

INFORME SEDIMENTOLOGICO DE LA HOJA DE CIFUENTES

1/50.000. (22-20).

José Pedro Calvo Sorando

Ana María Alonso Zarza

INFORME SEDIMENTOLOGICO DEL MIOCENO DE LA HOJA 1/50000 DE CIFUENTES (22-20)

I. INTRODUCCION

Los materiales correspondientes al Mioceno ocupan aproximadamente el 80% de la extensión de la Hoja 1/50000 de Cifuentes. Esta amplia extensión permite un reconocimiento bastante ajustado de los sistemas deposicionales a través de los que se articula la sedimentación durante el Mioceno en este sector de la parte NE de la Cuenca de Madrid, hecho que queda imposibilitado en lo que concierne al registro paleógeno y mesozoico que, en función de su escasa representación areal dentro de la zona de estudio, debe realizarse de forma más exhaustiva en hojas inmediatamente adyacentes al E y S.

El Mioceno de la Hoja de Cifuentes presenta una potencia máxima en afloramiento de unos 350 m, situándose los puntos más bajos de las sucesiones aflorantes hacia la cota 740 m, en los alrededores de Trillo, y los más altos hacia la cota 1070 (por ej., Pico Cabezuela, en el km 8 de la carretera de Olmeda del Extremo a Malacuera). No obstante, merced a la fisiografía de la zona, las sucesiones verticales que pueden ser estudiadas de una forma continua son como máximo de unos 300 m. Estos espesores son relativamente parciales en cuanto a la potencia real del Mioceno en este área que, de acuerdo con datos de sondeos profundos (Sondeo de Santa Barbara, junto a Yela, en el extremo NW de la hoja), podría alcanzar los 700 m. El estudio de estos materiales miocenos puede ser completado en profundidad gracias a la información suministrada por varios sondeos de mediano alcance (próximos a los 200 m) realizados por ENUSA. En particular, los sondeos Masegoso A-12,

Henche A-14 y Gualda A-15 permiten un control preciso hasta una cota absoluta de unos 550 m.

Las formaciones miocenas reconocidas se encuadran dentro del conjunto mayor definido como "Facies detríticas del NE de la Cuenca de Madrid" (Junco y Calvo, 1983). Las facies presentes en la Hoja de Cifuentes tienen continuidad hacia el norte en los complejos aluviales que se adosan a los relieves mesozoicos de la parte meridional de la rama castellana de la Cordillera Ibérica y que, a su vez, se continúan en la zona de entronque de ésta y el borde sur de Somosierra. El esquema general completo de los dispositivos aluviales en toda esta parte NE de la Cuenca de Madrid ha sido expuesto por Alonso (1989), Calvo et al. (1989 a, b) y Alonso et al. (en prensa).

De forma resumida, las formaciones detríticas miocenas adosadas al borde NE de la Cuenca de Madrid se articulan en un conjunto de abanicos aluviales mayores entre los que se disponen cuñas clásticas de menor entidad en forma de depósitos de ladera. Dentro de los sistemas de abanicos aluviales, que constituyen los puntos de abastecimiento de terrígenos más eficientes hacia la cuenca, se han distinguido los siguientes (Alonso, 1989; Alonso et al., en prensa): complejo de abanicos aluviales del Tajuña- Las Inviernas, entre las hojas de Cifuentes y Ledanca (Alonso et al., 1988, 1990), abanico de Baidés, en la zona de entronque entre las direcciones ibéricas y las del Sistema Central, y sistema distributivo de Jadraque. Cada uno de estos sistemas aluviales aparece típicamente compuesto por un sistema mayor y otros menores asociados; asimismo, se han reconocido otros sistemas de abanicos aluviales menores, por ejemplo, los de Mirabueno, Aragosa o Matillas, los tres en la vecina Hoja de Ledanca (ITGE, 1989), que completan el mosaico de sistemas aluviales en este borde NE de la cuenca. Por último, se han reconocido algunos rellenos aluviales miocenos restringidos a cubetas interiores adyacentes a la zona de

borde mayor; esta situación aparece ejemplificada en puntos tales como LaCabrera, área del Embalse de La tajera, El Sotillo, etc....., situados en la Hoja de Ledanca.

La mayor parte de los elementos de la arquitectura aluvial antes señalados son reconocibles en la Hoja de Cifuentes y se hace mención de ellos en los apartados siguientes de este Informe. Destacaremos por su importancia para esta hoja el desarrollo parcial, en su parte meridional, de un amplio sistema aluvial que denominaremos Abanico del Tajo (T.Torres, comun.personal, 1989). Este sistema aparece extendido en esta hoja así como en las adyacentes al Este y Sur, por lo que su estudio preciso y establecimiento de la entidad real que este sistema presenta en el borde E de la Cuenca de Madrid durante el Mioceno queda pendiente de posteriores investigaciones. Se apuntará, no obstante, la ubicación de este sistema aluvial del abanico del Tajo en la zona de entronque entre las direcciones de la Cordillera Ibérica y el extremo norte de la Sierra de Altomira.

II. ANALISIS SEDIMENTOLOGICO DEL MIOCENO DE LA HOJA DE CIFUENTES.

II.1. Metodología utilizada.

El análisis sedimentológico de los depósitos miocenos aflorantes en la Hoja de Cifuentes toma como base la cartografía a escala 1/50000 realizada dentro de este Proyecto, lo que permite una observación precisa del reparto de los conjuntos de litofacies mayores, y el levantamiento de varias columnas litoestratigráficas en puntos seleccionados dentro de la zona de estudio. Estas columnas han sido las siguientes :

- Columna del Tajuña ($x = 2^{\circ} 37' 30''$, $y = 40^{\circ} 49' 40''$). Esta columna se sitúa en el desfiladero del río Tajuña, en proximidad al contacto entre las formaciones miocenas y los materiales cretácicos, al NE de la localidad de Moranchel. El espesor de depósitos miocenos estudiados es de unos 115 m, correspondiendo esencialmente a facies proximales y medias de abanico. La sección levantada permite analizar la estructura interna de las zonas proximales del Abanico del Tajuña y suministra información sobre las características de los sistemas de abanico en la parte oriental de la hoja.

