



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

HOJA DE PRADANOS DE OJEDA

133 (17-08)

INFORME SEDIMENTOLOGICO



INFORME SEDIMENTOLOGICO
PRADANOS DE OJEDA
(133)

INDICE

1. MESOZOICO

1.1. Introducción

1.2. Triásico. Facies Keuper

1.3. Lías inferior (Hettanginense-Sinemuriense inferior)

1.3.1. Tramo inferior

1.3.2. Tramo intermedio

1.3.3. Tramo superior

1.4. Lías superior (Sinemuriense superior a Aaleninense)

1.5. Bajocinense

1.6. Bathoninense-Callovinense

1.7. Facies Purbeck (Malm-Valanginense inferior)

1.7.1. Grupo deposicional Malm-Berriasiense (Fm. Aguilar)

1.7.1.1. Miembro inferior

1.7.1.2. Miembro intermedio

1.7.1.3. Miembro superior

1.7.2. Grupo deposicional Berriasiense-Valanginense (Fms. Arcera, Aroco y Loma Somera)

1.8. Facies Weald (Grupo Pas, Valanginense-Aptinense inferior)

1.9. Aptinense-Albinense inferior

1.10. Facies Utrillas (Albinense-Cenomaniense inferior)

1.11. Cenomaniense-Turoninense inferior

1.12. Turoninense-Coniacinense

1.13. Santoninense

1.14. Campaninense

1.15. Maastrichtinense

2. Terciario

2.1. Introducción

2.2. Paleoceno

2.3. Oligoceno

2.3.1. Orla proximal

2.3.2. Orla media

2.3.3. Orla distal-frente proximal y medio

2.3.4. Areas palustres

2.4. Orleaniense-Astaraciense basal

2.5. Astaraciense

2.5.1. Facies aluviales

2.5.1.1. Brechas calcáreas

2.5.1.2. Conglomerados calcáreos

2.5.1.3. Conglomerados poligénicos

2.5.1.4. Areniscas

2.5.1.5. Lutitas rojas

2.5.2. Facies fluviales

2.5.2.1. Conglomerados

2.5.2.2. Areniscas y arenas

2.5.2.3. Lutitas

2.5.3. Facies "Chacustres"

2.5.3.1. Arcillas margosas anaranjadas

2.5.3.2. Margas blancas

2.5.3.3. Calizas

2.6. Mioceno superior

2.7. Plioceno

1. MESOZOICO

1.1. INTRODUCCION

La Hoja de Prádanos de Ojeda se encuentra en una zona privilegiada para el estudio de la estratigrafía y evolución sedimentaria de los depósitos mesozoicos en el Dominio meridional de la cuenca Vasco-Cantábrica. Existe un registro casi completo desde el Triásico superior hasta el Maastrichtiense y las condiciones de afloramiento son en general notables.

El Keuper aflora en facies arcillosas y evaporíticas. Se superpone una serie esencialmente dolomítica propia de ambientes supra, inter, y submareales cuyos términos inferiores pueden incluir en parte al Triásico terminal. El resto del Jurásico marino está constituido por una alternancia rítmica margocalcárea que abarca desde el Sinemuriense superior hasta el Calloviense. Se enmarca en un contexto de plataforma exterior restringida e intercala un tramo de barras intraclásticas y bioclásticas con biohermos de esponjas al que se asigna una edad Bajociense.

Se han distinguido cinco grandes ciclos representados por depósitos continentales desde el Kimmerigdiense superior hasta la transgresión marina del Cretácico superior. Estas cinco unidades se encuentran limitadas por discordancias erosivas.

El primer ciclo está constituido por la formación Aguilar. Se le asigna una edad Kimmerigdiense superior-Berriasiense inferior y se caracteriza por presentar un elevado desarrollo de calizas lacustres.

El segundo ciclo, llega hasta el Valanginiense inferior. Corresponde a las formaciones superiores del G. Cabuérniga y está representado por facies fluviales a fluviolacustres y por calizas características de ambientes lacustres marginales. En la parte alta se encuentra una intercalación fluviomareal perteneciente a la Fm. Loma Somera.

El tercer ciclo tiene una edad acotada entre el Valanginiense y el Aptiense inferior. Está compuesto por depósitos terrígenos fluviales y en menor proporción fluviolacustres. Equivale al Grupo Pas y se considera como facies Weald en sentido estricto.

El cuarto ciclo presenta notales analogías sedimentológicas con el anterior. Se distingue esencialmente por el mayor potencial erosivo de la discordancia de base en la Hoja y una distinta distribución paleogeográfica. Tiene una edad Aptiense-Albiense inferior.

El último ciclo lo constituyen las facies Utrillas. Está compuesto esencialmente por conglomerados y arenas caoliníferas que configuran el relleno de canales fluviales de tipo "braided". La parte alta de este ciclo está representada por canales meandriformes, y pasa gradualmente a facies mixtas asimilables a un complejo deltaico, de edad Cenomaniense-Turoniense.

El resto del Cretácico superior caracteriza el relieve en mesas típico de la región. Está constituido por grandes barras calcáreas separadas por tramos esencialmente margosos.

La primera barra calcárea presenta grandes diferencias de espesor, es en general bastante bioclástica y se considera de edad Turoniense-Coniaciense.

Se superpone un intervalo margoso de espesor constante que alterna en la parte baja con biocalcarenitas y en la mitad superior con calizas margosas. Representa la máxima transgresión marina del Cretácico superior, que en esta zona se realiza en el Santoniense.

La segunda barra calcárea se sitúa también en el Santoniense y se caracteriza por incluir abundantes construcciones de Rudistas.

El Campaniense presenta importantes variaciones litológicas y de espesor. En algunos sectores empieza por un potente paquete calcáreo-dolomítico que puede llegar al amalgamarse con la barra santoniense, lateralmente pasa a un conjunto de margas y calcarenitas. Le sigue un tramo de

margas y calizas margosas, que termina con una última barra calcodolomítica de espesor variable. Los términos más superiores del Campaniense están constituidos por ciclos de margas y calizas margosas de plataforma somera.

El Maastrichtiense supone un importante cambio ambiental en la zona. Se distinguen dos unidades. La inferior está representada por una alternancia entre margas, dolomías con estructuras algales y dolarenitas, e incluye fauna propia de ambientes salobres. La unidad superior la componen depósitos arcillosos claramente continentales que se consideran como facies "Garum".

1.2. TRIASICO. FACIES KEUPER

Las facies Keuper están representadas por arcillas rojas y versicolores, y por yesos. Los mejores afloramientos se localizan en las inmediaciones de Aguilar de Campoó.

Las facies arcillosas se organizan en ciclos de oxidación-reducción de espesor métrico. Los términos inferiores están formados por arcillas margosas verdes y versicolores en ocasiones yesíferas, correspondiendo al intervalo de reducción. Los términos superiores están constituidos por arcillas rojas bioturbadas. Pueden incluir niveles delgados de areniscas de grano fino y limos.

Los depósitos evaporíticos se organizan en ciclos negativos de espesor comprendido entre 5 y 10 m. Los términos inferiores están representados por margas verdosas yesíferas con niveles de yesos nodulosos que pasan a una alternancia entre margas y yesos laminados con abundantes cristales de cuarzo bipiramidal. Los términos superiores evidencian una mayor energía en el medio puesta de manifiesto por yesoarenitas con estratificación de tipo "linsen", "wavy" y "flasher" a techo. Los "ripples" están generados por oleaje y son frecuentes las estructuras de deformación hidroplástica y de escape de fluidos. Asociados a estas facies tractivas pueden preservarse ocasionalmente algunos delgados intervalos de margas yesíferas con abundante materia orgánica.

Las facies arcillosas se enmarcan en un ambiente lagunar a llanura fangosa circunlitoral. Los depósitos yesíferos pertenecen a un "lagoon" costero hipersalino y se organizan en ciclos de energía creciente en un ambiente supra a intermareal.

La intensa deformación y el carácter diapírico de las facies Keuper impiden precisar su potencia. Se han medido un máximo de 30 m. en Aguilar de Campoó, no obstante el espesor total puede ser mucho mayor.

La edad de las facies Keuper se considera Carniense-Noriense.

1.3. LIAS INFERIOR (Hettangiense - Sinemuriense inferior)

Esencialmente dolomítico se diferencian tres tramos: El inferior está compuesto por calizas dolomíticas y masivas, el intermedio por un conjunto de brechas dolomíticas y carniolas, y el superior presenta una mayor diversidad litológica alternando barras dolomíticas, carniolas y calizas. Los afloramientos de mayor interés se localizan en el Castillo de Aguilar y en las cercanías de Becerril.

1.3.1. Tramo inferior

Está separado de las facies Keuper por un nivel de 0,5 m. de margas beige.

Las facies de baja energía están representadas por "mudstones" dolomíticos con laminado de origen algal y en ocasiones estromatolitos dómicos de tamaño centimétrico.

En la parte media de esta unidad se encuentra un nivel de margas calcáreas lajosas con abundantes bivalvos y estratificación "linsen".

Estas facies de baja energía se sitúan en las partes inferiores de ciclos negativos cuyo espesor oscila entre 4 y 12 m. Los términos inferiores de los ciclos están formados por calizas dolomíticas tableadas con "ripples" de

oleaje y ocasionalmente "hummocky cross stratification". Presentan texturas "packstone". Los términos superiores son más masivos, se trata de "packstone-grainstones" frecuentemente recristalizados. Ocasionalmente se observa estratificación cruzada planar y de tipo "hummocky".

Se interpreta como un complejo de barras litorales enclavadas en un ambiente intermareal-submareal. Los términos de baja energía se situarían en áreas protegidas por las barras.

Se calcula una potencia de 60-70 m.

Su edad no se conoce con seguridad. Puede abarcar en parte el Rethiense y ser equivalente a la Fm. Dolomías de Imón que caracteriza el Triásico terminal. En el presente informe se opta por ampliar cronológicamente los límites de la unidad extendiéndola desde el Rethiense al Hettangiense inferior.

1.3.2. Tramo intermedio

Está constituido por dolomías brechoides, carniolas y dolomías laminadas. La recristalización afecta a todo el conjunto borrando en muchos casos la textura original.

Las dolomías brechoides se disponen en bancos de espesor métrico. Presentan superficies de estratificación discontinuas, irregulares y difusas.

El término "carniola" se reserva en este caso para las dolomías oquerosas no brechoides con presuntos moldes de sales.

Las dolomías laminadas se encuentran en bancos de potencia comprendida en 0,5 y 2 m. El laminado es discontinuo y muchas veces desaparece por recristalización. Se le atribuye un origen algal.

Este conjunto se enmarca en un contexto de llanura costera salina de tipo "sebka" supramareal.

Su potencia se estima entre 75 y 90 m.

(CIRY 1940) cita la presencia en San Pedro de Becerril de *Isocyprina germani* (Dunker) que marca una edad Hettangiense.

1.3.3. Tramo superior

A pesar de su escasa potencia, esta unidad presenta una notable variedad litológica y sedimentológica. Pueden diferenciarse dos intervalos de calizas dolomíticas separadas por un tramo de dolomías laminadas algo acarnioladas.

El intervalo inferior está constituido por calizas oolíticas en la base, que presentan texturas "grainstone" con abundantes componentes. Le siguen unos bancos de "wackstones" algo nodulosos y termina con unas barras de "packstones-grainstones" tableados en la base que presentan abundantes estructuras tractivas producidas por oleaje y tormentas.

Todos estos depósitos corresponden a un sistema de barras submareales en la que los "wackstones" nodulosos representan los depósitos de plataforma interior protegida y de muy baja energía. Serían equivalentes al complejo de bancos oolíticos que alcanza una potencia de hasta 40 m. en la Hoja de Villadiego y al que RAMIREZ DEL POZO (1971), atribuye una edad Sinemuriense inferior a medio.

El tramo intermedio de dolomías laminadas con carácter carníolico se enmarcaría en un contexto supramareal-intermareal salino con desarrollo esporádico de tapices algales.

El intervalo calcodolomítico superior está compuesto por dolarenitas y "grainstones" tableados con abundantes "ripples" de olas. Son muy frecuentes las superficies ferruginosas. Se sitúa en un ambiente inter a submareal en una época de sedimentación condensada a la que RAMIREZ DEL POZO (1971) asigna una edad Sinemuriense medio.

La potencia de todo el tramo superior alcanza los 30 m.

