

**INFORME SEDIMENTOLOGICO  
BALTANAS (312)**

## I N D I C E

1. INTRODUCCION
2. CICLO ORLEANIENSE-ASTARACIENSE. Facies Dueñas
  - 2.1. Ciclos de oxidación-reducción
  - 2.2. Ciclos de carbonatación
  - 2.3. Facies salinas
  - 2.4. Facies tractivas
3. CICLO ASTARACIENSE-VALLESIENSE. Facies Tierra de Campos-Sta. M<sup>a</sup> del Campo, Las Cuestas y calizas inferiores del Páramo
  - 3.1. Facies Santa María del Campo-Tierra de Campos
  - 3.2. Facies Cuestas
  - 3.3. Calizas inferiores del Páramo
  - 3.4. Análisis de facies
    - 3.4.1. Facies fluviales
      - 3.4.1.1. Depósitos canalizados
      - 3.4.1.2. Depósitos de desbordamiento
      - 3.4.1.3. Lutitas
    - 3.4.2. Facies lacustres
      - 3.4.2.1. Facies deltaicas
      - 3.4.2.2. Facies lacustres marginales-palustres
      - 3.4.2.3. Facies lacustres proximales
      - 3.4.2.4. Facies lacustres distales
      - 3.4.2.5. Facies lacustres salinas
4. CICLO VALLESIENSE-PLIOCENO INFERIOR. Calizas superiores del Páramo

**4.1. Areniscas**

- 4.1.1. Canales "braided"**
- 4.1.2. Canales rectos**
- 4.1.3. Canales de sinuosidad intermedia**
- 4.1.4. Canales meandriformes**
- 4.1.5. Depósitos de desbordamiento**

**4.2. Lutitas**

- 4.3. MARGAS**
- 4.4. CALIZAS**

## 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 ocreos 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 abanicós 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, o 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 (ROJO 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.

## 2. CICLO ORLEANIENSE-ASTARACIENSE. Facies Dueñas

Aflora de manera discontinua en el fondo y laderas bajas de algunos valles. Está constituido principalmente por margas y margas calcáreas blanquecinas e incluye algunos niveles de calizas margosas. Se interpretan como facies lacustre-palustres muy someras y se organizan en ciclos de colmatación y somerización.

Se reconocen las siguientes asociaciones de facies:

### 2.1. CICLOS DE OXIDACION-REDUCCION

Presentan potencias comprendidas entre 2 y 5 m. Los términos inferiores representan los intervalos de reducción y están constituidos por margas gris claro que en alguna ocasión pueden incluir láminas carbonosas. Los términos superiores los forman margas arcillosas verdes muy bioturbadas que desarrollan a techo horizontes enrojecidos.

Se enmarcan en contextos lacustre-palustres marginales muy sensibles a la fluctuaciones del lago.

### 2.2. CICLOS DE CARBONATACION

Presentan secuencias negativas compuestas por términos margosos en la base y más calcáreos a techo. Los términos basales están representados por margas grises aparentemente masivas. Los términos superiores pueden estar constituidos por margas calcáreas algo lajosas o por margocalizas nodulosas. Los niveles calcáreos presentan texturas "wackestone" o "mudstone" con escasos peloides y ocasionales Ostrácodos y Caráceas como aloquímicos. Muestran abundantes rasgos pedogénicos, huellas de raíces, nodulización, y en algunos casos enrojecimientos asimilados a procesos de oxidación en régimen prácticamente subaéreo.

Se interpretan como secuencias de colmatación generadas por procesos retractivos en contextos palustres y lacustres marginales de baja

energía. Reflejan un aumento progresivo en carbonato por disminución de la lámina de agua.

### 2.3. FACIES SALINAS

Se organizan en secuencias de espesor métrico constituidas por margas dolomíticas en la base y margas arcillosas verdes a techo que en algunas ocasiones presentan un nivel superior de enrojecimiento. Ambos términos incluyen abundantes megacristales dispersos de yeso diagenético. Se interpretan como depósitos muy someros de baja batimetría desarrollados en aguas salinas estancadas. Excepcionalmente engloban niveles discontinuos de calizas secundarias con pseudomorfos.

### 2.4. FACIES TRACTIVAS

Se han reconocido dos niveles decimétricos en las cercanías de Baltanás. Presentan base erosiva, brechas calcáreas y microbrechas poligénicas en la parte baja, y areniscas con HCS a techo. Se interpretan como el resultado de eventos tormentosos excepcionales.