- Columna de Barriopedro ($x = 2^{\circ} 45' 00''$, $y = 40^{\circ} 47' 36''$). Se sitúa inmediatamente al norte de la localidad de Barriopedro. El espesor de materiales miocenos estudiados es de unos 130 m, reconociéndose a lo largo de la sección la superposición de tramos clásticos correspondientes a sistemas aluviales en posición distal y tramos carbonáticos propios de zona de orla lacustre. La sección suministra información sobre la evolución distal del abanico aluvial del Tajuña y del de La Tajera y permite detectar la influencia menor de sistemas clásticos de procedencia SE.

- Columna de La Atalaya ($x = 2^{\circ} 41' 20''$, $y = 40^{\circ} 47' 35''$). Tiene su final en el pico del mismo nombre mientras que la base de la columna se sitúa al pie de los barrancos que bajan hacia el río Tajuña por el norte (área de Las Matanzas). El espesor total es de unos 120 m, distinguiéndose una serie de tramos alternantes terrígenos y carbonatados en su parte inferior y un episodio más netamente clástico que constituye toda la parte superior de la sección. La sucesión de materiales miocenos en este punto queda bien integrada con las sucesiones observables dentro del área Masegoso-Cogollor (este último punto ya en la Hoja de Ledanca), correlacionándose bien con los episodios sedimentarios reconocidos en este entorno. La columna, de forma similar a la de Barriopedro, suministra información sobre las facies de orla lacustre alejadas del abanico del Tajuña y sobre la influencia de sistemas aluviales de

procedencia SE.

- Columna de Castilmimbre ($x = 2^{\circ}46'45''$, $y = 40^{\circ}43'32''$). Se sitúa inmediatamente al norte de la localidad del mismo nombre, en el Arroyo de Valderroña. El espesor de materiales estudiados en esta sección es de unos 80 m, no siendo posible la observación de los últimos metros del cerro Carramonte (1057 m de cota) por las deficientes condiciones de afloramiento. Por el contrario, los términos situados por debajo de la sección pueden ser controlados gracias a la columna del sondeo Castilmimbre A-17 (ENUSA), cuya embocadura se sitúa justo en la base de la sección levantada. La columna de Castilmimbre suministra información sobre las características sedimentológicas y litoestratigráficas del registro mioceno en el área occidental de la Hoja de Cifuentes, es decir, en posiciones bastante alejadas del borde mesozoico-paleógeno.

- Columna de Henche ($x = 2^{\circ}42.05''$, $y = 43^{\circ}12'10''$). Se sitúa al NE de esta localidad, desde el pie del Arroyo de La Fuentecilla hasta el cerro de cota 920 m equivalente en altura al Cerro Umbria. El espesor total de materiales estudiados en esta sección es de unos 90 m. La evolución en vertical de los sedimentos reconocidos en ella puede ser determinada mediante el enlace de su punto más alto con el cerro Cabeza (995 m de altura), al NE. Asimismo, el sondeo Henche A-14 (ENUSA) complementa la sección por su parte inferior, aunque la posición del sondeo unos kms más al este (junto al km 78 de la carretera Cifuentes-Sacedón) dificulta la equivalencia, en términos paleogeográficos-sedimentológicos, de ambas columnas. La sección levantada en Henche proporciona buena información sobre los depósitos clásticos desarrollados en la parte meridional de la Hoja de Cifuentes.

Los datos sedimentológicos y litoestratigráficos obtenidos a partir del levantamiento de las columnas se han complementado con itinerarios y observaciones puntuales en zonas extendidas a lo

largo de toda la hoja. Se ha hecho especial hincapié en el análisis de la estructura interna de los cuerpos de gravas y arenas con el fin de caracterizar los sistemas aluviales, tanto en áreas más próximas a los bordes como en zonas más distales. Un segundo aspecto ha sido el establecimiento de la relación entre estos cuerpos clásticos gruesos con sus facies asociadas (lutitas, lutitas carbonatadas, paleosuelos carbonáticos). El tercer gran grupo de facies presentes dentro del registro mioceno lo constituyen depósitos carbonáticos correspondientes a ambientes lacustres someros (facies de orla lacustre y depósitos lacustres algo más perennes), los cuales han sido analizados tanto en términos de facies lacustres como en su relación espacial (vertical y lateral) con respecto a los depósitos aluviales.

Las observaciones de campo de los depósitos antes mencionados se han complementado con el análisis de sus microfacies, estudio dirigido en especial a la petrografía de arenas (comprobación de áreas de procedencia) y a la caracterización textural de los paleosuelos y depósitos de carácter lacustre.

La conjunción de los datos referidos a la distribución de las asociaciones de facies, obtenidos a partir de la cartografía y observaciones de campo, con la medida de direcciones de paleocorrientes en los cuerpos clásticos gruesos, permite establecer un esquema general y comprehensivo para toda la zona de los dispositivos deposicionales mayores con que se articula la sedimentación durante el Mioceno en este área. Un aspecto a indicar de forma preliminar es que estos dispositivos experimentan algunas variaciones a lo largo de los sucesivos estadios de la sedimentación neógena, con relevos tanto en la vertical como en la horizontal que son detectados por cambios en la frecuencia relativa de las distintas facies según los puntos considerados dentro de la zona de estudio.

II.2. Análisis sedimentológico del Mioceno de la Hoja de Cifuentes por sectores.

La división del registro mioceno de la Hoja de Cifuentes en varios sectores obedece a las diferencias observables en cuanto al reparto espacial de las asociaciones de facies, diferenciación que viene controlada en mayor o menor medida por la posición con respecto al borde mesozoico-paleógeno así como por las características de dicho margen (Alonso et al., en prensa).

Desde este punto de vista, una primera aproximación a los sistemas sedimentarios miocenos de la hoja permite una compartimentación entre : a) zonas inmediatamente adyacentes al margen de cuenca, y b) zonas más alejadas de dicho margen.

Dentro de cada una de estas zonas se reconocen distintos sistemas deposicionales, tal como se indica a continuación.

a) las zonas marginales ocupan una franja de unos 5 km que se extiende más o menos paralelamente al borde en sentido norte - sur. Dentro de esta franja se pueden diferenciar al menos tres sectores bien definidos:

1.- Sector de Cifuentes - Las Inviernas, en el que se reconocen tres sistemas de abanicos aluviales así como depósitos de ladera.

2.- Sector de Cifuentes - Trillo, con sistemas aluviales escasamente desarrollados.

