



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

HOJA DE VILLAGONZALO DE PEDERNALES

238 (19-11)

- INFORME SEDIMENTOLOGICO -



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

HOJA DE VILLAGONZALO DE PEDERNALES

238 (19-11)

- INFORME SEDIMENTOLOGICO -

INFORME SEDIMENTOLOGICO

HOJA N° 238

VILLAGONZALO-PEDERNALES

I N D I C E

1. MESOZOICO

1.1. Introducción

1.2. Triásico. Facies Keuper

1.3. Lías inferior

1.3.1. Tramo inferior

1.3.2. Tramo intermedio inferior (Hettangiense)

1.3.3. Tramo intermedio superior

1.3.4. Tramo superior

1.4. Lías superior-Dogger

1.4.1. Sinemuriense superior-Aaleniense

1.4.2. Bajociense

1.4.3. Bathoniense-Callovienne

1.5. Cretácico inferior

1.5.1. Hauteriviense

1.5.1.1. Ciclos de Oxidación-reducción

1.5.1.2. Ciclos de carbonatación

1.5.2. Hauteriviense-Barremiense

1.5.2.1. Facies fluviales

1.5.2.2. Facies oncolíticas

1.6. Albiense-Cretácico superior

1.6.1. Albiense-Cenomaniense inferior. Fm. Arenas de Utrillas

1.6.2. Cenomaniense-Turoniente inferior

1.6.2.1. Facies de baja energía. Margas, calizas laminadas y nodulosas

1.6.2.2. Areniscas calcáreas

1.6.2.3. Calcareitas

1.6.2.4. Barras calcáreas

1.6.3. Turoniense-Conicaciense-Santoniente inferior

1.6.4. Santoniense-Campaniense

1.6.5. Maastrichtiense

2. TERCIARIO

2.1. Introducción

2.2. Ciclo Orleaniense-Astaraciense. Facies Dueñas

2.2.1. Margas dolomíticas

2.2.2. Yesoarenitas

2.2.3. Dolomías con moldes de yeso

2.2.4. Margas

2.2.5. Margas calcáreas

2.2.6. Margas bioclásticas

2.2.7. Calizas

2.3. Ciclo Astaraciense-Vallesiense. Facies Sta. M^a del Campo, Tordomar, Las Cuestas y Calizas inferiores del Páramo

2.3.1. Facies Santa María del Campo

2.3.2. Facies Tordomar

2.3.3. Facies Cuestas

2.3.4. Calizas inferiores del Páramo

2.3.5. Análisis de facies

2.3.5.1. Facies aluviales

2.3.5.2. Facies fluviales

2.3.5.3. Facies "Charcustres"

2.3.5.4. Facies lacustres

2.4. Ciclo Vallesiense-Plioceno inferior. Calizas superiores del Páramo

2.4.1. Areniscas

2.4.2. Lutitas

2.4.3. Margas

2.4.4. Calizas

2.5. Plioceno

1. MESOZOICO

1.1. INTRODUCCION

El Mesozoico en la Hoja de Villagonzalo-Pedernales abarca desde el Triásico superior hasta el Maastrichtiense. El registro no es continuo, grandes intervalos del Jurásico y Cretácico inferior no están representados, y faltan algunos términos del Cretácico superior.

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.

El Cretácico inferior presenta un marcado carácter continental y se dispone claramente discordante sobre distintos términos del Jurásico marino. Está representado por depósitos fluviales y lacustres.

Las Facies Utrillas están formadas esencialmente por conglomerados y arenas caoliníferas que configuran el relleno de canales fluviales de tipo "braided", y pasan a facies mixtas asociadas a un complejo deltaico, de edad Cenomaniense-Turoniana.

El resto del Cretácico superior está constituido principalmente por grandes bancos calcáreos. Se distingue una parte inferior tableada, de edad comprendida entre el Turoniense y el Santoniense inferior, que registra gran variedad de subambientes propios de plataforma carbonatada intermedia. La parte superior del conjunto está representada por un potente paquete calcodolomítico perteneciente al Santoniense-Campaniense. Los dos intervalos descritos están separados por un nivel discontinuo de margas del Santoniense. El Maastrichtiense aflora de forma aislada y está compuesto por calizas y margas pertenecientes a contextos costeros y lagunares.

1.2. TRIASICO. Facies Keuper

La mala calidad de los afloramientos y la intensa deformación a que se encuentra sometido el Keuper impide realizar notables precisiones sobre los aspectos sedimentológicos y estratigráficos. Está constituido por facies arcillosas que 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.

La unidad se enmarca en un contexto lagunar a llanura fangosa circunlitoral asociada a medios hipersalinos.

1.3. LIAS INFERIOR

El contacto con el Keuper suele ser de tipo mecánico. Se divide en cuatro tramos. El tramo inferior puede incluirse en el Triásico terminal y está compuesto por calizas dolomíticas tableadas. El segundo tramo corresponde a un paquete masivo de dolomías recristalizadas, brechoides y carniolas. El tercero está formado por un complejo de barras calcodolomíticas que incorpora facies tableadas con desarrollos algales. El conjunto del Lías inferior termina con un tramo superior de dolomías brechoides, carniolas y dolomías laminadas o recristalizadas.

La sucesión completa puede reconocerse en las cercanías de Cuevas de Juarros donde ofrece unas condiciones excelentes de exposición.

1.3.1. **Tramo inferior**

Está representado por dolomías y calizas dolomíticas. Presentan un aspecto tableado, incluyen abundantes estructuras tractivas y se organizan en ciclos estratocrecientes de potencia comprendida entre 2 y 10 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 una ambiente intermareal-submareal.

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 inferior (Hettangiense)

Se trata de un conjunto masivo, con superficies de estratificación irregulares y a veces discontinuas formado predominantemente por dolomías cristalinas oqueras con presuntos moldes de evaporitas, carniolas y raramente calizas dolomíticas laminadas.

La dolomización afecta a todo el conjunto borrando las texturas originales. Las únicas estructuras sedimentarias observadas han sido laminaciones pareladas discontinuas de origen criptoalgal, superficies erosivas y esporádicamente "ripples" de oleaje. El origen de la brechificación cabe centrarlo principalmente en procesos de colapso producidos por la disolución de las evaporitas. CASTILLO-HERRADOR (1974) cita la presencia en sondeos realizados en Teruel de una serie compuesta por una alternancia de anhidrita, dolomías, arcillas y margas equivalente a las brechas y carniolas que afloran en superficie. MELENDEZ HEVIA, (1976) afirma que la unidad de carniolas corresponde a alternancias de anhidrita y dolomías observadas en sondeos efectuados en la parte SO de la Cuenca Vasco-Cantábrica. ROBLES et al. (1988) ponen de manifiesto la existencia de secuencias de lutitas con evaporitas y dolomías laminadas en la parte occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica.

Este conjunto dolomítico se enmarca en un contexto de llanura costera salina de tipo "sebkha" supramareal. Cabe señalar un posible ambiente intermareal-supramareal para los carbonatos con laminaciones algales. Las superficies erosivas indican la existencia de depósitos canalizados. La ausencia de estructuras tractivas dentro de los canales es consecuencia de la propia naturaleza de los materiales que transportaban, poco propensos a organizarse produciendo flujos densos muy decelerados, y a la brechificación diagenética posterior. Los términos con "wave-ripples" se sitúan en la parte superior de las secuencias de relleno de canal y se deben a leves retrabajamientos por el oleaje.

La potencia observada de este tramo inferior supera los 50 m. CIRY (1940) cita la existencia en San Pedro de Becerril (al Sur de Aguilar de Campóo) de *Isocyprina germani* (Dunker) que marca una edad Hettangiense.

1.3.3. Tramo intermedio superior

Está formado por calizas dolomíticas colíticas y bioclásticas, y en menor proporción calizas tableadas y dolomías laminadas. La parte inferior y media presenta un aspecto más masivo y la superior intercala abundantes tramos tableados. Los intervalos de aspecto masivo se organizan en ciclos negativos de potencia comprendida entre 3 y 5 m. Presentan texturas de "wackestone-packstone" con "wave ripples" en la base y "packstone-grainstone" con estratificación cruzada a techo. Los componentes más frecuentes son los ooides, estando presentes los intraclastos, agregados, peloídes y bioclastos.

Los términos tableados corresponden generalmente a niveles de "wackestone-packstone" con estratificación "flasher" y "wavy". Intercalan esporádicamente algunas capas de dolomías laminadas que pueden desarrollar horizontes de pequeños estromatolitos dómicos. Se observan también, estructuras de escape de fluidos y posibles huellas de desecación.

Los ciclos negativos pertenecen a un complejo de barras litorales en medio submareal. Los términos tableados se enmarcan en un contexto intermareal con desarrollo de tapices algales.

La potencia de este tramo en la Hoja se aproxima a los 80 m. RAMIREZ DEL POZO (1971) le atribuye una edad de Sinemuriense inferior a medio.

1.3.4. Tramo superior

Está representado por dolomías brechoides, carniolas, calizas dolomíticas laminadas y se intercala alguna barra calcárea.

Las dolomías brechoides se organizan en paquetes homogéneos de potencia métrica, las carniolas se presentan en niveles decimétricos con moldes de sales, y los términos laminados son escasos. El laminado es discontinuo y de frecuencia milimétrica. Se le atribuye un origen algal.

Las barras calcáreas son poco frecuentes. Texturalmente se trata de "wackestones" a "wackestones-packstones" con escasas estructuras tractivas.

En conjunto, este tramo se enmarca en un ambiente intermareal y supramareal. Las dolomías brechoides, carniolas y facies laminadas se organizan en secuencias propias de sebkha salina, con fuerte evaporación, generación de evaporitas, encajamiento local de canales y desarrollo de tapices algales. Las barras calcáreas corresponden a episodios más energéticos en régimen intermareal.

La edad de este tramo es de Sinemuriense medio y la potencia medida oscila entre 20 y 30 m.

