

# ESTRATIGRAFÍA DEL CRETÁCICO SUPERIOR EN EL SONDEO DE "EL PRADILLO-1" (MADRID)

T. Polo<sup>1</sup>, M. Segura<sup>2</sup>, B. Carenas<sup>3</sup>, J. Gil<sup>2</sup> y J.F. García-Hidalgo<sup>2</sup>

(1) *Geolog S.P.A., Via Carlo Porta 21, 20098 San Giuliano Milanese, Milán-Italia.*

(2) *Departamento de Geología, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares (manuel.segura@uah.es).*

(3) *Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid.*

**Resumen:** Interpretando el control litológico y los registros de Rayos gamma, Sónico y Resistividad del Sondeo del Pradillo-1 (1980) se realiza una propuesta de sucesión estratigráfica detallada para los materiales del Cretácico. A partir de estos datos y mediante su correlación con las interpretaciones más recientes de los afloramientos del borde sur del Sistema Central se reconocen las unidades litoestratigráficas, las megasecuencias (2º orden) y las secuencias deposicionales (3º orden) que componen estos materiales.

**Palabras claves:** Cretácico Superior, Sistema Central, unidades litoestratigráficas, secuencias deposicionales y registros de sondeos.

**Abstract:** The stratigraphic succession of the Upper Cretaceous in "El Pradillo-1" well (1980) is described based on the Master-log, gamma ray, sonic and resistivity logs. These data and the correlation with Upper Cretaceous sections at the south of the Central System, allow the characterisation of four lithostratigraphic units, and their interpretation in terms of 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> order depositional megasequences and sequences.

**Key words:** Upper Cretaceous, Central System, lithostratigraphic units, depositional sequences, system tracts, well logs.

Polo, T., Segura, M., Carenas, B., Gil, J. y García-Hidalgo, J.F. (2002): Estratigrafía del Cretácico Superior en el sondeo de "El Pradillo-1" (Madrid). *Rev. Soc. Geol. España*. 16(1-2): 91-102.

En el Cretácico Superior que aflora en el borde Sur del Sistema Central entre Valdemorillo y Tamajón (Fig.1), se han realizado en los últimos años varios trabajos, que en una etapa inicial permitieron identificar las unidades litoestratigráficas definidas en la Cordillera Ibérica suroccidental y norcastellana, realizando las primeras determinaciones sedimentológicas (Alonso y Mas, 1982; Bellido *et al.*, 1986; Bellido *et al.*, 1988; Floquet *et al.*, 1982); en una etapa más reciente, diversos trabajos han: (i) modificado, precisado y ampliado la litoestratigrafía, (ii) establecido la estratigrafía secuencial y (iii) reconstruido su arquitectura deposicional (Gil *et al.* 1993; García *et al.*, 1996a; García *et al.*, 1996b), interpretándose estas sucesiones como las terminaciones hacia el margen costero (landward) de algunas de las secuencias deposicionales que se depositaron en el Surco Ibérico desde el Cenomaniense hasta el Campaniense.

La caracterización de estas secuencias deposicionales ha permitido la correlación detallada de las numerosas secciones estratigráficas que presenta el Cretácico en esta zona y ha facilitado la reconstrucción, a lo largo de una transversal (NE-SO), de la arquitectura estratigráfica del Cretácico en el margen occidental de la Cuenca Ibérica (García *et al.* 1996c).

El conocimiento preciso de la sucesión cretácica del borde sur del Sistema Central ha permitido, además, interpretar esas secuencias deposicionales en algunos de los sondeos más recientes, realizados por el Canal de Isabel II en la región de Torrelaguna, (Gil *et al.*, 2000), correlacionándolos detalladamente con los afloramientos de superficie.

En el presente trabajo, siguiendo con la línea anteriormente descrita, se presenta la interpretación de los datos litológicos y de sus "electrofacies" en el sondeo de "El Pradillo-1". Este sondeo fue realizado en 1980 por la empresa Shell España, al sur del Sistema Central en las proximidades de Alcobendas en la Comunidad de Madrid (40°34'24"N, 03°35'12"W, Gr) (Fig.1). Se trata de un sondeo profundo de 3534 m, en el que se cortan los depósitos Cenozoicos y Mesozoicos, llegándose hasta las rocas metamórficas del basamento.

El reconocimiento del patrón de apilamiento deposicional (2º, 3º y 4º orden) en el Cretácico del área de Torrelaguna ha permitido reconocer dentro de la sucesión cretácica cortada por el sondeo cuatro unidades litoestratigráficas correlacionables con las establecidas en superficie en el borde meridional del sistema Central y áreas más internas de la Cordillera Ibérica.

La interpretación se ha realizado a partir de los datos litológicos consignados en el informe final del pozo y de las diagráffas de resistividad, rayos gamma y sónico, con las consiguientes limitaciones que esto implica. En el caso de los carbonatos (calizas dolomíticas y dolomías calcáreas), nos inclinamos a pensar que no se trata de dos tipos bien definidos, sino de tipos muy similares con diferentes grados de dureza tal y como se señala en la descripción de las litologías.

### Sucesión estratigráfica del sondeo

El Cretácico descansa sobre una unidad de 114 m de limolitas arcillosas, gris oscuras, cementadas y micáceas, a cuyo techo se reconoce otra unidad de arcillas rojas a marrones, blandas y no calcáreas, de 16 m de espesor. A falta de una interpretación cronoestratigráfica más precisa, asignamos ambas unidades al Triásico por sus facies, posición estratigráfica y correlación con afloramientos del borde meridional del Sistema Central (Soto del Real, Barranco de Guadalix, Tortuero-Valdesotos).

Sobre estos materiales y dentro ya de la sucesión cretácica, se reconocen numerosos tramos, que de base a techo son los siguientes (Fig.2):

1.- 20 m. arenas limpias, blancas a grisáceas, micáceas, heterométricas y cementadas, en las que se intercalan tres niveles de arcillas rojas caracterizados por sendos picos altos del gamma-ray y por baja en resistividad y un nivel de carbón, descrito en los rípios del sondeo y que posicionamos en la parte media del tramo en el mínimo existente entre los dos niveles de arcillas caracterizados por alto gamma-ray.

2.- 13 m. arcillas rojas no calcáreas alternando con areniscas negras-grises-blancas, a veces verdes, translúcida a transparente, de granos angulares a subredondeados y alargados a esféricos; bien seleccionadas, cementadas, moderadamente duras, micáceas y con trazas de glauconita. Descrito en los rípios como porcentajes de 80% de arenas y 20% de arcillas, lo interpretamos como predominio de arcillas plásticas lavadas durante su muestreo, ya que los registros presentan valores muy altos de gamma-ray y valores bajos de resistividad.

3.- 2 m. dolomías calcáreas grisáceas, descritas como moderadamente dura a dura, muestran valores de rayos gamma de 60-80 API y resistividades de unos 20 ohm.m, así como unas electrofacies similares al que más tarde describiremos en el tramo 5.

4.- 2 m. anhidritas color crema, blandas reconocidas como tal por una velocidad de perforación muy lenta y por la descripción litológica de los rípios de perforación.

5.- 8 m. alternancia de dolomías calcáreas grisáceas y moderadamente duras a duras y calizas dolomíticas también grisáceas, blandas a moderadamente blandas. Esta alternancia se reconoce bien en el registro de rayos gamma, asignándose los valores bajos (40 API) para las calizas y ligeramente mayores (60-80 API) para las dolomías.

