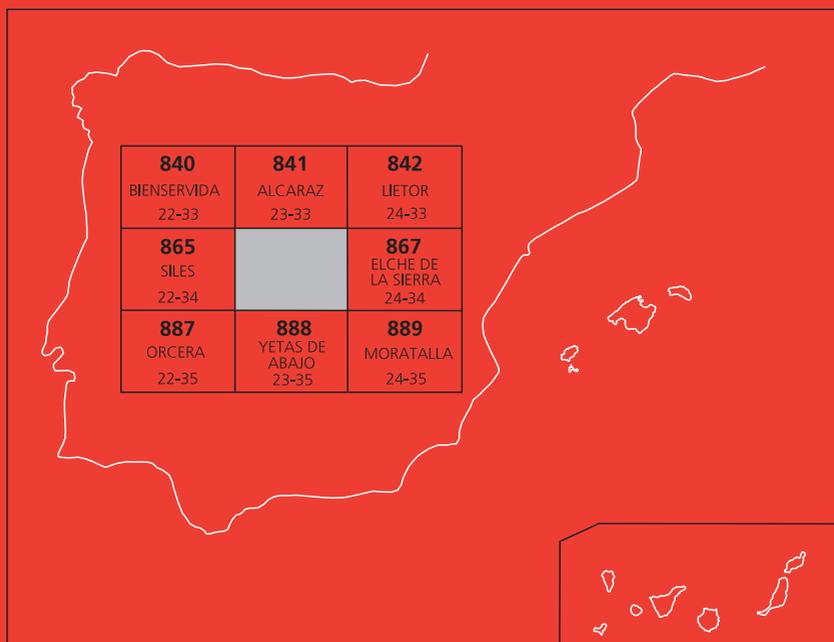




MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



YESTE

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

YESTE (866)

La presente Hoja y Memoria (Y este-866) ha sido realizada, durante los años 1998 a 2001, por el IGME, bajo normas, dirección y supervisión del IGME habiendo intervenido los siguientes técnicos:

Autores:

Cartografía Geológica y Memoria

J. Fernández-Gianotti Branca (IGME)
M. A. Perucha Atienza (IGME)
M. I. Benito Moreno (Jurásico sector Oeste-NorOeste) (IGME)
T. Rodríguez Estrella (Jurásico sector Norte-NorEste)
F. Nozal Martín (Cuaternario) (IGME)

Cartografía geomorfológica y Memoria

F. Nozal Martín (IGME)

Sedimentología

J.J. Gómez Fernández (Jurásico: Estudio y Memoria)
A. Meléndez Hevia (Cretácico: Estudio y Memoria) (U. Zaragoza)

Hidrogeología

R. Aragón Rueda y J. Hornero Díaz (Hidrogeología-Mapa y Memoria) (IGME)

Paleontología

Micropaleontología:

L. Granados (IGME)

Dirección y supervisión:

J. Fernández-Gianotti Branca (IGME)

Edición:

G. Romero Canencia (IGME)
L.F. Miguel Cabrero (IGME)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	5
1.2. MARCO GEOLÓGICO	5
1.3. ANTECEDENTES	6
2. ESTRATIGRAFÍA	6
2.1. TRIÁSICO	6
2.1.1. Arcillas, arenas y limos de color rojo, verde y rosa. (1) Triásico.	6
2.1.2. Calizas verdes y negras y dolomías laminadas y tableadas grises y gris verdosas con bivalvos. (2) Triásico.	6
2.2. JURÁSICO	6
2.2.1. Dolomicritas grises estratificadas con intercalaciones arcillosas y margas grises (3) - Fm. Cuevas Labradas. Lias 7	
2.2.2. Doloesparitas de color gris claro (4) y Calizas estratificadas blanquecinas, mayormente oolíticas (4a) -Formación Carbonatada de Chelva. Dogger.	8
2.2.3. Ritmita calcárea gris y calizas micríticas o dolomías a techo (5). Formación Ritmita calcárea de Loriguilla. Malm	
.....	10
2.3. CRETÁCICO	11
2.3.1. Calizas grises tableadas (6). Fm la Huérquina. Hauteriviense?	12
2.3.2. Calizas bioclásticas, calcarenitas y margocalizas grises estratificadas y calizas lacustres oscuras, masivas con carofitas, ostrácodos, cantos negros y oncolitos (7). Formación Caroch, Miembro Malacara. Barremiense-Bedouliense	12
2.3.3. Areniscas y margas ocreas, grises y blanquecinas con abundantes orbitolinas (8). Formación Caroch, Miembro Malacara. Barremiense-Bedouliense	13
2.3.4. Calizas bioclásticas grises con Rudistas (9). Formación Caroch, Miembro Malacara. Barremiense – Bedouliense	14
2.3.5. Arenas blancas y arcillas versicolores. Conglomerados (10). Calcarenitas y calizas bioclásticas arenosas oscuras, bioturbadas y con abundantes ostreoides (11). Formación Caroch, Miembro Malacara; Fm Sácaras y Fm Utrillas. Aptiense superior-Albiense superior	14
2.3.6. Dolomías masivas grises, oquerosas, tableadas y con abundantes orbitolinas planas en la base (12). Calizas bioclásticas y calcarenitas (12a). Albiense superior-Cenomaniense	16
2.3.7. Dolomías blanco amarillentas microcristalinas estratificadas (13). Dolomías masivas (13a). Senomaniense-Turonense-Senoniense inferior?	16
2.3.8. Dolomías ocreas y grises masivas (14). Albiense sup.- Turoniense	16
2.3.9. Dolomías beige a marrón oscuras (15). Turoniense?	17
2.3.10. Calizas estratificadas gris claro a beige (16). Senoniense	17
2.4. Terciario	17
2.4.1. Calizas beige claras, amarillentas, masivas, a veces estratificadas (17). Mioceno	17
2.4.2. Arenas, arcillas y limos verdosos-amarillentos y conglomerados (18). Mioceno Superior-Plioceno?	17
2.4.3. Conglomerados y areniscas (19). Calizas beige claras tableadas y margas (20). Mioceno Superior – Plioceno	17
2.5. CUATERNARIO	18
2.5.1. Cantos, bloques y brechas (21). Deslizamientos. Bloques y cantos con matriz limo arenosa (22). Coluviones. Pleistoceno-Holoceno	18
2.5.2. Conglomerados, arenas y limos con costras carbonatadas (23). Abanicos aluviales y glacia. Pleistoceno-Holoceno. Conglomerados, arenas y limos arcillosos (25). Conos de deyección. Holoceno	18
2.5.3. Conglomerados, arenas y limos (24). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno	18
2.5.4. Cantos y limos rojos (26). Aluvial-Coluvial. Pleistoceno-Holoceno	18
2.5.5. Cantos, gravas, arenas y limos arcillosos (27). Fondo de valle. Holoceno	18
3. GEOMORFOLOGÍA	19
3.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA	19
3.2. ANTECEDENTES	20
3.3. ANALISIS GEOMORFOLÓGICO	20
3.3.1. Estudio morfoestructural.	20
3.3.2. Estudio del modelado y formaciones superficiales	21
3.3.2.1. Modelado endógeno	21
3.3.2.2. Modelado exógeno	22
3.3.2.3. Formaciones superficiales	29
3.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA	30
3.5. MORFODINÁMICA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIA FUTURA	31

4. TECTÓNICA	31
5. HISTORIA GEOLÓGICA	33
6. GEOLOGÍA ECONÓMICA	33
6.1. RECURSOS MINERALES	33
6.1.1. Minerales metálicos.....	34
6.1.2. Minerales no metálicos.....	34
6.1.3. Minerales energéticos.....	34
6.2. HIDROGEOLOGÍA	34
6.2.1. Características climáticas e hidrológicas	34
6.2.2. Características hidrogeológicas	35
7. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO.....	44
8. BIBLIOGRAFÍA.....	46

1. INTRODUCCIÓN

Esta hoja se ha realizado dentro de un proyecto más amplio que incluyó las hojas de Siles (865) y Beas de Segura (886). Los trabajos de campo se desarrollaron entre los años 1998 y 2001. La circunstancia de que en una gran parte del área cubierta por la hoja (142 km²), se produjo un importante incendio forestal en el año 1994, hizo que la superficie del terreno se despejase de vegetación, favoreciendo una mejor observación de la geología. Este hecho permitió plantear la realización del trabajo cartográfico utilizando las fotos aéreas de un vuelo que el IGME realizó de toda la zona afectada.

1.1. SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

El territorio ocupado por la hoja de Yeste se encuentra en el extremo norte de la Sierra de Segura en su enlace con la Sierra de Alcaráz, correspondiendo la mayor parte a la Provincia de Albacete, salvo el ángulo suroeste que está en la Provincia de Jaén. Está comprendida entre los meridianos de 2° 31' 10",8 y 2° 11' 10",8 y los paralelos de 38° 30' 04",7 y 38° 20' 04",7.

El relieve de toda la hoja es bastante accidentado con grandes contrastes altimétricos, con desniveles comprendidos entre 800 y 300 m entre las cumbres de las alineaciones montañosas y los fondos de los valles. Las Sierras se disponen en una dirección SO-NE con cotas que van descendiendo progresivamente hacia el SE. Destaca en la hoja el Calar del Mundo que forma una altiplanicie de unos 30 km² con el vértice Argel a una cota de 1699 m. La continuación hacia el NE es la Sierra del Cujón con el Pico del Guijón a 1554m. Hacia el SE, al otro lado del río Tus aparecen la Cuesta de la Cumbre (1328m) y el Ardal (1435m), en cuya ladera SE se encuentra la población de Yeste. Por último en el ángulo SE de la hoja, en la margen izquierda del Río Segura aparecen las sierras de Los Molares (1.029m) y de Juan Quilez (932m). El cuadrante NE de la hoja, al este del arroyo Morote, donde está el poblado de Molinicos, tiene un relieve algo más suave y con cotas máximas de poco más de 1000m.

La red fluvial presente en la hoja está bien desarrollada y pertenece a dos cuencas hidrográficas: Por una parte los tributarios del río Segura, y que por tanto vierten al Mediterráneo, como son el Río Mundo, que nace en la ladera NO del Calar del Mundo dentro de la propia Hoja y corre luego paralelo a su borde norte; el río Tús, que recorre la hoja desde su ángulo SO y se une al río Segura en el embalse de la Fuensanta, situado en el cuadrante SE y que regula las aguas de ambos ríos; y finalmente el río Taibilla que tiene un corto recorrido dentro de la hoja en su ángulo SE. Por otra parte, en la esquina NO del mapa, el drenaje se organiza en torno al río Guadalimar, que es tributario del Guadalquivir, vertiendo sus aguas al Atlántico.

El clima varía según los sectores, siendo en el sector oriental subhúmedo con ligera tendencia continental, mientras que en el sector occidental el clima es húmedo, aumentando hacia el norte, y moderada tendencia continental. Todo el sector del Calar del Mundo, se encuentra dentro de la parte más alta y húmeda de la Cuenca del Segura, con pluviosidades que superan los 1000 mm, mientras que en el resto de la zona NO, oscila entre los 749mm de Riópar y los 496mm de Yeste. Los máximos pluviométricos se producen en invierno y los mínimos en verano. Las temperaturas medias anuales están entre los 9-14°C, siendo las áreas noroccidentales las más frescas, correspondiendo el régimen anual a su carácter continental, con mínimas en invierno, y lento aumento hasta Abril, para alcanzar el máximo en Julio-Agosto

La cubierta vegetal es variada y está muy influenciada por la altitud, la temperatura y la humedad, así como por la acción del ganado y del hombre. Un importante incendio forestal ocurrido en el año 1994 quemó unos 14.000 hectáreas, fundamentalmente de pinares, de los términos municipales de Yeste y Molinicos, lo cual resultó nefasto para el desarrollo de la región.

La agricultura presenta escaso interés debido a lo accidentado de la topografía; la superficie cultivada en la Hoja se aproxima a las 5.500 hectáreas, correspondiendo mayoritariamente a secano, cereales, olivos y almendros, y pequeños regadíos dedicados a huertas de autoconsumo y alfalfa. En cuanto a la ganadería, es de destacar el ganado ovino y caprino, le sigue el porcino, y con escasa incidencia, el vacuno y la "ganadería brava".

La densidad de población es bastante baja, como corresponde a una zona de montaña, distribuyéndose en los principales núcleos, que por orden de importancia son: Yeste, Riópar, Molinicos, El Pardal, Moropeche y Villaverde de Guadalimar, y en más de 60 pequeñas aldeas o cortijos distribuidos por toda la Hoja.

Las carreteras más importantes, autonómicas de 2º orden, que recorren la Hoja y que comunican las poblaciones más importantes son: La CM-412 (Riόpar-Elche de la Sierra), la CM-3204 (Riόpar-Siles), y la CM-3206 (Yeste- Elche de la Sierra). Además de éstas, existen numerosas y tortuosas carreteras de firme ligero, caminos y pistas forestales que comunican las distintas aldeas y que permiten un acceso aceptable a gran parte de la superficie de la Hoja.

Por último hay que reseñar que los recursos económicos de esta zona se deben básicamente a la ganadería y a la agricultura, incluyendo en ésta última la explotación forestal de los pinares, que en estos tiempos ha decaído considerablemente a causa del ya mencionado incendio. Sin embargo, el turismo "de naturaleza" está tomando un gran auge, por lo agreste y espectacularidad de este peculiar paisaje montañoso.

1.2. MARCO GEOLÓGICO

La zona de Yeste se encuadra geológicamente en el límite noroccidental de la Zona Prebética. Ésta unidad es la más septentrional de las Hojas Externas Béticas y formó parte del margen sur del Macizo Ibérico. En este sector de la actual cordillera Bética se depositaron, durante el Mesozoico y Terciario, mayoritariamente sedimentos marinos someros, con episodios continentales, de forma análoga a las regiones adyacentes de la Cordillera Ibérica y el área formada por la Cobertera Tabular.

El Prebético está dividido, desde los primeros trabajos realizados por AZEMA et al. (1979) y GARCÍA HERNÁNDEZ et al. (1980) en dos unidades tectónicas, a la vez que subdominios paleo geográficos: Prebético Externo y Prebético Interno.

Por el borde norte de la hoja de Yeste pasa la falla de Socovos-Rio Mundo que constituye un límite importante entre: 1) El prebético externo de la Sierra de Alcaráz, hacia el norte, que se estructura en una imbricación de cabalgamientos vergentes hacia el exterior del orógeno y que desde el punto de vista estratigráfico presenta importantes lagunas en el Jurásico Superior, en el Cretácico y en el Paleógeno, 2) El Prebético Interno de las Sierras de Segura, hacia el sur, donde la estructura dominante es de pliegues, en general muy apretados, fallas inversas y desgarras de dirección NNE-SSE y que presenta una estratigrafía más completa del Jurásico superior, Cretácico inferior y Paleógeno.

1.3. ANTECEDENTES

Son muy pocos los trabajos realizados en el área de estudio. Destacan los efectuados por Tomás Rodríguez Estrella quien empezó en el año 1979 con su tesis doctoral sobre la geología e hidrogeología del sector Alcaráz- Liotor- Yeste, publicada por el IGME (1979). Tomás Rodríguez Estrella continuó participando en la cartografía de la hoja de Alcaráz (841) del Mapa Geológico de España a Escala 1.50.000 y es de destacar su estudio hidrogeológico del Calar de Mundo (1976 y 1999).

Desde un punto de vista minero el IGME realizó un interesante y completo estudio del área lignitifera de Yeste con una cartografía geológica detallada (IGME, 1982 y 1985).

Como trabajo de carácter regional hay que señalar el realizado por J.BAENA PÉREZ y L. JEREZ MIR (1982) para el IGME, en el que se ha hecho un análisis de la paleogeografía de la Zona Bética en su límite con la Meseta.

2. ESTRATIGRAFÍA

2.1. TRIÁSICO

El Triásico aparece en el sector noroeste y norte de la hoja, en la zona correspondiente al Prebético Externo. Se trata de afloramientos muy involucrados en la tectónica de fallas de desgarre y cabalgamientos propios de este sector, lo cual hace muy difícil realizar observaciones estratigráficas y sedimentológicas. En algunas zonas se presenta claramente en concordancia por debajo de las dolomías jurásicas.

2.1.1. Arcillas, arenas y limos de color rojo, verde y rosa. (1) Triásico.

Se trata de una unidad comprensiva de carácter terrígeno, en la que no se han podido hacer estudios detallados debido a la calidad de los afloramientos. Está constituida por arcillas, arenas y limos de color fundamentalmente rojo. Su espesor es difícil de estimar dentro del contexto de la hoja de Yeste, pero podría llegar al centenar de metros.

2.1.2. Calizas verdes y negras y dolomías laminadas y tableadas grises y gris verdosas con bivalvos. (2) Triásico.

Esta unidad cartográfica, que aflora en el borde occidental de la hoja, como una intercalación dentro de la unidad anterior, corresponde a calizas y dolomías de colores grises y verdosos. De acuerdo con Fernández et al. (1994) en el dominio de Siles-Alcaráz, esta unidad presenta facies del tipo "mudstone", "packstone" a "grainstone". Su espesor en los afloramientos de la hoja de Yeste es de aproximadamente 10 metros.

2.2. JURÁSICO

Los materiales del Jurásico en la Hoja de Yeste afloran principalmente en la zona noroeste y en su borde norte, con una estructuración compleja que impide reconocer una serie estratigráfica completa. Constituyen una sucesión de rocas carbonatadas, con escasas intercalaciones margosas, cuyo espesor, medible en sección, supera los 150 m. Se han levantado cuatro columnas (ver Figura. 2.1): Venta Mendoza, Tienda de Bronces, Campamento San Juan y Puerto del Arenal, que permitieron establecer las características sedimentológicas de las unidades cartografiadas.

Las unidades litoestratigráficas que se han cartografiado pueden ser correlacionadas con las reconocidas por GOY, GÓMEZ y YÉBENES (1976) y GÓMEZ y GOY (1979) en la Cordillera Ibérica.

Las unidades correspondientes al Jurásico inferior se han estudiado en detalle en la sección de Venta Mendoza, situada en el carril que sube al cerro Padroncillo, desde la carretera de Riópar a Siles, entre los puntos kilométricos 12 y 13. Las unidades correspondientes al Jurásico medio se han reconocido en detalle en el corte anteriormente citado y en la sección del Puerto del Arenal (PK 13,700 de la carretera de Riópar a Siles). Los materiales pertenecientes al Jurásico superior se han estudiado en la sección denominada Tienda de Bronces, situada a la altura del PK 18 de la misma carretera y también en una pequeña sección levantada en la entrada al Campamento San Juan.

La mayor parte de los materiales del Jurásico se han visto sometidos a intensos procesos de dolomitización, generalmente también acompañados de recristalización, por lo que gran parte de los caracteres texturales y de las estructuras sedimentarias han quedado obliteradas. Asimismo se ha perdido buena parte del registro fósil, lo que dificulta notablemente su atribución estratigráfica.

Los materiales más antiguos observados corresponden a la Formación Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas (3: Dolomicritas grises estratificadas con intercalaciones arcillosas y margas grises), de edad supuesta Jurásico inferior. Al igual que ocurre en el resto del área de distribución de las "Facies manchegas", sobre ella se apoyan los materiales de la Formación Carbonatada de Chelva (4: Doloesparitas de color gris claro y 4a: Calizas estratificadas blanquecinas, mayormente oolíticas), a la que se atribuye una edad Jurásico medio. Por encima se han observado los materiales correspondientes a dos unidades atribuidas al Jurásico superior, la Formación Margas de Sot de Chera y la Formación Ritmita calcárea de Loriguilla (5: Ritmita calcárea gris y calizas micríticas o dolomías a techo).

2.2.1. Dolomicritas grises estratificadas con intercalaciones arcillosas y margas grises (3) - Fm. Cuevas Labradas. Lías

Los materiales que constituyen la Fm. Cuevas Labradas observados con detalle en la sección de Venta Mendoza, constituyen una sucesión de dolomías cristalinas de color gris claro, a veces beiges a blanquecinas, que se estratifican en capas cuyo espesor suele oscilar entre los 5 y los 40 cm. Los planos de estratificación, especialmente en la parte superior de la unidad, suelen ser ondulados a irregulares, tomando en ocasiones aspecto masivo.

Entre las dolomías se intercalan algunos tramos de hasta 80 cm de espesor de margas grises a verdosas y de dolomías arcillosas, y es frecuente la presencia de niveles de brechas de carbonatos, especialmente en la parte inferior de la sección reconocida. Aunque es poco frecuente, pueden encontrarse algunos niveles con contenido bioclástico más o menos abundante. No obstante, en general, el contenido fósil suele ser muy escaso. Se han reconocido ocasionalmente restos mal conservados de bivalvos, equinodermos, algas y ostrácodos, y la bioturbación en algunos niveles puede llegar a ser frecuente.

El espesor de esta unidad es de 100 a 150 m.

Las estructuras sedimentarias son bastante frecuentes en los materiales de esta unidad. En algunos cuerpos puede reconocerse laminación cruzada de gran escala, laminación cruzada de ripples y pequeños canales ("rills") bioclásticos. Las estructuras sedimentarias más frecuentes son las laminaciones debidas a algas, que se encuentran con mayor abundancia en la parte inferior y media de la unidad. También se reconocen porosidad fenestral, láminas rotas, brechas de cantos planos y ocasionalmente costras ferruginosas.

Tanto las litologías como las estructuras sedimentarias mencionadas se organizan en secuencias, en su gran mayoría de somerización, cuya representación gráfica puede observarse en las Figuras 2.1 y 2.2. En la parte inferior de la sección reconocida dominan secuencias compuestas por un término inferior de dolomías cristalinas mal estratificadas y un término superior de dolomías con laminaciones de algas (Figura. 2.1.a). También es frecuente que éstos materiales dolomíticos se organicen en secuencias con un término inferior de dolomías con laminaciones de algas, estratificadas en capas finas, y un término superior de dolomías cristalinas con láminas rotas (Figura. 2.1.b). En otras ocasiones pueden observarse secuencias con un término inferior dolomítico, un término intermedio bioclástico, con "rills", y un término superior de dolomías con laminaciones de algas (Figura. 2.1.c).

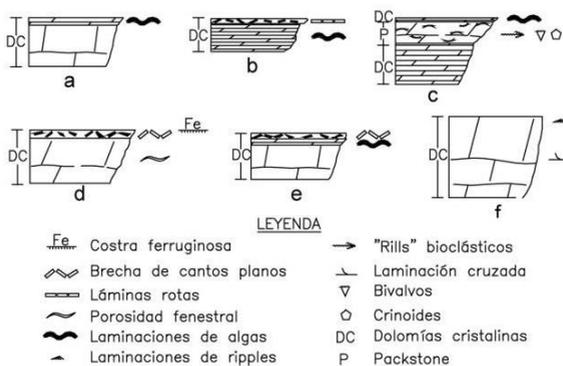


Figura 2.1.- Secuencias tipo de la Unidad 3 (Formación Calizas y dolomías de Cuevas Labradas) en la sección de Venta Mendoza.

Otra de las secuencias características reconocidas se encuentra compuesta por un término inferior de dolomías con porosidad fenestral y un término superior con brechas de cantos planos. Este tipo de secuencias puede estar limitado por una costra ferruginosa

(Figura. 2.2d). En otras ocasiones, sobre un término inferior dolomítico se dispone un término intermedio con laminaciones de algas y por encima un término superior de brechas de cantos planos (Figura. 2.1e). Aunque menos frecuentes, también se encuentran secuencias estratocrecientes de dolomías cristalinas con laminaciones de ripples y laminación cruzada (Figura.2.2f).

Hacia la parte media y superior de la sección estudiada, la Fm. Cuevas Labradas presenta intercalaciones margosas, que se integran en una serie de secuencias de somerización, en las que el tramo margoso ocupa siempre la base de las mismas. En algunos casos, sobre el término inferior margoso se dispone un término dolomítico con laminaciones de algas y brechas de cantos planos (Figura. 2a). El término de brechas puede estar ausente y pasar a ser el término de dolomías con laminaciones de algas el término superior de la secuencia (Figura. 2.2b). Aunque no son frecuentes, hay secuencias en las que, sobre el término inferior margoso, se dispone un término intermedio dolomítico y un término superior de dolomías arcillosas con bioturbación (Figura. 2.2c).