ANALISIS SECUENCIAL DE LAS FACIES KEUPER Y LIAS INFERIOR

La reducida continuidad de las series del Keuper impide realizar un estudio secuencial riguroso. No obstante los yesos que se encuentran a techo pueden corresponder a un límite secuencial. El primer tramo de dolomías tableadas debería incluirse sea cual sea su edad en la macrosecuencia del Trías superior y constituye una unidad deposicional de menor orden. La macrosecuencia del Trías superior puede ser equivalente a la unidad transgresiva del K2 - Dolomías de Imón propuesta por ORTI (1982-83) en el levante español. La sucesión facies arcillosas de ambientes lagunares y continentales en la base, yesos de litoral hipersalino de media energía, y barras inter-submareales a techo, representa en conjunto una transgresión marina.

ROBLES et al. (1988) y PUJALTE et al. (1988), ponen de manifiesto una superficie de truncación erosional en la base del tramo de dolomías brechoides y carniolas. Esta superficie constituiría la base del sistema sedimentario de plataforma somera del Lías inferior propuesto por estos autores.

En el presente informe se divide a este sistema en tres unidades deposicionales menores. La primera corresponde el tramo de dolomías brechoides y carniolas. La segunda está representada por los términos inferiores de barras submareales dentro del tramo superior. Esta unidad estaría limitada a techo por el intervalo de dolomías laminadas carniólicas que evidencian una somerización brusca. La unidad superior terminaría con la sedimentación condensada puesta de manifiesto por el "hard ground" del Sinemuriense medio-superior.

1.4. LIAS SUPERIOR (Sinemuriense superior a Aalenienense)

Los mejores afloramientos se encuentran en Rebolledo de la Torre y el Este de Aguilar, en la trinchera de la vía del ferrocarril Palencia-Santander.

Está formado por una potente sucesión normalmente rítmica de margas y calizas margosas. Las capas de margocalizas tienen una potencia comprendida entre 5 y 50 cm. Texturalmente se trata de "mudstones-wackestones" muy margosos. Los únicos aloquímicos corresponden a restos bioclásticos y excepcionalmente "pellets" fecales. La bioturbación es muy abundante tanto en los términos margosos como en los calcáreos. En la parte alta de esta unidad se observa un tramo tableado en el que las calizas son menos margosas y más bioclásticas, bastante ferruginosas, con texturas "wackstone-packstone" y desarrollo ocasional de "ripples" de oleaje a techo de las capas. El conjunto termina con un paquete de calizas bioclásticas con abundantes intraclastos y oolitos ferruginosos, que ha sido asimilado por diversos autores al Aalenienense, PUJALTE et al, (1988) ROBLES, et al (1988). Este conjunto es muy fosilífero, contiene abundantes ammonoideos, nautiloideos, braquiópodos, pectínidos, belemnites, crinoideos, equínidos, ostreidos, foraminíferos, algas pelágicas y radiolarios. BRAGA et al (1988) diferencian diez zonas de Ammonites en el corte de Camino (Santander) que abarcan desde el Sinemuriense superior (Lotharingienense) hasta el Toarciense inferior. PUJALTE et al (1988) y ROBLES et al (1988) asignan una edad Lotharingienense-Aalenienense para este conjunto.

Estos materiales se sitúan en un ambiente de plataforma abierta de muy baja energía y sedimentación restringida. ROBLES et al (1988) ponen de manifiesto la existencia de facies euxínicas constituidas por lutitas negras laminadas ricas en bitumen y con mineralizaciones dispersas de sulfuros en áreas próximas a Reinosa que interpretan como zonas de surco y generalizan un ambiente pelágico de para todo el conjunto.

La potencia de esta unidad está comprendida entre 70 y 100 m. y aumenta hacia el Norte. Esta circunstancia implica la existencia de áreas de alto relativo en los sectores meridionales. La zona de surco se encuentra fuera

de Hoja, en el sector del Puerto del Pozazal donde el Lías alcanza espesores de varios cientos de metros.

La escasez de estructuras tractivas es propia de un medio de muy baja energía y se asocia en este caso a un momento de "high stand" relativo.

ANALISIS SECUENCIAL

El conjunto de Lías Superior-Aalenense debe ser considerado como una macrosecuencia. ROBLES et al (1988), le asignan la categoría de sistema sedimentario incluyendo en el mismo las barras calcáreas del Bajociense. BRAGA et al (1988) diferencian hasta el Toarciense inferior seis UTS en base a cambios de las comunidades de Ammonites.

Esta macrosecuencia está limitada en la base por una ruptura, evidenciada por un cambio litológico, ambiental y faunístico citado por ROBLES et al. (1988), PUJALTE et al. (1988) y BRAGA et al. (1988.) en la Cuenca-Vaco-Cantábrica. El límite Superior está marcado por la ruptura Aalenense puesta de manifiesto por el desarrollo de calizas ferruginosas y la presencia de oolitos y otros componentes ferruginizados.

1.5. BAJOCIENSE

Las mejores observaciones pueden realizarse en Rebolledo de la Torre y al Este de Aguilar de Campoó.

Se trata de un conjunto esencialmente calcáreo y de escasa potencia. El espesor de esta unidad oscila entre 25 y 50 m. Se diferencian dos barras calcáreas separadas por un tramo margoso de espesor variable que puede llegar a desaparecer, amalgamándose las dos barras.

Las facies calcáreas están constituídas por "wackstones" y "packstones" intraclásticos y presentan gran variedad de componentes aloquímicos. Entre los más frecuentes, además de los intraclastos, están los bioclastos y ooides. Pueden presentar estratificación cruzada de muy gran

escala asimilable a procesos de progradación de las barras. Un rasgo característico de esta unidad es la presencia de esponjas. Aunque las construcciones de poríferos se encuentran muy destruidas por retrabajamientos, se observan localmente individuos en posición de vida y pequeños montículos de esponjas. La fauna es muy abundante, además de las esponjas se reconocen cefalópodos, braquiópodos, bivalvos, equinodermos, corales, gasterópodos y foraminíferos.

La unidad se enmarca en un contexto de plataforma exterior con desarrollo de barras de media a alta energía.

Los episodios de retrabajamiento se asocian a procesos originados por tormentas. Están reflejados por el desmantelamiento generalizado de las construcciones de espongiarios, y la abundancia de intraclastos y otros aloquímicos.

ANÁLISIS SECUENCIAL

El límite inferior de la unidad deposicional del Bajociense está marcado por la discontinuidad Aalenense que tiene un carácter de episodio de sedimentación condensada. El límite superior constituye una importante ruptura sedimentaria puesta de manifiesto en las cercanías de Aguilar por la aparición de depósitos conglomerático-arenosos. Este dato contradice la hipótesis defendida por PUJALTE et al (1988) que explican el fin del desarrollo de las barras bajocienses con esponjas por una profundización progresiva.

1.6. BATHONIENSE - CALLOVIENSE

Presenta en general un notable parecido con la serie rítmica del Lías superior. Se diferencia del Lías por un mayor desarrollo de calizas y un menor contenido faunístico.

En la base de esta unidad se encuentra un tramo margoso que localmente incorpora depósitos siliciclásticos groseros. Se trata de microconglomerados y areniscas de grano medio a grueso. Presentan base

erosiva y morfología canalizada. En los términos arenosos se observa estratificación cruzada de tipo "hummocky & swalley" y "ripples" de oleaje. Se interpretan como canales de plataforma que transportaban materiales movilizadores por tormentas, procedentes de un medio litoral deltaico.

El resto de la unidad está constituido por ciclos estratocrecientes de potencia decamétrica. En los tramos inferiores de estos ciclos dominan las margas sobre las calizas. Las alternancias de los términos inferiores e intermedios pasan gradualmente hacia techo a calizas tableadas disminuyendo notablemente el contenido en margas. Los ciclos acaban con una superficie ferruginosa asimilada a procesos de "hard-ground".

Las capas de caliza incluídas en los tramos de alternancias tienen potencias comprendidas entre 10 y 50 cm., presentan texturas "wackstone-mudstone" con bioclastos dispersos y raramente "pellets". Se encuentran bastante bioturbadas. Los tramos de calizas tableadas muestran texturas tipo "packstone-wackstone" con abundantes bioclastos y en menor proporción intraclastos y peloides. El tableado tiene una frecuencia decimétrica a métrica y la bioturbación es relativamente escasa. La fauna es abundante, aunque no tanto como en la serie rítmica del Lías superior. Los cefalópodos son los fósiles más frecuentes y están representados por Belemnites, ammonoideos y nautiloideos.

Se registran importantes cambios de espesor en esta unidad llegando a alcanzar valores próximos a los 100 m. Esta circunstancia se debe más al carácter discordante de la base de Purbeck que a diferencias de subsidencia en la cuenca durante el Bathoniense-Caloviense.

Esta unidad ha sido interpretada por ROBLES et al (1988) y PUJALTE et al (1988), como correspondiente a un ambiente pelágico. Según estos autores, los sectores más subsidentes y las facies más profundas se sitúan en áreas más septentrionales, afirmación respaldada por un notable aumento de potencia y aparición de facies anóxicas.

En la Hoja se deduce un ambiente de plataforma dominada por tormentas para el tramo basal y se enmarca el resto de la unidad, en un contexto de plataforma exterior con sedimentación restringida y algo más energética que la del Lías superior.

ANALISIS SECUENCIAL

ROBLES et al (1988) y PUJALTE et al (1988) denominan a este conjunto "sistema sedimentario de plataforma pelágica del Bathoniense-Calloviense". En el presente informe se adopta la denominación de macrosecuencia sedimentaria.

El límite inferior está remarcado por la presencia de canales de plataforma rellenos por depósitos siliciclásticos groseros. Esta circunstancia se asocia con una bajada relativa del nivel del mar con redistribución por tormentas de materiales litorales presuntamente deltaicos.

El límite superior está reflejado por una clara discordancia erosiva acompañada de una emersión prolongada, puesta de manifiesto por la rubefacción y karstificación de las calizas y desarrollo de suelos.

1.7. FACIES PURBECK. (Malm - Valanginiense inferior)

El término facies Purbeck incluye en la zona a dos grandes grupos deposicionales representados por depósitos principalmente fluviales y lacustres y separados por una discordancia cartográfica de edad Berriasiense.

El primer grupo se caracteriza por un elevado desarrollo de calizas lacustres y corresponde a la Fm. Aguilar, PUJALTE (1982).

El segundo grupo presenta un menor desarrollo de facies carbonatadas e incluye un intervalo fluviomareal en sus términos superiores. Comprende la mayor parte del Grupo Cabuérniga, PUJALTE (1982), y se reconocen las tres formaciones superiores de este grupo denominadas Fm. Arcera, Fm. Aroco y Fm. Loma Somera, (PUJALTE 1982).

La edad de las facies Purbeck en la Zona Vasco-Cantábrica ha sido motivo de controversia desde hace algunas décadas. Este fenómeno se debe al carácter restringido de los ostrácodos y algas que son los únicos restos fósiles datables que incluye el Purbeck. PUJALTE (1988) analiza los datos de los diversos autores y propone una edad de probable Kimmerigdiense para los términos inferiores de las facies Purbeck en Aguilar de Campóo, asignando la mayor parte del conjunto al Berriasiense y extendiendo el techo del mismo al Valanginiense inferior.

1.7.1. Grupo deposicional Malm-Berriasiense (Fm. Aguilar)

Se dispone claramente discordante sobre distintas unidades del Jurásico marino.

Se diferencian tres miembros en función de las características litológicas y sedimentológicas que presentan: un miembro basal compuesto predominantemente por arcillas y canales conglomerático-areniscosos, un miembro intermedio constituido por un paquete calcáreo y uno superior litológicamente complejo en el que aparecen calizas y areniscas alternando con arcillas rojas y versicolores.

Los mejores afloramientos se encuentran en las cercanías de la estación de Aguilar donde ésta formación alcanza una potencia cercana a los 300 m.

1.7.1.1. Miembro inferior

Tiene una potencia extremadamente variable oscilando entre 5 y 50 m.

Está compuesto por niveles conglomeráticos-areniscosos y calizas, intercalándose en lutitas rojas y versicolores.