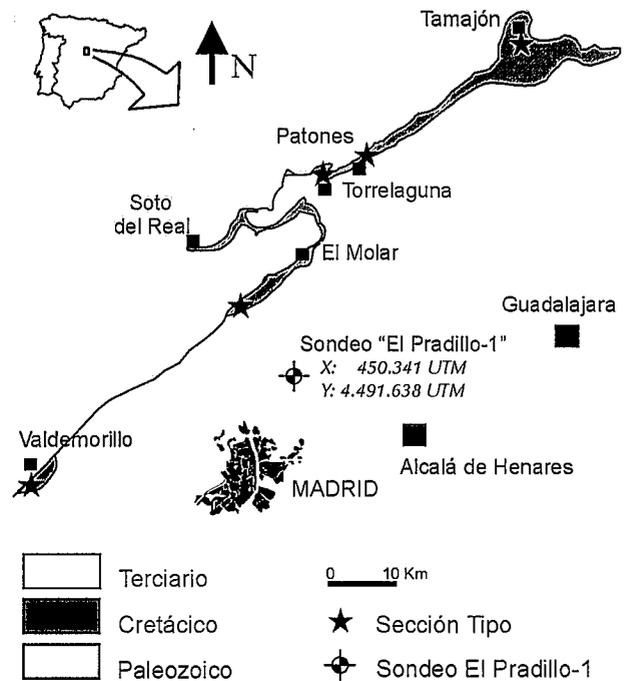


Figura 1.- Situación del sondeo del Pradillo-1 en relación con los afloramientos Cretácicos del Sur del Sistema Central y las secciones utilizadas para su correlación.

Asignamos los valores de 40 API a las calizas en función de los registros que presentan en el tramo 9, el cual, según la descripción del sondeo está exclusivamente formado por estos materiales. Sin embargo existe una discrepancia en la correlación entre el perfil de rayos gamma y las resistividades, ya que los picos de ambos a veces coinciden y otras se invierten, lo que interpretamos como una diferencia en el grado de compactación, recristalización y dolomitización, o en el contenido de arcillas.

6.- 1 m. arcillas rojizas posicionadas por un pico de alta radiactividad que alcanza hasta 160 API y que se ve también por una baja velocidad de tránsito en el sónico.

7.- 5 m. calizas dolomíticas y dolomías calcáreas semejantes a las descritas en el tramo 5. Presentan baja radiactividad y resistividades dispares, que pueden interpretarse como debidas a diferencias en la compactación, recristalización y dolomitización, fluidos etc.

8.- 7 m. alternancia de calizas y dolomías con un nivel de calizas arcillosas o margas en medio. Este nivel se posiciona también por un pico alto de rayos gamma.

9.- 26 m. calizas dolomíticas homogéneas similares a las descritas en los tramos 5 y 7. Presentan en la base un tramo de dolomías de 4 m de espesor, que muestra mayores valores de radiactividad y resistividad cercanos a los valores de dolomías descritas en el tramo 5.

10.- 8 m. alternancia de anhidritas de color crema, amorfas y blandas alternando con calizas dolomíticas.

11.- 29 m. dolomías en los que se reconocen intercalados hasta siete bancos de anhidritas blancas, con fenocristales y moderadamente duras. Se disponen en

dos conjuntos de carbonatación creciente hacia techo, siendo además el superior el más dolomítico.

12.- 35 m. alternancia de calizas arcillosas o margas de color gris claro y anhidritas blancas en un conjunto de carbonatación creciente hacia techo. Las calizas están descritas como arcillas que gradan a calizas, lo que interpretamos como calizas ligeramente arcillosas ya que presentan valores bajos de rayos gamma.

13.- 14 m. alternancia de anhidritas de color blanco, moderadamente duras y con fenocristales con arcillas marrón rojiza, ocasionalmente marrón oscuro, blandas, que se caracteriza en el registro de rayos gamma por una alternancia de máximos (correspondientes a las arcillas) con mínimos (pertenecientes a las anhidritas).

14.- 50 m. arcillas marrón rojiza, ocasionalmente marrón oscuro, blandas, con algunos niveles de limolitas arenosas que se reconocen por la disminución de la radiactividad natural y por el incremento del tiempo de tránsito en el sónico.

15.- 13 m. alternancia de anhidritas y limolitas arenosas. Las anhidritas se siguen claramente en el registro de resistividad ya que son más resistivas.

El techo se sitúa en un nivel de areniscas que atribuímos al Terciario, de acuerdo con los datos de superficie (Olmo Sanz & Martínez-Salanova, 1989) y las interpretaciones realizadas de éste y otros sondeos próximos (Querol *et al.*, 1989)

### Análisis secuencial

El análisis secuencial del sondeo de "El Pradillo-1" se ha realizado a partir de la columna estratigráfica del sondeo anteriormente descrita y de los registros de radioactividad natural (rayos gamma) y sónico. Se ha considerado preferentemente el registro de radioactividad por su mayor definición vertical y por considerarse menos influido por otros factores (presencia de fluidos, compactación, etc.); no obstante, siempre se ha tenido en cuenta los valores de las curvas del sónico para ratificar la importancia relativa que se le atribuye a estas variaciones.

Así mismo, un soporte fundamental en este análisis ha sido el conocimiento del patrón de apilamiento deposicional y cortejos sedimentarios del Cretácico en la región de Torrelaguna (Gil y García, 1996; Gil *et al.*, 2001; García-Hidalgo *et al.*, 2002) y de la arquitectura deposicional de estos materiales en todo el borde sur del Sistema Central (Gil *et al.*, 1993; Gil y García, *op. cit.*; García *et al.*, 1996c; García-Hidalgo *et al.*, 2001a, b, 2002).

En esta región el Cretácico está formado por un conjunto inferior terrígeno y otro superior carbonatado, definiendo respectivamente dos megasecuencias deposicionales asimilables a ciclos de 2º orden; internamente, estas megasecuencias están organizadas en ocho secuencias deposicionales de 3º orden, dentro de las cuales se reconocen varias secuencias internas de orden mayor (alta frecuencia). De todas ellas, las secuencias de 3º orden se convierten aquí en las unidades de refe-

rencia en campo para el análisis secuencial, al presentar un tamaño apropiado para su reconocimiento en los afloramientos, y una sucesión vertical de facies que permite identificar de forma relativamente sencilla, los cortejos sedimentarios internos.

Independientemente de su naturaleza siliciclástica o carbonatada, las secuencias gradan de facies costeras o de plataforma interna con fósiles claramente marinos (Gil *et al.*, 2002) a niveles arcillo-margosos verdes y amarillos con abundantes fragmentos de plantas (Álvarez Ramis *et al.*, 1992; Diéguez *et al.*, 1993). Son por tanto, secuencias somerizantes o regresivas que representan la etapa de alto nivel del mar (HST) del episodio eustático; la etapa transgresiva queda contenida en la discontinuidad basal de la secuencia y no desarrolla un cortejo transgresivo (TST). Excepcionalmente, existen algunas secuencias más completas en las que se individualiza un conjunto en la base de removilización energética y/o que muestra una tendencia sedimentaria contraria (profundización), atribuyéndose en este caso, a un TST, de escaso espesor respecto al del HST correspondiente (García-Hidalgo *et al.*, 2002).

El patrón de apilamiento deposicional descrito muestra una arquitectura de relleno en cuña a lo largo del borde meridional del Sistema Central, con una reducción de espesor del conjunto de la sucesión hacia el SO (margen costero), materializado en cada una de las secuencias deposicionales por relaciones de onlap sobre los materiales de las secuencias previas o del basamento paleozoico, lo que ayuda a entender la ausencia de cortejos transgresivos, y/o de toplap por los materiales de las secuencias superiores. Dentro de cada secuencia se reconocen cambios laterales de facies carbonatadas a terrígenas en el mismo sentido (SO), y en general, las secuencias superiores son más extensivas que las inferiores.

