentan una geometría con estratificación de tipo epsilon (fig. 5). Cada unidad mayor está constituida por laminación paralela a las superficies, estratificación cruzada de surco (Sta) y otros elementos menores. Las direcciones de paleocorriente medidas indican corrientes unidireccionales con sentido hacia el SO. Las diferencias observadas en el sentido y en la dirección de las distintas superficies de acreción lateral (fig. 5A) responden a la existencia de cuerpos de acreción en distintos sentidos.

Esta asociación se formaría en canales de alta sinuosidad, generándose las superficies de acreción lateral por la migración de barras de meandro. En el techo de estas barras pueden observarse ocasionalmente «chute fill».

Tramo superior

La arquitectura de este tramo se construye por amalgamamiento de diversos cuerpos sedimentarios arenosos. Destaca la ausencia de niveles de lutitas, al igual que en el tramo basal, y la existencia de una importante alteración edáfica.

Asociación K (fig. 3): Se=Sta=Bp

Esta asociación se caracteriza por la presencia de una importante alteración edáfica, que afecta a un gran volumen de sedimentos.

Interpretamos esta asociación como relleno de canales de baja sinuosidad, pero debido al posterior

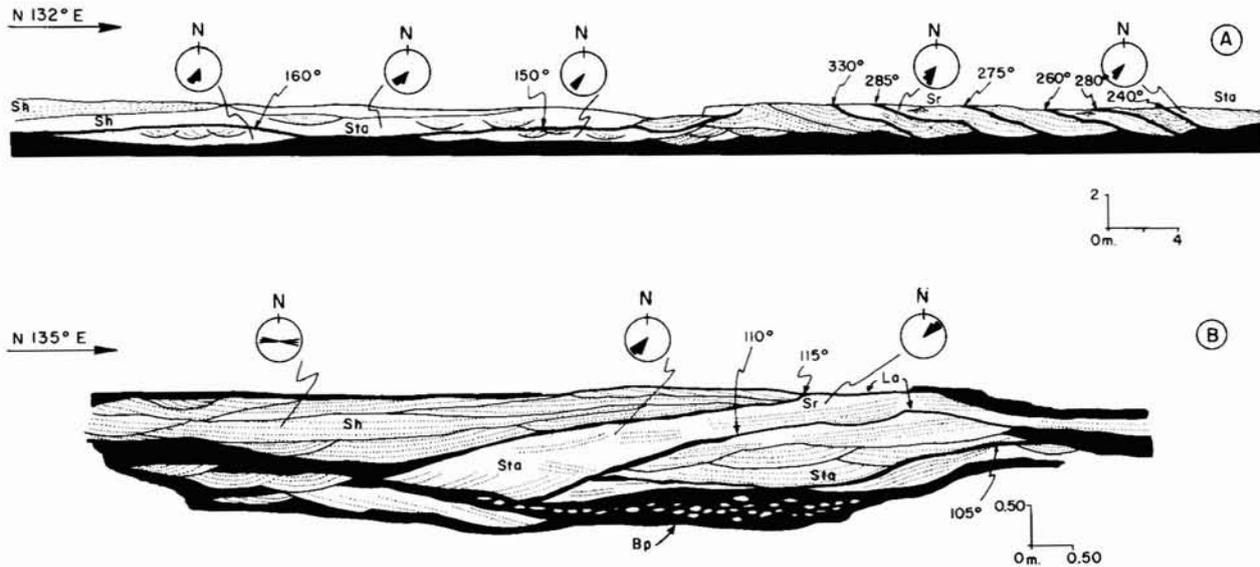


Fig. 5.—Tramo medio. A) Organización interna de uno de los canales de alta sinuosidad, en el que se observa su migración lateral hacia el SE. B) Distribución de facies en los cuerpos de acreción lateral de otro canal de organización compleja.

desarrollo de un paleosuelo de gran importancia, las características sedimentarias aparecen mal conservadas.

Asociación L (fig. 3): Se = Gm = Sta

El conjunto de las facies de esta asociación presenta una morfología de canales, con base cóncava y techo parcialmente erosionado. Las direcciones de paleocorrientes indican un sentido hacia el S-SO.