3.- Sector meridional (sur de Trillo), en el que se reconocen depósitos correspondientes a un amplio sistema aluvial, el abanico del Tajo (T.Torres, comun. personal, 1989), más

ampliamente extendido en las hojas vecinas, tanto al este como al sur.

b) en relación con las zonas más alejadas del margen de la cuenca hay que señalar que las asociaciones de facies reconocidas aparecen controladas por la extensión e influencia relativa de los distintos sistemas aluviales antes mencionados. Así, en las zonas más septentrionales es patente la influencia del abanico del Tajuña, mientras que en el resto de la hoja el elemento dominante parece ser el sistema aluvial definido como abanico del Tajo.

11.2.1. Zonas marginales.

11.2.1.1. Sector de Cifuentes - Las Inviernas

Dentro de este sector, que abarca desde Cifuentes hasta el límite septentrional de la hoja, se reconocen dos sistemas de abanicos aluviales (Tajuña y La Tajera) que aparecen encajados dentro de los relieves carbonáticos de la Ibérica. Por otra parte, los depósitos de ladera, ampliamente representados en los alrededores de Cifuentes, aparecen asociados a escarpes más rectilíneos.

Abanico del Tajuña

Se sitúa coincidente con la salida actual del río Tajuña desde los relieves mesozoicos. En la Hoja de Cifuentes se localiza esencialmente la mitad meridional de dicho abanico, quedando el resto situado en la Hoja de Ledanca.

Los depósitos que forman las partes más proximales se sitúan discordantes sobre una costra calcárea desarrollada sobre términos carbonáticos de edad cretácica. La longitud del abanico en sentido axial es de unos 5 km. La máxima potencia medida en los depósitos aflorantes de este abanico es de 115 m. La morfología y distribución de facies dentro del abanico muestran que el mismo presenta una zonación en áreas proximales, medias y distales muy neta. Por ello, la descripción que sigue se realiza de acuerdo con dicha zonación.

a) Apice y zonas proximales.

Se sitúan encajadas dentro de una depresión linear y estrecha desarrollada sobre los materiales mesozoicos. La sucesión aluvial en esta zona aparece constituida por dos sucesiones de carácter "fining-thinning upward" que en conjunto presentan un espesor de 115 m. Ambas secuencias se pueden reconocer en la columna 0200.

Las dos secuencias están formadas por cuerpos conglomeráticos tabulares cuya potencia media es de unos 3 metros. Dentro de estos cuerpos las facies más frecuentes son las gravas masivas (Gm) (Miall, 1977), con o sin imbricación. A techo de estos cuerpos se observan localmente gravas y arenas gruesas con estratificación cruzada así como arenas finas y limos rojizos. Los centiles de las gravas oscilan entre 1.05 y 0.4 m, mientras que el tamaño medio está comprendido entre 0.4 y 0.15 m.

b) Zonas medias.

Se localizan fuera de la influencia directa de la depresión en que se instalan las facies proximales antes descritas. La amplitud en sentido transversal de los depósitos de abanico es mucho mayor aquí. Dentro de estas facies medias del

abanico del Tajuña se pueden reconocer dos subsectores (norte y sur), bien diferenciados tanto por las distintas direcciones de paleocorrientes que presentan como por el estilo sedimentario y morfología.

En el sector norte (margen derecha del río Tajuña), aflorante en su mayor parte en la Hoja de Ledanca, los depósitos

aluviales están representados por lutitas rojas entre las que se intercalan cuerpos de gravas ("ribbons"). Dichos cuerpos muestran granoselección positiva y están constituidos por facies diversas (Gm, Gp, Gt, St, Sp y Sr). El espesor medio de estos cuerpos es de 2 metros.

En el sector meridional, las sucesiones más características están constituidas por "sheets" amplios de gravas y, en menor proporción, arenas intercalados entre lutitas rojas. La anchura de cada uno de estos cuerpos puede superar los 300 m y su potencia está comprendida entre 1 y 5 m. Presentan bases localmente erosivas y una asociación de facies similar a la de los cuerpos clásticos del sector norte, al menos en las zonas centrales. Las partes laterales de los "sheets" o alas ("wings") (Friend et al., 1979) de los mismos aparecen constituidas por arenas gruesas y gravas con estratificación cruzada planar.

c) Zonas distales.

En estas zonas dominan los depósitos lutíticos, si bien hacia el Oeste intercalan términos margosos. La asociación de facies en estas áreas incluye:

- niveles potentes (8-10 m) de lutitas rojas con frecuentes nódulos de carbonatos y moteados.

- lechos de arena (0.5 m de potencia media) que ocasionalmente presentan estratificación cruzada planar.
- canales erosivos rellenos con gravas imbricadas. Presentan granoselección positiva y su potencia media es de 1.5 m.
- margas nodulosas que pasan lateralmente a calizas marmorizadas.

Como se ha mostrado en la descripción anterior, el Abanico del Tajuña presenta una zonación neta de facies. El núcleo del abanico viene caracterizado por la instalación de un sistema de barras longitudinales (Gm) (Miall, 1978; Boothroyd y Nummedal, 1978) que son cortadas localmente por canales menores (caracterizados por facies Gp, Gt, St) que funcionarían en momentos de emersión de las barras (Miall, 1985). Los depósitos de las zonas medias del abanico presentan litologías más complejas. En el sector sur del abanico, las altas relaciones anchura/espesor de los "sheets" (Friend, 1983) permiten concluir un alto grado de conexión entre cursos del sistema "braided", causado posiblemente por una relación entre la anchura del cinturón de canales y de la llanura de inundación elevada (Bridge, 1985). En el sector norte, la ordenación interna de los "ribbons" corresponde a un primer relleno de fondo de canales muy erosivos, con posterior desarrollo de barras longitudinales. Posteriormente tendría lugar el abandono y migración lateral del canal.

Distalmente, tanto unos como otros depósitos clásticos pierden entidad, lo que configura estos conjuntos de facies como sistemas terminales, en el sentido de Friend (1989). En las partes aún más distales se sitúan, como veremos al hablar de las zonas alejadas del borde de cuenca, sistemas de charcas más o menos efímeras y amplias.