1.4. LIAS SUPERIOR-DOGGER

Está constituido por una serie rítmica calcáreo-margosa con abundante fauna. Intercala un tramo de calizas con biohermos de esponjas asignado al Bajociense al que sucede un conjunto muy energético de barras bioclásticas con crinoides. El resto del Dogger que aparece en la Hoja presenta características similares a la serie rítmica de Lías-Aaliense, si bien, aumenta la proporción de calizas respecto a las margas, y llegan a desarrollarse bancos

métricos de calizas margosas.

1.4.1. **Sinemuriense superior-Aaleniense**

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 nivel de calizas bioclásticas con abundantes intraclastos y oolitos ferruginosos, que ha sido asimilado por diversos autores al Aaleniense, PUJALTE et al, (1988) ROBLES, et al (1988). Este conjunto es muy fosilífero, contiene abundantes ammonideos, nautiloideos, braquiópodos, pectínidos, belemnites, crinoideos, equinidos, ostreidos, foraminíferos, algas pelágicas y radiolarios.

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 para todo el conjunto.

La potencia alcanza valores de más de 200 m.

1.4.2. **Bajociense**

Se trata de un tramo predominantemente calcáreo y su espesor oscila alrededor de los 30 m. Se distinguen 2 ciclos estratocrecientes asimilados a secuencias de barra que intercalan abundantes restos de esponjas litístidas. Los términos inferiores de estos dos ciclos están representados por facies de baja

energía y se distinguen margas grises bioturbadas que incluyen pequeños montículos discontinuos de esponjas y "wackestones" nodulosos masivos o intercalados en las margas. Los términos superiores corresponden a "packstones" muy bioclásticos que alternan con construcciones de poríferos muy retrabajadas y presentan laminaciones tractivas. En ocasiones se reconoce estratificación cruzada de muy gran escala asimilable a procesos de progradación de las barras. La fauna es muy abundante, además de las esponjas se encuentran cefalópodos, braquiópodos, bivalvos, equinodermos, corales, gasterópodos y foraminíferos.

Se enmarca en un contexto de plataforma exterior dominada por tormentas, con desarrollo de barras de media y alta energía.

1.4.3. Bathoniense-Calloviano

Presenta en términos generales un notable parecido con serie rítmica del Lías superior-Aaleniano. Se diferencia por un mayor desarrollo de calizas y por la existencia de un tramo basal con barras bioclásticas muy energéticas. Estas, están compuestas por "grainstones" y "packstones" de equinodermos y presentan muy abundantes estructuras tractivas que indican un medio submareal muy agitado.

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 incluidas 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 enmarca en un contexto de plataforma abierta con sedimentación restringida y algo más energética que la del Lías superior.

ANALISIS SECUENCIAL DEL JURASICO MARINO-TRIASICO TERMINAL

El primer tramo de dolomías tableadas debería incluirse sea cual sea su edad en la macrosecuencia del Trías superior. El conjunto 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, 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. Dicha 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 de barras dolomíticas dentro del tramo intermedio. Esta unidad estaría limitada a techo por el intervalo de dolomías laminadas y 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.

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.

El tramo de barras bajocienses se individualiza como una unidad deposicional independiente. El límite inferior corresponde a la ruptura del Aalenense y el superior está evidenciado por la existencia de barras bioclásticas de alta energía. Esta circunstancia se asocia a un brusco cambio ambiental; se superponen facies submareales muy energéticas y más litorales que la plataforma externa con esponjas del Bajociense. Se considera como un límite secuencial que marca el principio de la macrosecuencia del Bathoniense-Calloviano. Este conjunto, presenta unas características similares a su homólogo del Lías superior-Aalenense.

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.

1.5. CRETACICO INFERIOR

Está representado exclusivamente por depósitos continentales. Se diferencia un tramo inferior constituido por margas y calizas que caracterizan facies someras de margen lacustre. El resto del Cretácico inferior está compuesto esencialmente por lutitas rojas en las que se encajan canales fluviales correspondientes a cursos de distinta sinuosidad. El conjunto terrígeno incorpora un intervalo de facies oncolíticas que pertenecen a contextos perilacustres y de margen energético de lago.

El Cretácico se dispone claramente discordante sobre distintas unidades del Jurásico marino y está limitado a techo por conglomerados y arenas características de las Facies Utrillas.

1.5.1. **Hauteriviense**

Discordante sobre el Jurásico marino se dispone un conjunto de margas, calizas y lutitas cuya potencia es de unos 40 m. El contacto con el infrayacente está remarcado por una superficie edáfica con procesos lateríticos y de karstificación-rubefacción si el sustrato es calcáreo.

Las facies lutíticas se organizan en ciclos de oxidación-reducción y los términos calcáreos se asocian a ciclos de carbonatación por somerización.

Algunos autores citan la existencia de delgados niveles de conglomerados y areniscas en la base de la unidad. Estas litologías corresponderían a las facies terrígenas asociadas y completarían el modelo clásico de sedimentación terrígena a química propio de cuencas continentales endorreicas.

1.5.1.1. **Ciclos de Oxidación-reducción**

Se generan en litorales lacustres muy fangosos y su potencia oscila entre 0,5 y 3 m. El intervalo inferior reductor está constituido por margas blanquecinas y grises, y por margas arcillosas verdes. La bioturbación es alta y afecta a todas las litologías. El intervalo superior está representado por lutitas verdes decoloradas a arcillas rojas y constituye el término de oxidación.

Los ciclos de oxidación-reducción se reconocen principalmente en la parte baja de la unidad. En algunas ocasiones el intervalo de arcillas rojas alcanza un desarrollo de varios metros y su origen se considera en conexión con la llanura de inundación fluvial.

1.5.1.2. **Ciclos de carbonatación**

Están formados por términos margosos en la base que hacia techo pasan gradualmente a niveles calcáreos. Los intervalos inferiores presentan margas blanquecinas, margas calcáreas, margas arcillosas grises o verdes, e intercalan esporádicamente niveles decimétricos de calizas margosas nodulosas.

Los intervalos calcáreos superiores presentan niveles métricos de "wackestones" intraclásticos con distintos contenidos en restos orgánicos. Aparecen con relativa frecuencia bancos de calizas con mayor proporción de componentes aloquímicos y texturas "wackestone-packstone". Pueden presentar estratificación cruzada de gran escala y muy tendida.

Los ciclos de carbonatación se relacionan con procesos de somerización y calentamiento de las aguas, las calizas con estratificación cruzada se sitúan en áreas más energéticas del litoral lacustre. A techo de los ciclos pueden encontrarse costras ferruginosas que representan etapas de no sedimentación y en otras ocasiones se observan procesos pedogénicos que caracterizan los medios palustres.

1.5.2. **Hauteriviense-Barremiense**

Se trata de una serie de 150-200 m. compuesta por arcillas rojas y que intercala niveles de areniscas y conglomerados. Se distingue un intervalo de unos 20 m. con facies oncolíticas. Las lutitas rojas y niveles conglomerático areniscosos se sitúan en medios fluviales y los depósitos oncolíticos se asocian a contextos fluviolacustres.

1.5.2.1. **Facies fluviales**

Los depósitos conglomerático-areniscosos aparecen ligados a secuencias de relleno de canales fluviales. Los conglomerados son esencialmente cuarcíticos y los cantos muestran alto grado de esfericidad y rodamiento. Las areniscas están bien cementadas y poseen una coloración parduzca. Las secuencias de relleno de canal reflejan configuraciones de distinta sinuosidad. Los cursos de baja sinuosidad desarrollan "sets" tabulares de conglomerados con estratificación cruzada fuertemente angular, son frecuentes las cicatrizes erosivas internas y muestran un relleno complejo y multiepisódico con superposición heterogénea de "sets" y "cosets" de estratificación cruzada; características propias del modelo "braided". En algunos casos el relleno se efectúa por un único episodio y se asimila a canales rectos de duración efímera.

Algo menos frecuentes son los ejemplos de cursos meandriformes. Se reconocen por las superficies de acreción lateral y "sets" ascendentes de estratificación cruzada y "climbing ripples".

Las lutitas rojas constituyen la litología predominante en esta unidad. Se encuentran en paquetes decamétricos y de aspecto homogéneo. Localmente aparecen intervalos de lutitas versicolores con horizontes lateríticos y en algunas ocasiones incluyen nódulos calcáreos de origen edáfico.

Esporádicamente se observan niveles decimétricos de areniscas de grano fino con geometría tabular compuestos por "cosets" de "ripples" o bien homogeneizados por procesos de bioturbación. Corresponden a depósitos de desbordamiento de tipo "overbank" y "crevasse-splay" respectivamente.

1.5.2.2. Facies oncolíticas

Se distinguen niveles canalizados de areniscas y conglomerados, calizas arenosas, limos y margas limosas.

Los depósitos canalizados incluyen conglomerados poligénicos y los oncoídes se encuentran rodados o fragmentados. Los términos areniscosos presentan laminaciones tractivas de formas onduladas que indican un retrabajamiento de los depósitos del techo de los canales por oleaje del litoral lacustre.

Los niveles calcáreos corresponden a "packstones" arenosos con gran cantidad de intraclastos y oncoídes dispersos, suelen presentar ondulaciones tractivas y se sitúan en áreas energéticas del margen lacustre.

Los limos y margas limosas incluyen también oncoídes dispersos y representan los depósitos de menor energía del margen donde la sedimentación se efectúa esencialmente por decantación.