Datos procedentes del sondeo Río Franco realizado al NE de la hoja para prospección de petróleo 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. El sondeo muestra, 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 el sondeo, son muy similares a los descritos en afloramiento y representan los estadios retractivos terminales del lago. Esta organización global coincide con la observada en los sectores nororientales de la cuenca, con sus equivalentes en La Bureba y con lo reconocidos en otros sondeos.

3. **CICLO ASTARACIENSE-VALLESIENSE. Facies Tierra de Campos-Sta. M<sup>a</sup> del Campo, Las Cuestas y calizas inferiores del Páramo**

En la Hoja de Baltanás los depósitos fluviales de la base del ciclo están representados por facies de frente distal de abanicos fluviales. Los procedentes del Este reciben el nombre de facies Santa María del Campo (NUÑEZ et al. 1973). Forman un tramo basal continuo que en sectores occidentales fuera de Hoja se interdigita con depósitos fluviales de procedencia O y NO conocidos como Tierra de Campos en sentido estricto. El intervalo de Facies Cuestas está constituido esencialmente por facies lacustres salinas pertenecientes a los sectores centrales del lago. En el extremo oriental se reconoce un mayor desarrollo de facies proximales propias de aguas dulces. La reconstrucción paleogeográfica resulta por tanto relativamente sencilla; al Este se enmarcan los contextos lacustres más proximales nutridos intermitentemente por aguas procedentes del margen oriental de la Cuenca. Hacia el Oeste se pasa gradualmente a un área lacustre estable con alta tasa de evaporación y una mayor concentración de sales. El término de calizas inferiores del Páramo se aplica al tramo superior del ciclo que presenta un predominio de niveles calcáreos sobre los margosos. El contacto con las Facies Cuestas es en consecuencia transicional y diacrónico.

3.1. **FACIES SANTA MARIA DEL CAMPO-TIERRA DE CAMPOS**

Esta unidad está constituida por facies fluviales que caracterizan el frente distal de abanicos húmedos.

El sistema de abanicos de procedencia oriental es conocido como Facies Sta. M<sup>a</sup> del Campo y, en sectores más meridionales como facies Aranda (ARMENTEROS, 1985). Procede de los relieves del margen occidental de la Cordillera Ibérica que están constituidos esencialmente por depósitos calcáreos mesozoicos. Lógicamente las paleocorrientes medidas apuntan hacia el Oeste y el sistema se indenta con las Facies Tierra de Campos s.s. en los sectores centrales de la Hoja. En vertical pasa transicionalmente a las Facies Cuestas.

### 3.2. FACIES CUESTAS

Este término se aplica el intervalo margoso comprendido entre la unidad fluvial basal y el paquete clacáreo superior conocido como Calizas del Páramo. Las Facies Cuestas se enmarcan en un ámbito lacustre 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. Impulsos de orden menor pueden apreciarse localmente y los depósitos energéticos asociados manifiestan bastante continuidad en corte E-O. Sin embargo las correlaciones perpendiculares, en dirección N-S, resultan francamente confusas. Esta circunstancia puede estar producida por un sistema de fracturas, con dirección ENE-OSO que individualizaba redes de drenaje miocenas y condicionaba su confluencia a las áreas lacustres.

El tercio inferior de la unidad muestra una gran diversidad de subambientes, enmarcados por lo general, en contextos lacustres proximales de diversa energía. Los estudios micropaleontológicos denotan una gran profusión de caráceas y ostrácodos propios de aguas dulces y caracterizan el Astaraciense superior.

En los tercios medio y alto de las Facies Cuestas se desarrollan depósitos de aguas salinas. Incluyen niveles de yesos que presentan abundantes resedimentaciones. La parte superior se distingue por un cambio brusco a 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 que convivían con foraminíferos del género Ammonia característicos del Mioceno marino. En los términos más altos de la unidad se encuentran depósitos carbonatados con moldes de yeso, los niveles de yesoarenita presentan abundantes procesos de calcificación y se reconocen delgados intervalos estromatolíticos.

### **3.3. CALIZAS INFERIORES DEL PARAMO**

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. Localmente se reconocen en sus términos basales facies de media y alta energía. 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.

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.

### **3.4. ANALISIS 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 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. M<sup>a</sup> del Campo-Tierra de Campos), 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.