En otros casos, la secuencia de somerización cuenta con un término inferior margoso, un término intermedio dolomítico, y un término superior con laminaciones de algas (Figura. 2.2d). Por último, y especialmente hacia la parte superior de la unidad en el corte estudiado, son frecuentes las secuencias constituidas por un término inferior margoso y un término superior de dolomías cristalinas, rara vez cristalinas finas, con "rills" bioclásticos, que en ocasiones terminan con una costra ferruginosa (Figura. 2.2e).

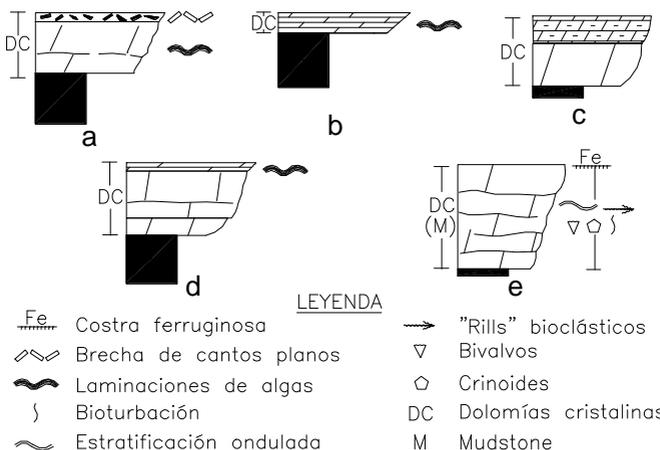


Figura 2.2.- Secuencias tipo de la Unidad 3 (Formación Calizas y dolomías de Cuevas Labradas) en la parte media y superior de la sección de Venta Mendoza.

La sedimentación de la Fm. Cuevas Labradas, dentro de la Hoja de Yeste, se ha llevado a cabo en un ambiente de plataforma de carbonatos muy somera. En ella puede observarse representación de ambientes submareales someros, donde se depositaron cuerpos con laminación de ripples y laminación cruzada de gran escala, generados fundamentalmente por la acción del oleaje. En ocasiones, esta plataforma podía verse afectada por la acción de las tempestades, dando lugar a la presencia de "rills" bioclásticos.

Los ambientes mejor representados son los ambientes submareales muy someros a intermareales, caracterizados por la presencia de frecuentes niveles con laminaciones de algas. Los ambientes intermareales superiores a supramareales se encuentran caracterizados por la presencia de carbonatos con porosidad fenestral y láminas rotas, y los ambientes intermareales altos a supramareales, por la presencia de brechas de cantos planos. La sedimentación, en conjunto, ha sido muy activa, compensándose prácticamente siempre los espacios de acomodación que se fueron creando en la cuenca, mediante una elevada tasa de producción y sedimentación de carbonatos. En general, la energía del medio parece moderada a baja, y los escasos indicios sobre la salinidad, a partir de los organismos representados, apuntan a ambientes preferentemente estenohalinos.

La edad de esta unidad, en base su posición estratigráfica y a su similitud de facies con otras secciones de la Cordillera Ibérica y de La Mancha, puede atribuirse al Jurásico inferior.

2.2.2. Doloesparitas de color gris claro (4) y Calizas estratificadas blanquecinas, mayormente oolíticas (4a) -Formación Carbonatada de Chelva. Dogger

Sobre la sucesión fundamentalmente dolomítica de la Fm. Cuevas Labradas se dispone otra unidad de naturaleza también dolomítica (4), denominada Fm. Carbonatada de Chelva. Están ausentes por tanto las Fms. Cerro del Pez, Barahona, y Turmiel (GÓMEZ, 1979; GÓMEZ y GOY, 1979).

Está constituida por dolomías cristalinas gruesas, de tonos blanquecinos, que se disponen en capas irregulares, generalmente gruesas a muy gruesas, y solo ocasionalmente finas a medias. Los afloramientos destacan por su tonalidad clara y por ser masivos con

morfologías suaves y redondeadas, que por la erosión originan arenas, que en algunos sitios son muy llamativas, como es en el Puerto del Arenal en la carretera de Riópar a Siles. El espesor de esta unidad puede alcanzar los 80 m dentro de la hoja de Yeste. Con respecto a la unidad cartográfica de calizas oolíticas (4a), estas constituyen un pequeño afloramiento en el ángulo NO de la hoja que se continúa hacia el oeste y su estudio detallado se hizo en una sección situada en el Pico de La Sarga, en la vecina Hoja de Siles (865).

La unidad dolomítica (4) se ha estudiado tanto en la sección de Venta Mendoza, como en la del Puerto del Arenal, ambas en la carretera de Riópar a Siles. En ellas se encontraron finas intercalaciones de margas verdes, más frecuentes hacia la parte inferior de la unidad.

Las estructuras sedimentarias son frecuentes en esta unidad, aunque su conservación está fuertemente controlada por los procesos de dolomitización y recristalización sufridos por los materiales que la componen. Es muy frecuente la presencia de laminación cruzada de gran escala y laminación de pequeña escala debida a ripples. Es frecuente la presencia de cuerpos de carbonatos con morfología preservada de barras, y ocasionalmente se encuentran "rills". A veces asociados a éstos se encuentra laminación paralela, que se ha interpretado como formada bajo condiciones de alto régimen de flujo. También de manera ocasional se encuentran laminaciones debidas a algas.

Los materiales de la unidad se organizan en secuencias generalmente estratocrecientes (Figura. 2.3). Aunque en general son escasas, en la parte inferior de la sección se observan secuencias constituidas por un término inferior margoso y un término superior dolomítico con estratificación irregular (Figura. 2.3a). No obstante, es frecuente que el término dolomítico que se sitúa sobre el término margoso, contenga laminación cruzada y se distingan cuerpos con la morfología de barra conservada (Figura. 2.3b). En otras ocasiones, el término basal margoso falta y la totalidad de la secuencia está formada por dolomías cristalinas gruesas con laminación cruzada y morfología de barras. Además, estos cuerpos pueden contener "rills" de aloquímicos, que se sitúan preferentemente en la parte superior (Figura. 2.3c).

Otro de los tipos de secuencias registradas consta de un término inferior dolomítico, un término intermedio de dolomías con laminación cruzada, laminación de ripples y morfología de barras conservada, y un término superior de dolomías con laminaciones de algas (Figura. 2.3d). Por último, también se encuentran secuencias que constan de un término inferior de dolomías con "rills" y un término superior de dolomías con laminación cruzada (Figura. 2.3e).

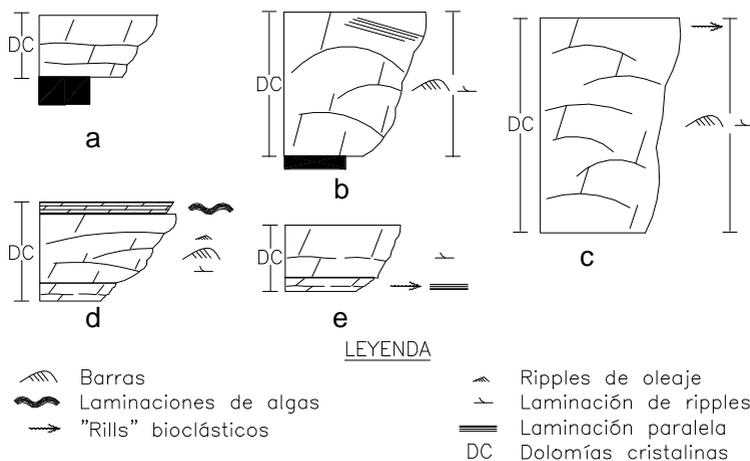


Figura 2.3.- Secuencias tipo de la Unidad 4 (Formación Carbonatada de Chelva) observadas en las secciones de Venta Mendoza y Puerto del Arenal.

La sedimentación de la Fm. Chelva dentro del área ocupada por la Hoja de Yeste se llevó a cabo en el cinturón de facies de alta energía situado en una amplia plataforma, que contaba con escaso relieve. La plataforma se vio sometida a una intensa tasa de producción y de sedimentación de carbonatos, que generalmente compensó a los espacios de acomodación provocados por la subsidencia y/o las subidas relativas del nivel del mar. La sedimentación se produjo en un ambiente en el que la batimetría de la plataforma era muy escasa, aunque en toda la sección observada predominan claramente los depósitos que corresponden a ambientes submareales, y en mucha menos medida a ambientes intermareales; pero sin evidencia de que se hayan llegado a alcanzar las condiciones supramareales, al menos durante etapas prolongadas.

Los fondos se encontraban sometidos con frecuencia a la acción del oleaje de buen tiempo, generándose en este ambiente un sistema de barras oolíticas y de depósitos asociados a éstas. Ocasionalmente, la plataforma se vio afectada por la acción de periodos de excepcional energía asociada a la acción de las tempestades. En las zonas situadas entre las barras del sistema de "shoals" y canales, quedaban zonas más deprimidas y por tanto más protegidas, en las que se acumulaban depósitos margosos, sedimentados en ambientes submareales de baja energía.

La progradación de los sistemas de barras sobre las zonas relativamente más deprimidas, da lugar a la generación de secuencias de somerización en las que los sistemas de barras de alta energía se apoyan sobre los depósitos de fangos de baja energía. En ocasiones, y en los ambientes de baja energía ligados a la parte trasera de la barra, y por tanto protegidos de la acción del oleaje de buen tiempo, se desarrollan ambientes de llanura de mareas de baja energía, con subambientes submareales someros a intermareales. Estos ambientes llegan a progradar sobre los sistemas de barras, dando lugar a la presencia de las típicas secuencias de somerización de tipo “grainy” en que se organiza esta unidad.

No se han encontrado fósiles en los materiales de esta unidad, y no ha podido observarse ningún afloramiento con suficiente calidad de los materiales del Miembro Calizas con esponjas de Yátova que se sitúa regionalmente en la parte superior de esta formación. Sin embargo, la comparación de sus facies con otras áreas próximas, y el hecho de que en éstas pueda observarse que esta unidad se sitúa inmediatamente por debajo del Mb. Yátova, de edad Jurásico superior (Oxfordiense), datado con ammonioideos, hace considerar que en la Hoja de Yeste, y al igual que en la mayor parte de la Cordillera Ibérica y en La Mancha, la Fm. Chelva tenga una edad Jurásico medio.

2.2.3. Ritmita calcárea gris y calizas micríticas o dolomías a techo (5). Formación Ritmita calcárea de Loriguilla. Malm

Los pocos afloramientos de esta unidad se sitúan en el sector noroeste de la hoja, y, al igual que en gran parte de la Cordillera Ibérica y La Mancha, se componen de una alternancia irregular de calizas “mudstone” de colores grises, y margocalizas que suelen tener colores grises a azulados. Las calizas se disponen bien estratificadas en capas finas a medias, y las margocalizas suelen presentar un marcado aspecto lajoso característico, el espesor de esta unidad varía entre 30 y 70 m.

A excepción de las estructuras de bioturbación, las estructuras sedimentarias en los materiales de la Fm. Loriguilla están prácticamente ausentes, debido en parte a su carácter micrítico.

Esta unidad ha sido estudiada con detalle en el corte de la Tienda de los Bronces. En la Carretera de Riópar a Siles, a la altura del PK 18.

Los materiales de la unidad se organizan en una secuencia elemental que consta de un término margocalizo y otro calizo. A su vez, estos ritmos elementales se agrupan para constituir dos tipos fundamentales de secuencias. La primera de ellas está caracterizada por el aumento de espesor de los términos calizos hacia la parte superior de la secuencia (Figura. 2.4 c). Este aumento de espesor suele ir acompañado de una disminución del espesor de las margocalizas lajasas hacia la parte superior de la secuencia. Este tipo de secuencias se interpretan como secuencias de somerización.

El otro tipo de secuencias diferenciado está constituido por la disposición de los componentes en un orden inverso al anterior, esto es, por una disminución del espesor de los tramos margocalizos hacia la parte superior de la secuencia (Figura. 2.4d). El aumento del espesor de las margocalizas puede ir acompañado, aunque no siempre, por una disminución del espesor de las capas de calizas hacia la parte superior. Por correspondencia con la secuencia descrita en primer lugar, este tipo de organización se interpreta como secuencias de profundización, producidas en etapas de generación de espacio de acomodación creciente hacia la parte superior de la secuencia.

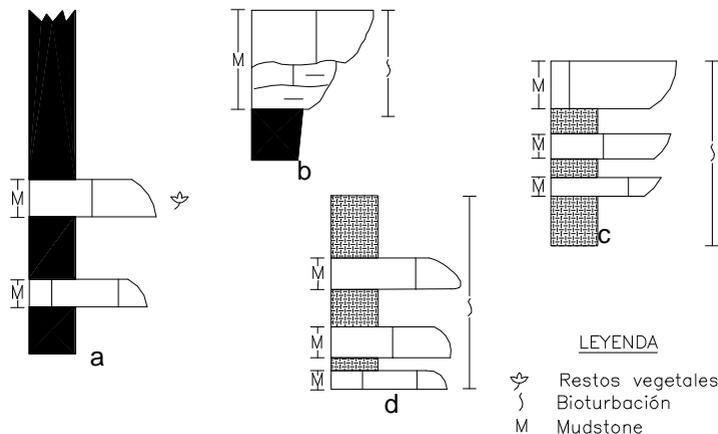


Figura 2.4.- Secuencias tipo de la Fm. Margas de Sot de Chera (a, b) y de la Fm. Ritmita calcárea de Loriguilla (c, d).

La sedimentación de la Fm. Loriguilla se llevó a cabo en un ambiente de plataforma interna de carbonatos, notablemente restringida y generalmente de baja energía, que solo ocasionalmente podía verse perturbado por etapas de energía excepcionalmente elevada debido a la acción de las tempestades. La Fm. Loriguilla representa en parte el equivalente distal de la Fm. Sot de Chera, y por tanto la parte distal del sistema deltaico que entra a la plataforma desde los macizos emergidos situados en posiciones más septentrionales.

En esta unidad se han encontrado diversos ejemplares de ammonoideos, que no han podido ser clasificados. En base a su contenido en ammonoideos en el área de La Mancha (ARIAS, 1978) y su correlación con esta área y otras áreas de la Cordillera Ibérica, se asigna a esta unidad una edad Jurásico superior (Kimmeridgiense).

Por debajo de la Formación Loriguilla afloran, en la sección estudiada, unas margas que se atribuyen a la Fm Sot de Chera. Dada su escaso desarrollo no se ha diferenciado en cartografía como una unidad independiente y está englobada dentro de las ritmitas calcáreas.

Se trata de una sucesión de margas de color gris, con intercalaciones de calizas “mudstone”, también grises, hasta llegar a constituir una alternancia irregular en la que suelen predominar las litologías margosas. En ocasiones puede observarse un contenido notable en óxidos de hierro en algunas de las capas de carbonatos, hasta constituir calizas limoníticas. En lámina delgada y a escala de afloramiento, puede observarse que, con frecuencia, este carácter limonítico se debe a la presencia de pirita framboidal y de tubos de bioturbación con rellenos piríticos, hoy oxidados. También se encuentran intercalaciones de margocalizas que, con frecuencia, tienen aspecto noduloso, y es frecuente la presencia de granos de cuarzo, dispersos, normalmente de tamaño limo.

El contenido en fósiles de estas margas es muy escaso. Únicamente se han observado restos carbonosos en algunas de las capas. Su edad en otras áreas de la Cordillera Ibérica y de La Mancha, en base a su contenido en ammonoideos, es Jurásico superior (Oxfordiense superior-Kimmeridgiense inferior).

No se han encontrado estructuras sedimentarias en esta unidad. Atendiendo al espesor de las capas y a la relación caliza-marga, los materiales margosos y calcáreos se organizan en secuencias de dos tipos fundamentales. En el primero de los tipos, el espesor de las capas margosas y por tanto la proporción de éstas aumenta hacia la parte superior de la secuencia (Figura. 2.4a). Esto puede ir acompañado o no por una disminución del espesor de las capas de calizas hacia la parte superior de la secuencia. Estas secuencias se interpretan como generadas bajo condiciones de aumento de los espacios de acomodación disponibles, hacia la parte superior, y por tanto condiciones de mayor profundización.

El otro tipo de secuencia reconocido se caracteriza por una disminución del espesor de las capas margosas hacia la parte superior, el cual va normalmente acompañado por un aumento en el espesor de los términos calizos. Con frecuencia se cuenta con un término inferior margoso, un término intermedio margocalizo, y un término superior de calizas “mudstone”. Al menos los términos calizos suelen estar bioturbados, y en ocasiones los tubos están pirritizados (Figura. 2.4b). Estas secuencias se interpretan como generadas por procesos de somerización progresiva de la plataforma.

La sedimentación de la Fm. Sot de Chera se llevó a cabo en un ambiente de plataforma mixta, en la que se acumularon tanto materiales clásticos finos como sedimentos de carbonatos. En conjunto se trata de materiales correspondientes a un ambiente distal de prodelta, relacionado con el levantamiento y erosión de la Meseta, situada al oeste y norte de la zona estudiada. Este levantamiento dio lugar al desarrollo de un sistema de fan-deltas, cuyos materiales llegaron a inundar gran parte de los ambientes de plataforma interna de baja energía en la que se llevaba a cabo la sedimentación de carbonatos. Esta plataforma se regeneraba periódicamente, coincidiendo con las etapas de disminución de los aportes clásticos, que también aportaban material vegetal flotado proveniente de la masa continental emergida, cuyas facies proximales pueden observarse en el área de Albacete (ARIAS, 1978; GÓMEZ, 1979, 1988; BÁDENAS y AURELL, 1999).

2.3. CRETÁCICO

Los materiales cretácicos son los más extendidos en el ámbito de la hoja de Yeste. Desde el punto de vista litoestratigráfico, en cartografía, son claramente diferenciables tres grupos de unidades: 1) Grupo carbonatado inferior, en el que se engloban las unidades cartográficas **6 a 9**, 2) Grupo detrítico, con esporádicos niveles calizos, de edad Aptiense-Albiense integrado por las unidades **10 y 11**, 3) Grupo carbonatado superior integrado por las dolomías y escasas calizas de las unidades **12 a 15** y a techo las calizas Senonienses de la Unidad **16**.

El Cretácico inferior es el más complejo, correspondiendo los afloramientos más abundantes al Barremiense, Aptiense y Albiense con escasa presencia, a muro, de calizas del Hauteriviense?. Para su estudio y caracterización sedimentológica se han realizado un total de 7 perfiles: Boche, Boche-II, Horno Ciego, Torrepedro, Moraleda, Torrepedro, Cota 1070, Camino de los Collados y Las Hoyas. Este análisis sedimentológico permitió distinguir la existencia, dentro del cretácico inferior de esta hoja, de cinco unidades, que se corresponden con cinco episodios evolutivos de la secuencia sedimentaria. El perfil más completo es el de Boche, terminando su parte superior con el de Boche-II. En el perfil de Horno Ciego se describen las tres unidades inferiores, mientras que en los de Torrepedro, Cota 1070, Camino de los Collados y Las hoyas se describen las dos unidades superiores.

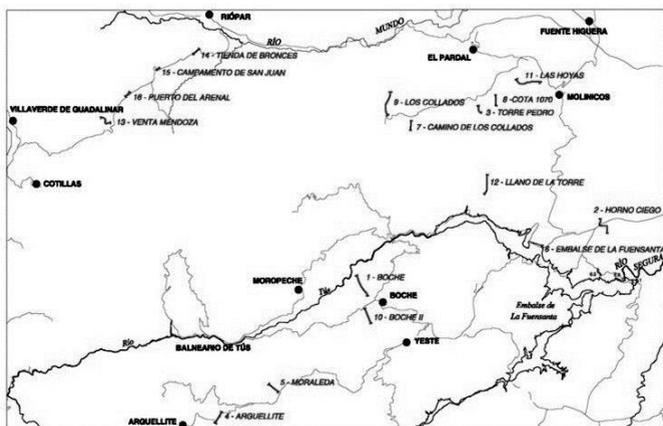


Figura 2.5.- Situación de las columnas estratigráficas estudiadas en la hoja de Yeste

El Cretácico superior tiene, en la hoja de Yeste, un gran espesor, de más de 400 metros. Es fundamentalmente dolomítico y está coronado por las calizas del Senoniense, las cuales constituyen importantes resaltes morfológicos. Para su caracterización sedimentológica se han estudiado dos perfiles. El primero de ellos distribuido de manera incompleta entre tres perfiles parciales en el entorno del Embalse de la Fuensanta, donde aparece totalmente dolomítico, y un segundo perfil en la localidad de Los Collados, hasta lo alto de la Sierra del Cujón. Este último es continuo y muestra en su base un importante tramo de calizas.

2.3.1. Calizas grises tableadas (6). Fm la Huérquina. Hauteriviense?.

Los afloramientos de esta unidad se caracterizan por estar constituidos por unas calizas tableadas, en bancos de 30 cm a 1 m, blanquecinas. Siendo el barranco del Río Tus el mejor sitio para su observación. Es ahí donde se levantó el perfil de Boche, en el cual esta Unidad cartográfica corresponde a una potente sucesión calcárea de 165 m de espesor. También puede ser estudiada en la parte más alta del barranco del Arroyo de Los Collados, al sur del poblado del mismo nombre, donde se ha apreciado una continuidad estratigráfica hacia el muro con el afloramiento de las ritmitas del Kimmeridgiense.

El estudio sedimentológico del perfil de Boche mostró que esta unidad está constituida por un conjunto de Mudstone-wackestone y ocasionalmente packstone con frecuentes intercalaciones de delgados niveles de margas o margocalizas que permiten individualizar secuencias elementales. Las secuencias son de escala métrica, y están constituidas por: un nivel basal de margas generalmente laminadas, y un término superior de calizas con porosidad fenestral, carofitas, ostrácodos, oncolitos y ocasionalmente fétidas; en bancos decimétricos a métricos con planos de estratificación planares e irregulares de aspecto noduloso, en donde son frecuentes las huellas de bioturbación por raíces y las grietas o señales de desecación.

De una manera general podemos señalar que esta unidad corresponde a la sedimentación en medios continentales, lacustres carbonatados con desarrollo de grandes orlas palustres altamente colonizadas por vegetación.

En los depósitos lacustres aparecen *Atopochara* sp., *Globator* sp., Moluscos, Ostrácodos; mientras que en los depósitos marino-lagunales se observan *Textulariella* sp., Miliolidos, Ophthalmiolidos, Textularioides, Valvulinidos, Serpúlidos, Algas *Dasycladaceae*, Ostrácodos, Lamelibranquios, Equinodermos. La edad atribuida a esta unidad en función de la microfauna y microflora es Hauteriviense?-Barremiense.

2.3.2. Calizas bioclásticas, calcarenitas y margocalizas grises estratificadas y calizas lacustres oscuras, masivas con carofitas, ostrácodos, cantos negros y oncolitos (7). Formación Caroch, Miembro Malacara. Barremiense-Bedouliense

Esta unidad cartográfica se ha denominado, de un modo informal, como las calizas inferiores dentro del grupo carbonatado inferior del Cretácico inferior. Se caracteriza por ser una secuencia carbonatada que contiene uno a mas estratos de calizas masivas, de varios metros de espesor, de color gris oscuro, fétidas, con cantos negros, a veces con oncolitos, que nos indican con claridad su depósito en un ambiente continental, lacustre - palustre. Su espesor puede llegar hasta los 100 metros.

Esta unidad se estudió, en sus aspectos sedimentológicos, en los perfiles de: Boche, Horno Ciego (situado al este de la hoja) y en el de la Cota 1070 que está al sur del poblado de Las Hoyas, al oeste de Molinicos, en este último perfil tiene muy poco espesor.

En el perfil de Boche, se encuentra representada por algo más de 90 metros de calizas micriticas, "wackestone", similares a las descritas en la unidad anterior pero con una continua y alternante presencia de niveles con foraminíferos y bioclastos marinos. Esta unidad culmina con 10 metros de calcarenitas, "packstone", intensamente bioturbadas, con abundantes foraminíferos y bioclastos. El

techo de la unidad viene marcado por la presencia de una superficie ferruginosa de encostramiento. Como en la unidad anterior se encuentran ordenadas en secuencias métricas con una parte basal de margas o margocalizas grises o negras, que puntualmente alcanzan los 10 metros, y una parte superior de calizas micríticas con estratificación irregular o nodulosa, con cantos negros, oncolitos bioturbados por raíces y niveles brechificados por desecación. Entre estas calizas se intercalan constantes niveles con foraminíferos, y algunos bioclastos marinos.