Para deducir los límites de las secuencias deposicionales en el sondeo se ha utilizado el contenido de arcillas deducido de la curva de radioactividad natural. Teniendo en cuenta el carácter proximal de los depósitos cretácicos en esta región, con sucesiones mixtas y carbonatadas de margen de cuenca, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Mientras que en una secuencia siliciclástica de plataforma profunda, un aumento de la arcillosidad nos indica una tendencia a materiales arcillosocrecientes y más marinos (Martínez del Olmo, 1996), en el borde de cuenca, la misma polaridad sedimentaria puede indicarnos contextos más someros debido a la presencia de arcillas costeras (con restos vegetales y/o niveles de carbón), que progradan hacia el interior de la cuenca en el contexto regresivo que impone el final de la etapa de alto nivel del mar de cada episodio deposicional.

b) En el intervalo exclusivamente carbonatado, que está formado por calizas y dolomías descritas en superficie como barras de plataforma interna con rudistas (Gil *et al.*, 2002), se ha considerado que un incremento en la arcillosidad no debe de indicar necesariamente los materiales más marinos. Las arcillas pueden ser en al-

gunos casos francamente marinas, pero la mayoría corresponden a depósitos costeros (ver supra) en los que abundan fragmentos vegetales, definiendo el límite superior de la secuencia deposicional. En cualquier caso, en curvas como las que presentan los carbonatos cretácicos del sondeo de El Pradillo-1, es difícil marcar los intervalos transgresivos y regresivos a escala de 3<sup>er</sup> orden, ya que las facies son en ambos casos calcareníticas, y sobre los depósitos tractivos o energéticos del episodio transgresivo, le suceden depósitos igualmente tractivos del episodio regresivo, tal y como también plantea Martínez del Olmo (1996).

c) En el conjunto carbonatado y evaporítico situado a techo (tramos 11 y 12; Fig. 2), hemos considerado que los máximos relativos de radioactividad nos indican claramente los intervalos más marinos de la secuencia que se corresponderían con los niveles carbonatados.

Estas consideraciones nos muestran la complejidad que presenta interpretar secuencial o genéticamente la curva de radioactividad natural en series de plataforma somera, ya que los niveles arcillosos (picos o valores altos) pueden representar tanto facies marinas como someras. Esto obliga a prestar una especial atención a los datos litológicos del sondeo y recurrir necesariamente al modelo deposicional establecido en superficie, estableciendo correlaciones con los afloramientos más cercanos; en este caso las series cretácicas de la región de Torrelaguna-Patones o de El Molar-Río Guadalix (Fig. 1).

En el tramo estudiado del sondeo "El Pradillo-1", se reconocen 3 megasecuencias deposicionales o ciclos transgresivo-regresivos de 2<sup>o</sup> orden (MS-2, MS-3 y MS-4; Fig. 3). Las dos primeras corresponden al Cretácico Superior ya que, como se describe a continuación, son correlacionables con las que se han reconocido en superficie; la última megasecuencia (MS-4) es de edad incierta, pudiéndose asignar al Cretácico terminal si se correlaciona con los niveles de arcillas, limos y anhidritas propuestos por Olmo y Martínez-Salanova (1989), Bellido *et al.* (1986) y Portero *et al.*, (1990), o al Terciario inferior (al menos en parte), si se correlaciona con las "Arcillas y margas ocreas con calizas tobáceas y yesos" reconocidas por Nodal y Águeda (1976) en el área de Torrelaguna.

Como se ha comentado anteriormente, en las arenas y dolomías que conforman el Cretácico de la región de Torrelaguna se reconocen dos megasecuencias deposicionales asimilables a ciclos transgresivo-regresivos de 2<sup>o</sup> orden (Fig. 3). El inferior es de naturaleza terrígena aunque presenta intercalaciones dolomíticas más abundantes hacia techo y al NE (Gil y García, 1996); está internamente formada por tres secuencias deposicionales de 3<sup>er</sup> orden, la inferior escasamente desarrollada debido a relaciones de onlap basal sobre el basamento paleozoico, acufiándose en las proximidades de Torrelaguna (García *et al.*, 1996; Gil *et al.*, 2001; García-Hidalgo *et al.*, 2001a).

La megasecuencia superior es de naturaleza carbonatada y en ella se han definido cinco secuencias depo-

sicionales de 3<sup>er</sup> orden (Gil y García, 1996; García *et al.*, 1996; García-Hidalgo *et al.*, 2001b), compuestas por paquetes carbonatados de unos 30 m de espesor medio separados por niveles margoarcillosos de presencia discontinua. Esta megasecuencia se correlaciona perfectamente por espesor, litología y facies con la segunda megasecuencia del sondeo (MS-3); ambas presentan una sucesión similar, formada por un conjunto carbonatado y dolomítico en la mitad inferior con pequeñas intercalaciones margoarcillosas, y un conjunto superior en el que las diferencias existentes son perfectamente explicables en un esquema de correlación, ya que lo que en superficie corresponde a brechas dolomíticas, en el sondeo es una alternancia de dolomías y anhidritas.

Uno de los tramos margoarcillosos aludidos en el párrafo anterior constituye un nivel guía de correlación regional por su continua presencia en todos los afloramientos, marcando el límite entre la segunda y tercera secuencia de 3<sup>er</sup> orden en superficie. Dicho nivel ha sido identificado en el tramo 8 de la descripción litológica en del sondeo, coincidiendo con unos máximos relativos en la curva de radioactividad natural; su reconocimiento aporta la clave para interpretar secuencialmente la megasecuencia MS-3 en el sondeo, ya que por encima de él quedan tres secuencias de 3<sup>er</sup> orden, de carbonatación creciente tanto en sondeo como en superficie, y por debajo, las dos secuencias restantes, aunque con un menor desarrollo en el sondeo (15 y 20 m respectivamente) y con facies más proximales o costeras. Los límites de estas cinco secuencias internas quedan resaltados por pequeños máximos relativos y cambios de estilo en las curvas de radioactividad natural y sísmico.

La *megasecuencia inferior (MS 2)*: presenta en este sondeo un escaso desarrollo (20 m) y está organizada en dos secuencias deposicionales internas de orden mayor, separadas por un nivel de arcillas con una intercalación de carbón, que se interpreta como depósitos de margen litoral. La primera secuencia interna representa un episodio eustático en el que la etapa transgresiva está contenida en la discontinuidad basal (prácticamente no ha dejado registro) y son los materiales de la etapa de alto nivel del mar los que mayoritariamente componen la secuencia, mostrando una tendencia regresiva de arcillosidad creciente a techo (progradación de los cinturones de facies costeros) que culmina con el nivel de carbón mencionado.

La segunda secuencia interna se interpreta como los depósitos de un nuevo episodio eustático, en el cual tendríamos representado de nuevo los materiales de la etapa de alto nivel del mar mostrando una tendencia regresiva creciente hacia la discontinuidad de techo, pero en este caso, puesta de manifiesto por un descenso de los valores de radioactividad. Esto implicaría la presencia de arcillas de offshore en la base de la secuencia, situación coincidente con lo observable en el afloramiento de Arrebatacapas. (García-Hidalgo *et al.*, 2003).