Abanico de La Tajera

Este abanico presenta una envergadura mucho menor que el abanico del Tajuña, extendiéndose no más de 2 km según una dirección NE-SW. El ápice del abanico se sitúa en la parte alta del Barranco de las Pilas. En esta zona de ápice, los depósitos están formados por una sucesión de bancos tabulares conglomeráticos (facies dominantes Gms y facies Gm subordinadas) cuyas potencias varían entre 4.3 y 0.6 m, con centiles comprendidos entre 6 y 45 cm. Esta sucesión evoluciona distalmente a una sucesión formada por lutitas arenosas con intercalaciones de "sheets" de arenas y gravas, en las que las facies dominantes son Gm, Gp, St y Sh. Más distalmente esta sucesión pasa a lutitas rojas algo arenosas, localmente edafizadas, que se interdigitan con las facies distales del abanico del Tajuña.

A partir de estos datos, interpretamos los depósitos más proximales del abanico de La Tajera como depósitos de tipo "debris-flow" que, en las zonas medias o distales del abanico, dan paso a flujos menos viscosos ("sheets" de canales móviles). Dichos "sheets" son en parte similares a los del sector sur del abanico del Tajuña, aunque de menor envergadura.

Depósitos de ladera

Consisten en cuerpos más o menos tabulares que aparecen recubriendo el paleorrelieve mesozoico, presentando en conjunto una geometría de cuña. Se localizan entre los ápices de los abanicos del Tajuña y de La Tajera y, de forma aún más neta, entre el ápice de este último y Cifuentes. Dentro de estos depósitos se pueden diferenciar las siguientes facies:

- brechas "mud-supported" muy encostradas con desarrollo de pisoides vadosos. Da lugar a un cuerpo tabular, de 1.5 m de potencia, que tapiza los materiales cretácicos.

- conglomerados organizados en banos de hasta 2 m de espesor; en ellos dominan las facies Gm con o sin imbricación. El apilamiento de estos cuerpos da lugar a una cuña de hasta 60 m de potencia desarrollada sobre el frente mesozoico.

- lutitas arenosas; éstas se interdigitan con los términos distales de los abanicos.

El control morfológico de estos sistemas de depósitos de ladera, su arquitectura en láminas tapizando un paleorrelieve y su mínima canalización permite interpretar estos depósitos como debidos a cursos laminares efimeros (Ballance, 1984) que ocasionalmente pueden ordenarse en canales "braided" someros (Mullins y Cook, 1986).

11.2.1.2. Sistemas aluviales del sector Cifuentes - Trillo

A lo largo del sector comprendido entre las localidades de Cifuentes y Trillo afloran con amplia extensión depósitos predominantemente terrigenos entre los que se intercalan por zonas niveles de carbonatos correspondientes al desarrollo más o menos avanzado de paleosuelos. La investigación en este área ha ido dirigida esencialmente a la localización de los aparatos aluviales mayores a través de los cuales se canaliza de forma más neta el influjo de materiales clásticos desde los bordes mesozoico/paleógenos hacia la cuenca.

El sistema de abanico aluvial más nitidamente reconocible en esta zona corresponde al que denominaremos abanico de La Albarda, por estar situado su ápice en el pico del mismo nombre (Km 6 de la carretera de Cifuentes a Canrredondo). Las facies proximales de este abanico se extienden poco más de un km en dirección E-W desde el relieve cretácico y están formadas por el apilamiento de cuerpos de gravas gruesas a muy gruesas con estructura interna clasto-soportada. Desde este punto hacia el W aumentan progresivamente las intercalaciones de lutitas arenosas. Esta asociación de facies, que caracteriza las partes medias del abanico de La Albarda, pueden seguirse al menos hasta la localidad de Cifuentes (zona del Pico Cabañas - Las Hoyas), donde se reconocen cuerpos mixtos de gravas y arenas de espesor variable entre 2-4 m.

Estos cuerpos consisten internamente en depósitos multialmacenados con tendencia al relleno superior por arenas. En algunos casos se observan rellenos de acreción lateral de gravas, aunque el rasgo dominante es la superposición de unidades de grava o arena con cantos dispersos erosivos entre sí. Las arenas suelen presentarse canalizadas exhibiendo estratificación cruzada planar o de surco. Estos depósitos, que se siguen lateralmente con bastante extensión (200-300 m) se interpretan como propios de sistemas aluviales de baja sinuosidad divagantes en la llanura aluvial. Los cuerpos reconocidos al sur de Cifuentes muestran paleodirecciones netas en sentido E-W, no siendo posible caracterizar su evolución distal por falta de afloramientos.

Algo más al sur, entre la localidad de Ruguilla y el Pico Bandogir, se han reconocido cuerpos esencialmente arenosos con direcciones 70 SW que se interpretan como depósitos radiales del abanico de la Albarda. Estos niveles, de granulometría netamente inferior, aparecen intercalados entre lutitas, en ocasiones fuertemente edafizadas, que ponen de manifiesto el carácter distal

de esta zona. Indicaremos, no obstante, la presencia esporádica en ella de cuerpos de grava aislados entre las lutitas que presentan unas direcciones netamente norteadas (N 70 W, N 80 W) que indicarian la interaccion de dos sistemas diferentes : el correspondiente a la parte sur del abanico de La Albarda y la influencia de otro sistema de abanico cuya cabecera se situaría probablemente al SE de Ruguilla. La delimitación de esta cabecera y, en general, la geometría de este último sistema aluvial aparece dificultada por el amplio desarrollo de formaciones tobáceas cuaternarias en la zona, que impiden una buena observación de secciones.

Desde este punto hasta las proximidades de la localidad de Trillo se identifican un conjunto de abanicos aluviales menores, lateralmente coalescentes, que aparecen adosados a los materiales paleógenos. Las facies proximales de estos abanicos evolucionan en sentido axial a un complejo de canales-llanura de inundación en que los canales aparecen rellenos por gravas con acreción lateral y arenas, interpretables como cursos de baja sinuosidad. La evolución distal de estos canales no es clara por falta de buenos afloramientos, aunque muy posiblemente funcionaron como afluentes de los sistemas distributarios correspondientes al abanico del Tajo, situado algo más al sur.

La parte más meridional de la Hoja de Cifuentes presenta un amplio desarrollo de facies aluviales, en particular en los términos más inferiores de la sucesión miocena. Existe en este área una cierta coincidencia con la importancia que alcanzan también los depósitos fluviales infrayacentes, ya netamente paleógenos (Unidad Detrítica Superior de Díaz Molina, 1974, Díaz Molina y Bustillo, 1985). Los cuerpos de areniscas y, en menor grado, de gravas bien canalizados afloran de forma extensa en la cola del Embalse de Entrepeñas y en las inmediaciones de la localidad de Gualda. No ha sido posible, por el momento, llevar a cabo un análisis más

completo de las relaciones espaciales de estos depósitos, análisis que deberá completarse con el estudio de la Hoja de Auñón, por el sur. En cualquier caso, los cuerpos canalizados aflorantes en la Hoja de Cifuentes pueden ser adscritos sin reservas al sistema aluvial mayor denominado abanico del Tajo.