Se interpreta como relleno de canales que pueden funcionar por lo menos en dos etapas, en la inicial sólo se sedimenta un pequeño depósito de «lag» (Gm) funcionando como «by-passing» para las arenas. En otra etapa, estos depósitos serían parcialmente erosionados, el canal iría progresivamente rellenándose de sedimentos y presentando una menor profundidad, por lo que las formas que se generan tienen menor tamaño (Cant y Walker, 1978).

Interpretación ambiental y evolución vertical

Como se ha visto anteriormente en base a las distintas asociaciones de facies y arquitectura sedimentaria, existen diversos estilos fluviales que se suceden a lo largo de esta unidad, pero todos ellos con carga de fondo arenosa.

En los tramos basal e inferior (fig. 3), la unidad presenta un estilo fluvial caracterizado por canales entrelazados de baja sinuosidad. Las asociaciones características de estos tramos (fig. 3), representan fundamentalmente depósitos de barras y canales, sin que se encuentren preservadas facies de llanura de inundación. Las cicatrices mayores que se encuentran cada pocos metros, estarían originadas por la migración de

la parte activa del sistema a lo largo de la llanura de inundación erosionada en las etapas de alta descarga o por la migración de los canales. Estos tendrían gran amplitud y profundidad presentando rellenos complejos, entre los que se encuentran depósitos de barras internamente compuestas por estratificación cruzada de surco a muy gran escala (set >1 m. y anchura >18 m.), interpretados como megaformas de morfología lunada con la concavidad desarrollada aguas abajo y en las que un extremo avanzaría más rápidamente que el otro. Estas megaformas estarían modificadas por formas menores generadas en etapas de flujo bajo. No se han descrito en la literatura barras que generen estratificación cruzada de surco a gran escala; siempre que esta estructura está presente se ha interpretado como relleno de canal. Sin embargo, como ya explicamos anteriormente, consideramos que por sus dimensiones serían formas que representarían una morfología importante en la fisiografía del río y funcionarían, por tanto, como barras en los períodos de aguas más altas.

Se pueden diferenciar dos tipos de relleno de canal reflejados en las asociaciones C y D que corresponderían a diferentes momentos en la descarga del río. La asociación C se forma en etapas de fuertes descargas durante las cuales todo el valle funciona como canal («bank-full»). Secuencias semejantes han sido citadas por Tyler y Ethridge (1983). La asociación D representa los depósitos generados en las etapas de funcionamiento regular del río, por el fondo de los canales migrarían campos de «megaripples» de cresta sinuosa. Son frecuentes los depósitos de laminación paralela que representan aumentos en la velocidad de

la corriente, tanto en etapas de inundación como en momentos de descenso de flujo.

El sentido de las paleocorrientes medidas en estos tramos basal e inferior, varía sensiblemente desde SO para los depósitos de canal, a SE en barras y formas menores que presentan por tanto, una dirección de migración ligeramente oblicua a los canales. La geometría de los cuerpos sedimentarios corresponde a «sheet» (Friend *et al.*, 1979) con relación anchura/profundidad >30:1. La individualización de los canales presenta dificultades por la gran escala de los mismos y la superposición y amalgamamiento de los distintos cuerpos sedimentarios (fig. 4A).

La evolución del sistema se refleja, tanto en el tamaño de los canales, como en la frecuencia de las megaformas. El porcentaje de llanura de inundación aumenta en sentido vertical. Las asociaciones D y G son los tipos de relleno de canal más frecuentes destacando en ocasiones la existencia de lineación primaria de corriente asociada a las estratificaciones cruzadas de surco (Sta). Las medidas de paleocorriente de estos canales indican una dirección de drenaje hacia el S-SO, como se ha dicho anteriormente.

Los niveles que constituyen el tramo medio (fig. 3) de la unidad presentan un estilo fluvial diferente al de los anteriores. Se trata de un sistema de canales de alta sinuosidad en el que se puede observar el desarrollo de barras de meandro («point-bar»). La organización interna de estos cuerpos es compleja como se aprecia en la fig. 5. En el techo de alguna de estas barras se observan estructuras de «chute-fill» que serían generadas en etapas de recesión del flujo. Ejemplos similares han sido descritos, por Puigdefabregas (1973) y Friend *et al.* (1979).