#### 3.4.1. **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.

Los sistemas de abanicos presentes en la Hoja proceden de los relieves marginales de la Cordillera Ibérica. Se reconocen dos salidas principales. La más septentrional se encuentra al Norte de la Sierra de Lerma y la otra en el corredor de enlace entre la Cuenca del Duero y la de Almazán, afirmación respaldada por el análisis de paleocorrientes y distribución geográfica de facies.

Los depósitos fluviales de la Hoja se enmarcan en un contexto de frente distal de abanicos caracterizado por la elevada proporción en lutitas.

##### 3.4.1.1. **Depósitos canalizados**

Configuran secuencias de relleno de canal generalmente granodecrescentes. Preferentemente arenosos, pueden incluir intervalos conglomeráticos constituyendo depósitos de carga residual o formando láminas cruzadas de reactivación en "sets" tabulares de arenas. Los cantes muestran un alto grado de rodamiento y sus diámetros oscilan entre 0,5 y 5 cm. Predominan los de naturaleza calcárea siendo también frecuentes los de cuarzo, cuarcitas y otras rocas metamórficas. En las arenas, el grado de cementación es muy variable dependiendo del tipo de procesos edáficos, en general calcificación, y del lavado de los finos. El color presenta a su vez gran diversidad, oscila entre tonos beige, ocres, amarillentos y rojizos, predominando estos últimos. El tamaño de grano muestra gran variación y está comprendido entre muy fino y grueso.

Los canales muestran cambios de configuración a lo largo de su recorrido. Son abundantes los restos óseos de vertebrados, principalmente de grandes quelonios. Localmente se encuentran restos de vegetales 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"**

Preferentemente están compuestos por areniscas rojizas de grano grueso aunque en casos aislados pueden llenarse por arenas ocres de grano fino. 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.

- **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.

- **Canales de baja sinuosidad**

Este tipo de relleno se ha observado preferentemente en depósitos de arenas finas y muy finas poco cementadas. 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.

- **Canales meandriformes**

Generalmente se asocian a depósitos de arenas finas ocres, mal cementados, no obstante son frecuentes los rellenos de canal, que reflejan este tipo de configuración, por areniscas rojizas de grano grueso.

En el primer caso las superficies de acreción lateral son muy tendidas y el elevado contenido en finos indica la existencia de corrientes que transportaban abundante carga en suspensión.

En el segundo caso las superficies de acreción lateral son más angulares aunque en corte presentan una sección sigmoidal. Esta característica, unida al tamaño grueso de grano y la baja proporción de finos, supone un desarrollo de 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.

Para las facies de areniscas rojizas de grano grueso 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 llenados por un solo "set" de láminas cruzadas. Se asimilan procesos de "Chute".

#### 3.4.1.2. 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").

### 3.4.1.3. Lutitas

Forman paquetes masivos interrumpidos esporádicamente por canales y depósitos de desbordamiento arenosos. Los colores de las facies lutíticas son muy variados dependiendo de la intensidad y tipo de los proceso edáficos. Normalmente presentan una tonalidad rojiza u ocre.

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.

### 3.4.2. 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 químismo 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 de subácuaticas proximales por margas dolomíticas con cristales de yeso selenítico y estratificación lenticular en gypsarenitas. Los yesos primarios están representados por crecimientos intersticiales de microlentículas en margas. 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 químismo de las aguas, de la naturaleza de los depósitos, y en consecuencia de los tipos y asociaciones de facies.

### 3.4.2.1. 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 muy poca 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 solo se han reconocido algunas 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.

#### 3.4.2.2. 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.

#### 3.4.2.3. 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 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 excepcionales las estructuras tractivas, 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.

Esporádicamente aparecen delgados niveles constituidos por estromatolitos dómicos de pequeñas dimensiones.

#### 3.4.2.4. 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.

### **3.4.2.5. 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 áreas 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).

- Yesos primarios

Han sido objeto de explotación en los sectores centrales de la cuenca. Se trata de crecimientos intersticiales de yeso microlenticular. Se presentan en niveles de espesor comprendido entre 0,3 y 2 m. y muestran un aspecto laminado difuso. En ocasiones se aprecian fenómenos de deformación hidroplástica y son relativamente frecuentes los retrabajamientos por oleaje a techo de las capas.

- Yesoarenitas

Proceden del retrabajo de los yesos primarios. Constituyen alternancias rítmicas con margas dolomíticas. Se organizan generalmente en ciclos estrato y granodecrecientes 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.

4. **CICLO VALLESIENSE-PLIOCENO INFERIOR. Calizas superiores del Páramo**

Se sitúa discordante sobre distintos niveles de las calizas inferiores del Páramo.