En el perfil de Horno Ciego está representada por los 100 metros (tramos 1 a 5), y está constituida por calizas micríticas basales, fétidas y una alternancia de margas y calizas bioclásticas con ostrácodos, carofitas, gasterópodos, y calcarenitas de clara influencia marina que culminan con un paquete más grueso (8 m) de calcarenitas claramente marinas, con abundantes bioclastos, son equivalentes a los tramos 9 a 11, del perfil de Boche.

En el perfil de la Cota 1070, se pueden incluir en esta Unidad los 15 metros de los tramos 1 y 2, correspondientes a calizas bioclásticas, packstone, con foraminíferos y bioclastos.

Las características descritas indican que esta Unidad se depositó en un ambiente continental de tipo lacustre con amplias orlas palustres, cercano a la línea de costa, y donde progresivamente se deja notar la influencia marina, para culminar con la instalación de un ambiente marino somero de alta energía.

Los microfósiles encontrados en esta unidad son *Choffatella decipiens* SHLUMBERGER, *Pseudocyclammina hedbergi* MAYNC, *Orbitolinopsis kiliani* (PREVER), *Sabaudia minuta* (HOFKER), *Palorbitolina lenticularis* (BUMENBACH), *Cuneolina pavonia* d'ORBIGNY, *Everticyclammina* sp., *Cuneolina* sp., *Orbitolinopsis* sp., *Paracoskinolina* sp., *Pseudoactinoporella fragilis* CONRAD, *Salpingoporella muehlbergi* (LORENZ), *S. melitae* RADOICIC, *Cylindroporella sudgeni* ELLIOT, *Permolaculus inopinatus* ELLIOT, *Boueina* sp.

La edad de esta Unidad dada la presencia de *Orbitolinopsis* al techo de la misma, es Aptiense inferior o Barremiense superior-Aptiense inferior. Los materiales descritos en esta unidad parecen coincidir con los descritos por ARIAS, MASSE y VILAS (1996), como Secuencia la, cuya edad sería Aptiense inferior.

2.3.3. Areniscas y margas ocreas, grises y blanquecinas con abundantes orbitolinas (8). Formación Caroch, Miembro Malacara. Barremiense-Bedouliense

Se trata de una unidad cartográfica de materiales terrígenos, de colores ocreos y grises, que contiene niveles con abundantes orbitolinas planas de unos 5 mm de diámetro. Es muy continua dentro del denominado grupo carbonatado inferior, siendo un buen nivel guía para separar las calizas inferiores (6 y 7), ya descritas, de las calizas superiores (9).

Tiene una particularidad muy importante que es lo siguiente: A) La parte inferior de esta unidad cartográfica corresponde a la secuencia estratigráfica Ib de ARIAS et al. (1996) y cuyo techo se ha identificado en el perfil de Horno Ciego por una superficie ferruginizada, y B) La parte superior de esta Unidad Cartográfica correspondería a la base de la secuencia estratigráfica Ic de los mismos autores y que es la que culmina con las calizas de Rudistas.

Esta unidad está claramente expuesta en el perfil de Horno Ciego, y se corresponde con los tramos 6 y 7. El tramo 6 se correspondería con la Secuencia Ib de ARIAS et al. (1996) que muestra un espesor de 42.5 metros. Se trata de una alternancia de margas grises y ocreas alternando con niveles de arenas y areniscas, en cuerpos canalizados con estratificación cruzada y laminación interna que se ordenan en delgadas sucesiones métricas; estrato y granocrecientes. En estos niveles son frecuentes los niveles con orbitolinas. La mitad superior de la secuencia lo constituyen un conjunto de areniscas en cuerpos canalizados y estratificación cruzada correspondientes al desarrollo de barras. El techo viene marcado por una superficie ferruginizada, claramente visible en este perfil de Horno Ciego. El tramo 7, con un espesor de 16 metros, está constituido por arenas blancas de grano medio, estratificadas en cuerpos de carácter tabular en estratos métricos con bases erosivas, estratificación cruzada planar y morfología de barras; se correlaciona por criterios litológicos con la parte basal de la Secuencia Ic de ARIAS et al. (1996).

Esta unidad fue caracterizada, identificada y estudiada también en los perfiles de Boche y en el de la Cota 1070.

El medio sedimentario que puede interpretarse para la parte inferior de esta unidad cartográfica, correspondiente a la secuencia Ib, es el de una sucesión deltaica, con desarrollo de pequeños lóbulos progradantes. Los términos arenosos inferiores que alternan con lutitas representarían los términos distales en ambiente favorable a las orbitolinas, mientras que los términos superiores con desarrollo de barras muestran la progradación de las partes más proximales. Para la parte superior, correspondiente al tramo basal de la secuencia Ic se trata de en un ambiente de plataforma marina siliciclástica, en ambiente proximal, con desarrollo de barras y canales.

Los microfósiles que aparecen en esta unidad son los siguientes:

En la columna de Horno Ciego: *Lenticulina* sp., *Choffatella?* sp., *Orbitolinidos*, *Miliolidos*, *Moluscos*.

En la columna de Boche: *Orbitolina* sp., *Palorbitolina lenticularis* BLUMENBACH, *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER, *Equinodermos*, *Gasterópodos*, *Lamelibranquios*, *Serpúlidos*.

En otros puntos (próximos a Horno Ciego): *Orbitolina* sp., *Choffatella decipiens* SCHLUMBERGER, *Praeorbitolina?* sp., *Palorbitolina lenticularis* BLUMENBACH, *Orbitolinopsis* sp., *Paracoskinolina* sp., *Everticyclammina* sp., *Boueina* sp., *Acicularia?* sp., *Valvulinidos*, *Lamelibranquios*, *Serpúlidos*.

La edad de esta unidad es atribuible al Barremiense - Bedouliense.

2.3.4. Calizas bioclásticas grises con Rudistas (9). Formación Caroch, Miembro Malacara. Barremiense – Bedouliense

Esta unidad es bien reconocible allí donde aflora dentro del área de estudio, constituyendo un nivel guía de referencia cartográfica. Los mejores afloramientos se encuentran en el sector centro oriental de la hoja entre el poblado de Morote y el camino que va a Horno Ciego. También aflora claramente a lo largo del barranco del Río Tus y en la terminación occidental de la Sierra de Ardal, al oeste del pueblo La Moraleda.

Está constituida por bancos de calizas bioclásticas con rudistas. Son “packstones” bioclásticos de aspecto noduloso, con estratificación irregular y ondulada que contienen numerosos rudistas del tipo Toucasia. Se presenta con un espesor de 25 metros en el perfil de Boche, con espesor superior a los 20 metros en Horno ciego, y de 10 metros en el de la Cota 1070.

Desde un punto de vista de evolución sedimentaria se trata del tramo superior de una secuencia que se inicia con una parte terrígena basal (incluida en la unidad cartográfica anterior).

Desde el punto de vista sedimentológico la secuencia, como ya se mencionó, se inicia en el tramo superior de la unidad cartográfica subyacente (8) en un ambiente de plataforma marina siliciclástica, en ambiente proximal, con desarrollo de barras y canales, sobre la que se produce una expansión de la plataforma carbonatada en condiciones submareales de alta energía, con importantes biotopos de rudistas (toucasias), que avanzan transgresivamente sobre los materiales terrígenos infrayacentes.

La microfauna observada en esta unidad es: Orbitolinopsis sp., Paracoskinolina? sp., Choffatella decipiens SCHLUMBERGER, Pseudocyclammina hedbergi MAYNC, Sabaudia minuta (HOFKER), Cuneolina sp., Rectocyclammina sp., Pseudotextulariella sp., Nautiloculina sp., Miliolidos, Textularidos, Valvulinidos,

Aunque no se ha encontrado *Iraqia simplex* en los perfiles realizados, lo que corroboraría su edad de techo del Aptiense inferior, se correlaciona por criterios litológicos con la Secuencia I.c de ARIAS et al. 1996, y su edad es Aptiense inferior.

2.3.5. Arenas blancas y arcillas versicolores. Conglomerados (10). Calcarentitas y calizas bioclásticas arenosas oscuras, bioturbadas y con abundantes ostreidos (11). Formación Caroch, Miembro Malacara; Fm Sácaras y Fm Utrillas. Aptiense superior-Albiense superior

Estas Unidades cartográficas afloran ampliamente en toda la hoja de Yeste. La unidad terrígena (10) está constituida por arenas mayormente blancas, arcillas de colores rojos, verdes y grises, y conglomerados. Su espesor es muy variable y puede alcanzar los 300 metros de potencia. La unidad carbonatada (11) aflora muy claramente en la población de Boche y de ahí hacia el oeste, a lo largo del camino que va al balneario de Tús. Las calizas aparecen intercaladas entre los terrígenos llegando a tener un espesor de hasta 20 metros y siempre se sitúan por encima de unos conglomerados silíceos, que tienen en algunas zonas varios metros de espesor.

La Unidad cartográfica terrígena (10), en la que se intercala la unidad carbonatada (11), es compleja ya que desde el punto de vista de evolución sedimentológica está constituida por tres Unidades Depositionales, siendo la superior la base de la sucesión estratigráfica del Cretácico Superior.

En su conjunto es muy homogénea y fácilmente identificable dado que son materiales friables y afloran en las zonas deprimidas o valles intermontanos, por debajo de las dolomías del Cretácico superior, que forman en general los Cerros y Sierras de la zona cartografiada.

La Primera Unidad Depositional está claramente expuesta sobre los niveles de calizas con rudistas (9). Es reconocible y se estudió sedimentológicamente, en los perfiles de Boche (78 metros), Las Hoyas (45 metros) y posiblemente esté representada en el de la Cota 1070 (5 metros), con una importante variabilidad de espesores.

Se trata de una unidad exclusivamente terrígena, salvo en la Cota 1070, en las cercanías de Torrepdro en donde sobre 2-3 metros de arenas blancas se dispone un paquete de calizas con rudistas de 3 metros de espesor.

En los otros dos perfiles en donde ha sido reconocida, ésta Unidad está representada por un conjunto inferior constituido por varias secuencias estrato y grano crecientes de arenas blancas cuyos espesores oscilan entre 2 y 5 metros (Las Hoyas, tramo 1) y 5 a 8 metros en Boche, (tramo 14). Estas secuencias constan de un término inferior de arenas finas, y un término superior constituido por un cuerpo arenoso tabular con base erosiva canalizada con estratificación cruzada planar, propia de barras someras.

La parte superior de la Unidad se presenta con unos 20 a 30 metros de alternancia de arenas blancas y lutitas con algunos niveles intercalados de calizas con fragmentos de ostreidos. Esta parte superior está representada en Las Hoyas por los tramos 2 y 3, con un espesor cercano a los 30 metros. Se trata de sucesiones de lutitas y arenas con algunos niveles de calizas, y hacia techo destaca el desarrollo de cuerpos métricos de arenas con estratificación cruzada. En Boche esta parte superior presenta una potencia superior a 25 metros bastante cubierta, y aparece como una alternancia de arenas en niveles de poco espesor y lutitas. El techo de la Unidad está marcado por una importante costra ferruginosa que se observa claramente en el perfil de Las Hoyas.

Esta unidad parece corresponder en su base a depósitos característicos de progradación deltaica, que pasa progresivamente a ambientes marinos de plataforma siliciclástica con desarrollo de barras arenosas, entre las que se depositan niveles de carbonatos de acumulación bioclástica en ambientes someros. Hacia techo tiene lugar el desarrollo de depósitos fluviales.

Aunque no se ha encontrado la presencia de Mesorbitolina que confirmaría su edad de Aptiense superior, utilizando criterios litológicos y estratigráficos, esta Unidad se correlaciona con la secuencia II de ARIAS et al (1996), y su edad por tanto sería Aptiense superior.

La Segunda Unidad Depositional tiene grandes variaciones de espesor y de facies, y se estudió en los perfiles de: Boche-I, donde está incompleta con un espesor de 40 metros, Boche-II en donde alcanza los 75 metros, Camino de los Collados, en donde se han medido 42 metros, Torrepedro, con espesor superior a 85 metros, Cota 1070, con 78 metros, y Las Hoyas donde alcanza poco más de 30.

La base de esta Unidad viene marcada por un nivel de conglomerados silíceos de entre 1 y 2 metros de espesor, y con cantos muy redondeados de 15 cm de diámetro máximo., y presente en todos los perfiles realizados.

Por encima de los conglomerados la serie está constituida por una sucesión arenosa y lutítica con intercalaciones delgadas de areniscas, calizas y calcarenitas bioclásticas.

En el perfil de Boche-II, por encima de los niveles anteriores que llegan a alcanzar hasta los 40 metros de espesor, se sitúa un potente conjunto de calizas (II), que se ha denominado Barra de Boche, de hasta 25 metros en los que se localizan niveles bioconstruidos de rudistas en posición de vida, y otros niveles bioturbados con ostreoides y gasterópodos. El techo de la sucesión viene marcada por un paquete de arenas de unos 6 metros y un último paquete de 4-5 metros de calizas bioturbadas con ostreoides.

En el perfil de Torrepedro, aunque en su base no llegan a aflorar los conglomerados, sobre el conjunto arenoso lutítico de 35 metros de potencia, se observan 20 metros de una sucesión de niveles de calizas (II) con restos bioclásticos de rudistas y ostreoides alternando con lutitas, para dar paso hacia techo a una sucesión de otros 20 metros de lutitas arenosas con intercalaciones de calizas con ostreoides.

En los demás perfiles tienen menor desarrollo, y están constituidas por una sucesión de lutitas arenosas con intercalaciones de calizas bioturbadas frecuentemente arenosas con ostreoides.

En todos los casos el techo de la unidad viene marcado por una o varias superficies ferruginizadas sobre las que se sitúa la Tercera Unidad Depositional de arenas blancas que constituye la serie del Cretácico superior y que corresponde a la Formación arenas de Utrillas propiamente dicha.

Desde el punto de vista sedimentario se trata de una descarga terrígena importante en la base, que da paso rápidamente a una plataforma marina proximal somera en condiciones litorales, llanura mareal y playa, que hacia Boche muestra su máxima apertura o profundidad con el desarrollo de una plataforma carbonatada somera con bancos de rudistas, para terminar en condiciones nuevamente litorales someras, con depósitos de arenas.

Esta sucesión arenoso-carbonatada con abundantes ostreoides es equivalente a la secuencia III de ARIAS et al 1996, por lo que su edad sería Aptiense superior (Formación Caroch, Miembros Burgal y El Buseo).

Los diversos niveles de calizas intercalados en las dos Unidades Depositionales descritas han sido intensamente muestreadas para estudios micropaleontológicos pero lo encontrado es una fauna que no llega a precisar suficientemente las edades dentro del rango entre el Aptiense y el Albiense inf.: Orbitolina cf. gr. texana (ROEMER), Sabaudia minuta (HOFKER), Cuneolina sp., Miliolidos, Texularidos, Ophthalmididos, Equinodermos, Serpúlidos.

Hay dos muestras, incluidas dentro de la Barra de Boche (9228 y 9255), cuya fauna corresponde al Barremiense superior-Aptiense inferior, en la que se reconocen Choffatella decipiens SCHLUMBERGER, Pseudocyclamina sp. (cf. P. hedbergi MAYNC), Everticyclamina sp., Pseudocyclamina sp., Pseudotextulariella sp., Paracoskinolina af. sumnilandensis MAYNC.

La Tercera Unidad Depositional corresponde a las Formaciones Arenas de Sácaras, y Arenas de Utrillas y constituye la base de la sucesión estratigráfica del Cretácico superior. Sus características litológicas son muy parecidas a las de las unidades terrígenas infrayacentes, por lo que es difícil su identificación a primera vista. Se ha estudiado una columna litológica de esta unidad a lo largo del afloramiento de la carretera que lleva a Arguélite, en donde se han medido 170 metros aunque posiblemente su espesor sea mayor, pues no se localizan con certeza ni el muro ni el techo de la unidad.

Está constituida por una sucesión de lutitas (más o menos arenosas) con intercalaciones de cuerpos arenosos que son de menor espesor en la base y más potentes en la parte media de la unidad. Hacia techo el aspecto es más arenoso, con presencia de cemento calcáreo y con delgadas intercalaciones margosas. A lo largo de casi todo el perfil la bioturbación moderada es constante, los niveles arenosos aparecen con laminación paralela en la parte inferior y con estratificación y laminación cruzada en el resto. Son frecuentes las bases erosivas o canalizadas y muestran tramos con estructuras bidireccionales claras, junto laminación lenticular y flaser. El tamaño de los granos es de fino a medio aumentando ligeramente hacia el techo. Las arenas son de color blanco mientras que las lutitas aparecen con tonos grises, verdes, ocreos y rojas.

El medio de depósito de esta unidad es claramente transicional en condiciones litorales, playas y dunas, y de llanuras mareales terrígenas.

De manera laxa se atribuye una edad Albiense inferior-superior a esta Tercera Unidad.

2.3.6. Dolomías masivas grises, oquerosas, tableadas y con abundantes orbitolinas planas en la base (12). Calizas bioclásticas y calcarenitas (12a). Albiense superior-Cenomaniense

Esta Unidad está constituida por un paquete de dolomías grises y ocreas en superficie, blancas en fractura, oquerosas, de aspecto masivo que alcanza un espesor de hasta 150 metros. Se trata de dolomías estratificadas en bancos con abundantes porosidad de disolución de bioclastos (porosidad "orbitolinica"), así como brechificación y que hacia su parte superior se muestra con estratificación ondulada de oleaje y estratificación cruzada planar con morfologías de barras bioclásticas con abundantes restos fósiles.

Su base puede observarse con claridad al oeste de Yeste, a lo largo de la carretera que va a Arguellite y también, al norte del Embalse de la Fuensanta, en el K.15 de la carretera que va a Yeste desde Elche de la Sierra. Se trata de unas dolomías pardas estratificadas, intercaladas con niveles margosos, conteniendo abundantes orbitolinas planas de hasta 15 mm de diámetro. En la parte norte de la hoja, en la ladera sur de la Sierra del Cujón y en su terminación oriental, este tramo basal esta sin dolomitizar. En el perfil de Los Collados se hizo una buena caracterización sedimentológica de este tramo carbonatado del que se han medido 107 metros de una sucesión de calcarenitas bioclásticas (12 a) ("packstone-grainstone") con estratificación planar, cruzada planar y nodulosa que alternan esporádicamente con niveles margosos o arenosos. Contiene abundantes restos fósiles de orbitolinas, y otros foraminíferos bentónicos, bivalvos (ostreidos), algas calcáreas y equinodermos. Destacan los niveles de orbitolinas que frecuentemente aparecen localizados en niveles de acumulación. La bioturbación es constante, de moderada a alta. Son igualmente frecuentes los niveles con estratificación cruzada planar y en surco así como los niveles nodulosos.

Este tramo basal corresponde al depósito en condiciones de plataforma somera submareal agitada con formación de barras y acumulaciones bioclásticas, con momentos de tranquilidad y colonización del fondo y episodios de influencia terrigena litoral.

Los microfósiles encontrados en este tramo basal de la unidad son: *Hensonina lenticularis* (PAALZOW), *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *gr. aperta* (ERMAN), *Conicorbitolina?* *concava* (LAMARCK), *Neoraiqa?* *sp.*, *Cuneolina sp.*, *Hedbergella?* *sp.* y/o *Favusella?* *sp.*, *Miliolidos*, *Lagenidos*, *Textularidos*, *Equinodermos*, *Moluscos*. La edad que nos indica esta fauna es Albiense superior - cenomaniense inferior.

De una manera aproximada y a modo tentativo el tramo basal se podría asimilar a la Fm Calizas de Aras de Alpuente (VILAS et al 1982), aunque habrá que realizar una revisión mayor de campo y bibliográfica para asegurarlo. Su edad podría corresponder, tal como se señaló al mencionar los fósiles hallados, al Albiense superior-Vraconiense?

El resto de la unidad dolomítica corresponde a depósitos de plataforma somera, agitada de alta energía, dentro del nivel acción del oleaje, que crearía barras y bajos de acumulación bioclástica. Podría tratarse de la Formación Alatoz o algún equivalente lateral en este dominio paleogeográfico, y su edad de una forma amplia sería Cenomaniense.

2.3.7. Dolomías blanco amarillentas microcristalinas estratificadas (13). Dolomías masivas (13a). Senomaniense-Turonense-Seneniense inferior?

Se trata de una unidad dolomítica de color blanco amarillento, estratificada, que puede presentar en algunos sectores un aspecto masivo. Se identifica claramente no sólo por su color amarillento sino por su clara estratificación, a veces en bancos muy delgados (decimétricos). Aflora ampliamente en la hoja de Yeste y tiene, en algunas zonas, espesores de más de 200 metros. Fue estudiada en el perfil de la carretera del embalse de la Fuensanta donde se observó un conjunto de secuencias métricas de somerización de tipo muddy, con un término inferior bioturbado, o masivo con algún resto fósil y un término superior laminado (laminación paralela), o irregular probablemente de origen algal. En algún caso el término inferior aparece como una pequeña acumulación con estratificación cruzada, y también de forma esporádica se puede reconocer un término superior con señales de emersión y brechificación. Son frecuentes los niveles ferruginizados en el techo de las secuencias.

En el perfil de los Collados (ladera sur de la Sierra del Cujón) se observa, en lo que podría considerarse la base de esta unidad, un tramo de calizas, estratificadas y tablas con laminación paralela y restos de fauna fósil, las dolomías que les siguen tienen una estratificación en bancos que se van haciendo más gruesos hacia el techo, pero conservando tramos esporádicos de laminación paralela.

En los afloramientos calizos intercalados entre las dolomías amarillentas tableadas y laminadas, situados al este de la Sierra del Cujón, en el anticlinal del sur del poblado de El Pardo, se encontró una microfauna con: *Praealveolina?* *sp.*, *Cuneolina sp.*, ophthalmidiidos mientras que en otras muestras se reconocieron *Valvulinidos*, *Rhapydionidos*, *Montcharmontia?* *sp.*, *Vidalina?* *Sp.*, *Cuneolina af. Pavonia* d'ORBIGNY, *Textularidos*, *Miliolidos*, *Ophthalmidiidos*, *Moluscos* y *Ostrácodos*. En la subida al Calar del Mundo, desde el norte, por el arroyo de la Celada, se encontró una *Scandonea af. Mediterránea*. Todo esto nos indicaría un rango de edades desde el Cenomaniense hasta el Seneniense inferior.

Se puede asimilar esta unidad, en primera aproximación, a la Formación Calizas tableadas de Villa de Ves (Teniendo en cuenta que esta unidad está descrita para la Cordillera Ibérica) y su edad sería igualmente Cenomaniense s.l.

2.3.8. Dolomías ocreas y grises masivas (14). Albiense sup.- Turoniense

Las dolomías de las unidades **12** y **13** del cretácico superior aparecen en el sector suroccidental de la hoja de Yeste con mucha dificultad para su separación, es por eso que se han cartografiado de forma conjunta en esta unidad indiferenciada.

2.3.9. Dolomías beige a marrón oscuras (**15**). Turoniense?

Estas dolomías se observan muy esporádicamente dentro de la hoja de Yeste, tienen muy poco espesor, hasta unos 5 metros, y aparecen de forma discontinua y aislada. Se caracterizan por su color marrón oscuro y su cristalinidad. Se pueden observar coronando un pequeño cerro de dolomías amarillas estratificadas (**13**) al norte de la presa del Embalse de la Fuensanta, muy cerca del Río Segura. También aparecen en otro pequeño afloramiento al este de Yeste, cerca del Embalse. Es también muy característico observar esta unidad litológica en el alto del Calar del Mundo, a muro de las calizas senonienses.

2.3.10. Calizas estratificadas gris claro a beige (**16**). Senoniense

Las calizas de esta unidad se encuentran en la parte oeste y norte de la hoja de Yeste por encima de las unidades dolomíticas anteriores. Tienen su afloramiento más destacado en el Calar del Mundo. Hacia el Este se caracterizan por estar coronando relieves montañosos suavemente plegados, dando unos escarpes estructurales muy característicos en lo alto de los cerros.