Aparecen también pequeños canales con relaciones anchura/profundidad de 12:1 (fig. 3), en los cuales no se aprecia acreción lateral, y que presentan secuencias de relleno constituidas por estratificación cruzada de surco, «ripples» y lutitas. Se pueden interpretar como canales secundarios, o como tramos rectos del sistema.

Existe un alto porcentaje de sedimentos de llanura de inundación formados por areniscas y fundamentalmente lutitas, que en ocasiones incluyen depósitos de desbordamiento («crevasse-splay»). También es frecuente observar el desarrollo de nódulos de carbonato que constituyen pequeños niveles edáficos. La migración lateral del cinturón activo de canales, característica de este tipo de sistemas, permitiría una mayor conservación de la llanura de inundación (Bluck, 1980).

El tramo superior de la unidad (fig. 3) aparece en gran parte afectado por una importante alteración edáfica que debe representar un fenómeno a escala regional superando el ámbito de nuestro estudio. En cualquier caso en el área aquí estudiada representa un momento de estabilidad importante, siendo necesario un estudio más detallado en otras partes de la cuenca.

La arquitectura sedimentaria se construye por el amalgamamiento de canales que no conservan su morfología original. Las paleocorrientes medidas indican una dirección de paleodrenaje hacia el SO.

En líneas generales el sistema representaría una red de pequeños canales entrelazados de baja sinuosidad caracterizados por facies de relleno de canal (asociación L) con casi nula conservación de las facies de llanura de inundación.

En resumen, dentro de la unidad Areniscas del río Arandilla se puede observar la siguiente evolución en la red fluvial (fig. 3). Los tramos basal e inferior representan un sistema de baja sinuosidad, con gran movilidad lateral y escasa conservación de la llanura de inundación. Serían grandes ríos con importantes descargas estacionales similares a las descritas por Coleman (1969) para el río Brahmaputra y por Singh y Kumar (1974) para el Yamuna. La elevada interconexión entre los cuerpos sedimentarios y la escasa conservación de la llanura de inundación, que sufrió una gran removilización siendo en parte integrada al sistema como intraclastos, nos permite suponer una baja tasa de subsidencia relativa (Allen, 1978; Bridge y Leeder, 1979).

El tramo medio representaría con respecto a los anteriores una variación en el sistema que puede deberse a una mayor distalidad o a un cambio del nivel de base junto a una menor pendiente, pasaríamos a un sistema de pequeños canales de alta sinuosidad entre los cuales existen importantes depósitos de llanura de inundación. La tasa de subsidencia relativa durante la sedimentación de este tramo sería más elevada, existiendo menor interconexión entre los cuerpos arenosos y un mayor porcentaje de depósitos de llanura de inundación. La existencia de «ribbons» y los depósitos de abandono de canal se ve favorecida también por un aumento en la tasa de subsidencia.

Los tramos descritos constituyen en conjunto una megasecuencia granodecreciente, con evolución hacia medios más distales.

El tramo superior representaría un retroceso en la evolución normal del sistema de drenaje, volviendo a desarrollarse canales entrelazados de baja sinuosidad de menores dimensiones. Este cambio en el estilo puede deberse a un rejuvenecimiento de la red de drenaje, que ha sido atribuido a una reactivación tectónica detectada a escala regional (Ramos, 1979; Pérez-Arlucea, 1985). En ella se ha venido situando el límite superior de la unidad Areniscas del río Arandilla, por lo que en este área concreta dicho límite debe ser modificado quedando situado por debajo del fijado por Ramos (1979).