Dado el carácter restringido tiene menor representación, a nivel cuencal, que los dos ciclos anteriores.

Clásicamente se ha descrito como un paquete calcáreo homogéneo que incorpora intermitentemente un tramo terrígeno en la base. No obstante en la Hoja de Antigüedad situada inmediatamente al Este, presenta una organización secuencial más compleja claramente policíclica.

Los mejores afloramientos se encuentran al SE del Valle de Pisuerga en los páramos de Tariego y La Mesuca. Se asocian a un sistema de fracturas que con dirección SE-NO ha individualizado una zona selectiva de drenaje y un área de cierta subsidencia. Otros afloramientos se localizan en la mesa de Cevico de la Torre y en el extremo centroriental de la Hoja, donde desaparece el intervalo terrígeno basal soldándose los términos calcáreos de los dos ciclos.

Los estudios micropaleontológicos indican la existencia de asociaciones de fauna propia de ambientes de media a alta salinidad.

Se distinguen los siguientes tipos de facies:

4.1. **ARENISCAS**

Configuran secuencias de relleno de canal fluvial y excepcionalmente corresponden a depósitos de desbordamiento. Suelen presentar tendencias estrato y granodecrescentes. A techo de las secuencias de relleno se desarrollan procesos edáficos. En general se trata suelos calcimorfos y encrustamientos calcáreos con abundantes pisoides, y esporádicamente pseudomorfos de yeso.

En afloramientos de excepcional calidad se han registrado fenómenos

de encajamiento de canales por fracturas activas durante su relleno. Esta observación está respaldada por la relación anchura/profundidad del canal reflejando valores de 1/5, y por la extrema inestabilidad de los márgenes, con depósitos desorganizados que incorporan fragmentos no rodados del sustrato calcáreo.

El intervalo terrígeno basal alcanza una potencia considerable en las canteras de Tariego, superior a los 10 m.

Se han distinguido los siguientes tipos de configuración en los paleocanales.

#### **4.1.1. Canales "braided"**

Han sido reconocidos exclusivamente en las Canteras de Tariego donde constituyen el tramo basal de la unidad.

Están constituidos por "sets" de estratificación cruzada planar en arenas y gravas con abundantes superficies de reactivación, y por "cosets" de "festoons" que representan las formas menores del techo. La organización del relleno es compleja, está construida por distintos episodios que reflejan las variaciones en el régimen de flujo. Las superficies que limitan los "sets" y "cosets" son irregulares, erosivas, y en numerosos casos canalizadas. Desarrollan depósitos de carga residual conglomeráticos en la base de cada "set".

#### **4.1.2. Canales rectos**

Se reconocen por la sencillez de las secuencias de relleno y la escasa dispersión en las medidas de las paleocorrientes, pueden desarrollar acúmulos conglomeráticos intermitentes en la base asimilados a depósitos de carga residual. El resto del relleno está compuesto por arenas de grano medio a fino con cantos de cuarzo dispersos y 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.

#### **4.1.3. Canales de sinuosidad intermedia**

Solo se han observado en las canteras de Tariego. El relleno se realiza mediante "cosets" de estratificación cruzada cuyos límites constituyen superficies de acreción lateral muy tendidas. Las medidas de las paleocorrientes tomadas en las estructuras menores muestran una escasa divergencia respecto el sentido de la acreción.

#### **4.1.4. Canales meandriformes**

En las canteras de Tariego se observa una organización compuesta por: "sets" de gravas en la base que corresponden al relleno del canal activo, y superficies de acreción lateral que constituyen los depósitos de "point bar". Están formados por "sets" de estratificación cruzada en los términos bajos, "cosets" de estratificación cruzada en surco y "climbing ripples" a techo.

Las lecturas de paleocorrientes tomadas en las láminas cruzadas ponen de manifiesto el carácter helicoidal del flujo siendo perpendiculares e incluso contrarias al sentido de la acreción.

#### **4.1.5. Depósitos de desbordamiento**

Solo se han reconocido en las canteras de Tariego. Están constituidos por niveles centimétricos de arena fina que desarrollan "cosets" de "ripples". Se interpretan como depósitos de "overbank".

### **4.2. LUTITAS**

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

#### 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.

#### 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. Incluyen escasos fragmentos de ostrácodos y caráceas. En algunas ocasiones contiene oncoides y son raros los pseudomorfos de yeso. Se interpretan como canales subacuáticos desarrollados en márgenes lacustres.

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.