Son calizas bien estratificadas de color gris claro a beige en fractura fresca, que superan los 150 metros de espesor.

Un estudio detallado de esta unidad se hizo en el perfil del Llano de la Torre, subiendo la ladera del cerro situado al norte de dicho poblado. Se trata de calizas micríticas, a veces finamente estratificadas y laminadas con secuencias métricas de somerización en las que a techo se reconocen niveles desecados, brechificados, con perforaciones y huellas de raíces, gasterópodos y charophitas, así como con niveles de cantos negros. También hay algunos tramos de calizas bioclásticas con rudistas y miliólidos. Los microfósiles significativos encontrados en esta unidad son: *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINEIRI), *Cumeolina* sp., *Dicyclina*? sp., *Rhapydionina*? sp., *Valvulinidos*, *Textularidos*, *Ostrácodos*, *Moluscos*; indicando una edad Senoniense inferior. Además son numerosos los microfósiles de ambiente marino-lacustre: *Rotalina* sp., *Discorbis* sp., *Algas* (*Charofitas* entre otras), *Miliólidos*, *Rotalidos*, *Discorbidos*, *Ophthalmidiidos*, *Ostrácodos*; de edad Senoniense.

En el extremo suroeste del Calar del Mundo se encontró una microfauna que podría corresponder a edades entre el Santoniense y el Maastrichtiense, con *Lacazina* sp. (cf.L. elongata), *Orbitoides* media, *Clypeorbis* sp., *Siderolites* sp., *Nummofalotia* cretácea.

El ambiente de sedimentación de esta unidad es marino lagunal.

2.4. TERCIARIO

2.4.1. Calizas beige claras, amarillentas, masivas, a veces estratificadas (**17**). Mioceno

Es una unidad de calizas masivas que aflora en discordancia sobre distintas unidades del Cretácico superior. Son calizas bioclásticas o micríticas, grises en afloramientos y blancas o amarillentas en corte, que en su base tienen, a veces, un conglomerado silíceo o poligénico.

Se distribuye por el sector suroccidental de la hoja, aflorando a veces con la misma morfología de las calizas del Senoniense, es decir, formando escarpes estructurales que coronan algunos cerros. Esto hace que en muchos casos puedan confundirse. En el ángulo Sudoeste de la hoja aflora sobre el Senoniense, extendiéndose hacia el sur en la hoja de Yetas de Abajo hacia el vértice Mentiras del Calar de la Sima. Su espesor es muy variable y puede alcanzar más de 100 metros en esta última zona.

Los microfósiles encontrados en esta unidad son restos de *Lamelibránquios*, *Equinodermos*, *Briozoos*, *Ostrácodos*, *Miliólidos*, *Algas* *Melobesias*, *Rotalidos*, *Gypsinidos*, *Textularidos*, *Nummulitidos*, *Lagenidos*, *Globigerinidos*, *Discocyclina* sp., *Assilina* sp., *Asterigerina* sp., *Amphistegina* sp., *Sphaerogypsina* sp., *Dentalium* sp., *Rotalia* sp., *Operculina* sp., *Elphidium* sp

El medio de sedimentación es claramente marino y su edad Miocena.

2.4.2. Arenas, arcillas y limos verdosos-amarillentos y conglomerados (**18**). Mioceno Superior-Plioceno?

Esta Unidad terrígena aflora en el ángulo suroccidental de la hoja. Se trata de un conjunto litológico de limos, arenas, areniscas, margas limosas, arcillas y algunos conglomerados, de colores ocre y verde amarillento, que se extiende con mayor desarrollo hacia el sur, en la hoja de Yetas de Abajo y hacia el Este, en la hoja de Elche de la Sierra. En esta última hoja se produce un cambio hacia una facies carbonatada lacustre. Esta unidad se observa en muchas localidades discordante sobre las calizas miocenas marinas.

En las hojas colindantes se ha caracterizado como una unidad depositada en ambiente fluvial, mientras que en la zona estudiada los microfósiles encontrados nos indican un ambiente marino.

La microfauna encontrada es: *Ammonia* gr. *Beccarii*, *Martinotiella* sp., *Globigerina* sp. (forma enana) y más fauna resedimentada del Cretácico superior. La edad atribuida a las muestras estudiadas es Mioceno.

2.4.3. Conglomerados y areniscas (**19**). Calizas beige claras tableadas y margas (**20**). Mioceno Superior – Plioceno

El afloramiento más extenso de estas dos unidades corresponde a la cuenca lacustre de Molinicos, en el ángulo noreste de la hoja, siendo ésta una de las numerosas cuencas lacustres que aparecen en el Prebético Externo Otros pequeños afloramientos de la unidad carbonatada (20) se observan en el sector sureste de la hoja, la mayor parte de ellos situados discordantemente sobre las calizas masivas miocenas. Existe otro afloramiento que también aparece asociado a las calizas marinas del Mioceno y que está situado en el sector noroeste de la hoja al otro lado del Calar del mundo. Se trata de un afloramiento pequeño pero muy significativo para el análisis de evolución paleogeográfica de estas cuencas continentales.

La unidad carbonatada (20) está constituida por calizas micríticas de color beige claro con un tableado centimétrico a decimétrico, alternando con margas blancas. Al este del poblado de Juan Quilez estas calizas contienen abundantes gasterópodos. En la Cuenca de Molinicos el espesor máximo observado en afloramiento es de unos pocos metros, dado el escaso relieve y el hecho de encontrarse horizontales y poco afectadas por la tectónica, pero en estas cuencas lacustres del Prebético externo se mencionan espesores de hasta 500 m en la mayor parte de ellas (ELÍZAGA, E., 1994, ELÍZAGA, E. y CALVO, J.P., 1988 y JIMÉNEZ SÁNCHEZ, S., 1997) y son importantes por contener abundantes recursos de Diatomita.

Los Conglomerados y areniscas (19) afloran en el borde occidental de la cuenca de Molinicos con un espesor de unos 120m y corresponden a depósitos de abanicos aluviales que penetran en el lago (fan-delta) en la fase de colmatación de la cuenca.

Por correlación regional a estas unidades se les atribuye una edad Mioceno Sup. - Plioceno

2.5. CUATERNARIO

2.5.1. Cantos, bloques y brechas (21). Deslizamientos. Bloques y cantos con matriz limo arenosa (22). Coluviones. Pleistoceno-Holoceno

Los coluviones (22), originados en las vertientes, guardan una relación muy directa con los relieves más accidentados, estando en la Hoja bien representados, sobre todo en las zonas de mayor relieve. Están constituidos por bloques y cantos de naturaleza calcárea (calizas y/o dolomías) y matriz limo-arenosa más o menos abundante. Esta litología depende directamente las litologías aflorantes situadas topográficamente por encima de ellos, al igual que el tamaño y forma de los cantos, que están en función, de los procesos de meteorización, de la estructuración (diaclasado y estratificación), del tamaño de los escarpes y de su evolución, entre otros.

En la unidad cartográfica de deslizamientos (21) se han agrupado tres tipos de acumulaciones: los depósitos tipo "debris" constituidos por cantos y bloques con matriz margosa, los deslizamientos superficiales (flujos y reptaciones) de otras formaciones superficiales no consolidadas como son coluviones y/o suelos desarrollados principalmente sobre las arenas y arcillas cretácicas y triásicas, formados por arenas y limos con cantos, y por último aquellos que afectan a macizos rocosos y otros deslizamientos mixtos o indiferenciados, constituidos por limos, bloques y brechas calcáreas.

2.5.2. Conglomerados, arenas y limos con costras carbonatadas (23). Abanicos aluviales y glacis. Pleistoceno-Holoceno. Conglomerados, arenas y limos arcillosos (25). Conos de deyección. Holoceno

En la unidad 23 se han agrupado los abanicos aluviales y los glacis de cobertera. Los primeros, con morfologías de glacis, tienen un desarrollo superficial importante, marcando en el paisaje sus peculiaridades. Están constituidos por conglomerados, arenas y limos, teniendo a veces costras carbonatadas. Son depósitos con morfología semicircular, o de segmento de cono, que se extienden radialmente ladera abajo desde el punto en el que el curso del agua abandona el área montañosa.

Los glacis o pedimentos con una delgada cobertera de detritos, constituidos por limos arcillosos rojos y cantos, se presentan como un conjunto de rampas desarrolladas principalmente sobre los materiales blandos, detríticos, del Cretácico inferior.

Los conos de deyección (25) aparecen sobre las llanuras aluviales y/o fondo de valle, y excepcionalmente sobre terrazas y glacis, emplazados en la desembocadura de cursos de menor orden. Están constituidos por conglomerados, arenas y limos arcillosos.

2.5.3. Conglomerados, arenas y limos (24). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno

Las Terrazas están escasamente representadas en la hoja de Yeste. Están constituidas por conglomerados, arenas y limos y se presentan como estrechas bandas discontinuas paralelas a la llanura aluvial del Río de la Vega, cercano a la población de Riopar.

2.5.4. Cantos y limos rojos (26). Aluvial-Coluvial. Pleistoceno-Holoceno

Los aluviales-coluviales son depósitos constituidos por cantos y limos rojos, acumulados al pie de las vertientes y en el fondo de valles, pero que no tienen un origen solamente fluvial, sino que han recibido importantes aportes laterales por gravedad o arroyadas en manto.

Se incluyen también en esta unidad cartográfica los depósitos arcillosos asociados a las depresiones kársticas.

2.5.5. Cantos, gravas, arenas y limos arcillosos (27). Fondo de valle. Holoceno

Esta unidad forma las llanuras aluviales que presentan un cierto desarrollo y que tienen unos depósitos similares a los de las terrazas: cantos, gravas, arenas y limos arcillosos, pero con un horizonte a techo de limos grises o pardos. Como Fondos de valle se incluyen además todos aquellos depósitos que tapizan la parte más baja de los valles y barrancos de la red secundaria.

3. GEOMORFOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN FISIOGRAFICA

La Hoja de Yeste se localiza en una de las grandes unidades morfoestructurales de la Península Ibérica: las Cordilleras Béticas, más concretamente en el borde septentrional de la Cordillera subBética, enclavada entre las Sierras de Alcaraz al norte, y de Segura al sureste.

Presenta un relieve bastante accidentado, con grandes contrastes altimétricos entre las cumbres de las alineaciones montañosas y los fondos de los valles, con desniveles comprendidos entre 800 y 300 m, siendo la incisión fluvial bastante importante.

Morfográficamente la Hoja presenta una serie de sierras o relieves alargados y de valles o depresiones, que la cruzan con disposición NE-SO, a la vez que las cotas van descendiendo progresivamente hacia el SE. Así, los relieves más importantes corresponden al denominado macizo del Calar del Mundo, con cotas máximas en los vértices Argel (1.694m) y Calar del Mundo (1.631m), y en su prolongación nororiental, la Sierra del Cujón. Al SE, al otro lado del río Tús aparecen las Sierras del Cuquillo (1.490m) y de Ardal (1.440m); y por último, en la otra vertiente del río Segura, las Sierras de Los Molares (1.020m) y de Juan Quilez (932m).

Desde el punto de vista hidrológico la red fluvial presente en la Hoja se encuentra bien desarrollada, perteneciendo a dos cuencas hidrográficas: Por una parte los tributarios del río Segura, y que por tanto vierten al Mediterráneo, como son el Río Mundo, que nace en la propia Hoja, y los ríos Tús y Taibilla. Por otra parte, en la esquina noroccidental del mapa, el drenaje se organiza en torno al Guadalimar, que es tributario del Guadalquivir, vertiendo sus aguas al Atlántico. El embalse de la Fuensanta, situado en el cuadrante SE regula las aguas de los ríos Tús y Segura.

Con respecto al clima, todo el sector del Calar del Mundo, se encuentra dentro de la parte más alta y húmeda de la Cuenca del Segura, pero aparece muy condicionado por el efecto orográfico y la influencia de las borrascas atlánticas, con pluviosidades (LOPEZ BERMUDEZ, 1974) que superan los 1000 mm anuales para el macizo del Calar del Mundo, e inferiores en el resto de la zona, oscilando entre los 749mm de Riópar y los 496mm de Yeste. Dando en conjunto valores medios de pluviosidad anual comprendidos entre 600-700mm (RODRIGUEZ ESTRELLA, 1979).

La distribución de la precipitación a lo largo del año, presenta un máximo destacado en invierno, produciéndose éstas, en buena parte, en forma de nieve; la estación lluviosa se prolonga hasta Mayo, siendo el mínimo pluviométrico en el verano (Julio-Agosto).

Las temperaturas medias anuales se encuentran entre las isoterma de los 9-14°C, siendo como es lógico, debido a la altitud, las áreas noroccidentales las más frescas, correspondiendo el régimen anual a su carácter continental, con mínimas en invierno, y lento aumento hasta Abril, para alcanzar el máximo en Julio-Agosto, con un enfriamiento rápido a partir de Septiembre. Lo más destacado viene dado por la amplitud anual de las temperaturas, con valores del orden de 17-18 como término medio, dando un verano relativamente cálido y un invierno bastante riguroso, con heladas frecuentes con un promedio que excede de 50 días.

El tipo de clima según la clasificación de Tomthwaite, deducido por RODRIGUEZ ESTRELLA (op. cit.) varía según los sectores, pasando en el sector oriental de subhúmedo-seco, en el sur, a subhúmedo-húmedo en el norte, siendo megatérmico con superávit moderado en invierno y ligera tendencia continental. En el sector occidental el clima es húmedo, aumentando hacia el norte, megatérmico con déficit importante en verano y moderada tendencia continental.

La cubierta vegetal es variada, estando muy influenciada además de por la altitud, por la temperatura y la humedad, por la acción del ganado y del hombre, habiendo resultado nefasta para ella y para el desarrollo de la región, la ocurrencia de importantes incendios forestales que afectaron a los términos municipales de Yeste y Molinicos.

Las comunidades vegetales climax corresponden a grados diferentes; el grado esclerófilo-mediterráneo, representado fundamentalmente en las partes más bajas y caracterizado por encinas acompañadas por enebros y monte bajo con brezos, romero, jaras, aliagas y esparto. El grado esclerófilo-montano-submediterráneo, que se extiende por las zonas de umbría, y por tanto más húmedas, está representado por Quejigos, robles, encinas, fresnos y cornicabras. En las zonas más elevadas se encuentran los pinos negral y salgareño, que van cediendo terreno a medida que descienden en altitud al pinaster. Junto a las orillas de los ríos y arroyos crece la vegetación de ribera con chopos (alba y negra), olmos, sauces y tarays.

La agricultura presenta escaso interés debido a lo accidentado de la topografía; la superficie cultivada en la Hoja se aproxima a las 5.500 hectáreas, correspondiendo mayoritariamente a secano, cereales, olivos y almendros, y pequeños regadíos dedicados a huertas de autoconsumo y alfalfa. En cuanto a la ganadería, es de destacar el ganado ovino y caprino, le sigue el porcino, y con escasa incidencia, el vacuno y la "ganadería brava".

La densidad de población es bastante baja, como corresponde a una zona de montaña, distribuyéndose en los principales núcleos, que por orden de importancia son: Yeste, Riópar, Molinicos, El Pardal, Moropeche y Villaverde de Guadalimar, y en más de 60 pequeñas aldeas o cortijos distribuidos por toda la Hoja.

Las carreteras más importantes, autonómicas de 2º orden, que recorren la Hoja y que comunican las poblaciones más importantes son: La CM-412 (Riópar-Elche de la Sierra), la CM-3204 (Riópar-Siles), y la CM-3206 (Yeste- Elche de la Sierra). Además de éstas, existen numerosas y tortuosas carreteras de firme ligero, caminos y pistas forestales que comunican las distintas aldeas y que permiten un acceso aceptable a gran parte de la superficie de la Hoja.

Por último hay que reseñar que los recursos económicos de esta zona se deben básicamente a la ganadería y a la agricultura, incluyendo en ésta última la explotación forestal de los pinares, que en estos tiempos ha decaído considerablemente a causa de los incendios sufridos. Sin embargo, el turismo “de naturaleza” está tomando un gran auge, por lo agreste y espectacularidad de este peculiar paisaje montañoso, y sin duda en los próximos años, pasará a ser un recurso importante si se hace la planificación adecuada.

3.2. ANTECEDENTES

La bibliografía que existe sobre la zona, relativa a referencias geomorfológicas concretas es escasa, estando siempre referida a aspectos regionales. Los primeros trabajos se deben a BRINKMANN y GALLWITZ (1950) que estudian el borde externo de las Cadenas Béticas, MARTÍN SERRANO y GARCÍA ABBAD (1979, a y b) proponen un modelo de sistematización morfoestructural del extremo suroccidental de la Meseta, definiendo La Unidad de escamas prebéticas dentro del Dominio morfoestructural Prebético. ALFARO et al. (1991) estudian la neotectónica y la sismicidad asociada en el borde suroccidental de la Meseta Ibérica en su conexión con las Béticas.

ULLASTRE y MASRIERA (1968), LOPEZ BERMUDEZ, F. (1974), CUENCA PAYÁ, A. (1976) estudian la geomorfología del karst del Calar del Mundo, mientras que RODRIGUEZ ESTRELLA (1979) estudia el karst desde un punto de vista hidrogeológico, y más recientemente, RODRIGUEZ ESTRELLA y BALLESTA SÁNCHEZ (1999) presentan un trabajo más completo abordando la geología, la hidrogeología y la geomorfología del kárst, no sólo en superficie, sino en diversas cavidades subterráneas. LÓPEZ BERMUDEZ y LÓPEZ LIMIA (1989) en un trabajo de carácter regional, analizan la geomorfología del karst prebético en su conjunto. GOY y ZAZO (1989) y GOY et al. (1994) describen las principales unidades morfoestructurales de las Béticas, y en concreto, de la unidad subbética, en la que se encuadra la Hoja

Un significativo avance se produce en los últimos años, con la realización para el proyecto MAGNA de Mapas Geomorfológicos a escalas 1:50.000 con sus respectivas Memorias, sobre todo de Hojas próximas (839, 840 y 864).

3.3. ANALISIS GEOMORFOLÓGICO

En este apartado se analizará el relieve de la Hoja desde un punto de vista estático pero considerando dos aspectos, uno endógeno y otro exógeno. El primero referido a la morfoestructura (GARCÍA ABBAD, 1978), es decir, a la configuración estructural (tectónica) propia y característica de esa región, adquirida a lo largo de toda su historia geológica, teniendo en cuenta tanto la naturaleza litológica como la disposición de los materiales, y que van a definir los grandes rasgos del relieve, constituyendo el soporte o sustrato sobre el que se va finalmente a labrar el modelado, por obra de la acción de los diferentes agentes externos o “sistemas morfogenéticos” hasta nuestros días, relacionados con el segundo aspecto.

3.3.1. Estudio morfoestructural.

De acuerdo con las principales Unidades morfoestructurales que establecen GOY et al. (1994) en las Cordilleras Béticas, la Hoja pertenecería al dominio de la Cordillera Subbética, y más concretamente al Prebético, cuyo rasgo más general es la discontinuidad en el relieve, con numerosas depresiones generalmente instaladas sobre rocas blandas; las directrices de plegamiento son planamente Béticas es decir NE-SO. El estilo tectónico en la zona interior de la Cordillera es sencillo a grandes rasgos y se traduce en el desarrollo de grandes pliegues simétricos, de estilo jurásico y fallas (retrocabalgamientos) de pequeño desplazamiento (*Segura Backthrust Zone* de BANKS y WARBURTON, 1991) En el sector septentrional de la misma, los pliegues van adquiriendo vergencia debido a que empieza a aflorar el Triás margoyesífero que sirve como nivel de despegue; las sierras se resuelven frecuentemente en abruptos cantiles, a causa de la vergencia septentrional de los pliegues y cabalgamientos en un estilo imbricado del plegamiento.

Este sector correspondería o sería equivalente al Prebético externo (Dominio Tectónico), o Unidad morfoestructural de escamas prebéticas (MARTÍN-SERRANO y GARCÍA ABBAD, 1979 a y b), que presenta una estructura singular de pliegues y cabalgamientos apretados que se conoce como “Arco de Cazorla-Alcaraz” o Zona imbricada de Alcaraz (BANKS y WARBURTON, op. cit.) y que “domina” topográficamente sobre las unidades vecinas. Esta estructuración vergente hacia el NE y N, corresponde al “prisma orogénico frontal” del Orogénico Bético.

El límite entre estos dos dominios tectónicos correspondientes al Prebético interno y al externo en la Hoja de Yeste vendría definido por la Falla de Socovos-Río Mundo que corresponde a un gran accidente de desgarre dextrógiro (más de 60 km de longitud) conocido regionalmente como Falla de Socovos-Calasparra (RODRIGUEZ PASCUA, 1997), que separaría el Prebético interno al sur, del externo al norte. Se trata de una falla con dirección predominante NO-SE salvo en esta Hoja, donde presenta un trazado E-O hasta las proximidades de la localidad de Riópar, a partir de la cual parece que se incurva y desfleca en varias fallas con direcciones NE-SO. Se trata sin duda de una falla profunda, con rocas y manifestaciones volcánicas asociadas, flaramientos diapíricos triásicos y mineralizaciones asociadas en las dolomías del Cenomaniense.

La constitución litoestratigráfica de estas dos unidades tectónicas también presenta sus peculiaridades, así, mientras que el Prebético interno se caracteriza por presentar afloramientos mayoritariamente Cretácicos muy potentes, sobre todo de Cretácico inferior, y en

segundo lugar de Mioceno tanto marino (Burdigaliense-Serravaliense) como continental (Vallesiense sup-Turoliese); el Prebético externo está representado por Triás y Jurásico (dolomías del Lias-Dogger) y excepcionalmente cretácicos y Miocenos.

Se trata no sólo de dos unidades indiscutiblemente tectónicas, sino también desde el punto de vista litoestratigráfico diferentes, por tanto es coherente que las consideremos también como dos unidades morfoestructurales, aunque en el caso concreto de la Hoja, la unidad de escamas, debido principalmente a su escasa representación, se muestra poco diferenciada morfológicamente del resto de la misma.

La red fluvial tanto atlántica como mediterránea se presenta fuertemente encajada en el relieve de las dos morfoestructuras, siguiendo en gran parte de su trazado un claro control estructural de la fracturación

La unidad morfoestructural de Prebético interno ocupa más de dos tercios de la Hoja, y en ella, todas los relieves montañosos corresponden a formaciones carbonatadas resistentes a la erosión, principalmente del Cretácico superior (dolomías masivas o estratificadas del Cenomaniense- Turoniense con potencias superiores a los 300m y calizas de grano fino, bien estratificadas Senonienses con unos 150-200m de espesor) y del Mioceno marino (conglomerado silíceo basal y calizas blancas con más de 100m de potencia), mientras que los valles y depresiones aparecen a favor de las formaciones mayoritariamente margosas y terrigenas del Cretácico inferior que, aunque también presentan niveles y tramos carbonatados, no son tan competentes como las superiores. Se da además la circunstancia de que los relieves altos corresponden fundamentalmente a estructuras sinclinales, por lo que dicha unidad presenta, en general, un relieve estructural invertido.

La morfoestructura de esta unidad estaría constituida por las siguientes estructuras tectónicas con dirección NE-SO que se describen a continuación (de noroeste a sueste): Los sinclinales del Calar del Mundo y del Cujón, que se corresponden con las sierras homónimas, los anticlinales del Río Tús-Cerro Lobo-Las Hermanas, sinclinales de La Molata del Imperio, de la Sierra de Ardal, del Molejón de Rala y de Peña Horadada; Sinclinales de Cerro Humoso-Morro de Jartos-Cerro de Lentiscosa, anticlinal del Río Segura-Embalse de la Fuensanta, sinclinales de la Sierra de los Molares y de las Casas de Juan Quilez. Junto a estas estructuras aparecen otras de menor envergadura como son los sinclinales de Moropeche y de San Cristóbal, satélites del Calar y del Cujón; anticlinal de Torre de Pedro, Sinclinal de Peñas Coloradas-La Heredad o el anticlinal de Argelittle.