Los niveles conglomerático-areniscosos presentan morfologías canalizadas con abundantes cicatrices internas. Incluyen estratificación cruzada,

planar y en surco y excepcionalmente "climbing ripples". Coexisten dos tipos de cantos en los conglomerados: Cantos calcáreos procedentes del Jurásico marino, bien rodados, con alto grado de esfericidad y diámetros comprendidos en 1 y 15 cm. y cantos cuarcíticos. Estos son mucho más angulosos y los diámetros máximos no sobrepasan los 2 cm. En general, los conglomerados están medianamente seleccionados y presentan una buena cementación, con un porcentaje bajo de matriz, siendo ésta, de naturaleza cuarcítica y grano grueso. Son muy frecuentes los cantos de calizas rubefactadas, fenómeno que les confiere una tonalidad rojiza. Las areniscas son de grano grueso a muy grueso, bien clasificadas, con alto grado de cementación y se organizan en "sets" y "cosets" de estratificación cruzada. Estos canales areniscoso-conglomeráticos tienen potencias comprendidas entre 0,5 y 2 m aunque pueden presentar mayores espesores debido a amalgamaciones.

Las capas calcáreas son poco potentes, oscilan entre 20 y 80 cm. Texturalmente se trata de "mudstones" y "wackestones" con granos de cuarzo y "pellets". Muestran rasgos de exposición subáerea representados por huellas de raíces y superficies de oxidación y rubefacción.

Otros niveles calcáreos presentan abundantes estructuras tractivas con estratificación "linsen, flasher y wavy". Texturalmente corresponden a "wackestones-packstones" con fragmentos de algas y contenidos variables en intraclastos.

Los materiales lutíticos se dividen en dos grupos: Lutitas rojas, asociadas a los términos conglomerático-areniscosos, y lutitas versicolores. Estas últimas se organizan en ciclos de potencia métrica a decamétrica cuyos términos inferiores están representados por lutitas grises y verdes algo margosas y los superiores por lutitas rojas ricas en óxidos. Los ciclos culminan en suelos lateríticos y marmorizados.

La asociación de facies formada por canales areniscoso-conglomeráticos y lutitas rojas se relaciona con sistemas aluviales. Los fangos rojos se interpretan como llanura de inundación cuyos depósitos estarían generados por desbordamientos de los canales e inundaciones mayores a escala de

todo el sistema.

Las facies groseras están canalizadas, y las estructuras indican un transporte por agua y una configuración recta y de baja sinuosidad para los canales.

Las facies calcáreas se sitúan principalmente en ambientes lacustres marginales de distinta energía y los desarrollos menores de carbonato corresponden a pequeños encharcamientos de carácter efímero dentro de la llanura aluvial.

Las facies de lutitas versicolores corresponden a ciclos de oxidación-reducción generados en ambientes palustres y perilacustres. Los términos reductores están representados por las lutitas grises y verdes. En vertical experimentan un enriquecimiento en óxidos provocado por retracciones lacustres o disminución progresiva de la columna de agua en régimen palustre. Los ciclos terminan con una superficie de edafización. El desarrollo de suelos lateríticos implica un clima tropical-subtropical.

1.7.1.2. Miembro intermedio

Esencialmente calcáreo tiene una potencia comprendida entre 60 y 150 m. Texturalmente dominan los "wackestones" con algas e intraclastos aunque son frecuentes los "packstones" y "rudstones" intraclásticos. Se disponen en bancos cuyo espesor oscila entre 30 cm. y 3 m., con superficies de estratificación frecuentemente onduladas y en casos excepcionales de carácter erosivo. COMAS et al (1981), citan la existencia de estructuras diagenéticas tempranas (porosidad fenestral, estromatactis, cavidades, vacuolas, etc.).

Los restos fósiles indican un medio dulceacuícola, se encuentran ostrácodos de concha fina, talos de caráceas y oogonios de carófitas.

Este miembro calcáreo se enmarca en un medio lacustre somero. Las estructuras diagenéticas indican una baja batimetría y se deben a leves removilizaciones del fondo en momentos de retracción próximos a desecaciones

locales. Las facies de "wackestones" se sitúan en zonas lacustres centrales y las de "packstone" a "rudstone" intraclástico con abundantes algas en áreas marginales de mayor energía y más sensibles a las oscilaciones de nivel del lago.

El contacto con el miembro superior está marcado por la aparición de facies terrígenas fluviolacustres o bien por el desarrollo de margas carbonosas y depósitos muy ricos en materia orgánica.

1.7.1.3. Miembro superior

Presenta una gran variedad litológica. Está compuesto por una alternancia compleja de lutitas rojas y versicolores, canales areniscosos y calizas.

La potencia máxima de este miembro es de 120 m. En algunos lugares llega incluso a desaparecer dado el carácter discordante de las unidades suprayacentes.

Las facies pelíticas presentan caracteres parecidos al miembro inferior, se aprecia sin embargo un mayor desarrollo de lutitas versicolores configurando ciclos de oxidación-reducción, generándose suelos lateríticos y marmorizados a techo.

Las facies areniscosas están representadas por canales de potencia métrica encajados en lutitas rojizas de llanura de inundación.

Las facies calcáreas están formadas por calizas muy intraclásticas, calizas arenosas y calizas oncolíticas. Las calizas intraclásticas se presentan en bancos decimétricos a métricos, con contactos ondulados, a veces erosivos, y contienen abundantes restos de algas caráceas siendo frecuentes los gasterópodos y los ostrácodos. Texturalmente son "wackestones-packstones" alternando con "grainstones-rudstones" intraclásticas con peloides y bioclastos. Las calizas arenosas son también muy intraclásticas y contienen abundantes peloides. Presentan oxidaciones, rubefacciones, costras ferruginosas y perforaciones de raíces a techo de las capas, cuando éstas se encuentran en contacto con lutitas.

Las calizas oncolíticas se presentan en paquetes métricos con base neta y estratificación cruzada de bajo ángulo. Se trata de un depósito tractivo con soporte clástico y matriz esparítico-arenosa. Los oncoides tienen morfologías esféricas, laminación concéntrica bien desarrollada con estructuras coloidales y microestromatolíticas, y crecimiento a partir de un núcleo formado por un bioclasto, peloide, intraclasto, fragmento de oncoide o grano de cuarzo.

La variedad litológica de este miembro implica una notable diversidad de subambientes.

Las lutitas versicolores configuran ciclos de oxidación-reducción y se sitúan en medios palustres.

Los canales arenosos se encuentran asociados a arcillas rojas y se enmarcan en un contexto fluvial.

Las facies calcáreas pertenecen a ambientes lacustres marginales y perilacustres. El contenido en terrígenos, indica un aporte de material al litoral lacustre por parte de los sistemas aluviales, la existencia de calizas oncolíticas con estructuras tractivas, y el elevado desarrollo de facies intraclásticas supone un medio energético con aguas agitadas, la abundancia de algas y gasterópodos implica aguas medianamente oxigenadas, y las oxidaciones, rubefacciones y perforaciones por raíces a techo de las capas se relacionan con zonas muy marginales, altamente sensibles a las retracciones lacustres, y con momentos de exposición subárea.

ANALISIS SECUENCIAL

La Fm. Aguilar constituye una macrosecuencia sedimentaria y se le ha asignado en el presente informe el rango de Grupo Depositional.

Se distinguen tres etapas de sedimentación que corresponden a los tres miembros individualizados.

El primer miembro constituye un período de compensación de relieves por aparatos fluvioaluviales. Los procesos de relleno de cubetas están evidenciados por los cambios de potencia y escasa continuidad lateral de los depósitos. Una vez homogeneizado el paleorrelieve se establece una cuenca lacustre extensa y estable representada por el segundo miembro. El tercer miembro evidencia el desequilibrio del área lacustre dando lugar a frecuentes retracciones e incorporaciones al lago de materiales aportados por sistemas aluviales procedentes de los márgenes de la cuenca.

1.7.2. Grupo deposicional Berriasiense-Valanginiense (Fms. Arcera, Aroco y Loma Somera)

El límite inferior de esta unidad se reconoce por la entrada brusca de facies fluviales sobre facies lacustres marginales de la Fm. Aguilar. Los depósitos fluviales de la base de esta unidad se han denominado Fm. Arcera, PUJALTE (1982) y alcanzan un gran desarrollo al Norte de Aguilar de Campoó siendo conocidos como capa Corvio, PUJALTE (1982).

El conjunto alcanza una potencia cercana a los 600 m. en el área de Quintanilla de las Torres donde se han diferenciado siete ciclos sedimentarios que pueden asimilarse a secuencias deposicionales. Estos ciclos se organizan en ciclos con desarrollo preferente de canales fluviales en la base que pasan en vertical a facies fluviolacustres y lacustres marginales. Los cinco primeros ciclos terminan con carbonatos lacustre-palustres, y los dos restantes presentan facies carbonosas e influencia marina.

Los canales fluviales muestran diversos tipos de configuración. En las partes bajas de las secuencias dominan los canales de baja sinuosidad cuyos rellenos reflejan paleocauces de tipo "braided" y tramos rectos. Los ciclos de relleno de canal suelen presentar conglomerados cuarcíticos en la base y areniscas de grano medio a fino a techo. Los conglomerados están depositados bajo mecanismos de soporte elástico, los cantos están bien rodados y sus diámetros oscilan entre 0,5 y 5cm. Las areniscas muestran diversos grados de cementación y frecuentemente tienen carácter ferruginoso. Las estructuras más frecuentes son, estratificación cruzada planar y en surco, y deformación

hidroplástica.

Los canales de configuración recta se reconocen por sus secuencias de relleno caracterizadas por uno o varios episodios de "sets" y "cosets" de láminas cruzadas con geometría tabular y baja o nula dispersión en las lecturas de paleocorrientes.

Los canales de tipo "braided" se caracterizan por presentar un mayor contenido en "sets" de conglomerados. Se diferencian por el desarrollo de incisiones internas, presencia de canales imbricados y encajamiento de canales sobre las barras.

Los intervalos con paleocanales meandriiformes manifiestan una mayor proporción de facies lutíticas y son muy frecuentes los depósitos de desbordamiento. Las secuencias de relleno de canal son predominantemente arenosas y se caracterizan por las superficies de acreción lateral, criterios de flujo helicoidal y desarrollo de "climbing ripples".

Los depósitos de desbordamiento se intercalan en facies lutíticas y se presentan como capas tabulares de arena fina y potencia centimétrica. Los niveles constituidos por "cosets" de "ripples" se asimilan a depósitos de "overbank" y los que presentan abundante bioturbación y gradación positiva incipiente se interpretan como lóbulos de desbordamiento tipo "crevasse splay".

Las facies lutíticas muestran gran homogeneidad y están representadas por arcillas rojas y limos arcillosos ocreos. Esporádicamente, desarrollan horizontes edáficos constituidos por suelos rojos y lateríticos.

El término de facies fluviolacustres se aplica a depósitos terrígenos asociados a márgenes de lagos. Los niveles arenosos se organizan en secuencias negativas de potencia métrica. Los términos inferiores de estas secuencias alternan con materiales pelíticos y presentan estratificación "linsen" a "flasher". Los términos superiores muestran estratificación cruzada de tipo "hummocky". Son abundantes los escapes de fluídos y los fenómenos de deformación hidroplástica. Se interpretan como barras de desembocadura. En numerosos

casos los ciclos terminan con la incisión de canales con estructuras propias de flujos fluviales y corresponden a la progradación del canal distributivo sobre la barra de desembocadura asimilándose a secuencias completas de "stream mouth bar" lacustre.

Los depósitos pelíticos que se encuentran entre facies fluviolacustres y lacustres se organizan en ciclos de oxidación-reducción de rango métrico. Los términos inferiores están constituidos por lutitas margosas verdes, grises y versicolores y pueden intercalar delgados niveles de arena fina o limo. En vertical se enriquecen gradualmente en óxidos confiriendo una tonalidad rojiza al depósito. Los ciclos terminan con un horizonte edáfico con frecuentes procesos de laterización.

Las facies calcáreas se asocian a contextos lacustres marginales. Se encuentran en la parte alta de las cinco primeras secuencias deposicionales de la unidad y se integran en una gran variedad de subambientes que reflejan numerosas fluctuaciones lacustres.

Las facies más someras están representadas por calizas margosas nodulosas muy edafizadas en niveles de potencia decimétrica. Suelen asociarse a los términos superiores de los ciclos pelíticos de oxidación-reducción y en muchos casos al horizonte laterítico.

Los depósitos de baja a media energía están compuestos por niveles métricos y decimétricos de "wackestones" intraclásticos con abundantes algas y gasterópodos.

Los sedimentos de media a alta energía los constituyen "packstones" y "rudstones" intraclásticos, calizas oncolíticas arenosas y calcarenitas con "ripples" de oleaje y estratificación "wavy". Los depósitos intraclásticos se enmarcan con un litoral lacustre de media a alta energía, los niveles oncolíticos corresponden a facies canalizadas subacuáticas y los términos calcareníticos con estratificación "wavy" se interpretan como capas de tormenta.