ANALISIS SECUENCIAL DEL CRETACICO INFERIOR

La edad de las formaciones continentales del Cretácico inferior ha sido objeto de controversia debido al carácter restringido de los organismos (Ostrácodos y Caráceas) mediante los que se realizan las dataciones. Esta circunstancia, unida a la promiscuidad de los cambios de facies ha provocado el establecimiento de muy diversas organizaciones secuenciales y definición de un gran número de unidades lito y cronoestratigráficas. La imprecisión de las equivalencias para las unidades propuestas por los diversos autores y las divergencias extremas en las dataciones efectuadas dificultan enormemente la elaboración de una síntesis fiable para el Cretácico inferior de la cordillera Ibérica. Posiblemente el esquema de mayor aceptación sea el propuesto por ALONSO et al. 1987 y MELENDEZ et al., 1988. Estos autores argumentan una división en cuatro ciclos que presenta notables convergencias con los grupos deposicionales diferenciados en la cuenca vasco-cantábrica:

- El 1º grupo comprende gran parte del Malm y llega hasta el Berriasiense. Podría ser equivalente, con reservas, a los grupos Tera y Oncala diferenciados por BEUTHER & TISCHER (1966).
- El 2º grupo es de edad Valanginiense superior-Hauteriviense. Sería equivalente al Grupo Urbión definido por BEUTHER & TISCHER (1966).
- El 3º grupo pertenece al Hauteriviense y Barremiense. Corresponde tentativamente al grupo Enciso de BEUTHER Y TISCHER (1966). Algunos autores incluyen a este grupo deposicional dentro del anterior asignándole una categoría secuencial menor.
- El 4º grupo se atribuye al Barremiense-Aptiense y se relaciona con las facies marinas del Urgoniano. Equivale al Grupo Oliván de BEUTHER & TISCHER (1966).

Las dataciones efectuadas en la elaboración de la Hoja permiten situar a los depósitos reconocidos dentro del 3º grupo de ALONSO et al., 1987. Se pueden dividir en tres unidades menores, sin aplicar un rango secuencial

riguroso. La 1^a unidad corresponde al tramo basal de margas y calizas atribuido al Hauteriviense-Barremiense inferior, la inexistencia o escaso desarrollo de facies fluviales o aluviales de la parte inferior del ciclo se explica por la posición marginal del área respecto a las zonas más centrales de la cuenca durante esta época. La unidad se situaría en zonas alejadas de los principales ejes de drenaje y estaría representada principalmente por el producto de las mayores expansiones lacustres.

La 2^a unidad está constituida por las facies fluviales que se superponen a los depósitos carbonatados de la unidad anterior, y acaba con el tramo de facies oncolíticas. Esta organización significa una reactivación de los sistemas aluviales que terminaría con etapa de expansión lacustre en este caso representada por depósitos mixtos de margen energético de lago.

La 3^a unidad supone una nueva reactivación de las redes de drenaje con desarrollo expansivo de los abanicos fluviales. Se encuentra truncada a techo por los conglomerados de base de la Fm. Arenas de Utrillas.

1.6. ALBIENSE-CRETACICO SUPERIOR

El megaciclo sedimentario del Cretácico superior empieza por el desarrollo extensivo de la Fm. Arenas de Utrillas. Esta formación está constituida por sistemas aluviales caracterizados por el predominio de canales "braided" llenos por conglomerados cuarcíticos y arenas caoliníferas. La Fm. Utrillas pasa en vertical a depósitos estuarinos y de plataforma mixta pertenecientes al Cenomaniense-Turonense inferior. Se superpone un paquete calcáreo de aspecto tableado cuyos términos superiores incluyen fauna del Santoniense. Un tramo intermedio con estromatolitos puede corresponder a la ruptura de carácter regresivo que se registra a nivel regional en el Turonense terminal-Coniaciense. La unidad de margas transgresivas del Santoniense se encuentra muy reducida en la zona y tiene carácter discontinuo. Por encima se dispone un potente tramo calcáreo-dolomítico que abarca el resto del Santoniense y parte del Campaniense. La homogeneidad de este paquete impide realizar subdivisiones de mayor detalle. Puntualmente y desconectados del resto de los afloramientos del Cretácico superior aparecen depósitos que se han

asignado al Maastrichtiense. Están formados por un tramo inferior de barras calcáreas con Favreina pertenecientes a medios muy litorales y un tramo superior que presenta abundantes rasgos lagunares y salobres con desarrollo de facies estromatolíticas y oncolíticas.

1.6.1. Albiense-Cenomaniense inferior. Fm. Arenas de Utrillas

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 18 cm.

Presenta 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. A techo de las secuencias de relleno de los canales pueden desarrollarse costras ferruginosas.

La proporción de niveles lutíticos es muy baja en toda la unidad. En general se trata de lutitas limosas ocres y rojizas y de limos caoliníferos de grano fino. Excepcionalmente aparecen intervalos con arcillas versicolores asociados con suelos lateríticos, y nódulos ferruginosos. Se interpretan como encharcamientos efímeros en la llanura de inundación y episodios prolongados de desecación sobre sustrato fangoso.

Las paleocorrientes medidas proporcionan valores dirigidos hacia el O y N mostrando una convergencia notable con las direcciones regionales de aporte.

La potencia es de aproximadamente unos 200 m.

1.6.2. **Cenomaniense-Turonense inferior**

Esta unidad comprende un variado conjunto litológico que se encuentra comprendido entre los últimos canales fluviales de las facies utrillas y la base del primer paquete calcáreo del Cretácico superior. Está compuesta por margas, areniscas calcáreas, calcarenitas bioclásticas y pequeñas barras de calizas.

Los niveles de areniscas se encuentran preferentemente en la parte baja y media de la unidad, mientras que la parte alta incluye una mayor proporción de calizas y calcarenitas.

1.6.2.1. **Facies de baja energía. Margas, calizas laminadas y nodulosas**

Las margas presentan una tonalidad grisácea, beige cuando se alteran. Aparecen en intervalos homogéneos de espesor decamétrico o bien alternando con las demás litologías. Se encuentran muy afectadas por bioturbación y pueden tener carácter limoso cuando intercalan facies arenosas. Las otras facies de baja energía están representadas por margas calcáreas blanquecinas, calizas laminadas y margocalizas nodulosas. Las calizas laminadas aparecen en niveles decimétricos, con texturas "wackestone-mudstone" y el origen del laminado parece ligado a episodios cíclicos de tracción-decantación. Las calizas nodulosas se encuentran en capas aisladas y la nodulización es producto de una bioturbación intensa. Este conjunto de facies caracteriza un contexto de plataforma interior somera y protegida.

1.6.2.2. **Areniscas calcáreas**

Inmediatamente por encima de los últimos canales fluviales de la Fm. Utrillas se encuentra un intervalo de areniscas calcáreas y en menor proporción limos y margas que presenta abundantes rasgos mareales. Los depósitos canalizados se organizan en secuencias granodecrecientes de relleno de canal y presentan estratificación bimodal y "ripples" de oleaje a techo. Pueden incluir ostreidos resedimentados. Asociados con los canales mareales existen tramos de alternancias con margas limosas que presentan estratificación "wavy" y "linsen".

Se sitúan en un ambiente de "sand flat-mixed fat" intermareal-submareal.

Localmente se ha reconocido, en una posición estratigráfica más alta, un tramo de areniscas calcáreas organizado en secuencias granocrecientes, con "ripples" de oleaje en la base y "sets" de láminas cruzadas a techo. Se puede observar una estratificación cruzada de gran escala muy tendida. Estas facies se interpretan como "foreshores", aunque también podrían corresponder a barras de desembocadura submareales.

1.6.2.3. Calcarenitas

Generalmente son muy bioclásticas e incluyen granos de cuarzo y glauconita dispersos. Pueden presentarse como capas aisladas con techo ondulado o "wave ripples", o bien formando parte de secuencias de barra. En ambos casos el origen del depósitos se asimila a retrabajamientos por tormentas y oleaje, si bien en el primero se trata de eventos esporádicos que afectan las áreas protegidas y en el segundo se asocia a etapas transgresivas más duraderas.

En general presentan un aspecto noduloso debido a la fuerte bioturbación. Los restos fósiles son muy abundantes y variados distinguiéndose; bivalvos, equinodermos, briozoos, foraminíferos, anélidos, gasterópodos, braquiópodos, foraminíferos, ostrácodos de concha gruesa, corales y algas cianofíceas.

1.6.2.4. Barras calcáreas

Se encuentran exclusivamente en la parte superior de la unidad, en tránsito con el tramo calcáreo superior.

Se organizan en secuencias estrato y granocrecientes constituidas por "wackestones" nodulosos en la base, y "packstones-grainstones" con laminación cruzada en la parte media y alta. En alguna ocasión incluyen pequeñas construcciones retrabajadas de rudistas.

Se interpretan como barras aisladas en plataforma somera.

1.6.3. Turoniense-Coniaciense-Santoniense inferior

Se trata de un paquete de bancos métricos y decimétricos de calizas bien estratificadas. Las capas presentan gran continuidad lateral lo que confiere al conjunto un aspecto general tableado. La potencia del paquete oscila entre 60 y 80 m.

Las dataciones de esta unidad indican una edad de Turoniense superior para la parte inferior y de Santoniense inferior en la parte alta. Desde el punto de vista regional, numerosos autores ponen de manifiesto la existencia de una importante ruptura sedimentaria a nivel del Coniaciense.

En la Hoja, esta unidad muestra una homogeneidad aparente, sin embargo en la parte media-inferior aparece un tramo con margas y calizas estromatolíticas ligado a un episodio regresivo y que puede equivaler al Coniaciense.

La asociación de facies más común en este conjunto corresponde a secuencias estratocrecientes de progradación de barras por somerización. Están compuestas por "wackestones" nodulosos en la base y "packstones" con laminación cruzada en la parte superior. Se interpretan como complejos discontinuos de "shoals" en plataforma de media energía y las estructuras indican un régimen submareal.

Otras facies energéticas corresponden a capas decimétricas aisladas de calcarenitas, calizas con texturas "grainstone-packstone" y, excepcionalmente, areniscas. Presentan base neta y plana, techo con "wave ripples" o "hummocky cross stratification" y geometría tabular. Se interpretan como capas de tormenta.

En la parte media-baja se distingue un tramo con calizas estromatolíticas y margas que ha sido asignado tentativamente al Coniaciense. Las margas poseen una coloración blanquecina e incorporan capas de tormenta. Pueden intercalar también delgados niveles de "wackestones" nodulosos. las calizas estromatolíticas presentan un laminado milimétrico intermitentemente, e incluyen niveles de estromatolitos dómicos de pequeñas dimensiones. El tramo se

enmarca en un contexto de plataforma interior de baja energía en régimen intermareal-supramareal con influencia esporádica de eventos tempestuosos. La presencia de este tramo es amplia en la zona, circunstancia que invita a considerar un episodio regresivo generalizado que puede corresponder al Coniaciense.