Tanto al NO del sinclinal de Calar del Mundo, como al N de la Falla de Socovos-Río Mundo, es decir en la unidad del Prebético externo, la estructuración es mucho más apretada y dislocada por el desfleque de dicha falla hacia es SO, de tal modo que aparece una banda intermedia de desgarrar con Cretácico superior, que conforma la estructura sinclinal del Padroncillo, el relieve más elevado (1.587m) de ese dominio en la Hoja. Inmediatamente al noroeste de esta estructura, aparece representada la unidad de Escamas desarrolladas principalmente sobre dolomías jurásicas que no dan un relieve significativo al estar muy incididas por la cabecera del Guadalimar. Al este aparece la depresión de Riôpar que se ha desarrollado a expensas de los depósitos margo-arcillosos lábiles triásicos, y que estructuralmente corresponde a un anticlinal, a continuación el Río Mundo aprovecha el trazado del gran accidente Socovos-Calasparra, dejando al norte el sinclinal jurásico de los Picos del Oso, un poco más adelante, y a la altura del Pardal, dicho río abandona el trazado de la Falla, encajándose en el núcleo triásico de otra estructura anticlinal (en la Hoja de Alcazar, 841). La estructura adyacente corresponde al sinclinal con Mioceno marino de Fuente Higuera, y por último la “depresión de Morote”, que corresponde a la cuenca continental fluvio-lacustre miocena (CALVO et al. 1978) de Molinicos.

Estas dos Unidades morfoestructurales diferenciadas, correspondientes al Prebético externo y al interno, cada una de ellas con unas litologías y una estructuración determinada conforman ambas un relieve 100% estructural de plegamiento, por su génesis, pero además, han sido sometidas a la acción modeladora de los procesos externos, bajo unas determinadas condiciones climáticas. Sin duda la morfogénesis fluvial con tan fuerte incisión ha puesto en evidencia y ha resaltando aún más el carácter estructural plegado y fallado del relieve actual que presenta la Hoja en las dos Unidades. Pero en cada una de ellas se han desarrollado otras morfogénesis, como son las de laderas, kárstica o poligénica, que con diferente intensidad han ido perfilando el relieve, dando formas propias y formas complejas derivadas (PEDRAZA, 1996) en el caso de las estructurales.

La presencia de abundantes materiales karstificables correspondientes al Cretácico superior y al Jurásico, unido a una disposición morfoestructural favorable en el que las sierras calizas y dolomíticas ofrecen laxos pliegues y fracturas de cierta importancia que favorecen los procesos de disolución, infiltración y circulación subterránea, confieren a este relieve unas peculiaridades morfológicas únicas, tanto de carácter superficial (modelado exokárstico) como subterráneo. Uno de los mejores paisajes kársticos del Prebético corresponde al macizo del Calar del Mundo.

El modelado kárstico en el sector Prebético se inicia al final de las fases alpinas en el Mioceno superior, aunque su principal desarrollo tendría lugar durante el Plioceno y el Pleistoceno inferior (LÓPEZ BERMÚDEZ y LÓPEZ LIMIA, 1989; GOY et al, 1994)

3.3.2. Estudio del modelado y formaciones superficiales.

Conocidas por una parte las diferentes características tanto litológicas como estructurales del sustrato geológico en las dos Unidades morfoestructurales definidas anteriormente, y por otra, los principales agentes que ha desencadenado y condicionado el modelado: la morfogénesis fluvial, se describen a continuación las diferentes morfologías (formas) tanto denuvativas como de acumulación (depósitos), derivadas de la actuación de los agentes externos, agrupados en sistemas morfogenéticos según los procesos que las han generado.

3.3.2.1. Modelado endógeno

Formas estructurales.

Las formas estructurales son igualmente significativas en las dos unidades morfoestructurales, definiendo en ambas los grandes volúmenes del relieve; y que por peculiaridades en el estilo tectónico de esta Hoja, podemos considerar como un relieve estructural de plegamiento de “estilo jurásico” fuertemente trastocado por la fracturación.

El Calar del Mundo, junto con los otros relieves o macizos calcáreos, se resuelven frecuentemente en abruptos cantiles o escarpes estructurales de distinta magnitud; éstos corresponden a las diferentes formaciones o tramos competentes dolomíticos y calizas de las series cretácica (Dolomías del Cenomanense-Turonense y calizas del Senoniense), del Mioceno marino en la Molata del Imperio o jurásica (Dolomías del Lias-Dogger) en la unidad del Prebético externo.

Las vertientes de estos relieves configuran unas veces (las menos) “laderas compuestas” coronadas por una cornisa o cantil resistente calcáreo bajo el que afloran los materiales areno-arcillosos del utrillas o las arcillas del triás; otras veces conforman “laderas complejas” con varios resaltes en graderío de paredes verticales, que en el caso más extremo la incisión fluvial ha realizado como acantilados rocosos de más de 500 m de desnivel, como en el cañón del Río Tus entre el Aserradero y Collado Tornero, o el impresionante anfiteatro del nacimiento del Río Mundo, con una pared de cerca de 400 m de desnivel, y que se deben a la erosión diferencial entre los diferentes paquetes de dolomías y calizas del cretácico superior.

En las depresiones o valles intermontanos desarrollados a favor de los materiales más lábiles del Cretácico inferior o la serie triásica, destacan también otros escarpes estructurales y resaltes de capa, aunque de mucha menor envergadura que los anteriores, pero significativos dentro de su contexto. En el primer caso corresponden mayoritariamente a los niveles de calizas del Berriasiense-Hauteriviense y del Barremiense-Bedouliense, y a las calizas con ostreoides del Aptiense sup. (calizas de Boche). En el segundo caso, y en menor medida a niveles calco-margosos del Muschelkalk en la depresión triásica de Riópar, o de conglomerados y calizas lacustres miocenas, en la cuenca terciaria de Molinicos.

Crestas o resaltes subverticales con disposición E-O se han señalado sobre dolomías jurásicas cerca del borde nororiental: Las más espectaculares son dos crestas denominadas “Los Picos”, frente a la Fuente de la Plata entre las localidades de Mesones y El Pardo; el otro resalte corresponde al “Alto de Cerrejoncillo”, entre ésta última localidad y Fuente-Higuera. En el primer caso las crestas están relacionadas directamente con la falla de Socovos-Río Mundo, y en el segundo con otra falla subparalela a ésta con importantes rellenos espeleotémicos sobre el plano de falla a lo largo de la vertiente septentrional. También se ha señalado como cresta el flanco meridional (subvertical) del sinclinal de Peña Horadada.

Escarpes estructurales en series monoclinales conformando cuestras aisladas o relieves en cuestras, se han cartografiado principalmente en el “corredor” de Morote-Peñarubia, y en la Cuerda de la Cumbre, extremo suroccidental de la Sierra de Ardal a favor de las calizas con rudistas Bedoulienses; también sobre calizas miocenas marinas del flanco septentrional del sinclinal de La Molata del Imperio de desarrolla un dorso de cuestra. Fallas con expresión morfológica se han señalado en dos sectores, una cerca del borde nororiental de la Sierra del Cujón, con dirección ONO y bloque hundido al N, subparalela a la de Socovos; las otras aparecen con dirección NE a lo largo del borde noroccidental del Macizo del Calar, donde parece que han controlado el desarrollo del polje de La Laguna de Bonache.

Las estructuras sinclinales simples colgadas tipo “val” corresponden al sinclinal Mioceno de Fuente-Higuera, y al de Peña Horadada, sobre calizas Senonienses. Como ya se mencionó al principio de este capítulo, la Hoja presenta un relieve invertido, en el sentido de que son las estructuras sinclinales y no las anticlinales las que ocupan los relieves más sobresalientes y compactos.

Anticlinales dando relieves positivos (“Mont”) no se han señalado en el mapa para no complicar excesivamente el mismo, no obstante describiremos dos estructuras bastante significativas: Por un lado el anticlinal de Cerro Lobo, situado entre las aldeas de Carrasca de Arriba al S y de Hoya de la Parrilla al N, en el que las calizas del Barremiense-Bedouliense conforman dicho relieve, que corresponde precisamente a la zona de charnela. El arroyo Bravo, transversal a dicha estructura ha excavado un valle tipo “cluse”, en cuyo fondo llegan a aflorar los niveles más bajos del Cretácico inf., las calizas tableadas del Berriasiense-Hauteriviense. La otra estructura corresponde al anticlinal de Arguellite, situado al NNO de dicha localidad corresponde a un pliegue apretado y fallado con una dirección bastante anómala, prácticamente N-S, y que se continúa con esa misma disposición en la Hoja de Yetas de Abajo (888), siguiendo el trazado del río Segura. Las calizas del Barremiense conforman un pequeño “mont”, mientras que en los flancos forman resaltes estructurales monoclinales, casi crestas en la zona más interna, donde se desarrolla un estrecho valle o depresión longitudinal (“combe”). La carretera que va a la aldea de Los Prados proporciona un buen corte de esta morfoestructura.

En la cuenca terciaria de Molinicos se han señalado algunas superficies o replanos estructurales con disposición horizontal, conformados mayoritariamente por conglomerados y areniscas cementadas.

3.3.2.2. Modelado exógeno

Formas de ladera.

Como ya se mencionó, la morfoestructura impuesta a la serie litoestratigráfica de la Hoja junto con la fuerte incisión fluvial, han configurado un conjunto de relieves discontinuos constituidos por macizos y sierras calcáreas, que se disponen como bloques colgados ocupando las divisorias de los interfluvios, mientras que las depresiones correspondientes a los valles fluviales aparecen desarrolladas sobre materiales mucho más lábiles. Sobre las vertientes de dichos interfluvios se originan frecuentes “laderas compuestas” y “complejas” (GUTIERREZ ELORZA, 2001 a), coronadas por una cornisa de roca resistente en el primer tipo, o con varios paquetes de distinta resistencia a la erosión, que originan diversos resaltes estructurales característicos de las “vertientes complejas”.

Los diversos procesos erosivos que actúan sobre toda la vertiente producen el retroceso de la misma, por ello los materiales resultantes de la destrucción de estos resaltes, junto con otros procedentes del sustrato infrayacente se concentran en zonas preferentes de las vertientes, constituyendo una acumulación o ladera de déritos.

Estos depósitos superficiales reciben la denominación de coluviones o taludes de derrubios; pueden cubrir total o parcialmente la ladera, el desplazamiento de estos materiales por la vertiente, se realiza como una autotraslación, bajo la acción directa de la gravedad, por lo que gran parte de los procesos de vertiente se denominan gravitacionales, no obstante, es evidente que junto a los gravitacionales, intervienen otros procesos como pueden ser la arroyada, laminar o en regueros y los relacionados con el periglaciario principalmente.

Los depósitos coluvionares pueden llegar a desestabilizarse por diferentes causas, dando lugar a deslizamientos, o ser afectados por erosión en regueros y abarrancamiento que progresivamente van desmantelando el depósito, descubriendo el sustrato areno-arcilloso y arcilloso infrayacente, generando un modelado con regueros y/o cárcavas.

En muchas "laderas complejas", con varias intercalaciones de distinta competencia, es frecuente que los coluviones aparezcan colgados sobre los resaltes a diferentes alturas, como ocurre en las vertientes meridionales del Molejón de Moropeche o de la sierra de Ardal.

Finalmente, en la parte baja de algunas vertientes, a veces mediante una ruptura o concavidad basal, se desarrollan otros depósitos détricos de piedemonte que enlazarían con los fondos de valle o con la llanura aluvial.

Los coluviones por tanto, se originan en las vertientes, guardando una relación muy directa con los relieves más accidentados, estando en la Hoja bien representados, sobre todo en las zonas de mayor relieve. La litología de estos depósitos depende directamente, como es lógico, de las litologías aflorantes situadas topográficamente por encima de ellos, al igual que el tamaño y forma de los cantos, que están en función de los procesos de meteorización, de la estructuración (diaclasado y estratificación), del tamaño de los escarpes y de su evolución, entre otros. Mayoritariamente presentan cantos de naturaleza calcárea (calizas y/o dolomías) y matriz limo-arenosa más o menos abundante. Como formación superficial todos estos depósitos aparecen identificados por la misma sigla (a), independientemente de las características intrínsecas del mismo.

Un tipo peculiar de coluviones, en general con menor representación, serían las "pedrizas", acumulaciones más o menos ordenadas de cantos y bloques ("greze-litee") originados principalmente por gelificación y acumulados por gravedad, por lo que suelen poseer pendientes mínimas superiores a los 30°, para que tenga lugar su movilización a lo largo del talud, en ciclos de hielo-deshielo mediante soliflujión y "frost creep". Los clastos calcáreos son angulosos, de tamaño variable y usualmente desprovistos de finos en superficie (textura "openwork"); es frecuente que en muchos depósitos, los clastos estén cementados entre ellos en las superficies de contacto, mediante meniscos o precipitaciones carbonatadas de tipo vadoso. En profundidad y sobre todo al pie de los taludes, se enriquecen en arcillas y/o margas; la fuerte pendiente, junto con las peculiares características texturales que presentan estos depósitos, conllevan que en la mayoría de los casos aparezcan totalmente desprovistos de vegetación.

El origen de todas estas pedrizas en general, hay que enmarcarlo en el pasado y bajo la influencia de un régimen morfoclimático periglaciario no muy acentuado (fases frías pleistocenas y del Holoceno superior) en el que los procesos de crioclastia o gelificación eran dominantes.

Buenos ejemplos de este tipo de depósitos (no diferenciados de los coluviones en la cartografía) aparecen por toda la Hoja, sobre todo en aquellas vertientes complejas, donde el sustrato es 100% carbonatado; otras veces se acumulan sobre la cicatriz de coronación de los deslizamientos, fosilizando el escarpe como en los de Moropeche y el Embalse de la Fuensanta (cra. a Juan Quilez).

Otros procesos singulares que tienen lugar en vertientes con esta tipología, son todos aquellos movimientos "ladera abajo" de suelos, derrubios o rocas bajo la influencia directa de la gravedad, y que son denominados colectivamente como deslizamientos o movimientos en masa ("mass wasting", EASTERBROOK, 1999). En todos los casos esta inestabilidad de las laderas, está muy condicionada por la fuerte inclinación de las mismas y por la débil competencia del sustrato (arcillas y arenas del cretácico inferior, arcillas y yesos del triás).

De forma puntual se han reconocido desprendimientos o caídas de bloques ("rock falls"), en general de poca entidad, por lo que no se han diferenciado en la cartografía. Estos fenómenos son habituales en paisajes con escarpes rocosos culminantes o escalonados; tienen lugar por descalce (zapá) de las numerosas cornisas y resaltes de niveles competentes de dolomías y calizas. A modo de ejemplo citaremos los bloques de más de una decena de m³ del nacimiento del río Mundo, o los coluviones con bloques de similar tamaño de la aldea de Carrascal, procedentes del escarpe culminante del Molejón de Moropeche

En el mapa se han señalado aquellos deslizamientos de mayor entidad y que por tanto son cartografiables, como formación superficial aparecen identificados con distintas siglas (b, c y d), habiéndose agrupado, para simplificar, en estos tres tipos de acumulaciones, las primeras (b) corresponderían a depósitos tipo "debris", las segundas (c) corresponden a deslizamientos superficiales (flujos y reptaciones) de otras formaciones superficiales no consolidadas como son coluviones y/o suelos desarrollados principalmente sobre las arenas y arcillas cretácicas y triásicas; por último, en los (d) se han agrupado aquellos que afectan a macizos rocosos, junto con otros deslizamientos mixtos o indiferenciados.

En función del tipo de movimiento y del material involucrado (VARNES, 1978; SELBY, 1982; SUMMERFIELD, 1991; EASTERBROOK, 1999), se podrían clasificar de la siguiente manera: Por una parte tendríamos los deslizamientos rotacionales en macizos rocosos ("rotational rock slump"), en los que se conserva la estructura del bloque deslizado, representándose dicha

estructura en forma de resalte estructural, representados con la sigla **(d)**; el mejor ejemplo de este tipo lo tenemos en la vertiente meridional de la sierra de Ardal, a unos dos km al oeste de Yeste por la carretera CM-3212; en ese punto, el resalte estructural originado por el primer tramo de dolomías del Albiense-Cenomaniense, y que discurre por encima de la carretera, está afectado, en unos 250m, por un deslizamiento rotacional que ha hecho descender dicho resalte unos 50 m aprox.; de tal manera, que ahora el bloque deslizado, sobresale del perfil de la vertiente a modo de “antecebro” con el correspondiente escarpe estructural, por debajo del nivel de dicha carretera. El deslizamiento es antiguo, y la cicatriz aparece con un relleno calcífero de tipo espelotómico de unos 30 cm de espesor estando además fosilizada por coluviones encostrados que afloran en el corte de la propia carretera.

Por otra parte tenemos aquellos deslizamientos rotacionales (en muchos casos múltiples) o no, que habiendo afectado a macizos rocosos (“rock slump”), han sufrido un desplazamiento importante por la vertiente, y que durante dicho movimiento van perdido su coherencia litoestructural como tales, transformándose en un conjunto más o menos irregular o caótico de bloques, por lo que en este caso se clasificarían más apropiadamente como “rockslides” o mejor “debris slide”; existiendo todo un tránsito hasta aquellos en los que la masa deslizada se transforma en flujo caótico (seco o húmedo) de bloques, cantos y finos, denominándose avalancha de derrubios **(b)**, “debris (rock) avalanche”.

El mejor ejemplo de avalancha de derrubios en la Hoja corresponde al deslizamiento de Moropeche, que involucró a un potente (más de 300 m) tramo de dolomías y calizas del Cretácico sup. del Puntal de Moropeche, la masa deslizada, auténtico depósito caótico (*debris*), con granulometrias que van desde afloramientos rocosos de varias decenas de m³, hasta finos constituidos por limos arcillosos, ocupa actualmente una extensión de unos 2x1 km, pero debió ser mucho mayor, ya que se trata de un deslizamiento antiguo, al menos anterior al fuerte encajamiento (160 m) del río Tús en ese tramo, puesto que las partes distales del *debris* quedan cortadas y topográficamente colgadas por el valle en algunas zonas, mientras que en otras, constituyen el área fuente de los coluviones recientes asociados a la vertiente actual. En el deslizamiento se aprecian numerosas morfologías características de este tipo de movimientos, con varias depresiones rellenas, topografías cóncavo-convexas, etc. Los escarpes tanto de cabecera como el lateral (borde occidental), aparecen totalmente cubiertos por depósitos coluvionares tipo pedriza, conos aluviales con pequeños “debris flows” y acumulaciones de bloques caídos desde la parte superior de la cornisa.

En la esquina NO del Mapa, en las inmediaciones del Cortijo del Cura, aparece otro deslizamiento importante de este mismo tipo **(b)**, en este caso, la cabecera arranca de dolomías jurásicas, incorporando a lo largo de su desplazamiento arcillas del triás aflorante en la vertiente; las edificaciones de dicha localidad se asientan sobre las acumulaciones caóticas del frente del pié del deslizamiento.

Es frecuente, por otra parte, la presencia de movimientos gravitacionales complejos donde aparecen deslizamientos rotacionales en la zona superior con flujos en la inferior, donde conforman el pié y el frente del deslizamiento. Dan lugar a depósitos mixtos, en la zona de cabecera se conserva parte del bloque rocoso deslizado, mientras que siguiendo la pendiente, el deslizamiento se transforma en una avalancha de rocas que, y lo que es más habitual, arrastra y se mezcla con los coluviones de la propia ladera e incluso de las formaciones geológicas subyacentes, sobre todo si son poco coherentes; aparecen referenciados en el Mapa con la sigla **(d)**.

Los rasgos morfológicos de estos deslizamientos son muy característicos, en la zona de cabecera o de coronación presentan un escarpe o cicatriz en forma arqueada o de media luna, la superficie de rotura, con forma de cucharada cóncava hacia arriba, se prolonga por debajo del bloque deslizado, siendo el eje de rotación paralelo a la pendiente. Resultado de ello es la menor pendiente de la superficie del bloque deslizado y habitualmente en bloques rocosos se presenta inclinada a contrapendiente (hacia el escarpe de rotura) debido a que la parte inferior (cuerpo) del bloque rotado se mueve relativamente hacia “afuera” y ladera abajo, por lo que a menudo dicho bloque se rompe en una serie de deslizamientos secundarios escalonados, que pueden dar lugar a pequeñas crestas o relieves transversales convexos.

Entre la base del escarpe de cabecera y el techo (dorso) del bloque rotado, o entre los escalonamientos intermedios se forman replanos o depresiones cerradas donde se acumula el agua, y acaban rellenándose por sedimentos de tipo lacustre y/o por detriticos procedentes del escarpe como coluviones o conos aluviales.

Finalmente, si el deslizamiento progresa ladera abajo, superando el umbral originado por la intersección de la superficie inferior de rotura con la superficie topográfica, se origina un pié de morfología convexa y con cordones transversales.

Un ejemplo de deslizamiento mixto **(d)** en el que se reconocen algunas de estas morfologías descritas, se presenta cerca de la cerrada del Embalse de la Fuensanta, siguiendo la carretera que va de la presa a la aldea de Juan Quilez, en el tramo donde ésta dibuja unas revueltas a modo de “puertecillo” para coronar el resalte de las dolomías (Albiense-Cenomanienses) que enmarcan la cerrada. En este caso el bloque dolomítico deslizado se presenta inclinado hacia la superficie de rotura (buzando a contrapendiente) a causa de la componente rotacional del movimiento, dando lugar a una depresión o replano alargado, conformado entre el dorso del bloque rotado y la cicatriz del deslizamiento, a modo de fondo de valle colgado. El pié del deslizamiento, constituido por bloques y cantos heterométricos, está a su vez afectado por otras superficies de rotura, por lo que se trata de un deslizamiento también múltiple. El deslizamiento es también “antiguo”, estando la cicatriz claramente fosilizada por derrubios ordenados, como puede observarse en el frente de la pequeña cantera abierta sobre ellos; en esta misma localidad discrepamos radicalmente con RODRÍGUEZ ESTRELLA y BALLESTA SÁNCHEZ (pág. 61 y pié de foto 9) y con la cartografía geológica del primero de los autores, que interpretan y justifican como “actividad neotectónica ligada al diapirismo”.....“una falla normal que afecta a un piedemonte cuaternario”, cuando en realidad corresponde a la cicatriz de un típico deslizamiento gravitacional fosilizada por coluviones, e indudablemente causado por la alta inestabilidad que presenta esta vertiente compuesta, de fuerte pendiente, elaborada sobre arenas y arcillas de “facies Utrillas” y coronadas por resaltes dolomíticos. La inestabilidad se pone de manifiesto no sólo por este deslizamiento en concreto, sino por todo el conjunto de ellos que aparecen a lo largo de esa misma ladera.

Otros ejemplos de este tipo de deslizamientos complejos y múltiples son los que aparecen en primer lugar, al oeste de la aldea de Las Quebradas, bajo el farallón calcáreo del borde nororiental del Macizo del Calar, destacando entre otros rasgos, los espectaculares conos de brechas cementadas que fosilizan la cicatriz, parte de los cuales a su vez, están afectados por otro deslizamiento (fuente de

la Raspilla) con características de “earthflow”: o los que aparecen tanto en la vertiente septentrional del Molejón de Rala, como los de las dos vertientes del arroyo Los Simancos, entre el pico Ardal y la Umbria del Bul, visibles desde la misma carretera de Yeste-Bochorra.

Por último tendríamos aquellos movimientos que afectan a diversas formaciones superficiales: Suelos desarrollados sobre sustratos poco coherentes, alterables o de comportamiento plástico (facies Utrillas y arcillas con yesos del Keuper), coluviones no cementados, o incluso a otros depósitos deslizados anteriormente. Generalmente se trata de movimientos lentos de carácter superficial tipo reptación (“creep”), soliflujión, o de extensión lateral (“spread”), que en algunos casos pueden evolucionar a movimientos mucho más rápidos de tipo “earthflow”. Se han considerado genuinamente de este tipo (c), todos aquellos movimientos desarrollados sobre vertientes septentrionales (umbrias) con sustrato “tipo Utrillas” que aparecen tanto en la Cuedra de la Cumbre, (extremo suroccidental de la Sierra de Ardal), como en la del cordal situado inmediatamente al sur de ésta, en el mismo borde del Mapa, y conocida como la Umbria de los Carboneros. De igual modo, en la esquina NO del Mapa, sobre la vertiente septentrional del Padroncillo, e inmediatamente al oeste del deslizamiento del Cortijo del Cura anteriormente reseñado, aparecen depósitos coluvionares removilizados junto con el trias subaflorante. Toda esta ladera denominada Umbria de la Acebeda está afectada por intensos procesos de soliflujión que se manifiestan superficialmente por las morfologías convexas de los lóbulos de soliflujión, depresiones en forma de media luna, vegetación volcada, terracillas y abancalamientos, y en algunos casos pequeñas coladas de barro.