Se reconocen algas caráceas, ostrácodos, gasterópodos y excepcionalmente restos de reptiles.

Los depósitos de influencia marina se encuentran exclusivamente en la sexta secuencia deposicional. Están representados por conglomerados y areniscas de carácter algo calcáreo. Constituyen ciclos de relleno de canal fluviomareal. Presentan depósitos de "lag" conglomerático en la base, estratificación cruzada bimodal y "ripples" de oleaje a techo. El tipo de secuencia, la existencia de superficies de acreción muy tendidas y las medidas de paleocorrientes inducen a considerar una configuración meandriforme para los canales fluviomareales. Incluyen muy abundantes ostreidos y algunos restos de briozoos que marcan una edad Valanginiense inferior.

Las dos últimas secuencias deposicionales presentan facies carbonosas en lugar de niveles calcáreos. Se asocian a depósitos fluviolacustres y ciclos pelíticos de oxidación-reducción que no muestran horizonte laterítico.

Las lecturas tomadas sobre las estructuras tractivas de los paleocanales indican paleocorrientes dirigidas hacia el S y SE.

ANALISIS SECUENCIAL

El límite inferior de la unidad está caracterizado por la existencia de una discordancia cartográfica. En la cercana Hoja de polientes los términos inferiores de la unidad erosionan toda la formación Aguilar y llegan a disponerse directamente encima del Jurásico marino.

La división de la parte superior del Grupo Cabuérniga en tres formaciones resulta poco precisa. La Fm. Arcera se asmila a los depósitos fluviales de base de la unidad. Sin embargo se encuentran facies similares en términos superiores. La Fm. Aroco corresponde a los depósitos carbonatados que alcanzan un notable desarrollo a techo de la tercera secuencia deposicional diferenciada. La Fm. Loma Somera se asocia a las facies de influencia marina reconocidas en la sexta secuencia.

En el presente informe se establece una división de la unidad en siete subunidades o secuencias deposicionales con predominio de depósitos fluviales en la base y lacustres a techo. Las cinco primeras subunidades desarrollan facies lacustres carbonatadas y son frecuentes los fenómenos lateríticos característicos de climas tropicales.

Las dos restantes subunidades reflejan un cambio climático y de quimismo en las aguas evidenciado por la inexistencia de calizas, sustitución de éstas por facies carbonosas y menor desarrollo de horizontes lateríticos.

La sexta subunidad marca este cambio climático. En la base incorpora un potente nivel conglomerático dominando los paleocauces de configuración "braided". El intervalo de paleocanales de alta sinuosidad presenta caracteres mareales y fauna marina.

El límite superior está marcado por el carácter discordante de la base de la unidad suprayacente.

1.8. FACIES WEALD (Grupo Pas, Valaginiense-Aptiense inferior)

Esta unidad está representada en la hoja muy parcialmente debido al carácter fuertemente discordante del ciclo Aptiense-Albiense. Se han medido exclusivamente 120 m. Se diferencian tres secuencias deposicionales asimilables al término ciclotema utilizado en la investigación y exploración de carbones.

En la parte baja de los ciclotemas se reconocen paleocanales cuyas secuencia de relleno reflejan configuraciones "braided" y rectas.

Los canales "braided" incluyen "sets" conglomeráticos de láminas cruzadas cuyos contactos ponen de manifiesto la existencia de canales menores imbricados. Las estructuras más frecuentes en los paleocauces de baja sinuosidad son estratificación cruzada planar y en surco, y deformación hidroplástica.

Los depósitos propios de canales meandriformes son escasos. Presentan las características propias de barras de meandro puestas de manifiesto

por superficies de acreción lateral, láminas ascendentes de estratificación cruzada y "climbing ripples".

Las areniscas están en general bien cementadas con elevado grado de madurez y frecuentemente presentan carácter ferruginoso. El tamaño de grano es muy variable.

Son muy abundantes los depósitos fluviolacustres. Aunque presentan cierta tendencia a formar ciclos negativos estrato y granocrecientes, en muchos casos no muestran una organización muy definida. Se distinguen intervalos de capas de arena fina alternando con facies pelíticas. Estas alternancias presentan estratificación "linsen" y "wavy" siendo muy frecuentes los "ripples" de oscilación. Los depósitos arenosos fluviolacustres más masivos tienen estratificación cruzada tipo "hummocky" y "wave ripples". El tamaño de grano oscila entre medio y fino.

Los ciclos pelíticos de oxidación-reducción se encuentran preferentemente en las partes medias y altas de los ciclotemas. Suelen presentar procesos lateríticos y, en los términos reductores pueden encontrarse restos carbonosos más frecuentes en los intervalos superiores de las secuencias. Raramente se reconocen calizas nodulosas edafizadas asociadas a los horizontes lateríticos.

Las paleocorrientes tornadas proporcionan medidas dirigidas hacia el E y NE.

La edad de esta unidad se acota por las dataciones efectuadas en los grupos que la limitan, estando comprendida entre el Valanginiense y el Aptiense.

ANALISIS SECUENCIAL

El carácter discordante de la base del grupo constituye un excelente límite secuencial.

La representación parcial de esta unidad permite dividirla únicamente en tres secuencias deposicionales asimilables a ciclotemas. Sin embargo en zonas cercanas, fuera de Hoja, alcanza potencias mucho mayores y sin duda aumenta considerablemente el número de secuencias diferenciables.

La presencia de carbones y suelos lateríticos indica unos contextos ambientales análogos a los de los ciclos superiores de la unidad infrayacente y unas condiciones climáticas tropicales o subtropicales.

El límite superior está marcado por la discordancia fuertemente erosiva de la unidad suprayacente.

1.9. APTIENSE-ALBIENSE

Alcanza una potencia cercana a los 350 m. en el sector de Becerril-Olleros donde se sitúa directamente encima de la Fm. Aguilar. En zonas más meridionales llega a disponerse sobre términos más inferiores.

El primer nivel asimilado a esta unidad está compuesto por conglomerados poligénicos cuyos cantos calcáreos proceden de los depósitos carbonatados de la Fm. Aguilar, y por areniscas bien cementadas.

Le sigue una potente sucesión constituida principalmente por conglomerados cuarcíticos y areniscas poco cementadas. Los conglomerados muestran soporte clástico y media a buena selección. Los cantos están bien rodados y los diámetros oscilan entre 1 y 10 cm.

Las areniscas muestran grados de cementación bajos y el tamaño de grano medio es el predominante.

La configuración más abundante de los paleocauces es la de tipo "braided". Las secuencias de relleno de los paleocanales es muy compleja con desarrollo de barras de gravas, "sets" tabulares de arenisca, "cosets" de estratificación cruzada que representan las formas menores del lecho, superficies erosivas que configuran secuencias de canales imbricados, y en otros

casos incisión de canales menores sobre barras.

Los depósitos asimilables a ríos sinuosos son menos frecuentes, predominantemente arenosos, muestran superficies de acreción lateral, "cosets" de "climbing ripples" y ocasionalmente deformación hidroplástica.

Las facies pelíticas son poco abundantes y de escasa potencia en los tramos de canales. Están compuestas por lutitas rojizas y limos arcillosos ocreos. Los depósitos de desbordamiento tienen muy poca representación. Se diferencian algunos delgados niveles de "cosets de ripples" con escapes de fluidos asimilados a depósitos de "overbank" y excepcionalmente se observan facies de "crevasse-splay" representadas por capas tabulares de arena fina con gradación incipiente.

Los medios fluviolacustres se reconocen exclusivamente a techo de la unidad. Se distinguen facies areniscosas con estratificación "wavy" y "linsen" y cuerpos convexos con base neta, estratificación cruzada y retrabajamientos por oleaje atribuidos a barras de desembocadura. Las facies pelíticas son muy carbonosas tienen un carácter algo margoso y distintos contenidos en limo. Se interpretan como depósitos lacustre-palustres con fondo rico en materia orgánica. El estudio de los levigados ha destacado la presencia de foraminíferos arenáceos de edad Aptiense.

Las medidas de paleocorrientes muestran cierta dispersión en las direcciones de aporte. En general están dirigidas hacia el N, NE y NO.

ANÁLISIS SECUENCIAL

El ciclo Aptiense-Albiense inferior ha sido correlacionado con la Fm. Escucha (AGUILAR et al. 1961). Constituye en esta zona una megasecuencia deposicional compuesta por subunidades de orden menor. El carácter fuertemente energético de los términos inferiores de la Unidad dificulta la separación de subunidades. En la zona del Pantano del Ebro se han encontrado varios niveles de calizas con rudistas que permiten acotar la edad de la unidad entre el Aptiense y el Albiense inferior. El límite inferior es muy evidente debido al carácter fuertemente discordante y erosivo de la base de la unidad, y el

superior está marcado por la aparición de las facies Utrillas.

1.10. FACIES UTRILLAS (Albiense-Cenomaniense inferior)

Esta unidad está constituida principalmente por conglomerados cuarcíticos y arenas caoliníferas que le confieren una tonalidad blanquecino-amarillenta característica. El grado de cementación es muy bajo para todo el conjunto y los cantos están bien rodados, con diámetros comprendidos entre 1 y 12 cm.

La potencia máxima medida supera los 250 m. Los primeros 200 m. presentan un predominio de canales de baja sinuosidad. Las secuencias de relleno indican configuraciones preferentes de tipo "braided" con desarrollo de barras de gravas, incisiones internas, "sets" tabulares con numerosas superficies de reactivación y "cosets" de estratificación cruzada en arenas que representan las formas menores del lecho. Los tramos rectos de canales muestran una organización mucho menos compleja en su relleno constituida por uno o varios "sets" o "cosets" tabulares de estratificación cruzada.

La proporción de niveles lutíticos es muy baja en toda la unidad. En general se trata de lutitas limosas ocre y rojizas y de limos caoliníferos de grano fino. Excepcionalmente se han reconocido limos carbonosos que constituyen efímeros encharcamientos vegetados situados en la llanura aluvial.

Los últimos 50 m. de la unidad están constituidos principalmente por arenas con mayor grado de cementación y de carácter ferruginoso que se observa en el campo por una coloración parda. El estudio de los paleocanales indica una configuración meandriforme. Se reconoce por las superficies de acreción lateral y presencia de láminas ascendentes de "sets" y "cosets" de estratificación cruzada de mediana y pequeña escala. Son muy abundantes los restos de troncos limonitizados.

El contacto entre los dos tramos diferenciados en base al distinto tipo de configuración de los paleocanales, se reconoce por la existencia de limos carbonosos y desarrollo de suelos calcimorfos.

Los depósitos de desbordamiento se encuentran unicamente en el tramo superior de paleocauces meandriformes. Se diferencian facies de "overbank" con "ripples" y lóbulos de tipo "crevasse-splay" sin estructuras internas.

Las paleocorrientes tomadas sobre los paleocanales "braided" se dirigen hacia el N y NO. Las direcciones medidas en el intervalo superior de paleocauces meandriformes muestran una notable dispersión como consecuencia de la alta sinuosidad. No obstante las medidas más frecuentes apuntan hacia el NO.

1.11. CENOMANIENSE-TURONIENSE INFERIOR

En esta unidad se engloban gran variedad de facies mixtas que se encuentran entre los últimos canales claramente fluviales de las facies Utrillas y la base de la primera barra calcárea del Cretácico Superior. Está constituida por margas limosas carbonosas, areniscas, calcarenitas y calizas nodulosas, arenosas y bioclásticas.

Las facies margosas se organizan en paquetes de 1 a 5 m. de potencia. Presentan una laminado tractivo interno constituido por bandas milimétricas a centimétricas con distintos contenidos en limos y carbón. Esta organización interna puede borrarse por bioturbación. En algunos casos las facies margo-limosas incluyen niveles centimétricos de acumulación de ostreidos.

Las facies arenosas se encuentran frecuentemente asociadas a las margo-limosas presentando estratificación "linsen" y "wavy". Se organizan por otra parte en paquetes de potencias comprendidas entre 1 y 3 m. asimilables a secuencias de relleno de canal. Presentan las siguientes estructuras: Base neta y/o erosiva con fluidificaciones, fragmentos de carbón y de ostreidos, estratificación cruzada, planar, bimodal, y en surco, superficies de acreción lateral, y "climbing ripples" y de oleaje. Se trata de arenas caoliníferas de tonalidad gris claro medianamente cementadas y contienen algunos restos de troncos limonitizados.

Las facies calcáreas presentan dos aspectos distintos en el campo:

Bancos de 1 a 2,5 m. de calizas arenosas y nodulosas muy bioturbadas.