Como síntesis de la evolución vertical de la unidad, se presenta un «gráfico de proximalidad-distalidad» de los medios sedimentarios, y se efectúa una comparación con las curvas de variaciones eustáticas del nivel del mar a escala mundial (fig. 6). Para el Anisiense, edad

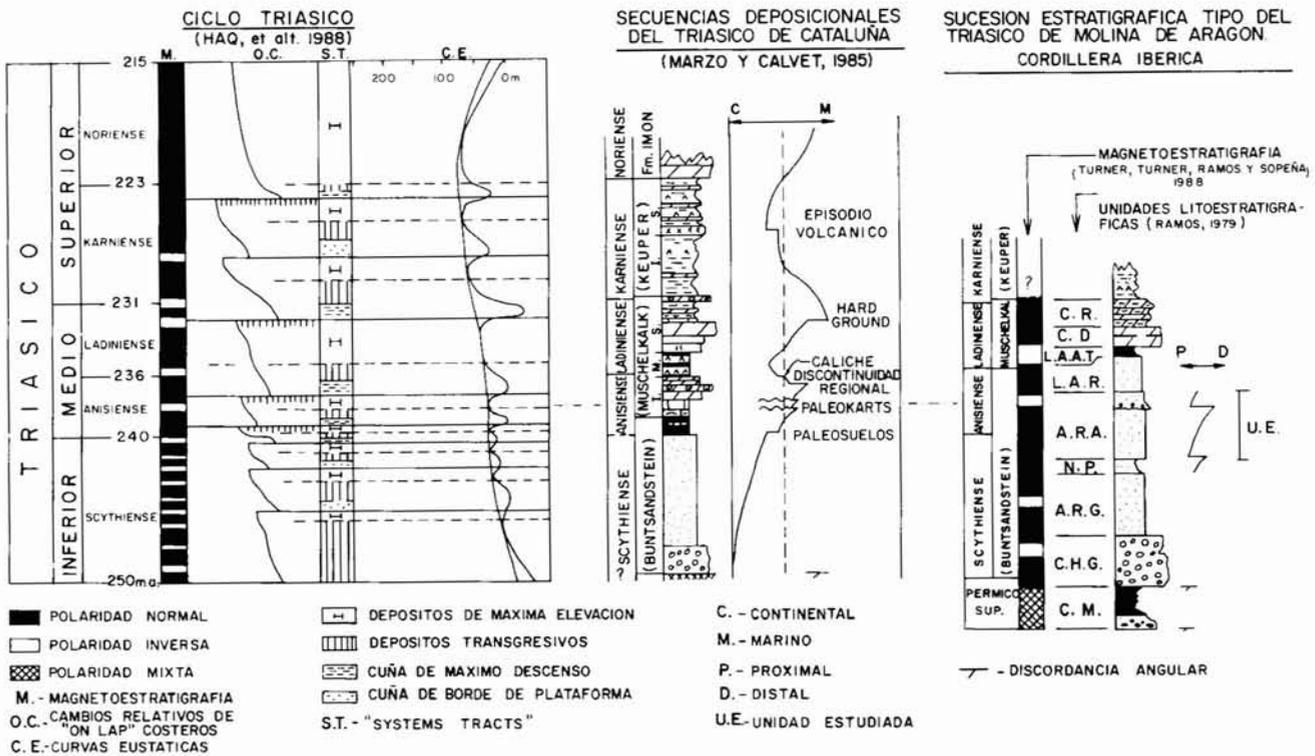


Fig. 6.—Comparación entre las curvas eustáticas del ciclo triásico y las curvas de proximalidad-distal del Triásico de Cataluña y de la unidad estudiada. R: restos vegetales macerados; P: bioturbación de origen edáfico; B: bioturbación; c: impregnación de hidrocarburos.

que se atribuye a la unidad estudiada, existe un momento regresivo a nivel mundial situado en la mitad inferior del Anisiense, que coincide con la base de nuestra unidad. A partir de aquí se produce una evolución a medios más distales. El tramo superior representa una ruptura con retroceso en la evolución, que a nivel general coincide con el momento regresivo situado en la mitad superior del Anisiense.

Se han efectuado también, comparaciones con otras áreas (fig. 6) pudiéndose correlacionar el descenso del nivel de base y la segunda pulsación del M1 de los Catalánides (Marzo y Calvet, 1985).