Algunos movimientos en masa pueden alcanzar el fondo de valle, obstruyendo, al menos temporalmente, la escorrentía superficial. Un buen ejemplo lo tenemos en el propio anfiteatro del nacimiento del río Mundo, donde una avalancha de rocas originado a media ladera, bajo el imponente escarpe rocoso de la pared oriental, alcanzó la vertiente opuesta, taponando el valle a escasos 800 m aguas abajo de la surgencia de Los Chorros, reteniendo el curso aguas arriba, dando lugar a un relleno fluvial que corresponde en parte con la explanada del aparcamiento, una vez colmatado y superado el obstáculo, el “talweg” se está encajando rápidamente sobre los depósitos caóticos del *debris* mediante una sucesión de pequeñas cascadas y rápidos

Es importante señalar la gran inestabilidad de algunas de las vertientes de esta Hoja, sobre todo en aquellas desarrolladas sobre las “facies Utrillas” y con mayor motivo, de las masas deslizadas que no han alcanzado el pie de las mismas, por lo que tras una prolongada época de lluvias es fácil la movilización de éstas, sobre todo si se realizan obras de “desmonte” que modifiquen el perfil de las laderas o que afecten a antiguos deslizamientos. En el vaso de Embalse de la Fuensanta se dan estas circunstancias, habiéndose reconocido, además de deslizamientos recientes, pequeños escarpes y grietas actuales que señalan claramente la inestabilidad de dichas laderas y la peligrosidad de las mismas. La alta inestabilidad de estas laderas, puede deberse no sólo a las características propias de las mismas (pendiente, sustrato, etc.), sino también a un efecto inducido por el propio Embalse, puesto que los reiterados llenados y vaciados del vaso condicionan directamente los niveles piezométricos de los correspondientes acuíferos, además del lógico efecto de descompresión en las paredes del vaso (laderas) cuando la cota de embalsamiento es mínima.

Por último, dentro de las formas de laderas se han señalado también, algunas “laderas regularizadas” sobre arcillas triásicas en las inmediaciones de Riópar y “cambios bruscos de pendiente” en el macizo de la Cuedra del Mundo, y que delimitan, cuando no hay otros condicionamientos estructurales, las superficies aplanadas más altas con intensa dolinitización del resto de los afloramientos calcáreos del macizo con otras morfologías kársticas.

Formas fluviales.

Como ya mencionamos anteriormente la morfogénesis fluvial es el proceso, sin duda más importante, que tiene lugar sobre las dos Unidades morfoestructurales que conforman la Hoja, dando origen sobre todo a formas de carácter erosivo, aunque también hay algunas formas acumulativas, aunque de escasa representación

Las formas deposicionales más características corresponden a los llanuras aluviales y los fondos de valle (**h**), que en este caso se han agrupado en la cartografía, las terrazas (**g**) con muy escaso desarrollo, los conos aluviales (**i**), y por último los abanicos aluviales (**e**, **f**), con morfologías de glacia, y que en determinados sectores adquieren un desarrollo superficial importante, marcando en el paisaje sus peculiaridades.

Los depósitos fluviales más recientes de los cursos fluviales principales: Guadalimar, Mundo, Tús, Segura y Taibilla, corresponden a sus respectivas llanuras aluviales. La mencionada fuerte incisión, junto con el diferente grado de competencia de los materiales sobre los que estos cursos discurren, dan lugar a un desarrollo muy irregular de los depósitos aluviales, éstos se disponen preferentemente sobre las litologías más lábiles y por tanto fácilmente erosionables, donde el curso es capaz de divagar y de construir un valle amplio de fondo plano. Por el contrario, cuando atraviesa sustratos competes, como son calizas y dolomías, el curso se encaja en ellos a través de un valle estrecho con perfil en “V” de fuerte pendiente, o de estrechas y profundas gargantas (hoces) de paredes escarpadas, discurriendo muchas veces directamente sobre lecho rocoso, o sobre exiguos aluviones del cauce activo.

Las llanuras aluviales que presentan un cierto desarrollo, muestran depósitos similares a los de las terrazas pero con un horizonte a techo de limos grises o pardos, que por su fertilidad, constituye las llamadas “vegas” de los ríos, de gran interés agrícola. Las más representativas por su amplitud, corresponden a las del Río de la Vega, aguas arriba de su confluencia con el Mundo, y la del Río Tús desde la altura del Collado de Boche hasta la cola del embalse de la Fuensanta

Como fondos de valle se incluyen todos aquellos depósitos que tapizan la parte más baja (el fondo) de los valles y barrancos de la red secundaria. Su génesis puede ser puramente fluvial en los cursos semipermanentes, pero más frecuentemente es mixta, con aportes de materiales generados en las vertientes (soliflujión).

Las terrazas fluviales (**g**) son formas acumulativas que representan las diferentes épocas de estabilidad entre sucesivas etapas de incisión fluvial, constituyendo su análisis, uno de los métodos imprescindibles para reconstruir la evolución cuaternaria de los valles.

En el caso de esta Hoja, están escasamente representadas; se presentan como estrechas bandas discontinuas paralelas a la llanura aluvial y con escarpes de incisión fluvial bien conservados hacia el cauce. En algunos casos se reconocen, al menos, hasta tres niveles escalonados a +20, +10 y +5m aprox., pero debido a su escaso desarrollo y continuidad no se han diferenciado en la cartografía.

Sobre las llanuras aluviales y/o fondos de valle, y excepcionalmente sobre terrazas y glaciares, emplazados en la desembocadura de cursos de menor orden, aparecen otras formas de acumulación como son los conos de deyección (**i**). Resulta de la sedimentación en la zona de desagüe de una cuenca de drenaje del material detrítico procedente de la erosión y excavación de la misma, consecuencia de la fuerte reducción de la pendiente y de la velocidad de flujo hídrico en esa zona.

Los abanicos aluviales son formas acumulativas con morfología semicircular, o de segmento de cono, con perfiles longitudinales cóncavos y transversales convexos, cuya superficie se extiende radialmente ladera abajo desde el punto en el que el curso del agua abandona el área montañosa; tienen por tanto el mismo origen que los conos, diferenciándose por la mayor dimensión de los primeros, su menor pendiente longitudinal y un perfil convexo más suave. En algunos casos existe una cierta convergencia con los denominados "glaciares de acumulación" (GUTIERREZ ELORZA, 1991 b), debido a la coalescencia de unos abanicos con otros y a su escasa potencia en muchos casos.

Los abanicos cartografiados se disponen mayoritariamente sobre valles o corredores amplios desarrollados sobre materiales blandos: arenas y arcillas en facies "Utrillas" principalmente, arcillas y gravas del mioceno, o arcillas y margas triásicas en Riópar y Villaverde del Guadalimar. Los distintos abanicos de la Hoja aparecen topográficamente colgados respecto a la red actual, habiéndose agrupado en dos generaciones de abanicos (**e**) y (**f**), estando estos últimos encajados entre 5-10m en los primeros, siendo por tanto relativamente más modernos.

Las formas denudativas adquieren gran importancia en las dos Unidades de la Hoja, destacando la intensa actividad incisiva de la red de drenaje a todas las escalas. En aquellas zonas con litologías competentes, las sierras ofrecen profundos barrancos y aristas o divisorias descarnadas, dando el conjunto como resultado un paisaje accidentado y difícil.

Cuando el proceso de incisión se agudiza por desarrollarse sobre materiales blandos, como son las arcillas y arenas de facies "Utrillas", se originan laderas acaravadas, que consisten en áreas con elevada densidad de drenaje, carentes de vegetación. La superficie de las cárcavas está afectada por diferentes procesos de erosión hídrica, como son el impacto y salpicadura por las gotas de lluvia, la reguización, el abarrancamiento y en algunos casos la erosión subsuperficial o piping y movimientos en masa en forma de coladas de barro de poca entidad, canalizadas a favor de los barrancos existentes.

Las cárcavas con numerosos "bad-lands" e interfluvios redondeados o en cuchillo, son formas que con diferente desarrollo, están bien presentes en el núcleo del anticlinal del río Tús, inmediatamente al sur de Carrascas de Arriba

La incisión lineal también es muy patente sobre las vertientes desarrolladas sobre las dolomías de grano grueso jurásicas de la esquina NO. En este sector donde el vaciado erosivo ha sido importante, la red secundaria ha desarrollado un conjunto de barrancos y regueros más o menos cortos que van convergiendo, conformando con el colector principal un drenaje de tipo dendrítico.

Un fenómeno interesante relacionado también en éste caso, con la progresión de la incisión, es la captura de ciertos cursos fluviales de la red secundaria. Un ejemplo de este fenómeno ha tenido lugar en la cabecera del arroyo de Las Cañadas, donde el curso que baja del Puerto de Los Arenales ha sido capturado a la altura de la Venta de Longinos (desviación de la cra. al nacimiento del Mundo) por el retroceso de un pequeño afluente por la derecha del Mundo, que discurre unos 100m más bajo que el primero

Formas poligénicas

En este apartado se han incluido los glaciares o pedimentos con una delgada cobertera de detritos (**j**) que se localizan en la Umbría del Bul y un poco más al N, sobre la vertiente meridional del Tús, al pie de la denominada Cuerda de la Cumbre; se presentan como un conjunto de rampas desarrolladas sobre los materiales blandos de las facies "Utrillas".

Los aluviales-coluviales (**k**) son aquellos depósitos acumulados al pie de las vertientes y en el fondo de valle, pero que no tienen un origen 100% fluvial, sino que han recibido importantes aportes laterales por gravedad o arroyada en manto. Pueden adoptar formas alargadas, como los fondos de valle ppd. o, formas más amplias como los glaciares. En el Mapa aparecen diferenciados por un lado en la zona de cabecera del arroyo de Boche, donde constituyen delgadas acumulaciones coluviales y de fondo de valle que recubren la amplia vallada de la cabecera, son por tanto bastante recientes. Las otras acumulaciones aparecen en el núcleo del sinclinal de Jartos, recubriendo gran parte de la comarca; en este caso corresponden a morfologías mixtas de glaciares-fondo de valle que quedan ya, en parte, colgadas respecto a la red actual.

En la mitad oriental del mapa se han señalado una serie de superficies planas desarrolladas tanto sobre las calizas senonienses como sobre las del mioceno marino, que parecen corresponder, en gran parte, a auténticos sediplanos; no como los arrasamientos sobre las dolomías jurásicas del borde norte de la cuenca continental de Molinicos. El hecho de que este arrasamiento quede más o menos nivelado con el replano estructural (sediplano) correspondiente al techo de las facies conglomeráticas del borde occidental de dicha cuenca, nos permite considerar que la elaboración de éstas superficies ha tenido lugar durante la etapa de relleno de dicha cuenca, y por tanto "datar" dichas superficies como Mioceno sup.-Plioceno.

Formas kársticas.

Las formas kársticas son debidas a la acción de los procesos de disolución sobre los materiales carbonatados. La presencia de macizos calcáreos más o menos arrasados y el elevado potencial hidrológico de los períodos fríos lluviosos han intensificado el desarrollo de los procesos de disolución y la génesis de multitud de formas endo y exokársticas.

Los modelados kársticos en las Béticas se inician en el Mioceno superior, al final de las fases alpinas (LHENAF, 1977), aunque su principal desarrollo tuvo lugar a partir del Plioceno sup. y durante el Cuaternario (GOY et al., 1994). En el Pleistoceno inferior (800.000-400.000 años bp.) estarían definidos los más relevantes modelados de la karstificación, sobre todo poljes y altas superficies corrosivas, con organización de los sistemas de cavidades. En los momentos más fríos del Cuaternario, en el que las altitudes medias estarían dominadas por un sistema periglaciario, que daría origen a los depósitos de brechas calcáreas (grezes) de las vertientes, se desarrollarían los procesos de disolución y también la destrucción por gelivación de algunos campos de lapiaeces; en los interestadios, bajo ambientes más cálidos que el actual y con estaciones más contrastadas, se originarían depósitos de terra-rossa y travertinos.

Los rasgos climáticos actuales ponen de manifiesto, para esta zona, la existencia de un sistema morfoclimático de montaña mediterránea semiárida con episodios húmedos de régimen pluvio-nival, que permiten una funcionalidad “moderadamente dinámica” del karst prebético (LOPEZ BERMUDEZ, 1974; LOPEZ BERMUDEZ y LOPEZ LIMIA, 1989).

El paisaje kárstico por excelencia aparece extensa e intensamente desarrollado sobre el macizo de El Calar del Mundo y sus relieves adyacentes, como son el Molejón de Moropeche y la Sierra del Cujón; corresponde a una extensa plataforma en general por encima de los 1.400m, con una altitud máxima de 1.698m en el vértice Argel, limitada por los profundos valles de los ríos Mundo y Tús

En la cartografía se han diferenciado formas exokársticas mayores como son poljes, uvalas, y campos de dolinas, aplanamientos kársticos (superficies de corrosión) y depósitos tanto travertínicos, constituidos por la precipitación de carbonatos, como de terra-rossa que son los residuos o impurezas arcillosas procedentes de la descalcificación de la roca original; como formas menores mencionaremos los pavimentos con lapiaeces, desarrollados sobre todo en las calizas senonienses.

Dentro de las formas endokársticas hay que hacer referencia a todo ese conjunto de simas y cavidades, en caso de grandes dimensiones, que horadan los macizos calcáreos constituyendo el drenaje subterráneo, organizado en una serie de complejos y variados conductos, actualmente funcionales o no, por los que circulan hasta las surgencias, las aguas que se infiltran.

Las dolinas son las formas superficiales más peculiares y espectaculares del karst del Calar, existiendo más de 1.000 en su superficie, por lo que parece un auténtico colador, de ahí el nombre de El Calar. Se trata de depresiones con planta de tendencia circular, de dimensión métrica-hectométrica y de paredes más o menos escarpadas; pueden presentar fondo plano por acumulación de arcillas de descalcificación o en embudo, como auténticos sumideros de la escorrentía.

Las dolinas se desarrollan por disolución, en su fase inicial, a partir frecuentemente de una intersección de diaclasas, evolucionando progresivamente tanto en diámetro como en profundidad.

Las desarrolladas sobre la vertiente NO de la Cañada de los Mojones presentan forma elipsoidal y una gran disimetría en sus bordes, siendo uno de ellos suave, a favor del buzamiento y el otro escarpado, puesto que se disponen sobre superficies de estratificación inclinadas según la pendiente. Se presentan también dolinas de Valle, pues aparecen alineadas en talwegs de escasa pendiente, pero que concentran la escorrentía superficial y favorecen por ello la disolución.

Sobre la superficie de El Calar, y en foto aérea, se observa que estas formas están dispuestas siguiendo alineaciones que coinciden con planos de fractura y diaclasado, percibiéndose alineaciones preferentes según las direcciones N 15 E y N 30 O, que junto con sus conjugadas N 105 E y N 60 E, forman el sistema más desarrollado.

La evolución en superficie de las dolinas, con la consiguiente desaparición de los umbrales rocosos que las separaban, da origen a una forma coalescente más amplia y de contorno irregular, generalmente de fondo plano, llamada úvala. Por otra parte algunas de estas depresiones se encuentran abiertas, al haber sido capturadas por la red fluvial, con el consiguiente vaciado de los depósitos que las rellenan, y la progresiva destrucción de la forma, como tal, por erosión. Muchas de ellas como las del Cjo. De los Pocicos y la Torca de los Caballos (Fuente del Buitre) alcanzan dimensiones considerables, al igual que el conjunto formado por la Fuente del Espino, la Fuente de la Media Fanega y la Cañada de las Yeguas, que algunos autores las consideran como un polje, puesto que se inundan parcialmente durante los inviernos lluviosos. En la Fuente del Espino, más conocida como el “Pozo de la Bomba”, el nivel del agua se encuentra a unos 4 m de profundidad, pero tras unas semanas de intensas precipitaciones “revienta el pozo” como ocurre, aunque no de forma tan violenta, en otras surgencias en “trop plein”; las aguas discurren superficialmente hasta colarse por un ponor-sima situado a unos 600 m al norte.

Los poljes son las formas superficiales más evolucionadas y de mayor tamaño; suelen tener un control tectónico por fracturación, de tal forma que frecuentemente se desarrollan sobre fosas o semi-fosas tectónicas, presentan un fondo plano relleno por material aluvial-coluvial, residual de la disolución, y también depósitos de tipo aluvial (abanicos y conos), producto de la escorrentía superficial en sus márgenes. Sobre la planitud de dicho fondo, pueden destacar pequeños relieves o colinas rocosas, auténticos relieves residuales, denominados “hums”; también suelen presentar surgencias o sumideros (“ponors”) por donde se infiltran las aguas superficiales que recogen estacional y temporalmente pudiendo llegar a inundarlos.

En el borde noroccidental del macizo aparecen dos poljes claramente controlados por las fracturas NE-SO que afectan a todo ese borde. El de la Cañada de los Mojones se presenta como un valle amplio y plano “colgado” sobre el anfiteatro del río Mundo, con unos 3’5 km de largo por unos 700m en su sección más ancha; presenta el fondo cubierto de terra-rossa y de gravas cuarcíticas (también residuales) acumuladas en un abanico aluvial desarrollado en su extremo meridional.

Se trata de un polje seco con al menos 4 sumideros o “ponors” por donde se infiltra la escorrentía superficial, constituyendo una importante zona de absorción para los complejos hipogeos de las cuevas de La Pedorrilla y de Los Chorros, discurriendo el recorrido de ésta última, en gran parte, a lo largo del borde oriental del polje. Además de quedar abierto y colgado en su extremo septentrional, existe otra captura en su extremo suroccidental, donde la erosión remontante de un afluente del arroyo de La Puerta (valle del Cortijo de los Tribaldos) ha penetrado dentro de la depresión dando lugar al Portillo de los Perros, único camino de acceso de vehículos a la dehesa del polje.

En el extremo SO del Calar está el polje de la Laguna de Bonache, con unas dimensiones de 1.700m de largo por 500m de ancho, presenta dos lagunas, una de ellas permanente cerca del borde occidental; en época lluviosa, se encharca e inunda gran parte de la superficie dando lugar a otra laguna. Presenta un ponor-sima cerca del extremo suroccidental, mientras que por el extremo opuesto aparece capturado por el río Frío.

En el borde nororiental, entre las alineaciones de Viboreros-Argel al NO y de Loma Pelada-Puntal de Raspilla, aparece también un gran valle de fondo plano (7 km por 700m) con escasos recubrimientos, salvo una serie de pequeños conos originados a partir del relieve septentrional. La superficie rocosa expuesta corresponde a un plano de arrasamiento o más propiamente de corrosión kárstica, sobre la que destacan los 80 m del “hum” cercano a su extremo NE. El arroyo de Tús ha capturado este polje por el extremo opuesto, dando lugar a una estrecha y profunda garganta.

Los depósitos y/o formas exocársticas, identificadas en la leyenda como “travertinos”; tienen su origen en la precipitación subáerea del carbonato disuelto en las aguas, bien por procesos físico-químicos (espeleotemas o travertinos s.s.), o más bien como en éste caso, la incrustación tiene un origen bioquímico, por la intervención, fundamentalmente, de plantas inferiores, algas, musgos, hepáticas y plantas superiores juncos principalmente por lo que más propiamente deben considerarse como depósitos de “tobas”. Estos depósitos se suelen dar en zonas preferentes que favorezcan la desgasificación del anhídrido carbónico disuelto en el agua y la precipitación del carbonato cálcico, como son surgencias kársticas, rupturas de pendiente u obstáculos en los cursos superficiales, como ocurre en el tramo alto del río Mundo por debajo de la cascada de los Chorros, donde se desarrollan una serie de piletas escalonadas con rebordes tobáceos.

Se han señalado en el mapa dos localidades donde aparecen depósitos travertínicos con dimensiones cartografiables; corresponden a facies de tipo cascada relacionadas con la presencia de pequeñas surgencias o fuentes de los limitados acuíferos, que quedaron colgados por la rápida progresión de la incisión. Una de ellas aparece en la esquina NO del Mapa, cortándose en la misma pista de subida, poco antes del Cjo. Del Toño. La otra localidad aparece sobre la abrupta vertiente meridional del macizo del Cujón, entre la carretera (aprox .km.210) y el río Mundo, donde aparecen hasta cuatro rellanos que corresponden a otros tantos “edificios en cascada”, en cuya surgencia se ha realizado el sondeo para la captación de aguas de El Pardal.

El lapiaz es una forma superficial menor, y en muchos casos iniciales de la karstificación, se puede desarrollar en superficies de rocas desnudas o cubiertas de suelo y vegetación, se deben a la disolución combinada con otros procesos, por medio de aguas meteóricas, escorrentía y acción de ácidos húmicos principalmente. Está constituido por microformas constituidos por elementos corrosivos de detalle como son acanaladuras y pequeñas crestas, orificios tubulares, formas alveolares o de pequeñas cavidades etc. Si la disolución es preferente a favor del diaclasado y/o la estratificación se denomina lapiaz estructural; ésta aprovecha la retícula de diaclasas, con espaciado decimétrico a métrico, ensanchándolas desde arriba, dando lugar a hendiduras con anchuras bastante regulares, que van desde algunos cm a varios dm, y profundidades decimétricas que alternan con agudos y afilados crestones, por lo que algunos autores lo denominan megalapiaz. Habitualmente las acanaladuras aparecen rellenas de arcillas residuales y colonizadas por vegetación

Los pavimentos kársticos aparecen desarrollados en la Hoja fundamentalmente sobre calizas senonienses, en las que el afloramiento superficial se corresponde con planos de estratificación con disposición subhorizontal, desarrollándose un lapiaz estructural al que se le superpone otro de tipo oqueroso.

Ejemplos de diferentes tipos de lapiaz aparecen en las cumbres del Cambrón, Peñalta, y Bucentaina y en el extremo suroccidental del macizo de El Calar, sobre las altas superficies de Rayuela, Cerro del Boquerón, Cerros del Pedregoso y de los Calarejos.

La infiltración de las aguas meteóricas y la circulación en profundidad, a través de conductos subterráneos originados por disolución mediante el ensanchamiento de discontinuidades en el macizo rocoso: planos de estratificación, diaclasas y fracturas, han dado lugar a un complejo de cavernas y galerías bastante significativo, desde el punto de vista espeleológico, de la península. PLÁ SALVADOR (1987), describe las principales cavidades y referencia más de 50 que se han encontrado en la superficie del Calar.

Sin duda la más importante es la llamada Cueva de Los Chorros, al ser el nacimiento del Río Mundo, afluente del Segura, siendo explorada por primera vez por el Grupo SPEOS de Alcoy en 1965. En los trabajos de PLÁ y de RODRIGUEZ ESTRELLA y BALLESTA, se indica un recorrido total topografiado de 14.597 m con un desnivel de unos 160m, y un total explorado de 20.000m, aunque con múltiples incógnitas para dicho complejo subterráneo. El acceso a la cavidad tiene lugar en la cabecera del valle del Mundo, que corresponde a un valle de retroceso o en fondo de saco, que acaba en forma de abrupto y espectacular anfiteatro o semicírculo rocoso de paredes verticales de más de 300m de desnivel.

La boca de la cueva, de unos 15m de anchura por cerca de 25m de altura, aparece colgada sobre la base del cantil a un tercio de la altura del mismo, de la que sale un río subterráneo, que se precipita en una cascada de 80m de altura, dando lugar al nacimiento del Río Mundo en medio de un pintoresco paisaje. El caudal de esta surgencia es muy irregular y varía desde varias decenas de l/s en los periodos de sequía hasta decenas de miles de l/s en años de grandes precipitaciones. En estas determinadas ocasiones (hasta 3 o 4 veces al año), y siempre después de un intenso y prolongado periodo de precipitaciones, el desagüe por ella, de caudales de hasta 60.000 l/s de forma repentina y violenta durante varios días, constituye todo un espectáculo que los espeleólogos y los lugareños denominan como “reventón” de la cueva. Al pie de la cascada aparecen pilancones o “marmitas de gigante” de forma circular

tallados en la roca originados por el fuerte flujo turbulento que allí se origina; aguas abajo, el curso va descendiendo mediante una serie de pequeños escalones y remansos con rebordes incrustados de tobas.