Bancos de 0,5 a 1,5 m. de calizas arenosas y calcarenitas con base plana y techo ondulado. Tienen base neta, fragmentos de carbón, estratificación cruzada tangencial en la base, estratificación "hummocky & swalley", y "ripples" de oleaje.

Ambos casos presentan texturas "packstone-grainstone" con cemento esparítico. Los aloquímicos son muy abundantes, dominan los bioclastos y son muy frecuentes los granos de cuarzo y glauconita, observándose también intraclastos, peloides y fragmentos carbonosos.

La potencia de esta unidad oscila entre 75 y 170 m. Las series de menor potencia se encuentran en los sectores meridionales y noroccidentales y se interpretan como zonas más marginales de la cuenca Vasco-Cantábica durante el Cretácico superior.

La asociación de facies margo-limosas y areniscosas se enmarca en un contexto intermareal-submareal. Los canales arenosos muestran indicios de flujos helicoidales y superficies tendidas de acreción lateral, indicando una configuración meandriforme. En la parte baja de la unidad se conservan estructuras producidas por corrientes fluviales mostrando retrabajamientos claros generados por flujos mareales bidireccionales. En los tramos areniscosos más superiores todas las estructuras están producidas por mareas. Las facies margo-limosas presentan estratificación "linsen" y en menor proporción "flasher" y "wavy". Se interpretan como depósitos intermareales en zonas no canalizadas. Los restos carbonosos están resedimentados y se acumulan junto con los términos más pelíticos en momentos de mayor decantación. Proceden de un litoral vegetado en el límite inter-supramareal.

Las facies de calizas arenosas y calcarenitas se sitúan en un ambiente submareal a "offshore" en el que dominan los procesos generados por tormentas y oleaje.

Los restos fósiles son muy abundantes en las facies margosas y calcáreas. Se encuentran equínidos, ostreidos y otros bivalvos, gasterópodos, escafópodos, braquiópodos, crustáceos, anélidos, briozoos, corales, foraminíferos y algas.

En conjunto, esta unidad constituye un sistema de estuario que experimenta en vertical un cambio progresivo de medios fluviomareales a ambientes de mar abierto. Las paleocorrientes dan lecturas dirigidas hacia el NO coincidiendo con las correspondientes a los canales fluviales de las facies Utrillas.

Las paleocorrientes dirigidas en sentido contrario indican la existencia de flujos mareales, y la divergencia de direcciones en los canales fluviomareales se debe a la configuración altamente sinuosa de los mismos. Las paleocorrientes coinciden con la dirección del sistema de fractura de Ventaniella.

1.12. TURONIENSE - CONIACIENSE

Constituye la primera gran barra calcárea del Cretácico Superior y forma el primer resalte morfológico de la mayoría de las mesas. Está formado por calizas, en ocasiones dolomíticas, configurando ciclos negativos de potencia comprendida entre 1 y 8 m., compuestos por calizas nodulosas y de contactos ondulados en la base que pasan en vertical a bancos masivos de calizas de miliólidos con estratificación cruzada de media y gran escala. Texturalmente, las calizas nodulosas, corresponden a "wackestones" bioclásticos con abundantes intraclastos y "pellets". Los términos superiores de los ciclos están formados por "grainstones-packstones" con cemento esparítico siendo los miliólidos los componentes principales. Frecuentemente presentan estratificación cruzada de mediana y muy gran escala y laminación "ripple". A techo de los ciclos se desarrollan superficies ferruginosas. Localmente aparecen construcciones de rudistas retrabajadas a techo.

En la parte alta de esta unidad se encuentran calizas arenosas muy bioclásticas y bastante ferruginosas. Presentan texturas "packstone-grainstone"

con cemento esparítico. Contienen intraclastos y peloides, granos de cuarzo dispersos y los restos fósiles pertenecen a equínidos, briozoos, ostreidos, corales, miliólidos y gasterópodos.

Las secuencias negativas se interpretan como ciclos de somerización característicos de "shoals". La nodulización de los "wackestones" basales se atribuye a fenómenos de bioturbación. Los términos superiores evidencian un contexto de mayor energía en un medio submareal a "offshore".

En conjunto esta unidad se enmarca en un complejo de barras de plataforma de tipo "shoal" que protegen zonas en las que la menor energía permite el desarrollo local de construcciones de rudistas. La presencia a techo de calizas arenosas y calcarenitas pone de manifiesto un cambio ambiental a condiciones más energéticas.

Las paleocorrientes muestran criterios de bimodalidad propios de regímenes submareales, no obstante dominan las medidas dirigidas hacia el O y NO. El carácter marginal de los sectores noroccidentales se manifiesta en las paleocorrientes que se dirigen preferentemente hacia el E y NE.

La potencia de esta unidad varía proporcionalmente con el espesor de la infrayacente. Oscila entre 15-20 m. en Dehesa de Montejo, a 70 m. en la mesa de Las Tuercas.

En sectores meridionales fuera de hoja, esta unidad puede llegar a desaparecer. En Rebolledillo de la Orden (Hoja de Herrera de Pisuerga) se encuentra un delgado nivel de calizas nodulosas que engloba a todo el Turoniense y al Coniaciense.

1.13. SANTONIENSE

Se diferencian dos tramos. El inferior es predominantemente margoso y el superior está constituido por un potente paquete calcáreo.

El tramo margoso inferior tiene una potencia comprendida entre 80 y 100 m. Se divide a su vez en dos intervalos. El intervalo inferior está compuesto por una alternancia entre margas y calcarenitas.

Los niveles calcareníticos tienen potencias de orden centimétrico a decimétrico y pueden presentar aspecto noduloso o conservarse estructuras de tipo "hummocky cross stratification" y "wave ripples". Muestran texturas "grainstone-packstone" con abundantes granos de cuarzo y glauconita, intraclastos, peloides y bioclastos. Localmente aparecen capas de areniscas ferruginosas con estratificación cruzada y "ripples". El intervalo superior presenta una mayor proporción de margas. Estas, alternan con calizas margosas y esporádicamente calcarenitas nodulosas. Los niveles de calizas margosas presentan texturas "wackestone" con bioclastos y glauconita como componentes principales. Su espesor oscila entre 5 y 30 cm. y están afectados por bioturbación.

La fauna es muy abundante en todo el tramo margoso. Se encuentran numerosos ammonoideos, nautiloideos, briozoos, braquiópodos, rudistas, corales, crinoideos, equínidos y foraminíferos.

Se enmarca en un ambiente de plataforma abierta dominada por tormentas durante el intervalo inferior y de muy baja energía por debajo de la influencia de las tormentas para el superior. La inexistencia de depósitos desorganizados propios de contextos de talud induce a considerar un modelo de plataforma en rampa.

El tramo calcáreo superior presenta un contacto transicional con la unidad infrayacente. Muestra un notable parecido con la barra Turoniense, está representado por ciclos de somerización de potencias comprendidas entre 1 y 12 m. Los términos inferiores están constituidos por calizas nodulosas y de contactos ondulados y los superiores por bancos masivos de calizas bioclásticas. Los términos nodulosos presentan texturas "wackestone" con abundantes intraclastos y miliólidos, los términos superiores son "packstones-grainstones" bastante recrystalizados con fragmentos de bivalvos y muy abundantes miliólidos. Son frecuentes las estructuras tractivas y están representadas por estratificación cruzada de media a muy gran escala, "hummocky cross stratification" y "ripples"

de oscilación. En el sector de Dehesa de Montejo presenta un carácter muy energético con algunas superficies erosivas, y se enmarca en un complejo de barras y canales submareales. En el resto de la Hoja incluye intermitentemente "boundstones" de hippurítidos y se interpreta como un complejo de "shoals" que protege zonas con desarrollo de construcciones de rudistas. La potencia de este tramo alcanza los 90 m. en los sectores nororientales.

El techo de la unidad está caracterizado por procesos de dolomitización generalizados, anormal desarrollo de costras ferruginosas y aparición local de facies calcareníticas.

Las paleocorrientes tomadas en los sectores centrales de la hoja se dirigen principalmente hacia el NO mientras que en las áreas noroccidentales predominan las lecturas hacia el E.

1.14. CAMPANIENSE

Presenta una notable complejidad litológica y un elevado desarrollo de cambios de facies en distancias relativamente reducidas. Se puede dividir secuencialmente en dos subunidades separadas por un intervalo calcarenítico.

En la Mesa de las Tuerces la primera subunidad empieza con margas y calizas nodulosas y sigue con una alternancia de margas y calcarenitas masivas a techo.

En el sector de Dehesa de Montejo empieza por un delgado nivel de margas calcáreas que da paso inmediatamente a un potente paquete calcodolomítico. Termina con un intervalo calcarenítico.

Las calizas nodulosas presentan texturas tipo "wackestone-mudstone". Se enmarcan junto a las margas en una plataforma somera de baja energía y en zonas preferentemente protegidas.

Las facies calcareníticas muestran un carácter ferruginoso, sus texturas son de tipo "grainstone-packstone" e incluyen restos bioclásticos de

equínidos y ostreidos. Se diferencian capas tabulares con "ripples" de oleaje u ondulaciones a techo y secuencias negativas compuestas por depósitos nodulosos en la base y "sets" de estratificación cruzada a techo. Los niveles tabulares se interpretan como capas de tormenta y las secuencias negativas como barras submareales.

El paquete calcodolomítico de Dehesa de Montejo se organiza en ciclos negativos de potencia comprendida entre 4 y 8 m. Las texturas son "wackestone" en la base y "packstone" a techo. Se interpreta como un complejo de barras de media energía asociado a una plataforma somera.

La segunda subunidad empieza en la Mesa de Tuerces por un tramo de margas, calizas, calcarenitas y areniscas de grano fino. Los depósitos areniscosos presentan base erosiva, estratificación bimodal y "ripples" de oscilación a techo. Se interpretan como canales inter a submareales. Las calcarenitas están afectadas por bioturbación que les confiere un aspecto noduloso y las calizas corresponden a "packstones". La subunidad termina con un tramo calcáreo masivo algo dolomítico. Está compuesto por ciclos negativos característicos de complejos de "shoals" e incluye localmente construcciones de rudistas.

En el sector de Dehesa de Montejo, la parte baja de esta subunidad está caracterizada por calizas dolomíticas con texturas tipo "wackestone" que se enmarcan en un contexto de plataforma somera de baja energía. A continuación de desarrollan algunas secuencias negativas que incorporan "grainstones" y "packstones" con estructuras tractivas. Este intervalo termina con barras calcareníticas propias de ambientes de plataforma de media a alta energía.

En las áreas meridionales de la Hoja, pueden llegar a desaparecer las facies margosas disponiéndose directamente encima de las barras santonienses, dos paquetes calcodolomíticos amalgamados cuyos términos bajos están constituidos por "wackestones" nodulosos y ondulados, y los altos incorporan secuencias de "shoal".

En los sectores nororientales y meridionales se reconoce una tercera subunidad que no está presente en la Mesa de las Tuerces.

Se compone de margas calcáreas, dolomías y calizas dolomíticas margosas y nodulosas. Se sitúa en un medio de plataforma somera de muy baja energía y ambientes de "lagoon".

La inexistencia de esta tercera subunidad en la Mesa de Las Tuerces puede interpretarse como el resultado de una presunta discordancia erosiva en la base del Maastrichtiense, establecimiento de un área de no sedimentación en los sectores centrales, o bien considerar estos materiales como un cambio lateral de la unidad suprayacente.

La potencia del Campaniense está comprendida entre 100 y 135 m., si bien la primera subunidad puede incluir términos todavía santonienses.

1.15. MAASTRICHTIENSE

La parte baja está constituida por una alternancia entre margas y dolomías tableadas. Los términos superiores son esencialmente pelíticos y corresponden a las facies Garum con influencia claramente continental.

Las margas que alternan con las dolomías presentan tonalidades grises y verdosas y están afectadas por bioturbación. Las dolomías se presentan de muy diversas formas, en función de la energía del medio. Los depósitos de menor energía están constituidos por delgados niveles cuyas texturas son de tipo "mudstone-wackestone" en ocasiones nodulosos y por "wackestones" masivos. Intermitentemente aparecen tramos tableados con estromatolitos de reducidas dimensiones.

Las facies energéticas están representadas por niveles tabulares de "packstones" dolareníticos con estratificación "linsen", "wavy" y "flasher".

Se reconocen algas, ostrácodos y bivalvos que caracterizan ambientes salobres.