El interés principal de estas comparaciones es doble. En primer lugar, permite elaborar hipótesis razonables sobre las causas de las variaciones del nivel de base de la red de drenaje, que es el que produce las variaciones verticales del estilo de la arquitectura fluvial. Por otra parte, una vez conocidas estas variaciones y sus causas en las distintas áreas de la cuenca, sería posible intentar la separación de la cantidad de sedimentos acumulados por variaciones eustáticas y la parte correspondiente a subsidencia tectónica. Esto permitiría realizar un análisis más correcto de la subsidencia en la cuenca de sedimentación triásica. Todo ello sin olvidar las limitaciones que este tipo de métodos de estudio tienen todavía debido a la dificultad que existe en la obtención de

las curvas generales de variaciones eustáticas del nivel del mar (Miall, 1981).

Conclusiones

La unidad Areniscas del río Arandilla presenta una evolución del estilo fluvial determinada en base a las asociaciones de facies y arquitectura sedimentaria. Los tramos inferiores representan un sistema fluvial de canales entrelazados de baja sinuosidad. El drenaje estaría controlado por descargas estacionales. Los canales serían amplios y profundos con gran movilidad, erosionando la llanura de inundación. La arquitectura fluvial se construye por amalgama de barras y canales. Los depósitos atribuibles a relleno de canal son los más abundantes. Existen megaformas de morfología lunada con la concavidad desarrollada aguas abajo y que internamente se componen de estratificación cruzada de surco a gran escala (set <1 m. y anchura <18 m.). Representarían depósitos de barras. El amalgamamiento de los canales podría indicar un bajo índice de subsidencia relativa.

La evolución del sistema conduce al desarrollo de canales de alta sinuosidad con barras de meandro que son modificadas en las etapas de recesión de flujo. Se produce un mayor porcentaje de conservación de los

depósitos de llanura de inundación. El conjunto de estos tramos determina una secuencia de evolución a medios más distales.

El tramo superior representa un retroceso del sistema de drenaje, con canales entrelazados de baja sinuosidad. La parte inferior de este tramo está afectada por una importante alteración edáfica que implica el desarrollo de un importante paleosuelo. El análisis en detalle de este tramo superior de la unidad Areniscas del río Arandilla, lleva a pensar que el límite con la unidad suprayacente se sitúa por debajo de donde fue establecido inicialmente por Ramos en 1979, ya que debe coincidir en toda la región, con la reactivación de la red de drenaje observada.