1.6.4. Santoniense-Campaniense

Se trata de una potente sucesión de calizas dolomíticas y dolomías que se encuentra separada del conjunto calcáreo del Turoniense-Santoniense inferior por un delgado tramo de margas. La edad del intervalo de margas es de Santoniense inferior-medio y corresponde al máximo transgresivo del Santoniense en la zona. La potencia del tramo margoso no supera los 15 m. Se diferencia una parte inferior de margas grises homogéneas muy bioturbadas con niveles de acumulación de grandes ostreidos en la base. La parte superior está constituida por una alternacia de frecuencia métrica entre calizas micríticas y margas calcáreas.

El tramo margoso se enmarca en un ambiente de plataforma abierta-bahía, de baja energía.

El resto de la unidad posee un carácter calcodolomítico y un aspecto homogéneo que lo distingue del tramo de calizas del Turoniense-Santoniense inferior. Está representado por "wackestones" dolomíticos nodulosos bastante masivos que intercalan niveles métricos de "packstones-grainstones" con estratificación cruzada. Estos últimos se organizan en secuencias estratocrecientes y se integran en complejos de barras situados en un contexto de plataforma carbonática somera.

1.6.5. Maastrichtiense

Aflora exclusivamente a lo largo de una estrecha franja situada en el flanco septentrional del Sinclinal de Móndar de San Cibrián. Se encuentra por tanto totalmente desconectado del resto de los afloramientos del Cretácico. Se distinguen dos tramos. El inferior está compuesto por "wackestones" homogéneos

y en menor proporción "packstones" con Favreira lo que indica un carácter muy litoral para el depósito. El tramo superior está constituido por calizas micríticas, a veces nodulosas, "mudstones" con laminaciones algales y microestromatolitos, calizas oncolíticas, margas calcáreas y margas gris-verdosas.

El tipo de facies, la presencia de ostrácodos de concha fina, y el desarrollo de construcciones de algas marcan un ambiente lagunar de aguas salobres. Los depósitos lagunares son característicos de Maastrichtiense a escala regional y evidencian los estadios finales de la regresión finicretácica.

ANALISIS SECUENCIAL DEL ALBIENSE-CRETACICO SUPERIOR

Las facies Utrillas y Cretácico superior constituyen en conjunto un megaciclo sedimentario transgresivo-regresivo. El límite inferior viene fuertemente marcado por la base erosiva de las facies Utrillas. Desarrollan un sistema aluvial con incisión de canales de configuración "braided" y pasan a depósitos litorales de plataforma mixta. Estos, tienen una edad de Cenomaniense-Turoniense inferior y pesentan un tránsito gradual al conjunto calcáreo del Turoniense-Santoniense inferior. Divide en dos a este conjunto, un intervalo de margas y calizas estromatolíticas que se asocia a la ruptura Coniaciense puesta de manifiesto por la mayoría de autores que han trabajado en el Cretácico superior peninsular.

El tramo margoso del Santoniense se enmarca en un contexto de plataforma abierta y supone uno de los máximos transgresivos del Cretácico superior en la zona.

El paquete calcodolomítico de Santoniense-Campaniense representa un episodio somerizante respecto el tramo infrayacente de margas y su carácter homogéneo impide realizar subdivisiones secuenciales de mayor detalle.

El Maastrichtiense evidencia las etapas finales de la regresión finicretácica.

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 los canales fluviales de la Facies utrillas y los depósitosmareales de la base del conjunto Cenomaniense-Turoníense. En la Hoja se ha reconocido una costra ferruginosa que representa un episodio de no sedimentación y que puede ser equivalente a un intervalo de suelos calcimorfos reconocido en otras zonas en una posición estratigráficaanáloga. La importancia de esta discontinuidad es discutible, no obstante, ha sido desctita por algunos autores.

D3. Cenomaniense-Turoníense

Se sitúa en una posición próxima al límite entre estos dos pisos y se encuentra en la parte media a superior del complejo Cenomaniense-Turoníense de plataforma mixta.

Se reconoce por la superposición de margas de plataforma somera sobre un intervalo de barras calcáreas y calcareníticas transgresivas, o en otros casos por el desarrollo de facies de "foreshore".

D4. Coniaciense

Se localiza en la parte inferior-media del conjunto calcáreo del Turoniense-Santoniente inferior. Se distingue por la aparición de un intervalo de facies estromatolíticas y margosas propias de un contexto supra e intermareal entre depósitos de barras submareales o dominadas por tormentas.

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.

D5. Intra-Santoniente

Se sitúa en el contacto entre el nivel de margas santonenses y el techo del conjunto calcáreo infrayacente.

El contacto entre ambos términos litológicos es muy neto y está remarcado por la aparición de niveles de acumulación de ostreidos.

Puede corresponder a una superficie transgresiva asociada a un episodio de sedimentación condensada y limita dos contextos energéticos bien diferenciados.

D6. Maastrichtiense

La existencia de facies muy litorales asignadas al Maastrichtiense está indudablemente relacionada con los fenómenos regresivos del Cretácico terminal. Debería situarse una discontinuidad en la base de esta unidad aunque se encuentre en la zona sin registro. El contacto entre las calizas con Favreina y los depósitos de medios lagunares y salobres representa una nueva ruptura cuya importancia resulta difícil de cualificar.

2. TERCARIO

2.1. INTRODUCCION

El Neógeno del sector central de la Cuenca del Duero se ha dividido clásicamente en tres horizontes definidos por HERNANDEZ PACHECO (1915). El horizonte basal, está compuesto por lutitas y arenas y ha sido denominado "Facies Tierra de Campos", el intermedio, predominantemente margoso, recibe el nombre de "Facies de las Cuestas", y el superior de carácter calcáreo, es conocido como "Calizas del Páramo". Este esquema no ha sufrido variaciones sensibles y las denominaciones se han mantenido y han seguido siendo utilizadas por los diversos autores que han trabajado en la zona.

Las únicas novedades relevantes en los sectores centrales son las efectuadas por ROYO (1926) que diferencia dos niveles de las "Calizas del Páramo" y la incorporación de un tramo basal esencialmente calcáreo (DEL OLMO 1978) denominado "Facies Dueñas".

AEROSERVICE (1970) realiza la Hoja 1:200.000 de Burgos y define unas nuevas unidades en función de su litología y área de procedencia. Los depósitos conglomeráticos marginales equivalentes al abanico de Aviñante reciben la denominación de "Facies Vega de Riarcos-Alar del Rey" y los materiales fluviales asociados a los anteriores se designan como "Facies Grijalba-Villadiego". Los sistemas que proceden de la Sierra de la Demanda, se conocen como "Facies Covarrubias" para los conglomerados marginales y "Facies Santa María de Campo" para los depósitos fluviales. El término "Facies Tierra de Campos" se reserva para los materiales fluviales de tonos ocres que cubren toda esta comarca y se postula una procedencia de los relieves zamoranos.

PORTERO et al. (1982) realizan la transversal N-S de la Cuenca del Duero y correlacionan los depósitos marginales correspondientes a los abanicos de Aviñante, Guardo y Cantoral definidos por MANJON (1979) con las facies fluviales de La Serna (ARAGONES, 1978) y con los materiales lacustres de Las Cuestas en los sectores centrales.

Las primeras modificaciones notables del esquema original de HERNANDEZ PACHECO (1915) han sido realizadas por ORDOÑEZ et al. (1981) en base a criterios secuenciales. Estos autores diferencian cuatro unidades separadas por rupturas sedimentarias extensibles a toda la cuenca. Las "Facies Dueñas" definidas por DEL OLMO (1978) son equivalentes a su Unidad Dolomítica Inferior. La Unidad Superior muestra una secuencia de características parecidas a la Unidad Media y equivale al Páramo II de ROYO (1926). El esquema culmina con un intervalo detrítico denominado Unidad Capas Rojas. MEDIAVILLA y DABRIO (1986) introducen diversas modificaciones y proponen para el sector central de la Cuenca una nueva interpretación secuencial en la que diferencian cuatro UTS. La UTS 1 engloba las "Facies Dueñas y Tierra de Campos" considerando, que las segundas, son progradantes sobre las primeras. El límite superior está marcado por el desarrollo extensivo de paleosuelos. La UTS 2 corresponde a parte de las facies de las Cuestas y la ruptura superior que la define está puesta de manifiesto por la presencia de "mud cracks", pisadas de ave, grandes acúmulos de yesos si el sustrato es lacustre salino, o bien caliches si se desarrolla sobre materiales de llanura de inundación. La UTS 3 incluye la parte alta de las "Facies de las Cuestas y las Calizas de Páramo" sobre las que se producen karstificaciones que evidencian la ruptura con que termina esta unidad. La UTS 4 corresponde al Páramo II (ROYO 1926) y es equivalente a la Unidad Superior de ORDOÑEZ et al. (1981).

En el presente informe se propone una organización secuencial global para el Mioceno del sector centroriental de la Cuenca del Duero. Se ha dividido en tres grandes episodios deposicionales. Estos muestran la organización secuencial clásica de sedimentación en cuencas endorreicas intracontinentales. Los términos inferiores están representados por depósitos fluviales que pasan lateral y verticalmente a facies lacustres. La parte final de las megasecuencias está caracterizada por un conjunto de depósitos de colmatación y retracción lacustre.

El primer ciclo corresponde a la Facies Dueñas (DEL OLMO, 1978) y sólo afloran los términos más altos. Se considera de edad Orleaniense-Astaraciense basal.

El segundo ciclo tiene una gran representación en la Cuenca y está compuesto por los tres horizontes clásicos descritos por HERNANDEZ PACHECO (1915). Tierra de Campos s.l. representa los términos fluviales inferiores, Las Cuestas son facies lacustres y las Calizas del Páramo corresponden a las etapas de colmatación de final del ciclo. Se propone una edad Astaraciense-Vallesiense inferior para todo el conjunto.