En superficie, los sedimentos equivalentes son arenas finas a medias con intercalaciones arcillosas o car-

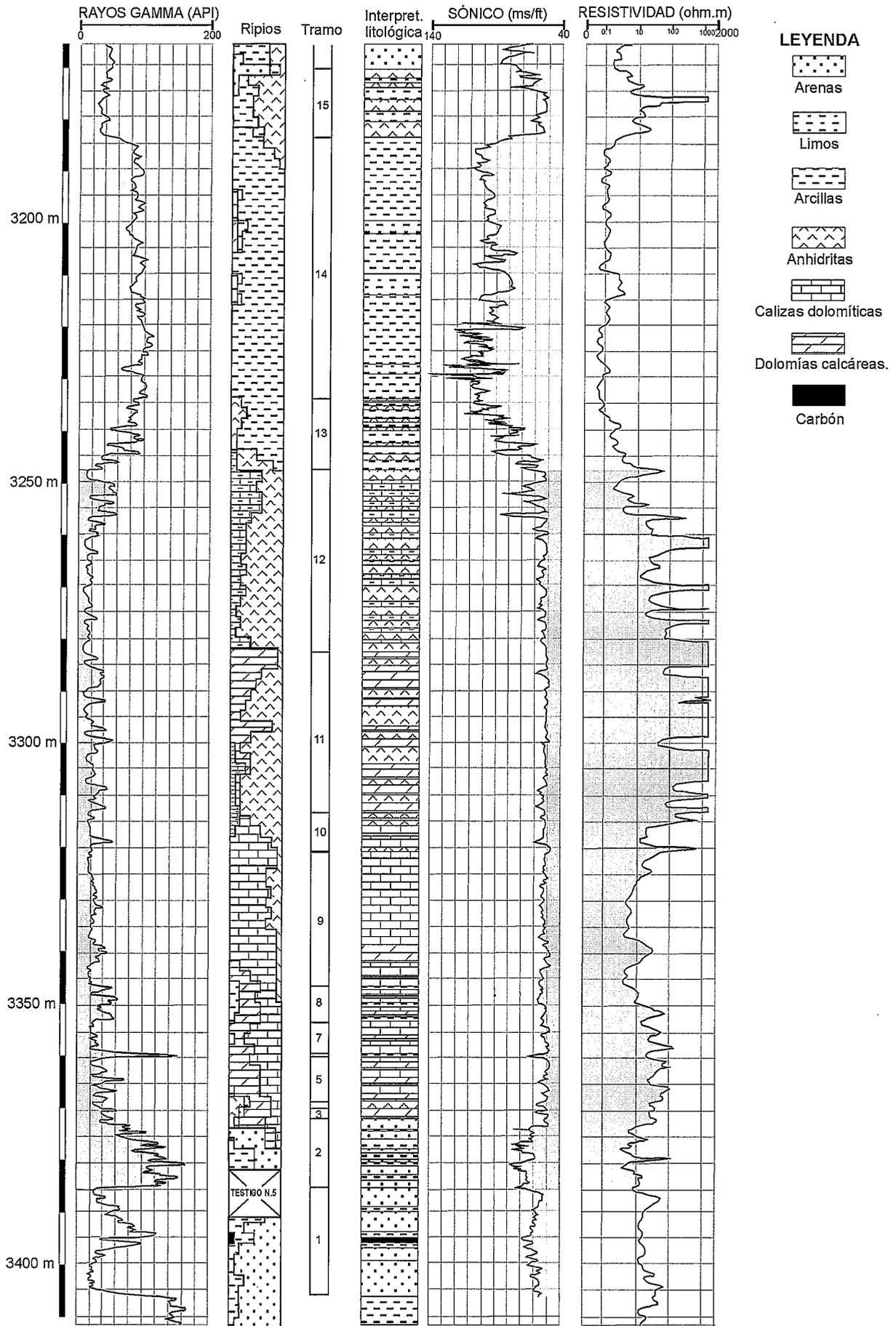


Figura 2.- Sucesión sedimentaria del Cretácico en el sondeo del Pradillo-1, deducida del control litológico y de los registros eléctricos de radioactividad natural, sísmico y resistividad.

bonatadas (secciones del Barranco de Guadalix, El Molar, Soto del Real). Estas arenas se interpretan como los depósitos más extensivos sobre el margen costero de las secuencias de 3<sup>er</sup> orden del Turoniense Inferior y Medio (SD-2 y SD-3 en Gil *et al.*, 2001; 2.5 y 2.6 en Segura *et al.*, 2001; Secuencia Patones y Secuencia El Molar en García-Hidalgo *et al.*, 2003; Fig. 3), representando las dos únicas secuencias de 3<sup>er</sup> orden de la Megasecuencia de 2<sup>o</sup> orden del Albiense Superior-Turoniense Medio (MS-2 en este trabajo). El límite entre la etapa transgresiva y la regresiva en este episodio de 2<sup>o</sup> orden se localiza dentro de la secuencia 2.5 (Segura *et al.*, 2001; García-Hidalgo *et al.*, 2003), que es la que presenta facies y faunas de plataforma externa hasta la Cordillera Ibérica Central y zona de enlace con el Sistema Central. Las secuencias restantes (2.1 a 2.4) se han acuñado dibujando un extenso *onlap* costero sobre el margen costero del Macizo Hespérico (Segura *et al.*, 2001; Gil y García, 1996; García-Hidalgo *et al.*, 2001a). Así mismo, reconocen varias secuencias de orden mayor (4<sup>o</sup> orden o conjuntos de parasecuencias) dentro de cada secuencia de 3<sup>er</sup> orden (García-Hidalgo *et al.*, 2001a; Gil *et al.*, 2001; García-Hidalgo *et al.*, 2003).

En el sondeo, la interpretación genética de las dos secuencias internas de MS-2 es algo más problemática, ya que presenta dos posibilidades: a) que cada secuencia represente la secuencia de 4<sup>o</sup> orden más extensiva de las dos secuencias de 3<sup>er</sup> orden mencionadas en el párrafo anterior (SD-2 y SD-3 en Gil *et al.*, 2001; Secuencia Patones y Secuencia el Molar en García-Hidalgo *et al.*, 2003; 2.5 y 2.6 en Segura *et al.*, 2001); y, b) que correspondan a dos secuencias de 4<sup>o</sup> orden de la secuencia deposicional de 3<sup>er</sup> orden más marina y extensiva (SD-2, Gil *et al.*, 2001; Secuencia Patones, García-Hidalgo *et al.*, 2003; 2.5 Segura *et al.*, 2001). Esta última interpretación parece la más lógica vista la tendencia que presentan los registros del perfil de radioactividad en el sondeo, y lo observado en superficie, ya que en el afloramiento más occidental del borde sur del Sistema Central (Valdemorillo), se reconocen dos secuencias de 4<sup>o</sup> orden dentro de la secuencia de 3<sup>er</sup> orden 2.5.

La segunda *megasecuencia deposicional* (MS3): tiene un espesor de 140 m y comienza con un nivel de arenas basal, calizas y dolomías en su parte central y niveles de dolomías con intercalaciones de anhidritas en el tramo superior.