Los depósitos mencionados consisten en cuerpos de areniscas y gravas de grandes dimensiones (espesores de 8-10 m y anchura de varias decenas de metros) fuertemente encajados en las lutitas de llanura de inundación. El relleno de estos canales presenta varios estilos, siendo el más destacable el representado por "macrosets" de areniscas y gravas con estratificación cruzada de gran ángulo y acreción lateral neta. Son frecuentes las superficies erosivas entre canales como resultado de la traslación relativa de los cauces. Localmente se reconocen depósitos de lignitos asociados a las areniscas y lutitas, asociación que interpretamos como propia de cauces inactivos o escasamente abastecidos residuales dentro de un complejo fluvial de carácter meandriforme.

En resumen, el esquema general de distribución de dispositivos deposicionales en las zonas adyacentes al margen de cuenca en la Hoja de Cifuentes queda definido por la yuxtaposición lateral de varios sistemas de abanicos aluviales mayores, otros abanicos de menor entidad, y cuñas clásticas debidas al apilamiento de depósitos de ladera. Entre los abanicos mayores se distinguen los abanicos del Tajuña y La Tajera, en el extremo septentrional de la hoja, el abanico de La Albarda, al sur de la localidad de Cifuentes, y el abanico del Tajo, en su límite meridional. Los tres primeros abanicos quedan perfectamente definidos desde sus zonas más proximales, con delimitación clara de sus cabeceras, mientras que el abanico del Tajo, por su mayor dimensión, queda sólo parcialmente definido. El abastecimiento de terrígenos en la zona comprendida entre Ruguilla y Trillo se articula a través de varios

sistemas de abanicos lateralmente coalescentes cuya anatomía detallada es difícil de establecer. Todos estos sistemas presentan una entidad relativa diferente, siendo los más penetrativos los del Tajuña y Tajo, hecho que condiciona el desarrollo de los sistemas aluviales y lacustres en el resto de la extensión ocupada por la Hoja de Cifuentes.

Señalaremos como aspecto secundario la presencia de algunos rellenos de depósitos aluviales localizados en pequeñas cubetas adyacentes a la línea de borde mayor y, por tanto, con incidencia nula respecto al influjo de depósitos clásticos hacia la cuenca. Un ejemplo de esta situación es la sucesión de depósitos aluviales miocenos observable al norte de Huelos, en la falda del Pico Repechuele.

11.2.2. Zonas distales. Complejos aluviales y lacustres.

Las facies que constituyen las zonas distales del conjunto aluvial anteriormente descrito, así como los depósitos lacustres que comienzan a extenderse y tienen su mayor desarrollo en partes más centrales de la cuenca, se ubican a lo largo y ancho de la mitad occidental de la Hoja de Cifuentes, apareciendo bien expuestas en los escarpes de los diferentes valles presentes en la zona.

La compartimentación en diferentes áreas de influencia de los sistemas aluviales efectuada en el apartado anterior es, en el caso de los complejos aluviales y lacustres de esta parte de la hoja, menos nítida, aunque el análisis detallado de los diferentes sistemas, apoyado en la cartografía realizada, permite distinguir a grandes rasgos dos sectores. El primero de ellos corresponde a la parte septentrional de la hoja, donde aparece dispuesta una banda

de facies distinguible por la alternancia de depósitos lacustres marginales y facies terrígenas finas generalmente edafizadas (área de Masegoso - Barriopedro - La Atalaya). El otro sector corresponde al resto de la mitad occidental de la hoja, donde se aprecia una gran continuidad de depósitos fluviales que están posiblemente articulados en un mismo y amplio sistema aluvial muy penetrativo, en nuestra opinión directamente asociado con el abanico del Tajo antes mencionado. Estos depósitos fluviales son reconocibles de forma persistente en la vertical de las diversas secciones y, hacia sus términos más altos, llegan a superponerse sobre las facies antes indicadas del sector norte de la hoja.

11.2.2.1. Facies distales del sector septentrional.

Las sucesiones más características de este ámbito se han estudiado en la columna de Barriopedro (0100) y en la de La Atalaya (0300) y se completan con la sucesión de Valderrebollo- Cogollor, descrita de forma más amplia en la Hoja de Ledanca.

En estas áreas se reconoce de forma clara la interdigitación entre los sistemas aluviales y lacustres, apreciándose importantes variaciones en la distribución de las asociaciones de facies, tanto en sentido horizontal como vertical. Así, en vertical se pueden definir dos grandes secuencias positivas constituidas cada una de ellas por un término inferior detrítico y uno superior carbonatado. Esta secuencialidad es algo menos neta en Barriopedro y La Atalaya, puntos donde la segunda secuencia presenta también a techo una fuerte contaminación de depósitos detríticos. Esta variación puede explicarse por la progradación hacia el norte de los sistemas fluviales relacionados con el abanico del Tajo (procedencia SE).

La asociación de facies en estas áreas es bastante compleja e incluye:

- lutitas rojas en niveles de potencia métrica a decamétrica; es característico en ellas la presencia de moteados verdosos y nodulización de carbonatos.

- bancos de arenas de potencia métrica, con granulometría de tamaño medio; Los bancos son tabulares y presentan marmorizaciones a techo.

- cuerpos de morfología acanalada rellenos de arenas y gravas. La potencia media de estos canales es de unos 2 metros. Se observa en los canales una tendencia granodecreciente, siendo su base erosiva con inclusión de un "lag" de cantos. El relleno de los canales es de carácter multialmacenado, exhibiendo las gravas y arenas estratificación cruzada de surco y planar y estratificación horizontal. A techo se reconocen niveles de "ripples". Localmente contienen niveles finos de oncoides y tapices estromatolíticos a techo de los canales.

- margas nodulosas, en general bastante arenosas, de tonos blanco-rosados a verdosos. Presentan estructura muy nodulizada y es frecuente observar en ellas rizolitos y grietas de desecación y disturbación. Los bancos son tabulares y se disponen comúnmente en tránsito gradual a techo de niveles lutíticos.