El tercer ciclo tiene un carácter restringido en la cuenca a nivel global. Corresponde al nivel superior de las Calizas del Páramo (ROYO, 1926) y su edad está comprendida entre el Vallesiense y el Plioceno inferior.

Un dato relevante en la historia sedimentaria del Mioceno en la Cuenca del Duero está reflejado por las potencias de las unidades diferenciadas: 1º ciclo, entre 250 y 600 m.; 2º ciclo, de 60 a 150 m.; y el 3º ciclo, con un máximo de 60 m. La reducción progresiva de potencias implica un descenso en la tasa de sedimentación puesto que los intervalos temporales son similares para los tres ciclos (alrededor de los 6 M.A.). Se deduce por tanto una disminución gradual de la subsidencia, al menos en los sectores reconocidos.

Un nuevo ciclo neógeno aparece en el extremo meridional de la Hoja. Corresponde al último episodio aluvial finineógeno, sería equivalente a la Unidad "Capas Rojas" de ORDOÑEZ et al., 1981 y las "Rañas y otros depósitos" definidos por GARCIA PRIETO et al., 1990. Se le atribuye una edad de Plioceno superior-Pleistoceno.

2.2.

CICLO ORLEANIENSE-ASTARACIENSE. Facies Dueñas

Aflora de forma puntual en el vertiente meridional del Valle del Arlanzón.

La potencia máxima visible es de unos 20 m., se distingue un tramo inferior margo-yesífero y uno superior que incorpora niveles de calizas. Se deduce por tanto una disminución de la salinidad de las aguas en vertical y los niveles calcáreos se asocian a los estadios retractivos lacustres propios de los episodios terminales del ciclo. La parte inferior de la unidad, compuesta por

margas dolomíticas yesíferas y yesoarenitas, corresponde a las Facies Villatoro definidas en la elaboración de la Hoja de Burgos.

Datos procedentes de sondeos realizados para prospección de petróleo en sectores más orientales fuera de la Hoja, permiten calcular una potencia cercana a los 500 m. para esta unidad, incluyendo los términos fluviales basales. No se descarta que su parte inferior corresponda a un ciclo más bajo de edad Ageniense. Los sondeos muestran, para esta unidad, la organización secuencial clásica configurada por facies fluviales en la base que pasan en vertical a una alternancia con margas y arcillas verdosas propia de contextos perilacustres, fluviolacustres, lacustres muy marginales-palustres. Seguidamente se superpone un potente tramo de margas yesíferas y yesoarenitas características de ambientes lacustres centrales. Los términos superiores de esta unidad cortados por los sondeos, son muy similares a los descritos en afloramiento y representan los estadios retractivos terminales del lago. Esta organización global coincide con la observada en otros sectores de la cuenca y con sus equivalentes en La Bureba.

Se distinguen los siguientes tipos de facies:

2.2.1. Margas dolomíticas

De color beige, alternan con otras litologías propias de aguas salinas. Contienen abundantes megacristales de yeso diagenético que pueden llegar a constituir acúmulos de espesor decimétrico.

Presentan un laminado milimétrico muy tenue asimilado a varvas lacustres de desarrollo estacional. Este hecho implica una batimetría notable para el lago que permitía el desarrollo de "hippolimion".

Las margas dolomíticas constituyen la litología dominante en las facies lacustres salinas.

2.2.2. Yesoarenitas

Se presentan en niveles centimétricos alternando rímicamente con margas dolomíticas.

Las capas de yesoarenitas presentan "ripples" de oleaje a techo y estratificación "wavy y linsen". Las alternancias suelen organizarse en ciclos positivos, son frecuentes sin embargo las secuencias estrato y granocrecientes. En algunas ocasiones las capas presentan gradación incipiente.

Se enmarcan en un medio lacustre salino energético batido por un oleaje intermitente que resedimenta materiales del margen y el fondo.

2.2.3. Dolomías con moldes de yeso

Aparecen en niveles decimétricos, a veces discontinuos y alternan generalmente con margas dolomíticas aunque esporádicamente se encuentran entre calizas micríticas. Presentan huecos poligonales que corresponden a moldes de evaporitas.

Se han reconocido exclusivamente en el tránsito del tramo margoyesífero inferior y el intervalo calcáreo-margoso suprayacente. Se sitúan en ambientes proximales de lago salino a oligosalino y evidencian la disminución de la salinidad de las aguas.

2.2.4. Margas

Presentan una tonalidad blanquecina, gris o verdosa en corte fresco. Muy afectadas por bioturbación, pueden incluir esporádicamente delgados niveles enrojecidos que corresponden a horizontes de oxidación. Contienen restos de ostrácodos y caráceas.

2.2.5. Margas calcáreas

Se encuentran normalmente en la base de los niveles calcáreos. Están muy bioturbadas y normalmente presentan un aspecto noduloso originado por procesos pedogénicos.

2.2.6. Margas bioclásticas

Se organizan en niveles de escasa potencia intercalados entre las calizas. Presentan cierto contenido en limo. Incluyen abundantes cristales de yeso secundario de tono oscuro, probablemente desarrollado a partir de materia orgánica. Los restos fósiles son muy abundantes, se reconocen gasterópodos, ostrácodos y caráceas.

Pueden desarrollar granoselección positiva incipiente y en algunas ocasiones incluyen láminas carbonosas discontinuas.

En general poseen base neta y el techo puede presentar "cosets" de "wave-ripples" a ondulaciones tractivas.

Se enmarcan en un contexto lacustre proximal energético con frecuentes resedimentaciones del margen.

2.2.7. Calizas

Se trata de "wackestones" y "mudstones" margosos con escasos peloides, ostrácodos, caráceas y granos de cuarzo, como aloquímicos. Los niveles tienen potencias comprendidas entre 20 y 100 cm., con superficies de estratificación poco definidas. Muestran abundantes rasgos pedogénicos y edáficos, se observan huellas de raíces, nodulizaciones y enrojecimientos asimilados a procesos de oxidación próximos al régimen subaéreo.

Localmente aparece un nivel de "packstones" con estratificación cruzada de muy gran escala. Como corresponde a esta textura, aumenta notablemente el contenido en aloquímicos, especialmente los bioclásticos.

Corresponde a contextos lacustres proximales energéticos.

Estas litologías se organizan en ciclos negativos, compuestos por términos margosos en la base y calcáreos a techo. Se interpretan como secuencias de colmatación generadas por procesos retractivos en contextos palustres y lacustres marginales. Reflejan un aumento progresivo en carbonato por disminución de la lámina de agua.

2.3. CICLO ASTARACIENSE-VALLESIENSE. Facies Sta. Ma del Campo, Tordomar, Las Cuestas y Calizas inferiores del Páramo

La Hoja de Villagonzalo-Pedernales constituye un excelente campo de trabajo para realizar un modelo sedimentario del ciclo Astaraciense-Vallesiense. La privilegiada situación paleogeográfica de la zona permite observar con notable calidad de exposición la evolución de los depósitos de margen a centro de cuenca. En conjunto, el ciclo muestra una organización típica de sedimentación en cuencas continentales endorreicas con la sucesión vertical clásica de facies fluviales a lacustres. En sentido E-O, es decir de margen a centro de cuenca, se aprecian las relaciones laterales entre los sistemas aluviales y las facies lacustres. En los sectores orientales se observa la coexistencia de pequeños abanicos aluviales y depósitos proximales de abanicos fluviales. Se diferencian dos abanicos principales que en épocas de máxima expansión cubrieron grandes extensiones de la cuenca (especialmente en la parte baja del ciclo), coincidiendo con reactivaciones de los relieves marginales. El área situada entre los dos abanicos principales presenta un notable desarrollo de carbonatos "charcuestres" generados por deficiencias en el drenaje.

El conjunto de facies terrígenas, sin distinción de su carácter aluvial o fluvial, recibe el nombre de Facies Sta. Ma del Campo. Es probable que los equivalentes fluviales situados en la esquina NO, procedan de los relieves del margen septentrional de la Cuenca. En este caso corresponderían a las facies Grijalba-Villadiego y formarían parte de abanicos con ápices situados en la cordillera Cantábrica.

La orla de interación entre los sistemas fluviales y las áreas lacustres está representada por un complejo conjunto de facies mixtas asimilado a las Facies Tordomar. Engloban depósitos carbonatados marginales con rasgos edáficos y palustres, fangos perilacustres y sedimentos siliciclásticos fluviolacustres y deltaicos.

El término de facies Cuestas se reserva para los depósitos esencialmente margosos correspondientes a las áreas lacustres estables. Se encuentran en la parte septentrional de la Hoja y desarrollan generalmente facies de contextos lacustres relativamente proximales nutridos intermitentemente por aguas dulces procedentes del margen oriental de la cuenca. Las facies lacustres salinas se reconocen exclusivamente en el extremo noroccidental de la Hoja. Se enmarcan en sectores centrales de la cuenca donde una tasa mayor de evaporación permitía la concentración de sales, aunque eran frecuentes los episodios energéticos de retrabajamiento del fondo.

Las calizas inferiores del Páramo corresponden a las facies de colmatación de la cuenca lacustre y se asocian con estadios terminales del ciclo. Están representadas por margas y calizas micríticas con rasgos palustres, y ocasionalmente calizas bioclásticas con estructuras tractivas.

2.3.1. Facies Santa María del Campo

Están representadas por depósitos pertenecientes a sistemas aluviales. POL, C., 1985 distingue dos abanicos fluviales principales que ocupan la mayor parte de la Hoja. Al Sur se desarrolla el abanico de Retuerta que tiene sus zonas apicales y proximales en la salida del río Arlanza a la cuenca del Duero. De menores dimensiones es el sistema de Los Ausines, sito más al Norte y cuyo eje de drenaje coincidiría con la prolongación del sinclinal de Modúbar. Abanicos fluviales de menor entidad pueden haberse desarrollado en el Valle del río Lara y vertiente meridional del Arlanzón.