Esta sucesión litológica es coincidente con lo que se observa en superficie para el Cretácico en la región de Torrelaguna-Patones, donde sobre los niveles de la Megasecuencia MS-2 descansa otra megasecuencia deposicional de 160 m de espesor. El límite entre ambas es una importante discontinuidad estratigráfica con estructuras de brechificación, ferruginización, erosión, etc. (Gil *et al.*, 1999), asociada a la cual aparece un nivel discontinuo de arenas costeras (Arenas de Somolinos; Segura *et al.*, 1999) que representan un avance en los cinturones de facies litorales hacia el centro de la cuenca, reflejo de una caída eustática de orden mayor y

por tanto, de un importante límite secuencial. Desde un punto de vista genético, estas arenas representan los depósitos de margen costero de plataforma (LSW) en un contexto de bajo nivel del mar (Gil *et al.*, *op. cit.*). Por encima, aflora un cuerpo carbonatado central, las calizas y dolomías que constituyen las cuestas en Torrelaguna, y termina con un conjunto de brechas dolomíticas (Brechas del Pontón de la Oliva; Fig. 3), equivalentes en el sondeo al conjunto dolomítico-anhidrítico superior. Dentro del cuerpo carbonatado central, el conjunto inferior de naturaleza dolomítico-tableada (Fm. Tranquera) representa la etapa transgresiva de la megasecuencia y el resto, la etapa regresiva; el límite entre ambas etapas se localiza en la Fm. Hortezuolos que es la que en áreas más internas de la Cordillera Ibérica aporta el segundo nivel de ammonoideos más importante de todo el Cretácico Superior (Segura *et al.*, 2001, 2002) y que en el borde meridional del Sistema Central presenta las facies más marinas y bioclásticas con abundantes niveles de acumulación de rudistas.

Los trabajos más recientes (Gil y García, 1996; García-Hidalgo *et al.*, 2001b) reconocen en estos materiales carbonatados la presencia de cinco secuencias deposicionales de 3<sup>er</sup> orden, separadas por tramos arcillosos azoicos o con fragmentos de plantas. Se ha interpretado que los límites de las secuencias deposicionales se sitúan a techo de estos tramos arcillosos, ya que los niveles con plantas se relacionan con los depósitos costeros de baja energía terminales de cada episodio deposicional. Excepcionalmente, el límite de secuencias puede encontrarse dentro del tramo arcilloso, en cuyo caso, la siguiente secuencia da comienzo con facies nuevamente arcillosas o calcoarcillosas con abundantes bioclastos, representando un pequeño episodio transgresivo (TST) a escala de 3<sup>er</sup> orden.

En el sondeo "El Pradillo-1" el límite inferior de la megasecuencia MS-3 está marcado por un brusco incremento en los valores de radiactividad (Fig. 2), los cuales siguen subiendo durante un intervalo de 5 m hasta alcanzar valores de 170 API, marcando el máximo transgresivo del megaciclo. A partir de ese punto, 3380 m, se produce un descenso en la arcillosidad, que en los 10 primeros metros es muy rápido y en el resto muy lento, marcando un gran intervalo regresivo.

Esta disminución de los valores del perfil de radioactividad sólo se ve interrumpida en los 10 metros finales en los que la curva se invierte, reflejando un incremento en la proporción de arcillas. En el contexto regresivo que impone el final del episodio eustático de 2<sup>o</sup> orden, estas arcillas sólo pueden interpretarse como facies de ambientes marginolitorales de baja energía, reflejando la progradación de los cinturones de facies costeros hacia la cuenca.

Dentro de esta megasecuencia (MS-3), la sucesión estratigráfica muestra una distribución vertical de facies que, unida por un lado a los pulsos menores que se detectan en la curva de radioactividad (puntos de inflexión, cambios de estilo, etc.) y por otro, al reconocimiento de un nivel guía de correlación regional en el



tramo 8 de la sucesión litológica del sondeo, permite identificar cinco secuencias deposicionales de 3<sup>er</sup> orden, correlacionables con las identificadas en superficie (García-Hidalgo *et al.*, 2001b). Cada una de estas secuencias de orden mayor muestran un estilo de electrofacies característico, derivado lógicamente de los materiales que las componen, aunque en general dentro de cada una de ellas se observa un rápido incremento de la arcillosidad, de escaso desarrollo vertical, asociado a la base de la secuencia, seguido por un descenso más progresivo en el resto; el incremento inicial de la arcillosidad va disminuyendo progresivamente en las secuencias superiores hasta ser irreconocible en la última de ellas. Ambas señales pueden interpretarse genéticamente como las etapas transgresiva y de alto nivel del mar (de carácter regresivo creciente a techo) de cada episodio eustático de 3<sup>er</sup> orden.

La primera de estas secuencias de 3<sup>er</sup> orden (S-3.1) es de naturaleza predominantemente siliciclástica (tramos 2 a 4 de la sucesión estratigráfica; Fig. 3), dibujando un rápido incremento de los registros de radioactividad en los 5 m iniciales y una disminución más gradual en el resto de la secuencia. Este cambio de tendencia delimita una rápida etapa transgresiva de reducido espesor en el que aumenta la proporción de arcillas, seguida por una etapa de alto nivel del mar en el que se produce el relleno del espacio de acomodación creado en la etapa anterior, todo ello en facies de ambientes costeros siliciclásticos. La secuencia finaliza en un nivel evaporítico (tramo 4; Fig. 3) que pone fin al contexto regresivo de esta segunda etapa.

La segunda secuencia de 3<sup>er</sup> orden (S-3.2) está formada por calizas y dolomías (tramos 5 a mitad inferior del 8; Fig. 3). La curva de radioactividad muestra una tendencia transgresivo-regresiva similar a la anterior pero de menor intensidad en general y desdoblada en dos pulsaciones de menor amplitud separadas por un pico muy elevado a 3360 m. Estos dos pulsos menores pueden corresponder a dos secuencias internas de alta frecuencia (4<sup>o</sup> orden), ya que como se observa en los afloramientos de superficie dentro del mismo episodio eustático de 3<sup>er</sup> orden (3.2 en Segura *et al.*, 2001; Secuencia Hortezielos en García-Hidalgo *et al.* 2001b) se han identificado dos secuencias de 4<sup>o</sup> orden de desarrollo desigual, fácilmente identificables por la presencia de un tramo arcillo-margoso de presencia discontinua. Por esta razón, interpretamos el pico de radioactividad como un límite de secuencias de 4<sup>o</sup> orden y no de rango mayor (2<sup>o</sup>, 3<sup>er</sup> orden) como pudiera imaginarse a partir del alto valor del registro (150 API), ya que el rango de una discontinuidad no viene dado por el valor puntual que ésta adquiere en un afloramiento o en el registro de un sondeo (puede verse resaltado por factores locales), sino por su continuidad a lo largo de toda la cuenca.

La tercera secuencia de 3<sup>er</sup> orden (S-3.3) también está formada por calizas y dolomías con un tramo a techo de naturaleza evaporítica que marca el final del episodio eustático (resto del tramo 8 a 10; Fig. 3). En el registro de radioactividad se reconoce como un conjun-

to de aspecto homogéneo con valores bajos (entorno a 20-40 API) que se interpretan como correspondientes a dolomías o a calizas margosas. Este aspecto homogéneo se reconoce también en la curva del sónico con valores ligeramente decrecientes que van de 60 a 50 ms/ft. Ahora bien, en la curva de radioactividad se observan tendencias menores de arcillosidad creciente-decreciente que se repiten con cierta regularidad, siendo más difíciles de reconocer en la curva del sónico. Estas tendencias se pueden interpretar como episodios eustáticos de orden mayor (4<sup>o</sup> y/o 5<sup>o</sup> orden) cuyo reconocimiento en superficie queda resaltado por la distribución lateral y vertical de facies y, como ocurría en la secuencia inferior (S-3.2), por la existencia de niveles arcillo-margosos de presencia discontinua (Secuencia Hontoria; García-Hidalgo *et al.*, 2001b).