Referencias

- Allen, J. R. L. (1978). Studies in fluvial sedimentation: An exploratory quantitative model for the architecture of avulsion controlled alluvial suites. *Sedim. Geol.*, 21, 129-147.
- Allen, J. R. L. (1983). Studies in fluvial sedimentation: bars, bars complex and sandstone sheets (low sinuosity braided streams) in the Brownstone (L. Devonian) Welsh Borders. *Sedim. Geol.*, 33, 237-293.
- Bridge, J. S. y Leeder, M. R. (1979). A simulation model of alluvial stratigraphy. *Sedimentology*, 26, 617-644.
- Bluck, B. J. (1980). Structure, generation and preservation of upward fining braided stream cycles in the Old Red Sandstone of Scotland. *Trans. R. Soc. Edinburg. Earth Sci.*, 71, 29-46.
- Cant, D. J. y Walker, R. G. (1976). Development of a braided-fluvial facies model for the Devonian Battery Point Formation Sandstone, Quebec. En: *Ancient Continental Deposits*. Ed. F. B. Van Houten. *Beckmark Papers in Geology*, 43, 25-40.
- Cant, D. J. y Walker, R. G. (1978). Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada. *Sedimentology*, 25, 625-648.
- Coleman, J. M. (1969). Brahmaputra River: Channel processes and sedimentation. *Sedim. Geol.*, 3, 129-239.
- Friend, P. F.; Slater, M. J. y Williams, R. C. (1979). Vertical and lateral building of river sandstone bodies, Ebro Basin, Spain. *J. Geol. London*, 136, 39-46.
- García-Gil, S. y Sopeña, A. (1987). Estratigrafía y sedimentología del Triásico en el sector Medinaceli-Somaen (provincia de Soria). *Cuadernos Geol. Iber.*, 11, 707-735.
- Haq, B. V.; Hardenbol, Y. y Vail, P. R. (1987). Chronology of fluctuating sea level since the Triassic. *Science*, 235, 1156-1166.
- Marzo, M. y Calvet, F. (1985). Guía de la excursión al Triásico de las Catalánides. Ed. F. Mateu y M. Marzo. Institut d'Estudis Ilerdeenes. 175 págs.
- Miall, A. D. (1977). A review of the braided river depositional environments. *Earth Sci. Rev.* 13: 1-62.
- Miall, A. D. (1978). Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En: *Fluvial sedimentology*. Ed. A. D. Miall. *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, 5: 597-604.
- Miall, A. D. (1981). Alluvial sedimentary Basins: Tectonic setting and Basin Architecture. En *Sedimentation and Tectonics in Alluvial Basins*. Ed. A. D. Miall. *Geol. Assoc. of Can. Spec. Papers*, 23, 1-35.
- Miall, A. D. (1985). Architectural elements analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sci. Rev.*, 22, 261-308.
- Miall, A. D. (1988). Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: anatomy of the Kayenta Formation (Lower Jurassic), southwest Colorado. *Sedim. Geol.*, 55, 233-262.
- Pérez-Arlucea, M. (1985). *Estratigrafía y Sedimentología del Pérmico y Triásico en el sector de Molina de Aragón-Albarracín (provincias de Guadalajara y Teruel)*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. 322 págs. (inédita).
- Pérez-Arlucea, M. y Sopeña, A. (1985). Estratigrafía del Pérmico y Triásico en el sector central de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (provincias de Guadalajara y Teruel). *Estudios Geol.*, 41, 207-222.
- Pérez-Arlucea, M. (1987). Distribución paleogeográfica de las unidades del Pérmico y del Triásico en el sector Molina de Aragón-Albarracín. *Cuadernos Geol. Iber.*, 11, 607-622.
- Puigdefabregas, C. (1973). Miocene point-bar deposits in the Ebro Basin, northern Spain. *Sedimentology*, 20, 133-144.
- Ramos, A. (1979). Estratigrafía y paleogeografía del Pérmico y Triásico del W de Molina de Aragón (provincia de Guadalajara). *Seminarios de Estratigrafía*. Serie Monografías, 6, 313 págs.
- Ramos, A. y Sopeña, A. (1983). Gravel bars in low sinuosity streams (Permian and Triassic, Central Spain). *Spec. Public. Int. Assoc. Sedimentol.*, 6, 301-312.
- Ramos, A.; Sopeña, A. y Pérez-Arlucea, M. (1986). Evolution of Buntsandstein fluvial sedimentation in the northwest Iberian Ranges (Central Spain). *J. Sedim. Petrol.*, 56, 862-876.
- Sánchez-Moya, Y. (1987). *Análisis sedimentológico de las Areniscas del río Arandilla. Triásico del sector de Cobeta (Guadalajara)*. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid. 141 págs. (inédita).
- Schwartz, D. E. (1978). Distribution: The Red River in Oklahoma and Texas. *Trans. Gulfcoast. Assoc. Geol. Soc.*, 28, 473-491.
- Shingh, I. B. y Kumar, S. (1974). Mega and giant ripples in the Ganga, Yamuna and Son Rivers, Uttar Pradesh, India. *Sed. Geol.*, 12, 53-66.
- Sopeña, A. (1979). Estratigrafía del Pérmico y Triásico del noroeste de la provincia de Guadalajara. *Seminarios de Estratigrafía*. Serie Monografías, 5, 329 págs.
- Sopeña, A.; Virgili, C.; Arche, A.; Ramos, A. y Hernando, S. (1983). El Triásico. En: *Geología de España* (Libro Jubilar, J. M. Ríos). *Inst. Geol. y Min. de Esp.*, 11, 47-64.
- Turner, P.; Turner, A.; Ramos, A. y Sopeña, A. (1989). Paleomagnetism of Permian-Triassic rocks in the Iberian Cordillera, Spain: acquisition of secondary and characteristic remanence. *Journal of the Geological Society*, 146, 61-76.
- Tyler, N. y Ethridge, F. (1983). Depositional setting of the Salt Wash Member of the Morrison Formation, South-West Colorado. *J. Sedim.*, 53, 67-82.

Recibido el 11 de octubre de 1988
Aceptado el 17 de marzo de 1989