Coexistiendo con los sistemas fluviales aparecen abanicos aluviales de pequeñas dimensiones con desarrollos perpendiculares a los ejes de drenaje fluviales. las mayores expansiones de los sistemas fluviales coinciden con las

correspondientes a los abanicos aluviales. La etapa de máxima progradación de los sistemas aluviales y fluviales se realiza en los primeros estadios del ciclo constituyendo los términos basales del mismo. Esta primera etapa sería equivalente al desarrollo de las facies fluviales de Tierra de Campos definidas en los sectores centrales y estaría relacionada con un episodio de reactivación de los márgenes de la cuenca.

Posteriores reactivaciones de los relieves del borde oriental se encuentran reflejadas en cuñas terrígenas que se indentan con los depósitos lacustres de las Facies Cuestas y Calizas del Páramo.

Las zonas con drenaje deficiente se encuentran ocupadas por llanuras fangosas con desarrollo de lagunas aisladas con muy poca lámina de agua y duración efímera. Reciben la denominación de facies "charcustres" en el apartado de descripción de facies. Su máxima representación en la Hoja se localiza en la zona de interacción entre las orlas laterales de los dos principales abanicos.

2.3.2. **Facies Tordomar**

Han sido descritas por NUÑEZ et al., (1975) en la Hoja de Sta. Ma del Campo como un conjunto de alternancias entre niveles carbonatados y detriticos. Esta definición presenta limitaciones desde el punto de vista estratigráfico y sedimentológico puesto que engloba a la mayor parte de las facies lacustres marginales, las de orla perilacustre y todos los depósitos charcuestres situados en muy distintas posiciones del ciclo. En la elaboración de la Hoja se ha optado por dar un carácter estratigráfico selectivo y un significado paleogeográfico concreto. De esta manera se pretende proporcionar un sentido más práctico al término.

En la nueva definición se consideran como facies Tordomar todos aquellos depósitos de margen lacustre y orla perilacustre que incorporan una proporción notable de niveles siliciclásticos y se encuentran en tránsito lateral a las Facies Cuestas. Quedan excluidos por tanto del término, los depósitos charcuestres desarrollados en la parte inferior del ciclo y las facies lacustres

marginales que no presentan intervalos terrígenos. La situación paleogeográfica de estos depósitos implica que se reconozca una gran diversidad de facies correspondientes a distintos subambientes. Estos reflejan las retracciones y expansiones del lago y los episodios de aporte de materiales por los sistemas fluviales a la cuenca lacustre.

La amplitud del término se pone de manifiesto en secciones E-O puesto que los depósitos orientales presentarán mayor influencia de los sistemas fluviales y los occidentales poseerán más rasgos lacustres en consecuencia lógica de su posición marginal a central en la cuenca.

2.3.3. Facies Cuestas

Este término se aplica el intervalo margoso comprendido entre la unidad fluvial basal y el paquete calcáreo superior conocido como Calizas del Páramo. Las Facies Cuestas se enmarcan en un ámbito lacustre estable y muestran gran diversidad de subambientes producto de las oscilaciones de nivel del lago. Se relacionan con impulsos de cierta importancia y permiten establecer divisiones en las Facies Cuestas. Generalmente se enmarcan en contextos lacustres proximales de diversa energía y ricos en nutrientes. En su mayor parte se encuentran en conexión con las Facies Tordomar y muestran influencias deltaicas. Los estudios micropaleontológicos denotan una gran profusión de ostrácodos y carófitas que caracterizan el Astaraciense y raramente el Vallesiense inferior.

Los depósitos lacustres centrales se reconocen exclusivamente en el extremo NO de la Hoja donde aparecen facies lacustres salinas. Reflejan condiciones notablemente energéticas en las que se desarrolla una alternancia rítmica de yesoarenitas y margas. Los datos micropaleontológicos ponen de manifiesto un relevo brusco en las comunidades faunísticas que pasan a estar representadas por asociaciones de ostrácodos propios de ambientes salinos. En los términos más altos de la unidad se encuentran depósitos carbonatados con moldes de yeso, y los niveles de yesoarenita presentan abundantes procesos de calcificación.

2.3.4. Calizas inferiores del Páramo

Constituyen un paquete calcáreo que corona al intervalo de las Facies Cuestas y que resulta fácilmente distinguible en cartografía por constituir un resalte morfológico. Más difícil resulta su separación de las Facies Cuestas desde un punto de vista sedimentológico, dado en carácter transicional del contacto. El conjunto muestra una disminución progresiva en la salinidad de las aguas, observación respaldada por un cambio posiblemente gradual en las comunidades faunísticas y asociaciones de flora. En la parte baja dominan los carbonatos con moldes de evaporitas y en la alta las calizas micríticas con huellas de raíces y abundantes ostrácodos.

Con frecuencia y relacionados con las zonas donde las Facies Cuestas presentan facies energéticas, se reconocen niveles de calizas bioclásticas con abundantes estructuras tractivas.

La unidad refleja los estadios terminales retractivos de la sedimentación lacustre y marca el final del ciclo.

La retracción de las áreas lacustres se realiza lógicamente de los márgenes al centro de la cuenca, produciendo cuerpos calcáreos aparentemente tabulares pero que a gran escala presentan un sección sigmoidal muy tendida. De esta manera los paquetes calcáreos de las zonas marginales deben equivaler a términos más margosos en las centrales donde las calizas inferiores del Páramo son en consecuencia más modernas. El carácter diacrónico de la unidad y la sutil compartimentación de los sectores centrorientales de la cuenca producida por un sistema de accidentes con dirección E-O, explica la complejidad del establecimiento de un límite concreto con las facies Cuestas desde un punto de vista sedimentológico y secuencial.

2.3.5. Análisis de facies

En este apartado se describen en conjunto todas las facies presentes en el ciclo del Astaraciense superior-Vallesiense. Incluye una descripción detallada de los depósitos aluviales, fluviales y lacustres, y de los materiales

correspondientes a los medios de transición. Lógicamente la descripción de facies fluviales es válida principalmente para la unidad litológica basal (F. Sta. Ma del Campo), los términos lacustres margosos corresponden esencialmente a Cuestas, y los calcáreos al Páramo. Sin embargo ninguna de las asociaciones de facies resulta exclusiva en uno de los tres tramos dado el carácter alternante de los subambientes y su correspondencia lateral de margen a centro de Cuenca.

2.3.5.1. Facies aluviales

Tienen escaso desarrollo en la Hoja. Se reconocen como franjas estrechas de conglomerados desarrollados en las laderas de los paleovalles y adosadas a los relieves mesozoicos. Configuraban abanicos de arco amplio y reducidas dimensiones que en épocas de expansión drenaban a los abanicos fluviales. Su ángulo apical oscila entre 90º y 150º y su radio raramente sobrepasa los 2,5 Km. Se distinguen los siguientes tipos de facies.

Brechas calcáreas

Están constituidas por depósitos masivos, de aspecto caótico con superficies de estratificación mal definidas por cicatrices erosivas discontinuas. Los cantes son muy angulosos lo que indica que el transporte ha sido muy breve y corto, no supera los 500 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".

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 cantes 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 cantes cuarcíticos, están resedimentados de las Facies Weald y Utrillas y en ningún caso superan el 10% de la fracción clástica.

Muestran soporte de cantes, la matriz es escasa, está compuesta por fragmentos de carbonatos y granos de cuarzo y el cemento es carbonatado. Excepcionalmente se observan imbricaciones de cantes 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 cantes.

Conglomerados poligénicos

Constituyen depósitos claramente canalizados. Se asocian a facies arenosas groseras configurando secuencias de relleno de canal. El porcentaje de los distintos cantes respecto la fracción clástica es muy variable. Los cantes calcáreos están bien rodados y sus diámetros oscilan entre 1 y 6 cm. El resto de cantes 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 un soporte de los cantes por matriz aunque es frecuente el soporte clástico.

Las estructuras sedimentarias más abundantes son la imbricación de cantes 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.

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 baja sinuosidad.

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. Pertencen 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

depósito comprendidos entre dos avenidas. Probablemente la mayor parte del volumen de estos depósitos procede de los abanicos fluviales, producto de inundaciones extensivas que fosilizan e inhuman gran parte de los reducidos aparatos aluviales.

2.3.5.2. 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, desarrollándose depósitos "charcoster-palustres". Este fenómeno se localiza en zonas interabanico y excepcionalmente a pie de los sistemas aluviales cuando están desconectados de la red fluvial.

Los abanicos húmedos tienen un ángulo apical agudo comprendido entre 25 y 40°.

Los depósitos conglomeráticos de hoja media y proximal tienen poca representación en la Hoja 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.

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 tráctivo 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 cantes varían desde angulosos en las brechas a bien rodados y con alto grado de esfericidad en los conglomerados.

La litología de los cantes 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 desprendimientos.

Las facies conglomeráticas asociadas a transportes por agua se organizan en secuencias métricas de relleno de canal. Aunque predominan los cantes calcáreos, suelen contener, siempre en menores proporciones, cantes 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 cantes, estratificación cruzada planar y raramente en surco. Se asocian con frecuencia a facies arenosas formando parte de los términos inferiores de las secuencias de relleno de canal.

Los depósitos generados por transportes en masa son muy poco frecuentes, 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 pueden 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, el ángulo agudo de los ápices comprendido entre 25 y 40°, la situación localizada de los mismos, asociada a accidentes oblicuos o perpendiculares 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.

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.

Desarrollan secuencias de relleno de canales por arena gruesa bien cementada y de tonalidad rojiza. En zonas muy distales pueden perder la coloración rojiza, y suele disminuir la cementación y el tamaño de grano.

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 en su configuración a lo largo de su recorrido. Son abundantes los restos óseos de vertebrados, principalmente de grandes quelonios. Localmente se encuentran restos de vegetales limonitzados, en general grandes fragmentos de troncos.

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 función de las secuencias de relleno reconocidas se deducen los siguientes tipos de configuración para los canales:

- **Canales "braided"**

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 areniscosos 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.

- **Canales de sinuosidad intermedia**

Se caracterizan por presentar superficies de acreción muy tendidas.