Esta gran cavidad presenta una notable complejidad, con algunos tramos de galerías superpuestas, y en algunos casos con disposición laberíntica, pero que su topografía en planta, en general, adopta una disposición alargada con disposición NE-SO, en la que las galerías se adaptan a fracturas y diaclasas cuyas direcciones están comprendidas entre N40-80E y N140-180E, siendo las más frecuentes las de dirección N40 y N140 (RODRIGUEZ ESTRELLA y BALLESTA, op. cit.). En la evolución de las galerías intervienen no sólo procesos de disolución sino también de colapso o hundimiento, dando morfologías características. La circulación del curso subterráneo es fundamentalmente libre (vadosa), con la presencia incluso de numerosos lagos en su recorrido, aunque también existe circulación forzada (a presión) como ocurre en los sifones y en determinadas galerías inferiores durante las grandes avenidas, que funcionan a “trop-plein” como lo atestiguan las huellas de corriente: “scallops” o golpes de gubia en las paredes y “pendants” en el techo.

Las aguas que han generado y que alimentan todo este sistema hipogeo proceden de dos cuencas de absorción, según coinciden los autores que han estudiado el tema, la cuenca de los Mojones que alimenta el curso subterráneo principal, y la cuenca de la Fuente del Espino que da lugar a un pequeño curso, el Petit Riu, afluente del principal.

A medida que ha ido descendiendo el nivel freático por encajamiento del nivel de base regional, los conductos van quedando abandonados y colgados respecto a la escorrenia que circula por los pisos o niveles más recientes y por tanto más profundos. Las galerías abandonadas pasan a una fase de madurez dentro del ciclo evolutivo de las mismas, que se caracteriza por el desarrollo de gran cantidad de formas constructivas de precipitación, los “espeleotemas” en sentido amplio, que de acuerdo a su morfología y origen se clasifican en “cenitales,” si se originan a partir del techo como son las estalactitas; parietales o de pared, que las pueden cubrir totalmente como las coladas, o con un mayor desarrollo vertical como las denominadas banderas, las pavimentarias o de suelo como las estalagmitas, costras o coladas, “gours” etc.; y mixtas, como las columnas, al soldarse estalactitas con estalagmitas.

Formas antrópicas.

Se han diferenciado algunas formas que aunque con escasa incidencia desde el punto de vista morfológico, representan actuaciones con incidencia en el paisaje, éstas consisten en pequeñas escombreras rocosas producto de desmontes y el vertedero controlado de R.S.U. de Yeste.

3.3.2.3. Formaciones superficiales.

Las formaciones superficiales diferenciadas en esta Hoja corresponden, casi en su totalidad, con depósitos cuaternarios, tan sólo los abanicos más antiguos pueden llegar a ser Pliocenos, al igual que algunas “terras rossas” que pudieran haberse formado en el Mioceno superior, desde el momento que el macizo quedó emergido. Se han reconocido como formaciones superficiales: coluviones y deslizamientos, terrazas fluviales, aluviales y fondos de valle, abanicos y conos de deyección, glacia, travertinos y arcillas de descalcificación.

Los coluviones (**a**), en general y salvo excepciones, presentan espesores de entre 2-5m. Los coluviones constituidos por cantos calcáreos son abundantes en la Hoja, aunque también pueden aparecer mezclados con cantos silíceos procedentes de las “facies Utrillas”, si éstas afloran en la vertiente por debajo de los cantiles rocosos. En el primer caso, los cantos corresponden fundamentalmente a dolomías, carniolas y calizas, los clastos suelen ser subangulosos y de variados tamaños, incluso tamaño bloque; la matriz limo-arcillosa suele ser bastante abundante, salvo en las pedrizas calcáreas, donde está ausente o acumulada por lavado en la parte inferior y más baja del depósito.

Estas pedrizas calcáreas, sueltas o cementadas, suelen presentar cierta estratificación constituida por lechos de fragmentos angulosos dispuestos paralelamente a la vertiente por lo que recuerdan a los grèzes lités, aunque en este caso, no se observan claras alternancias de niveles de clastos y finos; lo que son, sin duda, brechas de gelifractos que orlan los resaltes estructurales calcáreo-dolomíticos jurásicos y cretácicos.

En los coluviones con litologías mixtas carbonatadas / silíceas, los clastos carbonatados son similares a los descritos al principio, pero además incorporan cantos de cuarzo y cuarcitas, en general bien redondeados puesto que son heredados, salvo que aparezcan fragmentados por tectonización y/o transporte, la matriz de éstos coluviones suele ser bastante arenosa.

Los deslizamientos (**b**, **c** y **d**) pueden tener una litología y una textura variada en función del tipo de deslizamiento de que se trate, de la naturaleza del sustrato rocoso afectado y del desplazamiento que hayan sufrido los materiales deslizados, pues en cada caso el material acumulado será diferente. El espesor de estas acumulaciones de materiales deslizados, puede ser muy variable, desde unos metros a varias decenas de metros.

Lo que muestran en común es la disposición caótica del depósito y lo variado del tamaño de los cantos y bloques deslizados que siempre serán de dolomías y/o calizas jurásicas y/o cretácicas. Si se trata de deslizamientos (**c**) que afectan a depósitos no consolidados como coluviones y suelos desarrollados tanto sobre el triás como sobre las “facies Utrillas”, donde la matriz arcillosa es muy abundante, la presencia de agua puede dar lugar a auténticas coladas fangosas.

Los diferentes niveles de terrazas fluviales (**g**) que aparecen en los cursos principales y asociados, presentan clastos mayoritariamente de naturaleza carbonatada y algunos de areniscas. El tamaño medio suele oscilar entre 4-7 cm, y el máximo de 30 cm, por lo general

el redondeamiento es bueno, observándose cierta tendencia al aplanamiento. La matriz intersticial es areno-limoso de color gris pardo rojizo. La potencia observada en general no supera los 4 m.

Los depósitos de llanura aluvial (**h**), son las acumulaciones fluviales más recientes de los cursos mayores, presentan unos depósitos similares a las terrazas, pero con un horizonte dm a techo de limos pardo-grisáceos, que por su fertilidad constituye las llamadas “vegas” de los ríos, de gran interés agrícola. El lecho actual del río Tús divaga sobre la llanura aluvial dejando barras de gravas y arenas lavadas. Las litologías correspondientes de los respectivos ríos, al igual que las terrazas son calcáreas, aunque también con proporciones variables de silíceos. Los fondos de valle (**h**) corresponden a depósitos aluviales de la red secundaria, en muchos casos con escorrentía de carácter estacional. Desde el punto de vista litológico, al igual que las terrazas, la composición de los depósitos depende del área madre drenada, presentando, en general, menor tamaño y menor grado de redondeamiento, pero sí una mayor proporción de finos.

Los dos episodios de abanicos (**e, f**) y los conos aluviales (**i**) están constituidos al igual que otros depósitos aluviales por una mezcla de cantos predominantemente calcáreos, gravas, arenas y limos arcillosos; los clastos están en general, menos rodados y peor seleccionados que los de los depósitos fluviales s.s., dado su carácter torrencial; frecuentemente aparecen cementados y/o encostrados. El espesor es muy variable, dependiendo del tamaño de la forma acumulativa y de la sección de la misma, pues éste disminuye de la cabecera al pie y del centro hacia los bordes, pudiendo superar en las formas mayores, la decena de metros en la zona de máxima acumulación disminuyendo apreciablemente al igual que la granulometría, desde las zonas apicales a las distales, donde pueden alcanzar un par de metros.

Los glaciares de cobertera (**j**) representados muestran una elevada proporción de cantos silíceos puesto que se desarrollan a expensas, casi exclusivamente, de las formaciones detríticas “tipo Utrillas” del Aptiense-Albiense; la matriz, suelta y abundante, corresponde a limos arcillosos rojos. Los espesores suelen oscilar entre 2-3 m.

Los depósitos de tipo aluvial-coluvial (**k**) corresponden, en general, a acumulaciones de materiales finos sueltos, fundamentalmente limos rojos con cantos calcáreos subangulosos; los espesores oscilan entre 1-5 metros.

Las “terrazas rossas” o arcillas de descalcificación (**l**) presentan un color rojo oscuro o vinoso y suelen presentar un cierto contenido en limos y arenas. Es un material residual (regolito) muy abundante sobre las dolomías y calizas mesozoicas, aparece rellenando toda clase de huecos y grietas, y acumulado sobre todo en el fondo de las dolinas, donde pueden aparecer además clastos calcáreos procedentes de los bordes y cuarcíticos, procedentes de la disolución de calizas miocenas marinas, que en la base presentan gravas cuarcíticas. El espesor de estos rellenos es siempre difícil de estimar, puesto que la superficie inferior suele ser bastante irregular, oscilando entre 1-5 metros en las grandes dolinas, o incluso mayores, si hay aportes laterales en forma de pequeños abanicos que lavan y arrastran las arcillas de las vertientes.

Los travertinos o tobas (**m**) son depósitos carbonatados muy porosos constituidos principalmente por una amalgama de pequeñas formas tubulares, huecos o macizas, que corresponden a tallos vegetales, tapices de musgos, algas y otros restos vegetales incrustados de carbonato cálcico, junto con niveles detríticos constituidos por clastos calizos, calcarenitas de origen tobáceo y limos. Se trata de depósitos cementados pero bastante friables por su elevada porosidad.

3.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

Entendemos como evolución dinámica desde un punto de vista morfológico, a la historia geomorfológica entendida como la serie de procesos que tiene lugar sobre un área determinada, y al conjunto de “morfologías” o paisajes que se van sucediendo por la actuación de dichos procesos.

El resultado final de la orogenia Alpina en la Hoja que nos ocupa, representa el frente más externo del orógeno Bético (cobertera para-autóctona), perteneciente al dominio del Prebético externo. Este dominio se encuentra estructurado mediante un conjunto singular de pliegues y fallas (en sectores próximos, cabalgamientos y escamas vergentes al NO), que configuraba un relieve montañoso progresivamente más alto, en general, hacia el NO y SO con cotas máximas entre los 1.600-1.800 m de altitud.

Los procesos de erosión dirigidos y condicionados por la incisión fluvial como los de karstificación no han cesado en este sector de las Béticas desde el fin de su estructuración alpina, hace unos 10 millones de años, habiéndose registrado bajo condiciones climáticas muy diferentes a las actuales.

Gran parte de los autores apuntan hacia un origen del karst Prebético durante el Plioceno o Pleistoceno inferior y continuaría evolucionando durante los periodos fríos, lluviosos o nivales cuaternarios que desencadenarían una intensa disolución de las rocas carbonatadas.

A lo largo del Plioceno (3 Ma) se va organizando y jerarquizando la red fluvial; la progresión de la incisión en cabecera de la red fluvial atlántica, materializada en el Guadalimar, ha resultado aparentemente igual de rápida y eficaz que la correspondiente a la red mediterránea organizada en torno al río Segura y sus afluentes Mundo y Tús.

Durante el Pleistoceno (1,8 Ma) prosigue la gliptogénesis fluvial alternando con periodos de cierta estabilidad. Durante los periodos de estabilidad o al menos de ralentización de la incisión fluvial, relacionados con ascensos del nivel del mar o por causas climáticas, tienen lugar las etapas de acumulación. Estas coinciden con periodos climáticos fríos/húmedos, mientras que las etapas de incisión corresponden a periodos cálidos/secos. El paso de una etapa húmeda (biostática) a una más árida (resistática) conlleva el desmantelamiento de las acumulaciones situadas por debajo de las cornisas, en la parte alta de las vertientes, y el desarrollo de amplios abanicos y glaciares al pie de las mismas. Los pulsos de encajamiento son los responsables de la generación de las sucesivas

etapas de aterramiento y glaciplanación, con al menos 2 generaciones de abanicos encajados. Los grandes desniveles alcanzados entre los interfluvios y los fondos de los valles, junto con la modificación del perfil de la ladera por retroceso de la misma, más rápido en los materiales blandos del Cretácico inferior del Triás que en las cornisas calcáreas superiores, son algunos de los factores desencadenantes de los deslizamientos de ladera, tan abundantes por la Hoja.

Durante el Holoceno esta dinámica de incisión fluvial es la que sigue actuando, con el consiguiente desequilibrio de algunas laderas, por lo que los deslizamientos y caídas de bloques han sido y son procesos activos en este periodo. La disolución sigue siendo también un proceso moderadamente funcional por el régimen pluvio-nival de las altas cimas, constatándose por la formación actual de travertinos e incrustaciones carbonatadas en las surgencias y a lo largo de los cursos superficiales que drenan los grandes macizos calcáreos.

3.5. MORFODINÁMICA ACTUAL-SUBACTUAL Y TENDENCIA FUTURA

La Hoja de Yeste, tal como se ha manifestado anteriormente, presenta una cierta actividad erosiva de carácter fluvial, con pequeñas modificaciones del relieve. Sin embargo en la dinámica de laderas es donde quizás los cambios pueden llegar a ser importantes por la potencialidad en originarse deslizamientos, tanto por el volumen del material involucrado como por la rapidez en desencadenarse el proceso.

Como ya se mencionó en el apartado correspondiente, la vigorosidad del relieve junto con la presencia de laderas compuestas, con litologías blandas en la parte inferior y cantiles rocosos en la parte superior, son muy favorables para el desarrollo de fenómenos de caída de bloques y de movimientos de ladera. Si a ello añadimos una climatología con lluvias relativamente abundantes y una dinámica de incisión fluvial continuada, no es de extrañar la presencia de movimientos de ladera recientes, y de que éstos sigan produciéndose, puesto que en muchos casos las masas deslizadas se encuentran en una situación inestable. Un periodo de intensas o prolongadas lluvias sería capaz de desencadenar estos procesos, y con mayor probabilidad si la acción antrópica modifica el perfil de la vertiente o afecta a los depósitos de ladera, y lo que es peor, a deslizamientos anteriores.

Sin lugar a dudas, la zona con mayor "peligrosidad natural" en la situación actual y en el futuro corresponde al entorno del vaso del Embalse de La Fuensanta, principalmente en la vertiente meridional (Sierra de Juan Quilez) y en la península originada en la confluencia de los ríos Segura y Tús, por la cantidad de deslizamientos identificados, muchos de ellos múltiples, situados a "media ladera", y por tanto inestables a la vista de la "frescura" de algunas de sus cicatrices. Sería recomendable, e incluso necesario, un estudio de detalle de este sector de cara a definir y cuantificar el riesgo de deslizamiento y la peligrosidad actual y futura en una zona con tan alta vulnerabilidad, y sobre todo la influencia de las reiteradas oscilaciones de la lamina de agua, con las consiguientes variaciones tanto en la carga litostática como en el nivel freático.

La erosión lateral en los cauces de los cursos importantes, es otro de los procesos actuales asociado a la dinámica fluvial; tiene lugar, casi exclusivamente, en zonas concretas y localizadas del cauce de los ríos Tús y Mundo, y del arroyo de La Nava, afluente de éste último. En aquellos lugares donde existe un riesgo de erosión importante sobre fincas, vías de comunicación y otros bienes, se han de tomar medidas correctoras mediante la construcción de represas, gaviones y muros de mampostería.

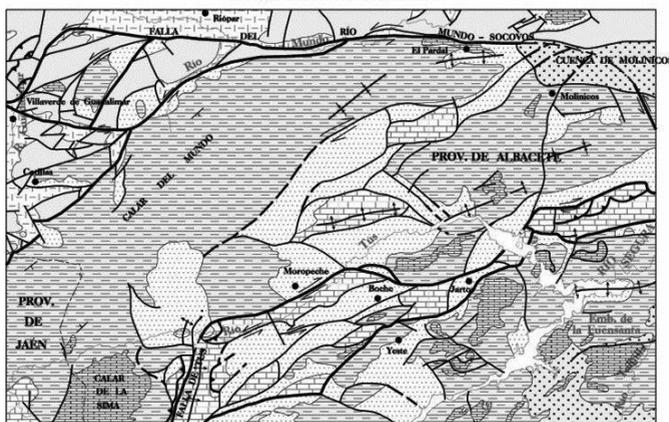
Los procesos sedimentarios recientes tienen lugar en los lechos actuales y en los fondos de valle, originando barras de gravas y arenas en el primer caso y limos en el segundo. Los conos aluviales asociados a las morfologías anteriores, también son funcionales.

4. TECTÓNICA

La hoja de Yeste está situada en las Zonas Externas Béticas, más precisamente en el Prebético, el cual se subdivide, a partir de criterios tectónicos y estratigráficos, en dos Unidades: *Prebético Externo* y *Prebético Interno*. En la nomenclatura utilizada recientemente (VERA J.A., et al. 2004) se han diferenciado, entre otras, las siguientes unidades que aparecen dentro de la hoja de Yeste: 1) *Prebético de la Sierra de Cazorla y Alcaraz*, donde se definió el Prebético Externo, que en líneas generales, desde un punto de vista tectónico, constituye una zona de escamas fuertemente imbricadas, en su mayoría vergentes hacia el NO y 2) *Prebético de las Sierras de Segura*, al SE de la anterior, comprendida entre las fallas de Socovos al N y Tiscar al S, con estructuras más laxas, con grandes pliegues y cabalgamientos subordinados.

La estructura más importante de la hoja de Yeste es la falla dextrorsa del Río Mundo-Socovos, al norte de la cual se encuentra la *Unidad de la Sierra de Cazorla y Alcaraz*. Esta unidad también está en todo el sector situado al noroeste del Calar del Mundo. Hay que destacar que en esta zona noroeste los cabalgamientos del arco tectónico de Alcaraz se ven interrumpidos por la falla del Río Mundo-Socovos y su continuación hacia el oeste, en la hoja de Siles, donde se ha denominado Falla del Bellotar. El comportamiento tectónico de los materiales aflorantes, principalmente Jurásicos y Triásicos, al sur de dicha falla es fundamentalmente de basculamiento de bloques, con estructuras de plegamiento suaves; muy distinto al descrito en el norte, donde la tectónica de cabalgamientos forma el típico abanico imbricado frontal que se observa en la zona de Alcaraz.

ESQUEMA TECTÓNICO



Escala 1:200.000



Figura 4.1.- Esquema tectónico

El resto de la hoja corresponde a la *Unidad de las Sierras de Segura*. La separación entre estas dos unidades, al NO del Calar del Mundo, se produce mediante una serie de fallas menores que en su conjunto constituyen una estructura de importancia regional, que en esta hoja tiene una orientación Noreste - Suroeste. Esta falla, actualmente inversa, ha sido interpretada como una falla listrica sin sedimentaria durante el cretácico inferior, que según VILAS et al. (2001) constituía el límite norte del dominio sedimentario Prebético. Este Dominio se caracteriza estratigráficamente por la acusada subsidencia desde el Oxfordiense hasta el Berriasiense y la continuidad sedimentaria entre el Jurásico y el Cretácico Inferior.

Las estructuras que aparecen en la zona correspondiente a la *Unidad de las Sierras de Segura*, que constituye la mayor parte del área estudiada, son bastante complejas a excepción del Calar del Mundo. La presencia de “calares”, en general como sin formas, en los altos topográficos es una característica de toda esta Unidad de la zona Prebética. Se observan así, dentro de la hoja de Yeste, varios altos topográficos coronados por calizas Senonienses o Miocenas, con estructuras de plegamiento, generalmente, muy suaves. Estos plegamientos tienen una dirección NE-SO y desde el noroeste hacia el sureste pueden identificarse: La alineación sinclinal del Calar del Mundo y la Sierra del Cujón; los sinclinales de la Molata del Imperio (Mioceno), Moropeche y Peñas Coloradas-Molinicos y la estructura anticlinal del Río Tus- Alto de la Herrada. Más hacia el sureste y en cotas más bajas, estas estructuras de plegamiento de altos topográficos, tienen en sus cumbreras calizas miocenas: Molejón de Rala, Ardal, Cerro Humoso-Morro de Jartos- Lentiscosa y finalmente en el ángulo sureste de la hoja Sierra de los Molares- Puntal de la Alameda- Loma del Romero.

Paralelamente a estas estructuras suaves de plegamiento que forman altos topográficos se identifican pliegues y fallas de desgarre que afectan fundamentalmente al Cretácico Inferior. Se destacan: el Sinclinal del Cerro Lobo, cortado por el Arroyo Cerezo Bravo, la estructura homoclinal del SE del Río Tus y en el extremo oriental el anticlinal del embalse da la Fuensanta, que afecta también a las dolomías del Cretácico Superior y que tiene una dirección E-O.

La estructura es compleja y se puede observar como las fallas de desgarre mencionadas cambian de una dirección E-O en la zona oriental de la hoja, a ENE-OSO en el centro, poniéndose casi paralelos al Calar del Mundo. Estas fallas, de componente principal en dirección, se resuelven de forma diversa contra una importante estructura N-S en el oeste de la Hoja.

En el Bañerío de Tus, un bloque homoclinal de Calizas del Cretácico Inferior, forma una serie de escamas cabalgantes, con vergencia al Oeste, que dan una estructura anticlinal frontal con su eje en dirección N-S paralelo a un importante cabalgamiento, asociado al cual afloran las calizas del Jurásico (Kimmeridgense). En esta localidad se produce una surgencia de aguas termales sulfatadas, que están indicando la cercana presencia, en profundidad, del Trias.

Los otros bloques de esta zona central de la hoja que se disponen entre las fallas de desgarre con dirección NE-SO, están compuestos por materiales del Cretácico Inferior que se han comportado de forma más o menos plástica al involucrar en ellos a los materiales terrígenos del Aptiense Superior-Albiense. El desplazamiento hacia el SO de estos bloques se pudo deber, probablemente, a la

presencia, en la zona occidental de la Hoja, de un bloque de grandes dimensiones y de comportamiento rígido, como es el Calar del Mundo, que hacia el sur se continúa en el Calar de la Sima dentro de la hoja de Yetas. Los materiales comprendidos entre estos “calares” y el Embalse de la Fuensanta tienen una estructura que sugieren un comportamiento tectónico transpresivo, provocando la generación de lo que parecería ser una “estructura en flor”. Esta estructura se resuelve, entre el Balneario de Tus y la población de Arguellite, en un posible apilamiento antiformal, el cual estaría asociado a una serie de fallas y cabalgamientos de importancia regional con orientación N-S, que se continúa hacia el sur en la hoja de Yetas, al Este del Calar de la Sima.

La evolución tectónica de la región donde se sitúa la hoja de Yeste se puede sintetizar analizando la evolución del margen continental suribérico comenzando con las etapas distensivas y finalizando con la deformación principal de la Cordillera Bética (VERA, J.A. et al. 2004).

La distensión cortical comenzó en el Triásico inferior con un primer episodio de fracturación intracontinental que dio inicio a la apertura del Atlántico. La principal etapa distensiva se produjo posteriormente durante el Jurásico, especialmente hacia el límite Burdigaliense superior y el Tortoniense inferior se produce la colisión oblicua de las Zonas Internas (Dominio de Alborán) con el paleomargen suribérico. Período en el cual la cobertera sedimentaria de las Zonas Externas Béticas sufre una intensa estructuración formando un cinturón de pliegues y cabalgamientos.

Posteriormente se mantuvo en el margen suribérico un período de transición hasta el comienzo de la tectónica compresiva del Paleógeno. Este paso de un margen pasivo a otro convergente sucedió cerca del límite Cretácico-Terciario. Posteriormente, entre el Burdigaliense superior y el Tortoniense inferior se produce la colisión oblicua de las Zonas Internas (Dominio de Alborán) con el paleomargen suribérico. Período en el cual la cobertera sedimentaria de las Zonas Externas Béticas sufre una intensa estructuración formando un cinturón de pliegues y cabalgamientos.

5. HISTORIA GEOLÓGICA

Durante el Triásico la zona de estudio, queda predominantemente encuadrada en el dominio siliciclástico que contorneaba Iberia y que, pasaba hacia el Tethys a depósitos costeros y marinos someros. La zona oeste-noroeste estuvo sujeta a la sedimentación de materiales detríticos en ambientes fluviales con amplias llanuras aluviales y sedimentos carbonatados asociados a transgresiones marinas ocurridas en el Triásico medio.