- carbonatos de tonos blancos, amarillentos y/o anaranjados, con estructuras muy variadas (nodular, prismática, "platy",...). Su potencia es de orden métrico. Aparecen a techo de secuencias de lutitas rojas y margas, o bien como equivalente lateral de dichos términos. La microfacies consiste en micritas con proporciones variables de terrígenos, con frecuentes planos de desecación, conductos finos de raíces, nódulos y estructuras fenestrales, a veces con rellenos geopetales. Aparecen bioclastos sólo de forma

ocasional, en particular ostrácodos y caráceas. También de forma ocasional se reconocen nódulos micríticos con pseudomorfos de yesos lenticulares. Los rasgos de marmorización son destacables en algunas zonas.

- carbonatos blancos con estructura masiva a nodulosa. Se presentan en bancos de potencia variable (0.5 - 3 m), usualmente en continuidad vertical con las facies anterior, aunque a veces también en bancos aislados. El techo de los bancos suele estar brechificado y nodulizado. Microscópicamente son micritas con rasgos de desecación y bioturbación, apareciendo localmente estructuras fenestrales. En la parte superior de la serie de Barriopedro las facies dominantes son biomicritas de caráceas, ostrácodos y gasterópodos. Esta microfacies es dominante hacia la parte alta de la serie de Cogollor, ya en la Hoja de Ledanca, donde hay un tramo de hasta 16 m de este tipo de carbonatos.

- por último, una facies bastante característica, reconocible en particular en el área de Alaminos, ya fuera de la hoja, es la formada por arenas de grano grueso a medio con envueltas algales. Esta facies se reconoce en niveles de geometría acanalada y potencia métrica, con granoselección positiva.

Las facies descritas y su evolución vertical y lateral en el área norte de la Hoja de Cifuentes son indicativas de la interdigitación de sistemas aluviales (facies distales de abanico, sistemas fluviales) y sistemas lacustres, representando la transición lateral de unos a otros. La secuencialidad indicada más arriba (tramos detríticos basales evolucionando en vertical a tramos carbonatados) es reflejo de esta misma transición, patentizada en este caso por ciclos de progradación de los sistemas terrígenos y estabilización/retraimiento de éstos. Dichos ciclos están en relación directa con la evolución vertical del

abanico del Tajuña y, en menor grado, del de La Tajera. Una variación de este esquema viene reflejada por las intercalaciones de terrígenos hacia la parte más superior de la sucesión miocena en este área septentrional de la hoja. La tendencia de distribución de facies en estos términos altos de la serie, tendencia que puede ser establecida para un ámbito más extenso de la zona NE de la Cuenca de Madrid (Alonso, 1989), junto con las direcciones de los paleocanales, es indicativa de la influencia de sistemas aluviales de procedencia SE (en último extremo, el abanico del Tajo), tal como se discute en el apartado siguiente.

II.2.2.2. Complejos aluviales y lacustres en el sector centro - meridional de la Hoja de Cifuentes.

Los depósitos correspondientes a este entorno se han estudiado en las columnas de Castilmimbres (0400) y Henche (0800) así como a través de observaciones detalladas en muchos otros puntos, tales como alrededores de Gualda, Solanillos, Olmeda, Pajares, Malacuera, etc... Como característica general, las diversas secciones analizadas presentan una superposición alternante de tramos más netamente detríticos y tramos caracterizados por carbonataciones intensas que, en muchos casos, llegan a constituir niveles de carbonatos netamente lacustres. La frecuencia relativa de unos y otros tramos, así como su espesor, es variable de unos puntos a otros en la zona, indicando cambios en la ubicación de los sistemas distributarios fluviales y/o el amortiguamiento de éstos en el tiempo.

Un primer aspecto a señalar es que los depósitos netamente canalizados y de gran amplitud observables en la parte más meridional de la hoja (cola del Embalse de Entrepeñas y zona de Gualda), que han sido integrados en el apartado II.2.1 dentro del

abanico del Tajo, no son reconocibles en partes más occidentales al quedar por debajo de las cotas aflorantes en ellas. La distribución de estos depósitos en zonas distales sólo puede ser reconocida en el sondeo Castlmimbre A-17 y Henche A-14 (ENUSA), en los que se cortan varios cuerpos arenosos de espesor comprendido entre 3 y 10 m, todos ellos intercalados en arcillas rojizas. La única evidencia, posiblemente parcial, sobre la evolución distal de esta asociación de depósitos clásticos se encontraría en el extremo occidental de la hoja o incluso en la vecina Hoja de Brihuega (parte inferior de las laderas del valle del río Tajuña). En este área los niveles clásticos gruesos están ausentes y tan sólo aparecen lutitas con algunas intercalaciones yesíferas.

Por el contrario, el resto de la sucesión miocena, netamente atribuible a la Unidad Intermedia del Mioceno (Aragoniense-Vallesiense inferior) (Junco y Calvo, 1983) aflora con nitidez, siendo observables los tramos clásticos alternantes con tramos carbonatados mencionados más arriba. El primero de los tramos clásticos presenta un amplio desarrollo en los alrededores de Henche, con un espesor próximo a los 80 m. Este tramo comienza con lutitas arenosas rojas que incluyen canales aislados rellenos con areniscas y areniscas con cantos dispersos. Los canales se estructuran internamente en unidades de arena truncadas entre sí, con estratificación cruzada de surco a gran escala predominante. La dirección de estos canales en las proximidades de Henche es N 60 W. La dimensión en sentido transversal es de varias decenas de metros y su espesor escaso (3 - 4 m) en relación con la anchura. La geometría general es de "sheets" que lateralmente gradan a depósitos tabulares, con disminución progresiva del espesor hasta perderse finalmente en las lutitas rojas.

Este episodio terrígeno inicial da paso en vertical a depósitos de gravas, más o menos desarrolladas según las zonas, correspondientes a un sistema "braided". Al norte inmediatamente de Henche (columna 0800) se reconocen dos episodios mayores con sedimentación de gravas gruesas y arenas separados por lutitas. Ambos episodios, de 15 y 10 metros de espesor, respectivamente, presentan en común una tendencia de granoselección positiva, siendo el inferior más complejo al estar compuesto por dos secuencias superpuestas con este carácter. La construcción de cada uno de estos episodios es el resultado de la superposición de barras de gravas de tipo longitudinal, disectadas a su techo por canales de arena y/o grava fina con estratificación cruzada de surco. Es de señalar que dentro de algunos de estos cuerpos de grava aparecen oncolitos, como muestra del carácter carbonatado de las aguas que surcaron la llanura aluvial. La presencia de algas fijadoras de carbonato es así mismo patente en el desarrollo de cortezas estromatolíticas que tapizan algunas de las barras menores a techo de las secuencias clásticas gruesas.