Los intervalos comprendidos entre dos de estas superficies tienen espesores decimétricos que oscilan entre 30 y 75 cm. y están compuestos por "sets" y "cosets" de estratificación cruzada planar y en surco y, en ocasiones, "ripples" a techo. El sentido de progradación de las láminas de avalancha es coincidente con el de las superficies de acreción o bien presenta una mínima divergencia (inferior en todos los casos registrados a 25°). Este hecho implica la ausencia de flujos helicoidales propios de cauces de mayor sinuosidad.

Este tipo de configuración es frecuente en contextos de frente distal de los abanicos húmedos.

- **Canales meandriformes**

Se reconocen por presentar superficies de acreción lateral. La turbulencia de las corrientes queda reflejada en los casos que muestran superficies de acreción poco angulares, y a su vez las arenas contienen una elevada proporción de finos, siendo baja la cementación. Las superficies de acreción de mayor ángulo se observan en arenas gruesas bien cementadas y se asocian a flujos más tractivos y aguas más limpias.

Los "scroll-bars" de los canales meandriformes tienen potencias comprendidas entre 25 y 120 cm., están formadas por "sets" y "cosets" de estratificación cruzada y "cosets" de "climbing ripples". Las paleocorrientes de estas estructuras son normales e incluso contrarias (entre 90° y 160°) al sentido de acreción lateral. Esta circunstancia es propia de canales altamente sinuosos y las estructuras tractivas reflejan claramente procesos producidos por flujos helicoidales.

Pueden desarrollarse cambios de configuración de los canales durante su relleno. Estos ejemplos varían de un modelo "braided" o de río recto en los términos basales a un trazado altamente sinuoso en los superiores.

En algunos casos, las barras de meandro presentan, a techo, incisiones de canales menores llenos por un solo "set" de láminas cruzadas. Se asimilan procesos de "chute".

Los canales meandriformes se desarrollan preferentemente en el frente distal a muy distal de los abanicos húmedos. No son sin embargo exclusivos de estos subambientes y pueden encontrarse en numerosas subzonas del frente de los abanicos.

- **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").

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 intensidad y tipo de los procesos edáficos.

Normalmente 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 períodos 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.

2.3.5.3. Facies "Charcuestres"

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 interabanco húmedo y con menor frecuencia a pie de los sistemas aluviales. Estas áreas se nutren de los desbordamientos de los canales y se mantienen anegadas debido a su deficiente drenaje.

El término de facies charcuestres se aplica de una manera selectiva en el presente informe. Sin embargo los depósitos más orientales de las facies Tordomar muestran un aspecto muy similar debido a su posición perilacustre.

Se distinguen las siguientes facies:

Arcillas margosas

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.

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, podría tratarse de oncoides muy recristalizados. En vertical suelen pasar gradualmente a facies calcáreas.

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, restos de algas caráceas y posiblemente oncoides recristalizados de considerables dimensiones. Excepcionalmente incluyen grandes nódulos de sílex.

Las facies "charcuestas" acostumbran a organizarse en secuencias compuestas por arcillas margosas 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.

2.3.5.4. Facies lacustres

Las zonas lacustres se encuentran preferentemente en los sectores centrales de la cuenca. En momentos de mayor expansión pueden llegar hasta los márgenes de la misma situándose sobre un sustrato mesozoico. La confluencia de

los abanicos fluviales a contextos lacustres provoca la generación de lóbulos deltaicos terrígenos y la incorporación de materiales resedimentados de los bordes de los lagos. Los márgenes lacustres registran gran variedad de subambientes, se diferencian, aparte de los depósitos fluviolacustres, lutitas carbonosas circunscritas a zonas cenagosas, calizas palustres, y lutitas margosas con cambios de coloración asimilables a ciclos de oxidación-reducción. Estos depósitos experimentan alteraciones producidas por procesos edáficos, en general nodulizaciones y oxidaciones, y abundantes señales de bioturbación por raíces en régimen palustre a subaéreo. La franja proximal subacuática registra una gran diversidad de facies relacionadas con el quimismo del agua y la energía el medio. Se diferencian lutitas negras muy fosilíferas propias de aguas ácidas en contraposición a las facies de calizas micríticas con ostrácodos pertenecientes a medios de aguas cálidas carbonatadas.

Los depósitos de alta energía están representados por calizas muy bioclásticas con "ripples" de oleaje, y los de media energía por margas calcáreas bioclásticas. Las facies más profundas están constituidas por margas grises excepcionalmente varvadas y margas blancas tableadas o lajosas.

Las asociaciones de facies propias de contextos lacustres salinos se encuentran en áreas más alejadas de los relieves marginales de la cuenca. Los depósitos de llanura fangosa subaérea están representados por margas dolomíticas alternando con niveles discontinuos de calizas y dolomías con pseudomorfos de yeso, las facies subáquaticas proximales por margas dolomíticas con cristales de yeso selenítico y estratificación lenticular en gypsarenitas. Los macrocristales de yeso aparecen ligados a procesos diagenéticos tardíos.

El clima condiciona el aporte de terrígenos y aguas dulces a los lagos procedentes de los sistemas fluviales e influye directamente en la tasa de evaporación en la cuenca. La tectónica determina la cantidad de sedimento disponible, las direcciones preferentes de drenaje y la configuración de las áreas lacustres. La combinación de estos factores será responsable de las diversas etapas de retracción lacustre, (ya sea por desecación o colmatación) de la expansión y cambios de batimetría de los lagos, de las variaciones de quimismo de las aguas, de la naturaleza de los depósitos, y en consecuencia de los tipos y asociaciones de facies.

Facies deltaicas

Este término es aplicable tanto a los depósitos terrígenos aportados directamente por los cauces fluviales a las cuencas lacustres como a los materiales de los márgenes de los lagos, resedimentados y mezclados con los anteriores en grandes avenidas. En el registro sedimentario quedan marcadas con mayor evidencia estas avenidas eventuales, siendo las responsables de los cambios bruscos de químismo en las aguas reflejados por los distintos tipos de facies y las variaciones repentinas de comunidades de organismos característicos de distintas salinidades. Estos aparatos deltaicos constituyen cuerpos lobulares de dimensiones variables superando en general el Km. de radio. Se distinguen los siguientes tipos de facies:

- Arenas y limos

Tienen bastante representación en la Hoja. En otros sectores de la cuenca se han descrito cuerpos lenticulares de arenas con abundantes ostrácodos formados esencialmente por "cosets" de "climbing ripples".

En la Hoja se han reconocido abundantes capas tabulares de escasa potencia con base neta y retoques producidos por oleaje a techo. Se trata de arenas de grano medio a muy fino e incluyen abundantes ostrácodos.

- Margas limoso calcáreas

Muy bioclásticas, se organizan en capas de espesor comprendido entre 5 y 50 cm. Pueden alternar con margas gris verdosas o bien presentar numerosas amalgamaciones. Tienen la base neta y suelen mostrar laminaciones cruzadas de muy bajo ángulo, "hummocky cross stratification" (HCS) y "ripples" de oscilación a techo. Sus tonalidades varían entre amarillentas y pardas. En algunos casos aparecen costras ferruginosas a techo de las capas y ocasionalmente incluyen láminas carbonosas. Los restos fósiles son muy abundantes, pertenecen a conchas y opérculos de gasterópodos y ostrácodos y muestran diversos grados de resedimentación. Estas facies se sitúan en un ambiente de frente deltaico.

- Margas

Constituyen paquetes masivos de uno a varios metros de potencia. Tienen una coloración gris verdosa. Ocasionalmente pueden incluir niveles centrimétricos de margas limosas o calizas bioclásticas producidos por avenidas excepcionales. Con frecuencia muestran láminas muy continuas de acumulación de ostrácodos. Representan los depósitos prodeltaicos.

La sedimentación se produce por deceleración de los flujos deltaicos y posterior decantación del material transportado en suspensión. Los únicos episodios tractivos corresponden a los depósitos bioclásticos generados por eventos excepcionales.

Facies lacustres marginales-palustres

Esta denominación se aplica a los depósitos que por su posición circunlacustre son extremadamente sensibles a las retracciones de los lagos y presentan por tanto rasgos de exposiciones subaéreas intermitentes. Se incluyen en este término calizas y margas palustres edafizadas, facies carbonosas y secuencias de oxidación-reducción en lutitas margosas.

- Calizas

Se trata de calizas micríticas originalmente sedimentadas en ambientes más profundos y que debido a las oscilaciones de nivel del lago han estado sometidas a exposición subaérea o han servido de sustrato para un área vegetada en régimen palustre. Presentan texturas de "wackestone" con abundantes ostrácodos y caráceas.

La exposición subaérea queda puesta de manifiesto por karstificaciones, y decoloraciones producidas por oxidación a techo de las capas. Otros procesos frecuentes son la brechificación y nodulización de los niveles calcáreos. Las perforaciones producidas por raíces son las estructuras más abundantes.

Se observa el desarrollo de cemento vadoso a partir de los huecos dejados por las raíces.

- Margas nodulosas

Se trata de margas blanquecinas que aparecen en paquetes decimétricos a métricos. Se sitúan en la base de las calizas que ha sido expuestas a régimen subaéreo y los contactos entre ambos términos son transicionales.

El origen de la nodulización se asimila a procesos edáficos.

- Lutitas carbonosas

Son capas de potencia comprendida entre 5 y 30 cm. La lutita es aportada en suspensión por los aparatos deltaicos a un margen vegetado del lago. Se enmarcan en zonas pantanosas con un fondo rico en materia orgánica y aguas aciduladas que inhiben la precipitación de carbonato. El color varía de negro a verdoso en función del contenido en restos carbonosos.

- Secuencias lutíticas de oxidación-reducción

Se presentan en ciclos de potencia métrica. Están constituidos por lutitas margosas gris-verde bioturbadas que representan el intervalo de reducción pasando gradualmente a lutitas rojas o verdosas con decoloraciones producidas por un incremento de la oxidación. Estas secuencias se enmarcan en un contexto palustre y están producidas por episodios de descenso paulatino del nivel de agua en el lago.