El conjunto se enmarca en un ambiente lagunar de aguas salobres. Las facies energéticas se sitúan en un contexto intermareal y los depósitos de baja energía en zonas supramareales protegidas.

La potencia máxima medida es de 75 m.

Las facies Garum tienen muy poca representación en la zona. Se diferencia un tramo basal de margas verdosas que representan facies palustres con reducida lámina de agua.

Incluye intercalaciones de lutitas rojas que representan el intervalo de oxidación por retracción de la franja palustre.

El tramo superior está constituido por arcillas rojas de llanura aluvial. Incorporan delgados niveles de limos y areniscas de grano muy fino asimilados a depósitos distales de desbordamiento.

ANALISIS SECUENCIAL DE LAS FACIES UTRILLAS Y CRETACICO SUPERIOR

Las facies Utrillas y Cretácico superior constituyen en conjunto un megaciolo sedimentario transgresivo-regresivo. El límite inferior viene fuertemente marcado por la base erosiva de las facies Utrillas. Estas desarrollan un sistema aluvial con incisión de canales de configuración "braided" que termina con la instalación de horizontes edáficos. La parte superior de las facies Utrillas se instala sobre este tramo de suelos, se reconoce por la alta sinuosidad de los paleocanales y grada transicionalmente a depósitos de estuario.

El complejo estuarino tiene una edad Cenomaniense-Turonense y se caracteriza por mostrar una alternancia entre facies calcareníticas que representan episodios transgresivos y depósitos margoarenosos principalmente intermareales asimilados a progradaciones deltaicas. Presenta un tránsito gradual a la barra calcárea Turonense-Coniacense que se ha interpretado como el resultado de un complejo de "shoals" transgresivo sobre los depósitos de estuario. A techo se reconocen facies calcareníticas y ferruginosas que representan un episodio de sedimentación condensada. Corresponden a la ruptura

Coniaciense puesta de manifiesto por la mayoría de autores que han trabajado en el Cretácico superior peninsular.

El intervalo margoso del Santoniense se enmarca en un contexto de plataforma abierta distal y supone el máximo transgresivo del Cretácico superior en la zona.

La barra calcárea del Santoniense se asocia con el principio de la regresión finicretácica evidenciada por la superposición de un sistema de complejos amalgamados de "shoals" submareales sobre margas de plataforma distal.

En el Campaniense continúan las condiciones somerizantes con la instalación intermitente de barras en plataforma somera, presencia de canales mareales y desarrollo de depósitos de "lagoon".

El Maastrichtiense presenta influencias continentales y constituye los estadios terminales de la regresión. Empieza con una alternancia margodolomítica propia de medios lagunares salobres en un contexto inter a supramareal que pasa gradualmente a facies pelíticas del Garum de carácter claramente continental.

Las transgresiones marinas se realizaron en sentido NNO a SSE procedentes del Golfo de Vizcaya. La cuenca estaba delimitada al O por las estribaciones orientales del Macizo Hespérico y el E por el del Ebro que encontraba su prolongación nororiental en la Sierra de la Demanda. El estudio de paleocorrientes y los cambios de facies y espesor ponen de manifiesto esta organización paleogeográfica. Las series del Cenomaniense y Turoniense disminuyen de potencia hacia el Sur y en los sectores nororientales, desarrollándose facies más litorales. Las paleocorrientes se dirigen predominantemente hacia mar abierto (NNO). Las direcciones anómalas medidas en las áreas nororientales (hacia el E y NE), evidencian la proximidad del Macizo Hespérico. Los cambios de facies son muy evidentes en cortes NE-SO, perpendiculares a las principales estructuras, presentando mucho mayor homogeneidad sedimentológica las correlaciones paralelas a las estructuras. Esta

circunstancia sugiere un control estructural directo sobre la sedimentación poniendo en evidencia una organización en surcos y umbrales que se prolongan en dirección NNO-SSE.

La serie en el Monte Bernorio experimenta una notable reducción de potencia y predominan los depósitos muy litorales. Se debe muy probablemente a la proximidad de la estructura anticlinal diapírica de Aguilar que habría sido activa durante el Cretácico superior y condiciona consecuentemente la sedimentación.

La división del conjunto del Cretácico superior y facies Utrillas en secuencias deposicionales resulta compleja y requiere un estudio mucho más detallado. No obstante se presenta a continuación una relación de contactos entre unidades informales que pueden corresponder a límites secuenciales, exponiendo los criterios que permiten diferenciarlos. Se destacan las discontinuidades sedimentarias que se consideran de mayor importancia sin realizar no obstante un estudio riguroso del rango de las distintas rupturas.

D1. Base de las facies Utrillas

Constituye el límite inferior de la megasecuencia transgresiva del Albiense-Cretácico superior. Su carácter discordante y erosivo permite diferenciarla como una importante ruptura de orden mayor.

D2. Parte superior de las facies Utrillas

Se trata del contacto existente entre el intervalo de suelos calcimorfos con el que termina el desarrollo de paleocanales de tipo "braided", y el tramo superior de paleocauces meandriformes que pasan transicionalmente a facies estuarinas. La importancia de esta discontinuidad es discutible, no obstante ha sido reconocida y descrita por algunos autores.

D3. Intra-Cenomaniense

Se localiza a techo de un tramo de alternancias entre calcarenitas y margas que constituyen un episodio transgresivo sobre facies fluviomareales y depósitos carbonosos. La discontinuidad está marcada por la aparición brusca de facies terrígenas propias de ambientes intermareales que representan la progradación de la llanura mareal sobre los depósitos calcareníticos submareales y de "offshore" dominado por tormentas.

D4. Cenomaniense-Turonense

Presenta unas características muy similares a la discontinuidad intra-Cenomaniense. marca el límite entre el Cenomaniense y el Turonense, que pasa transicionalmente a la primera barra calcárea de edad Turonense-Coniaciense.

D5. Techo de la barra calcárea del Turonense-Coniaciense

Constituye un buen nivel de correlación a partir del cual empiezan a homogeneizarse las potencias de las unidades suprayacentes. Se reconoce por la aparición de niveles calcareníticos ferruginosos que se asimilan a un episodio de sedimentación sintética. En sectores más meridionales fuera de Hoja se ha detectado un nivel de calizas nodulosas que comprende la ruptura intra-Cenomaniense, la de base del Turonense y la que se describe en este apartado.

Esta discontinuidad puede tener bastante importancia y parece equivaler a la ruptura Coniaciense producida por fenómenos regresivos y reconocida por numerosos autores en muy diversas áreas.

D6. Intra-Santoniense

En afloramientos de excepcional calidad se diferencian dos tramos dentro de la unidad margosa santoniense. El inferior incluye abundantes niveles calcareníticos e incluso areniscosos interpretados como "storm sand

layers". El tramo superior se asocia al máximo transgresivo y la sedimentación se realiza por debajo del límite de las tormentas. El contacto entre ambos tramos es muy neto y puede ser considerado como un límite secuencial. En sectores muy meridionales aparece un complejo de barras bioclásticas cuya asociación faunística coincide con la descrita para la unidad margosa del Santoniense y se considera equivalente a tramo inferior de alternancia con calcarenitas.

D7. Techo de la barra calcárea Santoniense

Supone también un buen nivel de correlación. El contacto con el tramo de margas santonienses parece tener carácter transicional. La discontinuidad está caracterizada por el desarrollo de dolomías y costras ferruginosas a techo, y localmente la aparición de facies calcareníticas. Otro criterio lo constituye el desarrollo de facies de plataforma somera campanienses o santonienses terminales sobre el complejo de "shoals" submareales de la barra santoniense.

D8. Intra-Campaniense

Esta discontinuidad está caracterizada por la presencia de canales intermareales terrígenos que constituyen un episodio de progradación deltaica. En otros puntos se reconoce por la aparición de facies calcareníticas que separan las dos unidades campanienses diferenciadas, y por la superposición brusca de calizas de plataforma muy somera sobre un complejo de barras calcáreas de energía media. A techo se desarrollan carbonatos de "lagoon" cuya asignación al Campaniense implica la existencia de una nueva discontinuidad marcada por un nuevo episodio regresivo. Esta posible ruptura no se describe por separado dado la dudosa posición estratigráfica de estos materiales.

D9. Base del Maastrichtiense

La aparición de facies pertenecientes a medios lagunares salobres supone un impulso regresivo importante. La desaparición de los términos

superiores campanienses de "lagoon" en algunos sectores podría suponer un carácter discordante para la base del Maastrichtiense. Sin embargo puede corresponder a un cambio de facies que se realizaría en la parte basal de este piso.

El contacto superior de los depósitos lagunares salobres con las facies Garum presenta un carácter claramente transicional a medios puramente continentales que constituyen los estadios terminales de la regresión finicretácica.

D10. Base del Paleógeno

Supone una ruptura de gran importancia y limita el megaciclo sedimentario del Cretácico superior. Es fuertemente discordante y erosiva y se asocia a los episodios iniciales de la formación de la Cuenca del Duero.

2. Terciario

2.1. Introducción

El Terciario de la Hoja de Prádanos de Ojeda está constituido principalmente por depósitos proximales e intermedios de sistemas aluviales que caracterizan el margen septentrional de la Cuenca del Duero.

Se distinguen seis episodios principales de sedimentación diferenciados por su litología y limitados por discordancias. El primero de ellos es fundamentalmente cuarcítico, aparece de forma intermitente y se le atribuye una edad paleocena.

El segundo presenta un gran desarrollo en la parte noroccidental de la Hoja. Los cantos proceden principalmente de dominios mesozoicos calcáreos. Se considera equivalente el tramo superior del complejo Vegaquemada, (COLMENERO et al. 1979), de edad oligocena e incorpora algunos intervalos de carbonatos palustre-charcustrés. No obstante en muchas áreas se observa una fuerte reactivación a techo de esta unidad representada por una potente entrada de conglomerados masivos similares a los infrayacentes y que podría corresponder a las facies de las Cuevas (COLMENERO et al. 1982) con una edad de Oligoceno-Mioceno inferior.

El tercer episodio aflora de forma discontinua. Se caracteriza por la fuerte cementación de sus depósitos y tiene una naturaleza poligénica. Puede estar relacionado con el ciclo de las facies Dueñas de edad Orleaniense-Astaraciense basal si bien no es posible observar físicamente su correspondencia. En ese caso pertenecería a una unidad más baja cuyos equivalentes en zonas centrales de la cuenca no se conocen.

El cuarto gran ciclo se reconoce por su coloración rojiza y el carácter calcáreo de los cantos. Se diferencian dos sistemas de abanicos coetáneos denominados, Abanico poligénico de Aviñante al Oeste, y sistema Alar del Rey al Este. En las áreas interabanico se encuentran depósitos palustre-charcustrés que alcanzan un importante desarrollo en la hoja de Herrera de Pisuerga. Por sus

relaciones laterales se deduce una edad astaraciense.

El quinto episodio es fundamentalmente silíceo y se conoce como abanico de Cantoral. hacia el Sur se encuentran sus equivalentes en las facies de la Serna, datadas como Vallesiense inferior. Sin embargo, este sistema podría presentar una estratigrafía más compleja y comprender varios episodios siendo equivalentes sus términos inferiores a la unidad infrayacente y los más altos corresponder al Vallesiense superior-Turolense e incluso al Plioceno.

El último ciclo tiene poca representación en la hoja, las condiciones de afloramiento son pésimas y resulta litológicamente muy similar a los depósitos del abanico de Cantoral. Se considera el último episodio aluvial finineógeno y se le atribuye una edad de Plioceno superior.

2.2. PALEOCENO

Tiene poca representación en la hoja. aflora de forma reducida y su potencia sobrepasa los 20 m.

Se considera el primer episodio de instalación generalizada de sistemas aluviales en la Cuenca del Duero, y se encuentra presuntamente discordante sobre el Garumniense.

Está compuesto por conglomerados cuarcíticos, areniscas silíceas y lutitas rojas. Los cantos son predominantemente de cuarzo y cuarcitas, y en menor proporción rocas metamórficas. Están bien rodados y sus diámetros oscilan entre 2 y 3 cm. Las areniscas son de grano medio a fino, presentan buena selección.

Los conglomerados y areniscas incluyen estructuras tractivas y se organizan en secuencias de relleno de canal. La mala calidad de los afloramientos impide precisar la configuración de los paleocauces y efectuar medidas de paleocorrientes.

Se enmarca en el frente de un sistema de abanicos fluviales con ápices situados en áreas desconocidas mucho más septentrionales.