La cuarta secuencia de 3<sup>er</sup> orden (S-3.4) está formada por una alternancia de dolomías y anhidritas (tramo 11; Fig. 3), definiendo en la vertical una secuencia de carbonatación creciente a techo, tal y como claramente refleja los registros litológicos del sondeo. Sin embargo, presenta una curva de arcillosidad más compleja que la secuencia anterior, en la que alternan numerosos picos que oscilan entre 10 y 60 API, pero su tendencia general es ligeramente decreciente. Esta tendencia decreciente se observa también en la curva del sónico, donde se alcanzan valores de 50 ms/ft, y reflejaría una proporción ligeramente mayor de anhidritas a techo (contraria a los registros litológicos del sondeo), y por tanto, un incremento de las condiciones de evaporación en el mismo sentido, tendencia más lógica en el contexto regresivo que impone el final de un HST.

La última secuencia de 3<sup>er</sup> orden (S-3.5), formada por calizas arcillosas y anhidritas (tramo 12; Fig. 3), mostrando el mismo problema que la anterior; los registros del sondeo muestran un claro incremento en la proporción de carbonatos hacia techo en perjuicio de la de anhidritas, mientras que los valores de las curvas de radioactividad y sónico muestran una tendencia ligeramente contraria (evaporación creciente), salvo en los diez metros finales en los que ambas curvas invierten sus registros.

Aunque a escala de 3<sup>er</sup> orden, ambas secuencias no reflejan de manera clara unas condiciones de evaporación creciente a techo, a menor escala si la cumplen, puesto que los procesos de evaporación han sido más intensos en S-3.5 que en S-3.4, a juzgar por la proporción de anhidritas en ambas secuencias. Esto encaja perfectamente en el contexto regresivo que impone el final del episodio de 2<sup>o</sup> orden en el que se inscriben (MS-3).

La megasecuencia deposicional (MS4): tiene un espesor de 63 m y está formada por depósitos siliciclásticos finos, arcillas y limos, lo que supone una ruptura sedimentaria importante, con un cambio neto de los ambientes sedimentarios y la instalación de sistemas costeros o continentales.

En este tipo de materiales, el mayor o menor contenido en arcillas solo puede relacionarse con el gradien-

te hidráulico del sistema deposicional en cuestión, debido al carácter estocástico que gobierna el ritmo de los eventos de depósito en estos ambientes (Schwarzacher, 2000). Sin embargo, cuando la línea de costa está próxima los ambientes sedimentarios siliciclásticos se pueden ver igualmente afectados por las variaciones eustáticas del nivel del mar debido a las modificaciones que estas generan en el nivel de base de los sistemas fluviales o fluviocosteros; un episodio transgresivo genera una elevación del nivel de base y ello se traduce en una disminución del gradiente energético y en un incremento de la proporción de arcillas; un episodio regresivo provoca el efecto contrario, un encajamiento del nivel de base, un incremento del gradiente energético de los sistemas costeros y una disminución del porcentaje de siliciclásticos finos.

Esto es precisamente lo que en esta última megasecuencia (MS-4) tienden a reflejar las curvas de radioactividad y del sónico, permitiendo reconocer dos grandes conjuntos sedimentarios: a) uno inferior en el que se observa un incremento gradual de la radioactividad, y por tanto del contenido en arcillas, hasta valores de 115 API a una profundidad de 3222 m, mostrando una tendencia similar en el perfil sónico, aunque en ella se aprecian unos mínimos acusados que le confieren un estilo propio de electrofacies y que pueden estar asociados a la presencia de superficies ferruginosas, hardgrounds, etc.; b) un conjunto superior que muestra un estilo de electrofacies diferente en el perfil sónico y una disminución progresiva de los valores de radioactividad, salvo en los catorce metros finales en los que el descenso es muy acusado debido a la presencia de facies evaporíticas.

Ambos conjuntos se interpretan como la respuesta de estos sistemas deposicionales siliciclásticos a las etapas transgresiva y regresiva respectivamente de este último episodio eustático de 2º orden. Además, ampliando la escala de observación, se reconoce que la curva de radioactividad natural está organizada internamente en varios intervalos de arcillosidad creciente-decreciente de menor amplitud vertical que se repiten regularmente, y que pueden ser interpretados como secuencias deposicionales internas debidas a episodios eustáticos de orden mayor (¿3º orden?); en superficie, la escasez y baja calidad de los afloramientos, no ha aportado hasta el momento ningún tipo de datos en este sentido. En definitiva, y aunque los fenómenos tectónicos no pueden descartarse, en los registros del sondeo hay datos evidentes para pensar que existe una respuesta de estos ambientes siliciclásticos a variaciones eustáticas del nivel del mar de diferente rango y que por lo tanto se encuentran bajo su ámbito de influencia (¿llanuras de inundación costeras?).

### Unidades Litoestratigráficas

De acuerdo con los registros eléctricos y litológicos del sondeo, se pueden definir cuatro unidades litoestratigráficas de subsuelo, que no se proponen formalmente

pendientes del análisis estratigráfico y secuencial de otros sondeos de la Cuenca del Tajo (Torralba, Baidés, Santa Bárbara, etc.). No obstante, el modelo de apilamiento deposicional descrito en el apartado anterior permite correlacionar estas unidades con las definidas en los afloramientos del borde meridional del Sistema Central (Fig.3).

#### *Unidad de arenas y arcillas.*

Formada por 33 m de arenas y arcillas, que en función de su posición estratigráfica, discordantes sobre materiales triásicos y por debajo del conjunto carbonatado del Cretácico Superior, deberán ser incluidas en la Fm. Arenas de Utrillas en sentido amplio, aunque su atribución precisa requiere la correlación del sondeo con otros más próximos. Dentro de esta unidad se distinguen dos conjuntos litológicos, uno arenoso basal de 10 m, sobre el que descansa un nivel de carbón y otro superior formado por dos secuencias granocrecientes de arcillas que gradan a arenas.

La correlación de las secuencias deposicionales identificadas en el sondeo con las establecidas al Sur del Sistema Central, nos permite correlacionar el conjunto inferior con el miembro Arenas de Patones (Gil y García, 1996; García-Hidalgo *et al.*, 2001a, 2002) o con la Formación Arenas y Arcillas de Castro de Fuentidueña (Alonso y Mas, 1982), si bien en el sondeo presenta facies netamente mas arenosas. Por otra parte el conjunto superior es correlacionable con las Arenas del Molar y Capa Arenas de Somolinos (Gil y García, 1996; Gil *et al.*, 1999; García-Hidalgo *et al.*, 2001a, 2002) o con las arenas de la Fm. Segovia (Alonso y Mas, 1982).

#### *Unidad de calizas y dolomías.*

Formada por 53 m de una alternancia de calizas dolomíticas y dolomías calcáreas con escasos y delgados niveles arcillosos intercalados.

Consideramos este conjunto dolomítico asimilable a la Fm. Dolomías de Somolinos, unidad que ha sido definida en superficie en el extremo oriental del Sistema Central en una posición estratigráfica equivalente (García-Hidalgo *et al.*, 1997; Segura *et al.*, 1999), aunque en su zona tipo descansa sobre la Fm. Calizas bioclásticas de Muñecas o su equivalente dolomítico, Fm. Pantano de la Tranquera.