Facies lacustres proximales

En este apartado se recogen los depósitos sedimentados en áreas próximas a los márgenes de los lagos y que no presentan procesos generados en régimen subaéreo a palustre. La diversidad de facies responde a las diferencias de energía del medio y al PH de las aguas que controla la precipitación de carbonato. Se distinguen los siguientes grupos de facies:

- Lutitas negras

Se trata de tramos masivos de espesor métrico. Son extraordinariamente fosilíferas, incluyen abundantísimos gasterópodos y resultan excelentes niveles para recoger restos de micromamíferos. Se encuentran muy bioturbadas y pueden presentar ferruginizaciones dispersas.

Corresponden a áreas lacustres de muy baja energía, con fondo rico en materia orgánica y aguas ácidas.

Pueden contener macrocristales de yeso lenticular y en rosetas. Tienen siempre un aspecto muy sucio y tono oscuro de lo que se deduce su origen diagenético y crecimiento a partir de la materia orgánica.

- Margas calcáreas

Constituyen las facies más representativas de los ambientes lacustres proximales. Están organizadas en paquetes de potencias comprendidas entre 10 y 50 cm. Son muy fosilíferas, contienen abundantes gasterópodos y ostrácodos. Pueden presentar estructuras producidas por oleaje tales como ripples de oscilación y HCS de pequeña a media longitud de onda. La base puede ser neta o transicional y pueden encontrarse superficies ferruginosas a techo de las capas. Acostumbran a mostrar un tono pardo a marrón claro.

- Calizas

Presentan aspectos muy diversos en función del tipo de componentes que incluyan, del contenido en margas y de las alteraciones edáficas o pedogénicas que hayan sufrido posteriormente a su depósito.

En general se trata de micritas con textura tipo "wackestone". Los componentes orgánicos más abundantes son los ostrácodos siendo frecuentes los restos de caráceas y los gasterópodos. En ambientes algo energéticos incluyen abundantes intraclastos y los oncolitos se asocian a los contextos de mayor energía. Son frecuentes las estructuras tractivas, en

niveles de "packstones", representadas por "ripples" de oleaje y estratificación cruzada HCS de bajo ángulo. Se deduce un ambiente de aguas cálidas que favorezcan la precipitación de carbonato.

Facies lacustres distales

Son esencialmente margosas. El origen de la mayoría de estos depósitos está relacionado con la sedimentación prodeltaica. Los materiales están aportados por suspensión y decantan en las zonas más centrales de los lagos.

Generalmente, se organizan en secuencias de potencia métrica. Los términos inferiores están compuestos por margas grises que pasan en vertical a margas calcáreas blancas tableadas o lajosas. Estos ciclos representan probablemente etapas de retracción lacustre o de estabilización deltaica, reflejadas por una tasa menor de aportes a las zonas centrales y enriquecimiento en carbonato de las aguas. Las margas grises pueden presentar excepcionalmente intervalos varvados indicadores de aguas frías y de una cierta batimetría que permiten el desarrollo de "hipolimnion".

La existencia de láminas muy continuas de acumulación de ostrácodos se puede interpretar como colonización del fondo por estos organismos en períodos favorables o como resedimentación de los mismos mediante corrientes de turbidez muy distales.

Los términos de margas calcáreas blancas se asocian con descensos de nivel del lago y calentamiento de las aguas. El primer proceso favorece la concentración en carbonato del agua y el segundo la precipitación del mismo.

Facies lacustres salinas

Se localizan en los sectores centrales de la cuenca. El carácter salino viene dado por la presencia de yesos. Estos, muestran aspectos muy diversos en función de su génesis. Se distingue yeso diagenético, gypsarenitas y crecimientos intersticiales microlenticulares. La calcitización de los yesos es un fenómeno

muy frecuente así como el desarrollo de pseudomorfos en carbonatos. Todas las facies evaporíticas se asocian con margas dolomíticas.

- Calizas y dolomías con pseudomorfos de yeso

Se trata de capas de morfología muy irregular y generalmente discontinuas. Pueden alcanzar potencias de hasta 1 m.

Los pseudomorfos están constituidos por moldes de macrocristales de yeso lenticular disueltos. MEDIAVILLA (1986-87) enmarca a estas facies en un contexto de llanura fangosa subacuática con fuerte evaporación, generación de yeso lenticular y dolomitización.

- Margas dolomíticas

Se asocian al resto de facies evaporíticas y se sitúan por tanto en todos los ambientes lacustres salinos. Se presentan en paquetes masivos de espesor métrico y en alternancia con gypsarenitas y calizas o dolomías con pseudomorfos. Muestran una tonalidad beige a blanquecina cuando se alteran. Pueden incluir pseudomorfos dispersos de microcristales de yeso. La existencia de yeso selenítico disperso se asocia a ambientes de llanura fangosa subacuática y la abundancia de cristales de yeso microlenticular se debe a retracciones lacustres que dejan grandes aéreas fangosas expuestas a la evaporación y precipitación del sulfato. Los estudios de los ostrácodos relacionados con estos depósitos muestran asociaciones faunísticas propias de aguas salinas e hipersalinas GONZALEZ DELGADO et al. (1986).

- Yesoarenitas

Proceden del retrabajamiento de los yesos primarios. Constituyen alternancias rítmicas con margas dolomíticas. Se organizan generalmente en ciclos estrato y granodecrescentes que pueden presentar en conjunto una superficie canalizada basal. Los términos bajos de los ciclos muestran en ocasiones estratificación cruzada planar tangencial en la base. Este tipo de estructuras se asocia a los intervalos más tractivos de los ciclos. La forma

tangencial de las láminas se debe al carácter turbulento de las corrientes y está motivado por la naturaleza fangosa del substrato. Los términos intermedios de los ciclos están representados por estratificación "flasher" y "wavy". Esporádicamente se reconocen niveles con estratificación cruzada de tipo "hummocky". Los términos superiores de los ciclos muestran estratificación "linsen". La mayor parte de los "ripples" están producidos por oleaje.

Son también frecuentes los intervalos de alternancias que no muestran una ciclicidad definida y en ninguno de los casos registrados incluyen los términos más tractivos.

Las asociaciones de facies yesoareníticas se enmarcan en un contexto lacustre salino energético. El origen de las canalizaciones puede deberse a incisiones producidas por fenómenos tormentosos, por inestabilidades gravitacionales en el fondo del lago, o por simples corrientes de densidad.

Los tramos de alternancias no cicladas corresponden a zonas comprendidas entre los canales.

2.4. CICLO VALLESIENSE-PLIOCENO INFERIOR. Calizas superiores del Páramo

Se sitúa discordante sobre distintos niveles de las calizas inferiores.

Dado el carácter restringido tiene menor representación que los dos ciclos anteriores a nivel cuencal. En la Hoja aparece entre Modúbar de San Cibrián y Carcedo implicado en la estructura sinclinal. La máxima potencia se encuentra coincidiendo con el eje de la estructura y se observa una relación de "onlap" hacia los flancos.

Clásicamente se ha descrito a esta unidad como un paquete calcáreo que incorpora intermitentemente un tramo terrígeno en la base. En la Hoja, el intervalo terrígeno de base tiene buena representación y su máximo desarrollo se sitúa también siguiendo el eje del sinclinal de Modúbar de San Cibrián.

Se distinguen los siguientes tipos de facies:

2.4.1. Areniscas

Se organizan en secuencias de relleno de canal. El tamaño de grano oscila entre medio y fino y contienen pequeños cantos de cuarzo dispersos. El relleno se realiza por uno o varios "sets" y "cosets" de estratificación cruzada planar y en surco con tendencias tabulares. Se deduce una configuración recta y una duración efímera. A techo de las secuencias de relleno se desarrollan fuertes procesos edáficos. En general se trata suelos calcimorfos y encrustamientos calcáreos con abundantes pisoides, y esporádicamente pseudomorfos de yeso.

2.4.2. Lutitas

Presentan un color rojo vivo. Proceden en parte de la descalcificación del sustrato. Incluyen horizontes edáficos representados por caliches. Se enmarcan en un contexto de llanura de inundación y posiblemente en antiguos fondos de dolinas retrabajados por posteriores redes de drenaje.

2.4.3. Margas

Muy bioturbadas, alternan en unas ocasiones con lutitas rojas y en otras se asocian con facies calcáreas. En el primer caso presentan tonalidades verdosas y abundantes decoloraciones producidas por oxidaciones.

En el segundo caso son de colores blanquecinos, y muestran generalmente un aspecto noduloso.

Se incluyen en ambientes palustres y lacustres marginales someros.

2.4.4. Calizas

Texturalmente se reconocen dos tipos de depósitos: "packstones-wackestones" arenosos muy intraclásticos y pelletoidales, y "wackestones" con escasos componentes aloquímicos.

El primer tipo se presenta en niveles masivos con base neta, frecuentemente canalizada. Incluye escasos fragmentos de ostrácodos y caráceas. En algunas ocasiones contiene oncoides y son raros los pseudomorfos de yeso.

El segundo tipo se caracteriza por el bajo contenido en aloquímicos y, desarrolla capas tabulares de potencia decimétrica a métrica. Excepcionalmente se reconocen moldes de gasterópodos.

Ambos tipos se encuentran afectados por perforaciones de raíces y se enmarcan en contextos palustre-lacustres marginales con episodios de alta energía.

2.5. PLIOCENO

Representa el último episodio aluvial finineógeno.

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-Pleistoceno.

Litológicamente se trata de un depósito de gravas silíceas con grado de cementación muy bajo y matriz arcillosa. Los cantes presentan grados elevados de esfericidad y rodamiento y sus diámetros están comprendidos entre 5 y 15 cm. Son de cuarcitas y cuarzos filonianos, de lo que se deduce un área fuente paleozoica. pese a estar muy degradado el depósito, es posible reconocer morfologías canalizadas, cicatrices internas y excepcionalmente imbricación de cantes. Estas características unidas a la aparición de huellas de impacto en los

cantos permite deducir un predominio de transporte por agua.

Se asocia a sistemas aluviales extensivos con desarrollo de redes muy tractivas de canales "braided".