Su edad se acota por las dataciones de la unidad infrayacente con fauna Maastrichtiense y los depósitos conglomeráticos superiores claramente Oligocenos. Se asigna al Paleoceno por la similitud que presenta con depósitos equivalentes situados en el borde Sur de la Cuenca del Duero en la provincia de Segovia. Podrían ser correlacionables con la parte baja del tramo inferior del Complejo Vegaquemada.

2.3. OLIGOCENO

Se dispone claramente discordante sobre la unidad inferior a la que erosiona totalmente en muchos casos. Alcanza potencias de hasta 2.500 m.

Se interpreta como un complejo de sistemas aluviales de gran desarrollo en el margen Norte de la Cuenca y cuyos equivalentes en los sectores centrales corresponden probablemente a carbonatos lacustres.

Los afloramientos de esta unidad ocupan una notable extensión en la Hoja. El conjunto se organiza en varios subcielos estrato y granodecrecientes, de espesor deca a hectométrico relacionados con impulsos tectónicos menores cuya actividad se atenúa a techo de cada subcielo. Se han diferenciado los siguientes subambientes.

2.3.1. **Orla proximal**

Se caracteriza por presentar depósitos originados por mecanismos de transporte en masa y muy bajo a nulo desarrollo de niveles lutíticos. En general, se trata de brechas y conglomerados calcáreos con soporte de matriz.

Los cantos son subangulosos, presentan diámetros comprendidos entre 5 y 30 cm. si bien en ocasiones se incorporan al depósito bloques de grandes dimensiones desprendidos directamente del paleorrelieve. El grado de selección es muy bajo y la matriz es arenosa y de grano grueso. Los niveles tienden en

general a geometrías tabulares y han sido depositados mediante procesos de tipo "debris-flow".

Los niveles lutíticos incluyen cantos subangulosos dispersos y se interpretan como coladas fangosas.

2.3.2. Orla media

Está constituida principalmente por niveles conglomeráticos y en una proporción mucho menor, areniscas y lutitas. Los mecanismos de transporte en masa alternan con los producidos por flujos diluídos. Los depósitos desorganizados corresponden a mecanismos de "debris y mud-flow" y presentan características homólogas a sus equivalentes de orla proximal.

Los depósitos originados por flujos diluídos presentan imbricación de cantos y frecuentemente desarrollo de barras de gravas. La presencia de incisiones de canales menores permite asignar una configuración "braided" a los paleocauces.

Los intervalos lutíticos son muy escasos y de poca potencia. Pueden incluir algunos depósitos areniscosos de desbordamiento.

2.3.3. Orla distal-frente proximal y medio

Son casi inexistentes los depósitos originados por mecanismos de transporte en masa. La proporción de areniscas y lutitas aumenta notablemente y son frecuentes los depósitos de desbordamiento.

Los conglomerados se asocian con areniscas formando secuencias de relleno de canal con tendencias positivas. Los cantos presentan medio a alto grado de rodamiento y los diámetros están comprendidos entre 1 y 12 cm. Son de naturaleza predominantemente calcárea, si bien incluyen esporádicamente cantos cuarcíticos.

El estudio del relleno de los canales pone de manifiesto una baja sinuosidad para los paleocauces. Se reconocen las siguientes estructuras: Imbricación de cantos, "sets" conglomeráticos de láminas cruzadas asimilables a barras de gravas, estratificación cruzada de mediana escala, planar y en surco, correspondiente a formas menores del lecho, y huellas de base producidas por fenómenos de carga y tractivos. Son frecuentes los procesos edáficos a techo de las secuencias de relleno.

Los intervalos arcillosos presentan abundantes horizontes de suelos rojos y calcimorfos e incluyen depósitos de desbordamiento de arenisca media a fina asimilados a fenómenos de "crevasse-splay".

2.3.4. Areas palustres

Los depósitos correspondientes a estos contextos se desarrollan en los términos más altos de algunos subcielos. Alcanzan un notable desarrollo al Norte de Prádanos de Ojeda con una protencia próxima al centenar de metros. Se organizan en secuencias métricas en las que los términos inferiores están compuestos por margas gris verdosas bioturbadas y margas calcáreas nodulosas. Gradualmente pasan a calizas y calizas margosas nodulizadas a techo. Se trata de "wackestones" y "mudstones" con intraclastos, ostrácodos y granos de cuarzo en proporciones variables. La nodulización se asocia a procesos pedogénicos próximos a regímenes subáereos, afirmación reforzada por el desarrollo de huellas de raíces. Esporádicamente se intercalan niveles de lutitas rojas y arcillas verdes característicos de llanura aluvial.

El conjunto de facies se enmarca en un contexto palustre-charcustré a lacustre marginal muy somero.

Los restos de Ostrácodos obtenidos mediante levigados indican una edad de Arverniense.

En el sector de Pisán de Ojeda aparecen términos más altos constituidos esencialmente por depósitos conglomeráticos, que pueden ser equivalentes a las facies de las Cuevas y por lo tanto comprender parte del Mioceno inferior.

2.4. ORLEANIENSE-ASTARACIENSE BASAL

Aflora de forma reducida con una potencia máxima medida de 200 m. Claramente discordante sobre la unidad infrayacente se distingue por el carácter poligénico de los conglomerados y la fuerte cementación de las areniscas que les confiere una característica tonalidad marrón. Los cantos presentan un alto grado de rodamiento y los diámetros están comprendidos entre 1 y 15 cm. El depósito presenta soporte clástico y la selección es buena. Es muy frecuente la imbricación de cantos, se reconocen "sets" tabulares de láminas cruzadas tanto en las gravas como en las areniscas y estas últimas presentan en ocasiones "cosets" de "festoons". Son abundantes las incisiones internas dentro de los términos conglomeráticos. Todas estas estructuras y las características propias del depósito indican un transporte por agua y una configuración recta o "braided" para los paleocauces. Los frecuentes fenómenos de amalgamación de canales menores y la baja proporción en términos lutíticos permiten situar a estas asociaciones de facies en un contexto de orla distal-frente proximal de abanicos fluviales.

2.5. ASTARACIENSE

Su base es fuertemente erosiva y discordante disponiéndose sobre distintos términos de las unidades infrayacentes. Se diferencian dos sistemas principales de abanicos que confluyen en la mitad meridional de la Hoja de Herrera de Pisuegra. El más occidental se denomina abanico de Aviñante y procede de la zona de Guardo. El otro sitúa su eje de drenaje en la actual salida del Pisuegra a la Cuenca del Duero y es conocido como abanico de Alar del Rey. Los equivalentes en frente distal hacia el SE corresponden a las facies Grijalba-Villadiego. La zona comprendida entre los sistemas principales de abanicos desarrolla facies palustres carbonatadas asimiladas a encharcamientos discontinuos. Son debidas a la desconexión de las redes fluviales y por consiguiente el drenaje es muy deficiente.

Abanicos puramente aluviales coexisten con los sistemas fluviales de los que se diferencian principalmente por su geometría y dispersión.

2.5.1. Facies aluviales

Los depósitos aluviales se encuentran adosados a los relieves mesozoicos.

Configuraban abanicos de arco amplio, el ángulo apical oscila entre 80° y 160° y con un radio máximo de 2,5 - 3 km. Se distinguen los siguientes tipos de facies:

2.5.1.1. Brechas calcáreas

Están constituidas por depósitos masivos, de aspecto caótico con superficies de estratificación mal definidas por cicatrices erosivas discontinuas. Los cantos son muy angulosos y alcanzan tamaños de hasta varios metros cúbicos. El transporte ha sido muy breve y corto, no supera los 200 m. de recorrido. Presentan soporte clástico, prácticamente sin matriz, y cemento calcáreo.

Se sitúan preferentemente en las zonas apicales de los abanicos y se interpretan como depósitos gravitacionales originados por transportes densos en masa tipo "debris-flow" que incorporan eventualmente bloques inestables desprendidos.

2.5.1.2. Conglomerados calcáreos

Están compuestos por niveles de espesor métrico limitados por superficies erosivas pero tendiendo a morfologías tabulares. Incluyen abundantes cicatrices internas irregulares y discontinuas. Los cantos proceden en su mayor parte de los carbonatos mesozoicos. Presentan grados medios de esfericidad y rodamiento. Sus diámetros están comprendidos entre 5 y 25 cm. Mucho menos abundantes son los cantos cuarcíticos, están resedimentados de las Facies Weald y Utrillas y en ningún caso superan el 10% de la fracción clástica.

Muestran soporte de cantos, la matriz es escasa, está compuesta por fragmentos de carbonatos y granos de cuarzo y el cemento es carbonatado. Excepcionalmente se observan imbricaciones de cantos asociados a depósitos algo más canalizados.

Estas facies constituyen la orla proximal y media de los abanicos. El tipo de transporte dominante se realiza mediante mecanismos del tipo "debris-flow".

El transporte por agua es un proceso minoritario y está reflejado por estructuras de imbricación de cantos.

2.5.1.3. Conglomerados poligénicos

Constituyen depósitos claramente canalizados. Se asocian a facies arenosas groseras configurando secuencias de relleno de canal. El porcentaje de los distintos cantos respecto la fracción clástica es muy variable. Los cantos calcáreos están bien rodados y sus diámetros oscilan entre 1 y 6 cm. El resto de cantos son de cuarzo, cuarcitas y rocas metamórficas. Muestran a su vez un alto grado de rodamiento y los diámetros oscilan entre 0,3 y 4 cm. La matriz es esencialmente cuarcítica y el cemento calcáreo. Presentan predominantemente soporte de los cantos por matriz aunque es frecuente el soporte clástico.

Las estructuras sedimentarias más abundantes son la imbricación de cantos y la estratificación cruzada planar angular a la base. También pueden constituir el depósito de carga residual de rellenos arenosos de canal.

En zonas más alejadas del relieve se presentan como canales de potencia métrica individualizados e intercalados entre facies lutíticas. En las zonas más próximas a la orla media se organizan en potentes paquetes constituidos por canales amalgamados.

Se enmarcan en la orla media distal y frente proximal de los abanicos aluviales. Se observa un predominio del transporte por flujos diluidos evidenciado por la presencia de estructuras tractivas. El tipo de relleno indica una

configuración "braided" para los paleocauces con desarrollo de barras de gravas.

2.5.1.4. Areniscas

Se asocian frecuentemente a las facies de conglomerados poligénicos constituyendo los términos superiores de las secuencias de relleno de canal. También pueden presentarse como niveles areniscosos individualizados entre facies lutíticas. Se trata de areniscas de grano muy grueso a medio bien cementadas y de coloración rojiza. Son muy frecuentes los procesos edáficos evidenciados por fuertes calcificaciones, desarrollo de perforaciones por raíces y caliches.

Presentan "sets" tabulares de estratificación cruzada, planar y "cosets" de "festoons". Las superficies internas que limitan los distintos episodios de relleno son muy diversas, varían desde superficies netas horizontales a cicatrices erosivas incidiendo sobre los "sets" tabulares. Estas estructuras, con frecuencia, se encuentran parcial o totalmente borradas por procesos edáficos.

Se interpretan como canales de duración efímera circunscritos al frente distal de los abanicos aluviales. El tipo de configuración de los canales varía de "braided" a de baja sinuosidad.

2.5.1.5. Lutitas rojas

Se presentan en tramos masivos entre los que pueden intercalarse canales arenosos. Su color es rojo vivo y en ocasiones contienen términos más limosos. Son frecuentes los suelos rojos y caliches que se relacionan lateralmente con los procesos edáficos desarrollados a techo de los canales arenosos. Pertenecen en su mayor parte al frente distal de los abanicos. Se asimilan a inundaciones generales a escala del abanico e incluso de todo el sistema. Con la caída de flujo se produce el encajamiento de los canales y su rápido relleno ("cut and fill"). Los procesos edáficos se desarrollan en los intervalos temporales de no deposición comprendidos entre dos avenidas.

2.5.2. Facies fluviales

Se organizan en sistemas de abanicos húmedos. En momentos de progradación cubren grandes extensiones de la cuenca. En las zonas marginales pueden indentarse con los depósitos aluviales. La homogeneidad de facies dificulta la diferenciación de ambos submedios, remarcada por el posible carácter tributario de los sistemas aluviales a la red principal de drenaje fluvial.

Las zonas de llanura aluvial con drenaje deficiente pueden encontrarse intermitentemente anegadas, desarrollandose depósitos "charcustré-palustres". Este fenómeno se localiza en zonas interabanico y a pie de los sistemas aluviales cuando están desconectados de la red fluvial.

Los abanicos húmedos tienen un ángulo apical agudo comprendido entre 30 y 45°.