La correlación de las secuencias de 3º orden con los afloramientos de superficie del borde sur del Sistema Central permiten atribuir la parte basal de esta unidad (tramos 3 y 4) al techo de la Fm. Pantano de la Tranquera. Las anhidritas que forman el tramo 4 no han sido observadas en superficie, aunque en algunos sondeos como el del Sifón de los Yesos (Gil *et al.*, 2000) sí se observa la presencia de brechas afectando al techo de la unidad infrayacente (Fm. Tranquera), que se pueden interpretar originadas por la disolución de un nivel de evaporitas similar al aquí reconocido.

La zona intermedia (tramo 5 al 8 inclusive) equivale a las calizas dolomíticas con intercalaciones arcillosas,

que en la sección del Barranco de las Cuevas han sido consideradas como Fm. Hortezielos (Gil y García, 1996, Gil *et al.*, 1999, 2002; Segura *et al.*, 2000; García-Hidalgo *et al.*, 2001b), cuya fauna de rudistas permite datarla como Coniaciense (Gil *et al.*, 2002).

El máximo relativo en los registros de radioactividad y sísmico de las arcillas del tramo 6 ha sido interpretado, a partir de los datos de superficie, como un límite de secuencias internas de alta frecuencia (4º orden), relacionando dicho máximo con factores locales que amplifican el registro; el estudio de otros sondeos de la Cuenca del Tajo, confirmará o corregirá esta interpretación.

Así mismo, las arcillas del tramo 8 constituyen un nivel básico para la correlación de este sondeo con los afloramientos de superficie, ya que en todo el borde Sur del Sistema Central, entre las calizas dolomíticas y dolomías de Hortezielos y las dolomías de la Fm. Hontoria (unidad suprayacente), se observa un tramo de margas blancas muy someras, con fragmentos de plantas.

El tramo 9 se correlaciona con las dolomías que en el Sur del Sistema Central han sido atribuidas a la Fm. Hontoria. Aquí se trata de calizas parcialmente dolomitizadas en las que se intercalan algunos delgados niveles arcillosos.

#### *Unidad de dolomías y anhidritas*

Formada por 75 m de una alternancia de dolomías calcáreas, calizas dolomíticas y anhidritas (tramos 10 a 13, ambos inclusive).

En los afloramientos del borde meridional del Sistema Central no se reconoce esta unidad con la composición de dolomías y anhidritas aquí observada. En su lugar, con un espesor semejante se reconocen la Fm. Calizas del Burgo de Osma (Gil y García, 1996) y la Fm. Brechas del Pontón de la Oliva (Nodal y Águeda, 1976; Corchón, 1976). Sin embargo, hacia la Cordillera Ibérica Suroccidental es correlacionable por posición estratigráfica y facies con el tramo superior de la Fm. Brechas Dolomíticas de Cuenca, descritas en la Cordillera Ibérica Suroccidental (Vilas *et al.*, 1982).

Este cambio litológico se observa en el Cretácico Superior de todos los sondeos realizados en la Cuenca del Tajo y ha sido interpretado como un proceso de disolución por aguas meteóricas de las evaporitas y la transformación de las calizas en dolomías, al tiempo que se destruye la estratificación (Yébenes, 1975; Meléndez, 1975).

En el sondeo, esta unidad consta de dos conjuntos litológicos: a) Uno inferior, formado preferentemente por dolomías y anhidritas, se trata de un miembro de carbonatación creciente a techo, el cual, mediante el análisis secuencial es correlacionable en el borde S del Sistema Central con la Fm. Burgo de Osma; b) Un conjunto superior formado por calizas arcillosas y anhidritas; se trata también de una secuencia de carbonatación creciente que por los mismos criterios secuenciales sería correlacionable con la Fm. Pontón de la Oliva, y al menos con parte de la Fm. Valle de Tabladillo descrita en el N del Sistema Central (Alonso, 1981).

#### *Unidad de arcillas, limos y anhidritas.*

Formada por 77 m de una alternancia de arcillas y limos con unos paquetes de anhidritas a techo de la formación (tramo 14). Un conjunto arcilloso mostrando una electrofacies análoga ha sido descrita (Querol *et al.*, 1989) en el cercano sondeo de "Santa Bárbara-1" como arcillas con presencia de Carofitas a las que se atribuye una edad Eoceno Superior-Oligoceno Inferior. Sin embargo, en superficie se ha descrito una unidad equivalente a ésta sobre las formaciones dolomíticas cretácicas en el borde Sur del Sistema Central (Bellido *et al.*, 1986, 1988; Olmo y Martínez-Salanova, 1989) como arcillas con intercalaciones de arenas arcósicas, niveles de yesos y sílex. Dicha unidad coincide en su posición estratigráfica y características litológicas con la identificada en este sondeo y ha sido atribuida cronoestratigráficamente al Maastrichtiense (Bellido *et al.*, *op. cit.*), hecho que encaja mejor con el carácter costero que se atribuye a sus sistemas deposicionales y con la influencia eustática en el ritmo de los eventos de depósito (ver supra).

#### **Conclusiones**

El análisis conjunto de los datos litológicos consignados en el informe final de pozo y de los registros eléctricos de radioactividad natural, resistividad y sísmico permiten reconstruir en detalle la sucesión estratigráfica del Cretácico del sondeo de "El Pradillo-1".

Sin embargo, la interpretación de esta sucesión estratigráfica sólo ha sido posible a partir del conocimiento que actualmente se tiene de la estratigrafía en sentido amplio (lito y bioestratigrafía, secuencias deposicionales y cortejos sedimentarios) y de la arquitectura deposicional del Cretácico en el borde meridional del Sistema Central, mostrando un esquema de correlación perfectamente lógico en el contexto paleogeográfico en el que nos encontramos: margen costero del Surco Ibérico hacia el Macizo Hespérico.

La utilización de forma combinada de criterios litológicos y del análisis secuencial ha permitido identificar en el sondeo los episodios deposicionales y las unidades litoestratigráficas definidas en el borde meridional del Sistema Central (Fms. Somolinos y Pontón de la Oliva), facilitando la correlación por debajo de la Cuenca del Tajo de las unidades litoestratigráficas de la Cordillera Ibérica Septentrional (Fms. Hortezielos, Hontoria del Pinar, Burgo de Osma y Valle de Tabladillo) y las de la Serranía de Cuenca (Fms. Brechas de Cuenca y Villalba de la Sierra).

#### **Agradecimientos**

Los autores agradecen la revisión del trabajo a los Dres. A. García Quintana y W. Martínez del Olmo en la seguridad de que sus aportaciones han contribuido a mejorar la calidad del mismo y facilitar su lectura.