La arquitectura aluvial de los depósitos anteriormente descritos corresponde a un cinturón móvil de canales "braided" (Friend, 1983) entre depósitos lutíticos de la llanura aluvial. Este cinturón móvil de canales tiene, como se ha indicado previamente, una excelente representación en el área al norte de Henche, pudiendo determinarse una dirección de paleocorrientes dominante SE - NW. La evolución distal de este sistema no es claramente apreciable, por falta de afloramientos, hacia áreas más occidentales aunque previsiblemente evoluciona hacia un sistema "braided" de arenas (Ramos, 1989).

El techo de este episodio terrígeno viene marcado por el desarrollo extenso de paleosuelos carbonatados sobre sedimentos lutíticos, hecho que subraya el amortiguamiento del influjo de depósitos clásticos para ese momento en la parte occidental de la

Hoja de Cifuentes. A ello se une la generación de algunos sistemas lacustres muy someros con depósitos calcáreos de hasta 10 m de espesor (área de Picazo). Las facies carbonatadas lacustres de estos niveles consisten en biomicritas y pelmicritas con frecuentes rasgos de edafización en condiciones palustres. Así, este episodio de estabilización generalizada, reconocible en los depósitos situados hacia las cotas 880-900 en gran parte de la hoja, supone un hecho remarcable dentro de la evolución de las facies distales analizadas.

Desde este punto de la sucesión miocena hasta su techo se suceden una serie de episodios de sedimentación predominante clástica, que reflejan mayor progradación de los sistemas aluviales, y otros de estabilización relativa con desarrollo de paleosuelos carbonatados y lagos someros con producción de carbonatos. A su vez, dentro de cada uno de estos episodios la formación de niveles carbonatados aparece relacionada con la mayor o menor distancia a la situación de los canales distributarios (Allen, 1989). Uno de los aspectos a destacar es la aparente traslación progresiva de los principales sistemas distributarios hacia el norte en niveles paulatinamente más jóvenes dentro de la sucesión miocena. Este hecho es observable mediante la comparación de perfiles en diversos puntos de la hoja, tales como Castilmimbre, Olmeda del Extremo o La Atalaya. Así, en estos dos últimos puntos los depósitos canalizados de mayor amplitud se sitúan hacia la parte más alta de la sucesión, superponiéndose a secciones con frecuentes paleosuelos carbonatados.

En último extremo, la traslación progresiva de la frecuencia de depósitos clásticos hacia posiciones más septentrionales y más altas en la sucesión miocena se ajusta bien a lo observado en la parte sur de la Hoja de Ledanca (alrededores de Alaminos), donde términos fluviales arenosos de procedencia SE se interdigitan con depósitos palustres (Alonso, 1989; ITGE, 1989).

La arquitectura de los sistemas aluviales presentes en la parte superior de la sucesión miocena es algo diferente de la anteriormente descrita para términos infrayacentes en los alrededores de Henche. La tendencia en este caso es el desarrollo de cursos fluviales más aislados y fijos en la llanura aluvial, con amplitudes de las zonas canalizadas que oscilan entre la decena de metros y, en algunos casos, los 80-100 m. La mayor entidad en cuanto a dimensiones de estas zonas canalizadas se observa en el entorno de Castilmimbre, Pajares y Malacuera, área en la que predominan los cuerpos de gravas finas y, sobre todo, arenas con estratificación cruzada planar y de surco a gran escala. Estos depósitos se interpretan como correspondientes a sistemas "braided" de arenas que serían el equivalente distal de los sistemas "braided" de gravas propios de zonas más próximas al borde. A su vez, estos sistemas predominantemente arenosos pueden ser equivalentes a los observados en zonas centrales de la Hoja de Brihuega (por ej., en Fuentes de la Alcarria), donde los canales alcanzan ya áreas lacustres marginales muy netas (Calvo et al., 1989). La dirección general de estos sistemas es aproximadamente ESE-WNW.

Aparte de este lineamiento mayor de sistemas fluviales más desarrollados, una gran parte de los depósitos canalizados presentes en la parte alta de la sucesión miocena son de escasa magnitud y su espesor, salvo casos aislados, no supera los 5 metros. La estructura interna de éstos canales, interpretables en su mayoría como canales fijos, consiste en un apilamiento de unidades de grava y arena con "lag" de fondo y tendencia a ordenarse con granoselección positiva. Los depósitos de desbordamiento de estos canales suelen ser de escasa entidad y la llanura lutítica adyacente a ellos presenta frecuentes rasgos de edafización (moteados, nodulización, desarrollo de rizocreaciones).

Por su parte, los episodios de estabilización relativa entre los momentos de progradación y/o funcionamiento más neto de los sistemas aluviales vienen definidos por el desarrollo amplio de paleosuelos carbonatados que de forma local gradan lateralmente a depósitos palustres (carbonatos con rasgos edáficos sobreimpuestos). Cuanto más hacia el oeste, estos niveles carbonáticos pasan a carbonatos (biomicritas, pelmicritas, calizas con gravels) que caracterizan un ambiente lacustre somero más estable.

La sucesión miocena en la zona culmina con un episodio de sedimentación predominantemente terrígena cuyo registro es observable tan sólo localmente, al haber sido en gran parte erosionado. Este episodio, reconocible en los puntos de cota más elevada (Altillos, 1069 m; Cabezuelo, 1073 m; Mojón Alto, 1075 m; etc...) comienza con un tramo inferior de lutitas que intercalan canales aislados rellenos de grava y arena, de dimensiones muy reducidas. El techo de este episodio consiste de forma característica en un nivel de carbonatos edáficos de espesor decimétrico que da lugar a mesas residuales.

En resumen, los depósitos miocenos extendidos en la parte occidental de la Hoja de Cifuentes constituyen la transición hacia zonas más distales de los sistemas aluviales adosados al borde mesozoico/paleógeno de la parte este de la hoja. El análisis sedimentológico llevado a cabo permite establecer netamente esta continuidad, corroborando al mismo tiempo la mayor influencia y penetración de algunos de los sistemas aluviales previamente diferenciados. Así, en la parte septentrional de la hoja, la zonación observable en las facies distales está directamente relacionada con la evolución del abanico del Tajuña y, en menor grado, del de La Tajera. Por su parte, los sistemas deposicionales desarrollados durante el Mioceno en las áreas centro y

suroccidental parecen estar fundamentalmente influenciadas por el desarrollo del abanico del Tajo. tal como pone de manifiesto el esquema de paleocorrientes obtenido.