Los depósitos conglomeráticos de hoja media y proximal tienen un radio de hasta 5 km. y se encuentran interrelacionados con facies aluviales. El frente distal alcanza un gran desarrollo en momentos de progradación cubriendo centenares de km². Los depósitos de frente distal están constituidos por lutitas rojas y ocreas en las que se encajan canales fluviales de diversa sinuosidad.

2.5.2.1. Conglomerados

Las facies conglomeráticas de los abanicos húmedos presentan una gran similitud con sus equivalentes aluviales.

Existe una gradación de tipo de transporte que va de un predominio de flujos densos y gravitacionales en las zonas cercanas al relieve a una dilución de los mismos y desarrollo preferencial de transporte tractivo por agua en áreas más alejadas.

Los depósitos originados por transportes en masa están constituidos por conglomerados y brechas calcáreas con soporte clástico, matriz nula o escasa, y cemento calcáreo. Los cantos varían desde angulosos en las brechas a bien

rodados y con alto grado de esfericidad en los conglomerados.

La litología de los cantos es esencialmente calcárea, proceden de los carbonatos mesozoicos y sus diámetros son muy variables oscilando entre 3 y 40 cm. Las brechas pueden contener bloques de grandes dimensiones incorporados al depósito por desperdimientos.

Las facies conglomeráticas asociadas a transportes por agua se organizan en secuencias métricas de relleno de canal. Aunque predominan los cantos calcáreos, suelen contener, siempre en menores proporciones, cantos de cuarzo, cuarcitas y rocas metamórficas. Ambos casos presentan grados altos de esfericidad y rodamiento. La matriz es predominantemente silícea y el cemento calcáreo. Las estructuras sedimentarias observadas son imbricación de cantos, estratificación cruzada planar y raramente en surco. Se asocian con frecuencia a facies arenosas formando parte de los términos inferiores a las secuencias de relleno de canal.

Los depósitos generados por transportes en masa corresponden a procesos producidos por mecanismos del tipo "debris flow" y se enmarcan en un contexto de ápice y orla proximal de abanico.

Las facies conglomeráticas originadas por transporte por agua se sitúan en la orla media y frente proximal y puede formar parte de relleno de canales incididos en el frente distal de los abanicos húmedos.

Del análisis sedimentológico se deduce que las facies conglomeráticas se localizan en las áreas proximales de los abanicos húmedos. Los procesos que generan la sedimentación de estas facies son extremadamente parecidos a los que se encuentran en sus equivalentes aluviales. Las únicas diferencias se centran en un mayor desarrollo de depósitos conglomeráticos (la orla media y proximal alcanzan un radio que supera los 5 km.), el ángulo agudo de los ápices comprendido entre 30 y 45°, la situación localizada de los mismos, asociada a accidentes oblicuos al margen de cuenca, que controlan las zonas de salida de los abanicos húmedos y el predominio del transporte por agua frente a los flujos densos.

2.5.2.2. Areniscas y arenas

Normalmente configuran secuencias de relleno de canal. En algunos casos constituyen depósitos de desbordamiento intercalados entre lutitas de llanura aluvial. El grado de cementación es muy variable dependiendo del tipo de procesos edáficos, en general calcificación y lavado de los finos. El color presenta a su vez gran diversidad, oscila entre tonos beige, ocres, amarillentos y rojizos. El tamaño de grano muestra gran variación y está comprendido entre muy fino y grueso.

Son frecuentes las deformaciones hidroplásticas de las láminas, se producen por el escape de fluidos durante la compactación de sedimentos embebidos en agua.

Normalmente se desarrollan procesos edáficos a techo de las secuencias de canal. Se manifiestan como calcificaciones, que borran total o parcialmente las estructuras internas de las secuencias de relleno, oxidaciones y perforaciones por raíces.

En su mayor parte, los canales arenosos y areniscosos se encuentran intercalados entre lutitas y se enmarcan en el frente distal de los abanicos húmedos. Los canales muestran cambios de configuración a lo largo de su recorrido. Son abundantes los restos óseos de vertebrados, principalmente de grandes quelonios. Localmente se encuentran restos de vegetales limonitizados, en general grandes fragmentos de troncos.

En la hoja solo se han registrado, debido a la proximidad del área fuente, paleocanales "braided" y rectos".

- Canales "braided"

Preferentemente están compuestos por areniscas rojizas de grano grueso. En casi todos los casos incluyen depósitos conglomeráticos. Estos últimos suelen formar "sets" tabulares de estratificación cruzada muy angular y experimentan cambios de orientación de las láminas de avalancha,

limitados por superficies de reactivación. Los depósitos areniscos presentan "sets" tabulares de escala métrica a decimétrica, "cosets" de estratificación cruzada planar de geometría muy compleja debido a las frecuentes reactivaciones, "cosets" de estratificación cruzada en surco y raramente laminación "ripple".

Las superficies erosivas que limitan los "sets" y "cosets" son muy netas y con frecuencia muestran geometrías canalizadas que inciden sobre los "sets" tabulares y "cosets" de estratificación cruzada.

Este tipo de relleno es típico de las zonas proximales del frente de los abanicos húmedos.

- Canales rectos

Están compuestos por uno o varios episodios de relleno constituidos por "sets" y "cosets" tabulares de estratificación cruzada planar y en surco. Las lecturas de las paleocorrientes dentro de los canales ofrecen un grado mínimo de dispersión y son muy coincidentes con el sentido general de la red principal de drenaje. Con frecuencia incluyen facies conglomeráticas formando "sets" tabulares de estratificación cruzada o constituyendo depósitos de carga residual en la base de algunos episodios de relleno.

No pueden situarse en una zona concreta dentro del frente de los abanicos húmedos, son, no obstante, algo más frecuentes en las zonas proximales.

- Depósitos de desbordamiento

Están constituidos por niveles tabulares de arena fina a muy fina, intercalados entre lutitas.

Su potencia oscila entre 10 y 30 cm. No incluyen estructuras tractivas. Su base es neta y presentan ocasionalmente gradación positiva incipiente.

Se interpretan como flujos desbordados de los canales. Constituyen lóbulos arenosos que se depositan en la llanura de inundación ("Crevasse-splay").

2.5.2.3. Lutitas

Forman paquetes masivos interrumpidos esporádicamente por canales y depósitos de desbordamiento arenosos. Los colores de las facies lutíticas son muy variados dependiendo de la naturaleza del área madre y de la intensidad y tipo de los procesos edáficos.

En general los sistemas que incorporan materiales de procedencia paleozoica desarrollan facies lutíticas ocre y beige. Pueden virar a tonos rojizos producidos por edafizaciones (suelos rojos).

Las lutitas pertenecientes a sistemas de área madre mesozoica presentan un color rojo vivo. El contenido en limos es muy variable.

Los suelos calcimorfos, en general caliches, son frecuentes en este tipo de facies.

Las lutitas son los depósitos más abundantes en el frente de los abanicos húmedos, su origen se centra en dos mecanismos sedimentarios principales, uno, constituyendo la llanura aluvial originada por desbordamientos de los canales fluviales y otro, generadas por inundaciones a escala de todo el sistema. El segundo proceso explica el volumen de fangos en el frente distal de los abanicos, implica un carácter efímero para los canales que se encajarían en los momentos de bajada del flujo, y condicionaría su rápido relleno por "backfilling".

El desarrollo de procesos edáficos supone la existencia de superficies sometidas a exposición subáerea durante periodos prolongados. La correlación lateral de los paleosuelos sobre sustrato lutítico, con los procesos edáficos en los términos superiores de los rellenos de canal se relaciona con momentos de no sedimentación entre grandes avenidas o desconexión de áreas extensas con el flujo activo del sistema.

2.5.3. Facies "Chacustres"

Este término engloba a todos los depósitos originados en zonas anegadas incluidas en ambientes fluvio-aluviales y claramente desconectadas de las áreas netamente lacustres.

La localización de estas facies es muy concreta, se encuentran en contextos interabanico húmedo y a pié de los sistemas aluviales. Estas áreas se nutren de los desbordamientos de los canales y se mantienen anegadas debido a su deficiente drenaje.

Se distinguen las siguientes facies:

2.5.3.1. Arcillas margosas anaranjadas

Forman paquetes de espesores comprendidos entre 1 y 4 m. El contenido en carbonato es bastante bajo y la arcilla predominante es la illita. La intensa bioturbación les confiere un aspecto masivo y es posible observar en algunos casos huellas de raíces. En vertical pueden pasar a margas blancas o lutitas rojas.

2.5.3.2. Margas blancas

Presentan un aspecto noduloso. Se encuentran en niveles de espesor comprendido entre 50 cm. y 6 m. En ocasiones incluyen nódulos calcáreos dispersos de formas esféricas. En vertical suelen pasar gradualmente a facies calcáreas.

2.5.3.3. Calizas

Constituyen paquetes masivos de potencia métrica. Tienen aspecto noduloso. Muestran señales de oxidación y ocasionalmente karstificación. Presentan perforaciones por juncáceas y en algunos casos se conserva la estructura prismática. Texturalmente son micritas con abundantes recristalizaciones, y en ocasiones cemento vadoso. Los aloquímicos están

representados por granos dispersos de cuarzo, muy abundantes intraclastos y restos de algas caráceas. Excepcionalmente incluyen grandes nódulos de sílex.

Las facies "charcustres" acostumbran a organizarse en secuencias compuestas por arcillas margosas anaranjadas en la base, margas blancas y calizas a techo. Representan depósitos de aguas estancadas que experimentan un progresivo aumento de contenido en carbonato.

La fracción terrígena está aportada por los desbordamientos de los canales. Los procesos edáficos se desarrollan en momentos de desecación de estos ambientes.

2.6. MIOCENO SUPERIOR

Está representado por el denominado abanico de Cantoral. Es equivalente y se interdigita con un sistema definido en áreas más occidentales que se conoce como abanico de Guardo. Hacia el Sur pasa a las facies de la Serna que corresponden a sus equivalentes distales.

En general se trata de conglomerados y gravas silíceas y en mucho menor proporción arenas y lutitas limosas ocreas.

El grado de cementación es muy bajo y el depósito presenta soporte clástico. El diámetro de los cantos oscila entre 3 y 50 cm. están bien rodados y se reconocen huellas de percusión. Raramente muestran estructuras tractivas debido a la mala calidad de los afloramientos. Se observa imbricación de cantos y estratificación cruzada.

Las características descritas permiten asimilar estos depósitos a rellenos de canales "braided" con desarrollo de barras de gravas. Se enmarca en un contexto de orla distal-frente proximal de abanicos fluviales. En las partes proximales del sistema se diferencian dos áreas distintas de aporte y la confluencia se realiza en los sectores septentrionales de la Hoja.

No se han diferenciado depósitos originados por mecanismos de transporte en masa, sin embargo, en la Hoja de Guardo se reconocen niveles de "debris" y "mud-flow" propios de zonas proximales y apicales de los abanicos.

El análisis secuencial de esta unidad presenta ciertas imprecisiones motivadas por la pésima calidad de los afloramientos. En la Hoja de Herrera de Pisuegra se observa que es discordante el contacto entre las facies de la Serna, y términos muy altos de las facies Grijalba-Villadiego que probablemente son equivalentes cronológica y estratigráficamente a las facies Cuestas. Sin embargo más al Sur, en la Hoja de Osorno, se reconoce una clara equivalencia lateral entre los términos basales de la Serna y de las Cuestas.

Esta circunstancia obligaría a subdividir las facies de la Serna en dos ciclos, el inferior equivalente por lo menos parcialmente a la unidad del Astaracience-Vallesiense (Grijalba-Villadiego y las Cuestas) y el superior a términos más altos, quizá del Vallesiense superior-Turolense (Calizas superiores del Páramo) e incluso correspondientes al Plioceno inferior.

2.7. PLIOCENO

Representa el último episodio aluvial finineógeno. Las características litológicas y sedimentológicas son extremadamente similares a la unidad anterior.

Su presencia irregular en la Hoja, distribuida en manchas aisladas y la persistente mala calidad de los escasos afloramientos impiden efectuar un análisis secuencial riguroso.

Corresponden en parte a las Rañas y otros depósitos definidos por GARCIA PRIETO et al. (1990) y podrían ser equivalentes a los depósitos aluviales finineógenos en el borde zamorano-leonés descritos por MARTIN SERRANO (1986 y 1988).

Su edad más probable es de Plioceno superior y por lo tanto más moderna que la correspondiente a las calizas superiores del Páramo de edad de Vallesiense superior-Turolense y tal vez Plioceno.