## Referencias

- Alonso, A. (1981): El Cretácico de la provincia de Segovia (borde Norte del Sistema Central). *Seminarios de Estratigrafía, Serie Monografías*, 7:271p
- Alonso, A. y Mas, R. (1982): Correlación y evolución paleogeográfica del Cretácico al norte y al sur del Sistema Central. *Cuadernos Geología Ibérica*, 8:145-166.
- Álvarez Ramis, C., Fernández Marrón, M.T. y Gómez Porter, P. (1992): Presencia de restos de *Glyptostrobos* próxima a la especie actual *G. lineatus* (Poirot) Druce en niveles terminales de la serie supracretácica del borde sur de la Sierra de Guadarrama, Barranco de Patones (Madrid). *Actas III Congreso Geológico de España*, 1: 483-486.
- Bellido Mulas, F., Casquet, C., González Lodeiro, F., Martín Parra, L.M., Martínez-Salanova, J., Navidad. M. y Del Olmo Sanz, A. (1986-87): *Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja nº 509* (Torrelaguna), IGME, Madrid.
- Bellido, F., Escuder, J., Klein, E. y Del Olmo Sanz, A. (1988): *Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja nº 484* (Buitrago del Lozoya). IGME, Madrid
- Corchón, F. (1976): Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrelaguna (Madrid y Guadalajara). *Boletín Servicio Geológico O.P.*, 40: 189 págs.
- Diéguez, M.C., Montero, A. y Barrón, E. (1993): Las floras fósiles de la Comunidad de Madrid. En: *Madrid antes del hombre*. Museo Nacional de Ciencias Naturales y Comunidad de Madrid, 15-20.
- Floquet, M., Alonso, A. y Meléndez, A. (1982): Cameros-Castilla. El Cretácico superior. En: *El Cretácico de España* (A. García, et al. Eds). Univ. Complutense Madrid: 387-453.
- García, A., Segura, M., García-Hidalgo, J., Ruiz, G. y Gil, J. y Carenas, B. (1996a): Discontinuidades estratigráficas y secuencias deposicionales del Cretácico medio (Albiense superior - Turoniense medio) en la Cordillera Ibérica central y el Sistema Central meridional. *Geogaceta*, 20: 119-122.
- García, A., García-Hidalgo, J. F, Segura, M., Gil, J., Carenas, B. y Ruiz, G. (1996b): Secuencias deposicionales del Cretácico superior no terminal (Turoniense superior - Campaniense inferior) en la zona central de la Península Ibérica (Cordillera Ibérica y Sistema Central). *Geogaceta*, 20: 123-126.
- García, A., Gil, J. y Segura, M. (1996c): La terminación sobre el Macizo Hespérico de las plataformas sedimentarias cretácicas del Surco Ibérico, a lo largo del flanco meridional de la Cordillera Carpetana (Guadalajara y Madrid). En: *Itinerarios Geológicos desde Alcalá*. (Segura, M.; Bustamante, I. y Bardaji, T. Eds.) 247-269. Universidad de Alcalá.
- García-Hidalgo, J.F., Segura, M. y García, A. (1997): El Cretácico del borde septentrional de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. *Revista de la Real Sociedad Geológica de España*, 10: 39-53.
- García-Hidalgo, J.F., Gil, J. y Segura, M. (2001a): Sedimentología de la sucesión cretácica basal en el borde sur del Sistema Central (Madrid). *Geotemas*, 3.
- García-Hidalgo, J.F., Gil, J. y Segura, M. (2001b): Sedimentología de la sucesión carbonatada en el borde sur del Sistema Central (Madrid). *Geotemas*, 3.
- García-Hidalgo, J. F., Gil, J. y Segura, M. (2003): Sedimentología de los términos basales de la sucesión cretácica en el borde sur del Sistema Central. *Journal of Iberian Geology*, 29: 57-72.
- Gil, J. y García, A. (1996): El Cretácico del borde meridional del Sistema Central. Unidades litoestratigráficas y secuencias deposicionales. *Estudios Geológicos*, 52: 37-49.
- Gil, J., Domínguez, C. y Segura, M. (2001): Mineralogía y estratigrafía de los materiales terrígenos del Cretácico superior en la sección de Arrebatacapas (Torrelaguna, Madrid). *Geogaceta*, 30: 151-154.
- Gil, J., García, A. y Segura, M. (1993): Secuencias deposicionales del Cretácico en el flanco sur del Sistema Central. *Geogaceta*, 13: 43-45.
- Gil, J., García-Hidalgo, J.F., Segura, M. y Iglesias, J. A. (2000): Estratigrafía del Cretácico en el sondeo del Sifon de los Yesos (Torrelaguna) y su correlación con afloramientos de superficie. *Estudios Geológicos*, 56: 19-29.
- Gil, J., Pons, J.M. y Segura, M. (2002): Redescrición de *Bournonia gardonica* (Toucas, 1907) (Radiolitidae, Bivalvia) y análisis de las facies en que aparece (Coniaciense, Sistema Central, España). *Revista Española de Paleontología*, 17 (2): 245-256
- Gil, J., Segura, M. y García-Hidalgo, J.F. (2001): Caracterización de los rizolitos en el Cenomaniense superior de Torrelaguna (Madrid): significado sedimentológico y estratigráfico. *Bol. R. Soc. Española de Historia Natural*, 96: 39-47.
- Gil, J., Segura, M. y García-Hidalgo, J.F. (1999): Stratigraphic and sedimentologic análisis of the Cretaceous at "Barranco de las cuevas" (Patones, Madrid): A geological interest site in the Community of Madrid. En: *Towards the Balanced Management and Conservation of the Geological Heritage in the New millenium* (D. Baretino, M. Vallejo y E. Gallego, Eds.), Madrid (España), 172-176.
- Martínez Del Olmo, W. (1996): Caracterización de "System Tracts" a partir de sondeos de exploración de hidrocarburos. *Geogaceta*, 20 (1): 100-103.
- Meléndez, F., Villena, J., Ramírez del Pozo, J., Portero, J.M., Olivé, A., Assens, J.J., Sánchez, P. (1975): Síntesis del Cretácico en la zona sur de la rama castellana de la Cordillera Ibérica. *ISYMP. Cretácico Cordillera Ibérica*, 241-252
- Nodal, M<sup>a</sup> T. y Águeda, A. (1976): Características de la sedimentación Cretácico-terciaria en el borde septentrional de la Cuenca del Tajo. *Estudios Geológicos*, 32: 115-120
- Olmo Sanz, A. del y Martínez-Salanova, J. (1989), El tránsito Cretácico-terciario en la Sierra de Guadarrama y áreas próximas de las Cuencas del Duero y Tajo. *Studia Geologica Salmanticensis*, Vol. Esp., 5: 55-69
- Portero García, J.M., Aznar Aguilera, J.M., Pérez González, A. y González Lodeiro, F. (1990): *Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja nº 485* (Valdepeñas de la Sierra), IGME, Madrid.
- Querol Muller, R. (1989): *Geología del subsuelo de la Cuenca del Tajo*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Departamento de Ingeniería Geológica. Madrid. 48 p.
- Schwarzacher, W. (2000): Repetitions and cycles in stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 50: 51-75.
- Segura, M., Carenas, B., Gil, J., García-Hidalgo, J.F. y García, A. (2001): Anatomy of the carbonate bodies in relation to their position with respect to the maximum

- transgressive in the 2nd-order Cycles of the upper Cretaceous from the Iberian Range. *Gèologie Méditerranéenne*, 28: 163-168.
- Segura, M., García-Hidalgo, J.F., García, A., Ruiz, G. y Carenas, B. (1999): El Cretácico de la zona de intersección del Sistema Central con la Cordillera Ibérica: Unidades litoestratigráficas y secuencias deposicionales. En: *Libro homenaje a José Ramírez del Pozo*. A.G.G.E.P.: 129-139.
- Yebenes, A. (1975): Estudio petrológico y geoquímico de las carnioles del Cretácico Superior de la Serranía de Cuenca. *ISYMP Cretácico Cordillera Ibérica*, 99 -112.
- Vilas, L., Mas, R., García, A., Arias, C., Alonso, A., Meléndez, N., Rincón, R., Elízaga, E., Fernández-Calvo, C., Gutiérrez, G. y Meléndez, F. (1982): Ibérica Suroccidental. En: *El Cretácico de España*. (A. García, et al. Eds). Universidad Complutense de Madrid: 457-514.

*Manuscrito recibido el 17 de diciembre de 2003*  
*Aceptado el manuscrito revisado el 22 de mayo de 2003*