El funcionamiento de cada uno de éstos sistemas aluviales es variable en el tiempo, con etapas de mayor influjo de depósitos clásticos y momentos de estabilización relativa. En el primer caso, el transporte y depósito de materiales terrígenos tiene lugar a través de redes de tipo "braided" desarrolladas sobre llanuras lutíticas, con una pérdida en la granulometría desde gravas predominantes a casi exclusivamente arenas en sentido E-W. Esta situación es evidente en los sistemas directamente relacionados con el abanico del Tajo, pudiendo reconocerse depósitos clásticos bien desarrollados más allá del límite occidental de la hoja. Por el contrario, los sistemas aluviales relacionados con el abanico del Tajuña tienen en conjunto un menor desarrollo (sistema aluvial terminal, en el sentido de Friend, 1989). Hacia la parte superior de la sucesión miocena, los cursos distributarios de procedencia SE llegan a superponerse a los depósitos ligados al sistema aluvial del Tajuña, hecho que corrobora la tendencia a la traslación de S a N de los primeros.

El desarrollo de facies carbonatadas en la parte occidental de la Hoja de Cifuentes coincide esencialmente con las etapas de estabilización antes señaladas o bien tiene lugar en las zonas más alejadas de los canales y/o cinturones de canales fluviales. En el primer caso se da lugar a las facies lacustres más desarrolladas, con formación de micritas y biomicritas que representan sistemas de lagos someros o zonas palustres en sus márgenes. En el segundo caso los niveles calcáreos corresponden a paleosuelos carbonatados con diversos grados de madurez o como mucho a charcas carbonatadas de carácter efímero.

III.- BIBLIOGRAFIA

- Allen, J.R. (1989). Alluvial Paleosols, implication for architecture. In: Paleosols in siliciclastic sequences. (J.R. Allen y V.P. Wright, eds). PRIS Short Course Notes N° 100, 49-69.
- Alonso Zarza, A.M. (1989). Estudio petrológico y sedimentológico de las facies de abanicos aluviales en el sector NE de la Cuenca de Madrid y su relación con las facies más centrales, provincia de Guadalajara. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 436 pp.
- Alonso Zarza, A.M., Calvo, J.P. y García del Cura, M.A. (1989). Paleogeomorphological controls on the distribution and sedimentary styles of alluvial systems, Neogene of the NE of the Madrid Basin (Central Spain). I.A.S. Spec. Pub. (En prensa).
- Alonso Zarza, A.M., Calvo, J.P., García del Cura, M.A. y Hoyos, M. 1988. El complejo de abanicos aluviales de Las Inviernas-Cifuentes: un modelo para la construcción del borde NE de la Cuenca de Madrid en el Mioceno. II Congreso Geológico de España, Vol. 1, 15-19.
- Alonso Zarza, A.M., Calvo, J.P., García del Cura, M.A. y Hoyos, M. 1990. Los sistemas aluviales miocenos del borde noreste de la Cuenca de Madrid: sector Cifuentes-Las Inviernas (Guadalajara). Rev. Soc. Geol. España (en prensa).
- Ballance, P.F. 1984. Sheet-flow-dominated gravel fans of the non-marine middle Cenozoic Simmler Formation, Central California. Sedim. Geol., 38, 337-359.
- Boothroyd, J. C. y Nummedal, D. 1978. Proglacial braided outwash: a model for humid alluvial fan deposits. En Fluvial Sedimentology. A.D. Miall (ed). Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5, 641-668.
- Bridge, J.S. 1985. Paleochannel patterns inferred from alluvial deposits: a critical evaluation. Jour. Sed. Petrology, 55, 579-589.
- Calvo, J.P., Alonso Zarza, A.M. y García del Cura, M.A. 1989. Models of marginal lacustrine sedimentation in response to varied depositional regimes and source areas in the Madrid Basin (Central Spain). Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 70, 199-214.

- Díaz Molina, M. 1974. Síntesis estratigráfica preliminar de la serie terciaria de los alrededores de Carrascosa del Campo (Cuenca) Estudios Geol., 30, 63-67.
- Díaz Molina, M. y Bustillo, M.A. (1985). Wet alluvial fans of the Loranca Basin (Central Spain). Channel models and distal bioturbated gypsum with chert. Excursion nº 4. 6th European Regional Meeting I.A.S. Lleida, 147-185.
- Friend, P.F. 1983. Towards the field classification of alluvial architecture or sequence. En: Modern and ancient fluvial systems, J.D. Collinson and J. Levin (Ed). Spec. Pub. I.A.S. 354-345.
- Friend, P.F. 1989. Space and time analysis of river systems, illustrated by miocene systems of the Northern Ebro Basin in Aragon (Spain). Rev. Soc. Geol. España, 2, 55-64.
- Friend, P.F., Slater, M.J. y Williams, R.C. 1979. Vertical and lateral building of sandstone bodies, Ebro Basin. Spain. Geol., Soc. London, Journ. 136, 39-46.
- ITGE (1989). Hoja Geológica de Ledanca. Mapa Geol ESpaña 1/50.000. ITGE. Madrid. (en prensa).
- Junco, F. y Calvo, J.P. (1983). Cuenca de Madrid. Geología de España. T.II. Libro Homenaje a J.M. Ríos. IGME, Madrid, 534-543.
- Miall, A.D. 1977. A review of the Braided-River depositional environment. Earth Science Review, 13, 1-62.
- Miall, A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En: Fluvial Sedimentology. A. D. Miall (ed). Can. Soc. Petrol. Geol. Men., 5, 597-604.
- Miall, A.D. 1985. Architectural element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth Science Reviews, 22.
- Mullins, H.T, y Cook, H.E. 1986. Carbonate Apron models: alternative to the submarine fan model for paleoenvironmental analysis and hydrocarbon exploration. Sediment. Geol., 48, 37-80.
- Ramos, A. 1989. Sistemas aluviales braided. En Nuevas tendencias: Sedimentología. Arche, A., (ed). CSIC., 67-106.