En el Jurásico se establece un ambiente de sedimentación en plataformas carbonatadas que, comienza en el Lias con una plataforma muy somera, con ambientes submareales someros a intermareales y supramareales, siendo la energía del medio de moderada a baja. Durante el Dogger la amplia plataforma posee en general una alta energía y escaso relieve, con ambientes submareales a intermareales, sin llegar a supramareales. En el Malm la plataforma evoluciona a un carácter mixto, con sedimentación de materiales clásticos finos y carbonatos; que luego pasa a ser una plataforma interna muy restringida generalmente de baja energía que podría estar perturbada por acción de tempestades con energía excepcionalmente elevada.

El Cretácico inferior comienza con una sedimentación fundamentalmente en medios continentales, lacustres carbonatados, con el desarrollo de grandes orlas palustres altamente colonizadas por vegetación. Progresivamente se nota la influencia marina, pasando, de ambientes cercanos a la línea de costa, a otros marinos someros de alta energía. Se trata de una transgresión marina de tipo urgoniana ocurrida en la plataforma del prebético durante el Barremiense-Aptiense inferior.

Pasada la transgresión Urganiana, siguen, en el Aptiense superior-Albiense inferior, depósitos detríticos fluviales, fluviodeltaicos y costeros con algunos intervalos marinos carbonatados. Todos ellos constituyen tres Unidades Deposicionales, siendo la superior la base de la sucesión estratigráfica del Cretácico Superior.

Una inundación marina muy eficaz, que alcanza las mayores dimensiones de todo el ciclo Cretácico, se produce a partir del Cenomaniense. El ascenso del nivel del mar es notable y se realiza sobre una extensa llanura fluvio deltaica. La sedimentación carbonatada es muy importante. Los tramos basales se depositaron en una plataforma somera submareal de alta energía, con momentos de tranquilidad y con episodios de influencia terrígena litoral. La sedimentación carbonatada continúa hasta el Senoiense, cuando el ambiente es marino lagunal.

Una vez terminado período Cretácico no hay registro sedimentario, dentro del ámbito de la hoja de Yeste, hasta el Mioceno. Es en esta época cuando comienzan a producirse los movimientos tectónicos de la orogenia alpina. El acortamiento de la cobertera sedimentaria del Paleomargen Sudibérico es notable, con la consiguiente estructuración de la zona Prebética, en la que nos encontramos. Es así que la sedimentación, en el área cubierta por la hoja de Yeste, durante el Mioceno es marina carbonatada en su mayor parte y se produce de forma muy irregular.

A partir del Mioceno Superior comienzan a desarrollarse cuencas neógenas postorogénicas intramontañosas en las zonas más internas del orógeno y cuencas continentales lacustres en la zona septentrional. De este modo, durante el Mioceno superior-Plioceno se depositaron los sedimentos lacustres carbonatados y terrígenos de las cuencas de “pull apart” de la zona oriental y nororiental de la hoja de Yeste, que se continúan hacia el este y constituyen un importante recurso natural de diatomitas en la región de Elche de la Sierra.

6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. RECURSOS MINERALES

6.1.1. Minerales metálicos

En las proximidades de Riópar, sobre la ladera norte del Calar del Mundo (1) hay unas antiguas labores mineras distribuidas de E a O en una longitud superior a 2 km cuyos nombres son: minas de San Jorge, minas de San Agustín y también minas del Peñon, pero en general se las conoce como Minas de Riópar.

Fueron descubiertas en el año 1773 y en ellas se explotó principalmente zinc (Calamina = Smithsonita: carbonato de Zn) y en muy baja proporción plomo (galena), hasta por lo menos el año 1807. La explotación de las minas dio lugar a la fundación de las Fábricas de Riópar, que se dedicaron a la fabricación de objetos de latón.

En el año 1846 se constituyó la Compañía Metalúrgica de San Juan de Alcaraz, que reanudó la explotación de las minas abriendo nuevas galerías y ampliando las instalaciones metalúrgicas y de fabricación. Esta compañía estuvo trabajando hasta el año 1924 en que se pararon definitivamente los trabajos, abandonando todas las concesiones mineras.

La mineralización se encuentra distribuida dentro de las doloesparitas del Jurásico a pocos metros de una importante falla regional que las pone en contacto con las dolomías y calizas cretácicas.

En esta zona mineralizada realizó labores de exploración la empresa EXMINESA en el año 1972, efectuando cartografía detallada de las labores, sondeos y muestreos sistemáticos para geoquímica (consultar Documentación Complementaria).

6.1.2. Minerales no metálicos

En la zona oriental y sur de la hoja existen varias canteras de áridos de machaqueo (3,4 y 6), que explotan las dolomías cretácicas masivas, grises, queerosas de la unidad cartográfica 12. La cantera situada al norte de El Pardal (2) explota también áridos de machaqueo pero se trata de dolomías Jurásicas (Unidad 4). Hay una cantera abandonada (5) en la que se explotaron las dolomías cretácicas microcristalinas de color blanco amarillento, pero este no parece ser un material muy apto para utilizarse como árido debido a su granulometría homogénea y tan fina, casi de tamaño limo-arcilla.

6.1.3. Minerales energéticos

A unos 4 km al suroeste de Yeste y cercano a la población de La Moraleda hay una antigua labor minera de lignito (7), que se encuentra asociada a la unidad terrígena de arenas, limos y arcillas del Cretácico inferior (10) situada estratigráficamente por encima de las calizas del Barremiense-Bedouliense. Se trata de niveles que se corresponden con acumulaciones de troncos carbonizados. Esta labor minera está situada dentro de una amplia zona de indicios ligníferos que fueron estudiados por el IGME (1985).

6.2. HIDROGEOLOGÍA

6.2.1. Características climáticas e hidrológicas

La Hoja de Yeste queda encuadrada en el ámbito de la cuenca del Segura, a excepción de un pequeño sector en la zona occidental del Calar del Mundo, que pertenece a la del Guadalquivir. Los límites de la cuenca del Segura quedan definidos por el territorio de las cuencas hidrográficas que vierten al mar Mediterráneo entre la desembocadura del río Almanzora y la margen izquierda de la Gola del Segura en su desembocadura, así como la subcuenca hidrográfica de la Rambla de Canales y las cuencas endorreicas de Yecla y Corral-Rubio. La superficie así definida tiene una extensión de 18.870 km², distribuida entre las comunidades autónomas de Murcia (59 %), Valencia (7 %), Castilla-La Mancha (25 %) y Andalucía (9 %).

Dentro de la cuenca existe una gran diversidad orográfica y climática que origina numerosos ambientes hidrológicos diferentes entre sí, con grandes contrastes climáticos, frecuentes sequías, episodios de lluvias torrenciales y abundantes inundaciones. Presenta un carácter semiárido con precipitaciones medias anuales que oscilan entre 200 mm en Águilas y 1.000 mm en la cabecera del Segura y del río Madera. La precipitación media anual de toda la cuenca es de unos 400 mm, la más baja de todas las grandes cuencas peninsulares, aunque en años secos ésta puede descender por debajo de 100 mm en algunos sectores del sureste.

Las temperaturas medias anuales varían entre 18°C en el Campo de Cartagena y Vegas Media y Baja del Segura y 10°C, o incluso menos, en la cabecera del río Segura.

Las particulares características climáticas de esta cuenca determinan que el porcentaje de lluvia que termina como escorrentía en los ríos sea tan solo del 15%, el más bajo de toda la península, al ser muy elevada la evapotranspiración.

De acuerdo con la clasificación de Papadakis, la cuenca del Segura se identifica con el denominado tipo climático mediterráneo y, según las zonas, con los subtipos templado, continental, subtropical y semiárido subtropical.

En lo referente a la hidrología superficial de la cuenca, los únicos cauces fluviales con flujos continuos son el propio río Segura y sus tributarios Mundo, Taibilla, Moratalla, Guadalentín, Argos, Quípar y Mula, además de los de la cuenca alta, siendo el resto cauces efímeros o intermitentes. La producción fundamental de recursos hídricos se concentra, por tanto, en la cabecera de la cuenca (río Mundo y curso alto del Segura). Aguas abajo de la confluencia entre ellos los cauces de la margen izquierda son, en general, ramblas sin aportaciones permanentes y con fuertes aparatos torrenciales (ramblas del Judío, Moro, Tinajón, etc.), mientras que los de la margen derecha son ríos propiamente dichos, con caudales exiguos pero permanentes. Los cauces restantes de la cuenca son ramblas

con descarga directa al mar. También existen dos zonas endorreicas, que corresponden a las cuencas de Corral Rubio y Yecla, localizadas en el extremo noreste.

En la Hoja de Yeste el clima es del tipo mediterráneo templado, con temperaturas medias anuales comprendidas entre 11°-12°C en el Calar del Mundo y 14°-15°C en las inmediaciones de Yeste y Molinicos. La precipitación media se incrementa notablemente en sentido este-oeste, influida por la altitud, pasando de valores en torno a 400 mm/año en el borde oriental de la hoja (al este del embalse de la Fuensanta) a 1000-1100 mm/año en el Calar del Mundo, en el límite suroccidental. Las tasas de evapotranspiración potencial abarcan un rango entre 700 mm/año y valores próximos a 800 mm/año.

El ámbito territorial de esta Hoja está dominado, desde el punto de vista fluvial, por los ríos Mundo, Tus y Segura, pertenecientes al ámbito de la demarcación hidrográfica del Segura. El primero de ellos tiene su nacimiento al sur de Riópar en el paraje denominado Chorros del Río Mundo, muy próximo al límite con la cuenca del Guadalquivir. En las inmediaciones de Yeste se localiza el embalse de la Fuensanta, que regula las aportaciones del río Tus y de la cabecera del río Segura. A la cuenca del Guadalquivir, representada en un sector muy reducido del extremo occidental de la Hoja, pertenecen los arroyos de la Puerta y la Vaqueriza, cuya confluencia al norte de Cotillas da origen al río Guadalimar. En el apartado de Fisiografía se describen con detalle los aspectos esenciales de la red fluvial de esta Hoja.

6.2.2. Características hidrogeológicas

La cuenca del Segura se encuentra enclavada en su totalidad dentro del dominio de las Cordilleras Béticas, y en ellas se distinguen dos grandes zonas en las que, a su vez, se encuentran comprendidas las tres unidades geológicas definidas por Fallot: Zonas Internas, correspondientes a la Unidad Bética *s.str.* y Zonas Externas, correspondientes a las Unidades Subbética y Prebética.

Complementariamente a estas dos grandes zonas geológicas, existen abundantes depósitos de materiales post-orogénicos que se distribuyen como recubrimientos de las grandes unidades mencionadas. Estos materiales post-orogénicos adquieren gran desarrollo en extensión y potencia en algunas depresiones postectónicas costeras y/o intramontañas, como el Campo de Cartagena, Valle de Guadalentín-Segura, Lorca, etc.

Hidrogeológicamente, esta complejidad da lugar a la existencia de numerosos acuíferos, en muchos casos de mediana y pequeña extensión, con estructuras geológicas frecuentemente complejas.

Seguindo criterios geológicos e hidrogeológicos y atendiendo a razones de eficacia administrativa, se definieron en el Plan hidrológico de la cuenca del Segura (CHS, 1997) 57 unidades hidrogeológicas que agrupaban los 234 acuíferos definidos en la cuenca.

Con la entrada en vigor, el 22 de diciembre de 2000, de la Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, conocida como Directiva Marco del Agua (DMA), se ha introducido el concepto "masas de agua subterránea" definido como "un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos". Adicionalmente, se define el "acuífero" como "una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir ya sea un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas".

La DMA establece la masa de agua subterránea como unidad geográfica de referencia para muchas de las obligaciones especificadas en la Directiva, siendo el cumplimiento de los objetivos medioambientales, el control de la evolución del recurso y la adopción de medidas de protección y restauración exigencias aplicables a todas y cada una de las masas identificadas como tales por los Estados miembros. La identificación y delimitación de las masas es por ello un elemento determinante de la gestión futura de las aguas y forma parte de las obligaciones establecidas en el artículo 5 de la Directiva.

Partiendo de las unidades hidrogeológicas establecidas en el Plan de cuenca y teniendo en cuenta además otros parámetros relacionados con aspectos geométricos e hidrodinámicos, así como con procesos de sobreexplotación, se han definido en la cuenca del Segura 63 masas de agua subterránea que básicamente coinciden con las 57 unidades hidrogeológicas, a excepción de 5 de ellas en las que se ha procedido a su subdivisión según los criterios enunciados.

Los recursos hídricos renovables naturales de la cuenca son de aproximadamente 950-1000 hm³/año (CHS, 1997), de los cuales, el 60% corresponde a escorrentía subterránea. Estos recursos, cuya magnitud está actualmente siendo revisada a la baja, son totalmente insuficientes para atender las necesidades de la cuenca, estimadas en 1960 hm³/año, por lo que fue necesario realizar el trasvase Tajo-Segura. La 1ª fase de esta obra entró en funcionamiento en 1978 y aunque está diseñada para poder trasvasar 600 hm³/año, sus aportaciones anuales han sido muy variables y en pocas ocasiones han superado los 400 hm³/año. De acuerdo con el *Plan Hidrológico de la cuenca del Segura* (CHS, 1997), en una situación hidrológica media y contando con los 600 hm³/año procedentes de la primera fase del trasvase Tajo-Segura, el déficit actual es de 460 hm³/año. Del total del déficit, 250 hm³/año corresponden a sobreexplotación de acuíferos y el resto a insatisfacción de las demandas. Este déficit hídrico de la cuenca se ve notablemente incrementado en situaciones de sequía, pues a los escasos recursos que se generan en dichas condiciones hay que añadir la normal disminución de excedentes en la cabecera del Tajo, con la consiguiente reducción del volumen trasvasado.

La principal demanda de agua corresponde a la agricultura de regadío, destacando las Vegas del Segura, el Valle del Guadalentín, la cuenca de Mula-Fortuna-Alcantarilla-Alhama, el Campo de Cartagena y la zona de Mazarrón-Aguilas. En la actualidad, también es importante el incremento de la demanda de agua como consecuencia del desarrollo urbanístico y turístico.

Dentro de esta Hoja existen numerosos puntos de agua, del orden de 600, la mayoría de ellos manantiales. En la Tabla 6.2 se recoge una selección de los que se han considerado más representativos de acuerdo con los siguientes criterios: utilidad para la explicación del funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos; mantenimiento de caudales de descarga importantes o de carácter permanente; singularidad por su alto valor ambiental; satisfacción de demandas de abastecimiento urbano y regadío.

Masa de Agua Subterránea	Unidad Hidrogeológica	Acuífero	Nº IPA	Nombre	Coord X	Coord Y	Z	Uso del agua	Caudal medio (l/s)
070.016	07.07 Fuente Segura-Fuentsanta	Humoso-Juan Quilez	233480023	sondeo Casas del Pino	569213	4243932	630	sin uso	—
070.015	07.14 Segura-Madera-Tus	Cujón	233430037	fuelle del Lanero	561204	4260844	1000	desconocido	12
			233430079	sondeo Lanero	561204	4260844	1060	sin uso	—
			233430080	sondeo Las Hoyas	563500	4258800	1070	abastecimiento	—
			233440037	fuelle de Las Hoyas	563688	4258673	1055	agricultura	1
		Herrada	233430013	fuelle de Los Cominos	562143	4253133	650	agricultura	1
			233430016	fuelle del Fontanar	560943	4253217	760	abastecimiento y agricultura	1
			233430022	fuelle del Nacimiento	561967	4256086	820	doméstico	10
			233430023	fuelle del Nacimiento	561967	4256086	820	abastecimiento y agricultura	40
			233440008	fuelle del Prado Majones	565901	4253803	745	desconocido	1
			233440024	fuelle del Morcillar	566769	4256047	790	agricultura	1
			233440025	fuelle de la Tubilla	567321	4256293	890	abastecimiento y agricultura	4
			233440039	caño Casas de lo Alto	566582	4257700	850	agricultura	2
			233440042	fuelle de la Plaza Vieja	566583	4257850	880	desconocido	1
			233440078	sondeo Peñarrubia	570225	4254950	780	abastecimiento	—
			233470030	fuelle ctra. a Raspilla	563239	4252474	630	desconocido	1
			233470031	fuelle camino Llano de la Torre	563285	4251973	640	desconocido	3
			233470044	fuelle de la Capellania	559562	4249301	900	agricultura	1
			233470052	fuelle del Tornajo de Rala	559071	4250456	890	desconocido	1
			Ardal	233470015	fuelle de Vallehermoso	558688	4246457	905	agricultura
		233470060		fuelle de Los Jartos	562466	4249678	735	agricultura	1
		233470061		fuelle de La Toba	561363	4249387	790	agricultura	15
		233470062		fuelle de La Tejera	561113	4249439	800	abastecimiento y agricultura	7
		Tinjarra	233460004	fuelle Umbria del Bul	555270	4244283	1140	abastecimiento y agricultura	2
Calar de la Sima	233450008	fuelle de las Plazas	548560	4243386	1140	abastecimiento y agricultura	12		
	233450036	fuelle de la Quebrada	548887	4246835	940	agricultura	1		

Tabla 6.2. - Selección de puntos de agua en la Hoja de Yeste

Masa de Agua Subterránea	Unidad Hidrogeológica	Acuífero	Nº IPA	Nombre	Coord X	Coord Y	Z	Uso del agua	Caudal medio (l/s)
070.014	07.36 Calar del Mundo	Calar del Mundo	233410109	fuelle de la Pedorrilla	548865	4256640	1310	desconocido	1
			233420006	fuelle de Prado Cerezo	555561	4255786	1210	agricultura	8
			233420015	fuelle del Espino	555449	4254287	1080	agricultura	60
			233420016	fuelle Arroyo Frio de Raspilla	555449	4254287	1080	abastecimiento	20
			233420017	fuelle Arroyo Frio de Raspilla	555449	4254287	1060	abastecimiento	40
			233420018	fuelle Arroyo Bravo	554495	4253794	1155	desconocido	20
			233420025	fuelle del Espino	552815	4256459	1565	desconocido	1
			233420026	fuelle de la Media Fanega	551558	4255568	1510	ganaderia	1
			233420049	fuelle Barranco de las Cepas	554693	4259795	920	desconocido	10
			233420053	fuelle de La Peguera	550029	4258332	1060	desconocido	1
			233420055	fuelle del Arroyo del Molino	550781	4258526	1150	desconocido	15
			233420060	nacimiento del Rio Mundo	549261	4256187	1122	desconocido	100
			233420070	fuelle arroyo de la Celadilla	555178	4257891	1160	desconocido	100
			233420071	fuelle de San Agustin	554990	4259493	910	desconocido	60
			233450009	fuelle del arroyo del Pollo	548924	4251437	1360	abastecimiento y agricultura	15
			233450010	fuelle Los Piazuolos	548514	4250240	1125	agricultura	15
			233450011	fuelle Los Piazuolos	548514	4250240	1125	agricultura	12
			233450058	fuelle Arroyo Frio	542666	4250836	1060	abastecimiento, agricultura e industria	200
			233460017	fuelle de Margueña	550974	4251321	1320	agricultura	20
			233460036	fuelle del Sahuco baja	549520	4250882	1060	abastecimiento y agricultura	12
			233460037	fuelle del Sahuco alta	549520	4250882	1060	desconocido	8
			233460046	fuelle de Cataraya	552604	4248707	1160	desconocido	40
233460054	fuelle de los Españoles	554907	4248938	860	agricultura	20			

Tabla 6.2. (Continuación) - Selección de puntos de agua en la Hoja de Yeste

En la Figura 6.1, basada en el Mapa de Masas de Agua subterránea (MMA 2005), se refleja la distribución geográfica de las mismas en la zona noroccidental de la cuenca del Segura, donde se ubica la hoja de Yeste.

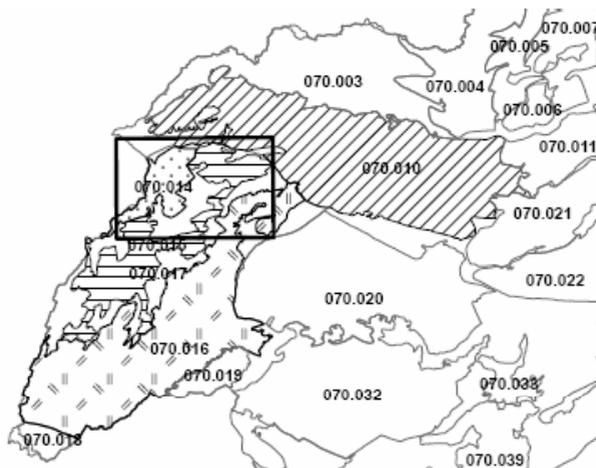


Figura 6.1.- Masas de Agua Subterránea en la Cuenca del Segura. MMA (2005)

De acuerdo con esta delimitación, se indican a continuación las masas de agua subterránea presentes en el ámbito de la Hoja, coincidentes con las unidades hidrogeológicas homónimas:

Masub. 070.010.- Pliegues Jurásicos del Mundo (U.H. 07.04)

Masub. 070.014.- Calar del Mundo (U.H. 07.36)

Masub. 070.015.- Segura-Madera-Tus (U.H. 07.14)

Masub. 070.016.- Fuente Segura-Fuentsanta (U.H. 07.07)

Masub. 070.017.- Acuíferos inferiores de la Sierra de Segura (nueva definición)

A excepción del muy reducido sector septentrional en el que aparece la masa Pliegues Jurásicos del Mundo, en el resto de la Hoja se pueden distinguir dos zonas morfoestructurales: Zona de Relieve Invertido y Zona de Pliegues y Pliegues-Falla.

La Zona de Relieve Invertido se caracteriza por la presencia de sinclinales colgados ocupando las cotas más elevadas y de anticlinales sobre los que la red de drenaje ha modelado los valles principales (ríos Segura y Tus principalmente). Los acuíferos de esta zona se localizan en los cerros aislados que conforman los sinclinales, de forma que las surgencias, por afloramiento del impermeable de base, se sitúan a media ladera. Este hecho provoca una reducida posibilidad de regulación al no disponer apenas de capacidad de almacenamiento por el escaso buzamiento de dicha base y porque el carácter kárstico de todos ellos implica tiempos de residencia reducidos. Esta zona se corresponde con los acuíferos del Cretácico superior de la *Masub. 070.015 (Segura-Madera-Tus)* y con la totalidad de la *Masub. 070.014 (Calar del Mundo)*.

La Zona de Pliegues y Pliegues-Falla se caracteriza por una continuidad de la formación permeable principal entre los acuíferos que la componen, siendo frecuentes los límites abiertos (generalmente establecidos en fallas que en la mayoría de los casos no desconectan la formación permeable común), con flujos laterales subterráneos entre ellos, favoreciendo tiempos de residencia superiores y por tanto con mayor capacidad de regulación. El río Segura y sus afluentes principales drenan estos acuíferos cuando circulan en tramos de afloramientos permeables. Esta zona se corresponde, dentro de la hoja de Yeste, con la *Masub. 070.016 (Fuente Segura-Fuentsanta)*.

Las principales formaciones permeables son las calizas y dolomías del Cretácico superior y, localmente, las calizas del Mioceno.

Además de estos acuíferos hay que considerar los constituidos por materiales calizos del Cretácico inferior, que presumiblemente se extienden infrayacentes por toda la zona y que en algunos sectores afloran con extensiones más o menos amplias sin que se puedan considerar independientes unos de otros, sino que formarían una unidad que ha sido denominada *Masub. 070.017 (Acuíferos inferiores de la Sierra de Segura)*. Es muy probable que a través de estos afloramientos se produzca la recarga de los materiales permeables jurásicos situados a muro de ellos.

En la parte septentrional de la Hoja aparece un reducido sector de la *Masub. 070.010 (Pliegues Jurásicos del Mundo)*, representada aquí solo por dos pequeñas áreas de los acuíferos Helechar-Madera y Cabezallera.

En el sector de la Hoja incluida en la cuenca del Guadalquivir se incluye la zona del Calar del Mundo que excede la divisoria de cuencas y el reducido acuífero carbonatado de Padroncillo, que se inscribe en la masa de Quesada-Castril.

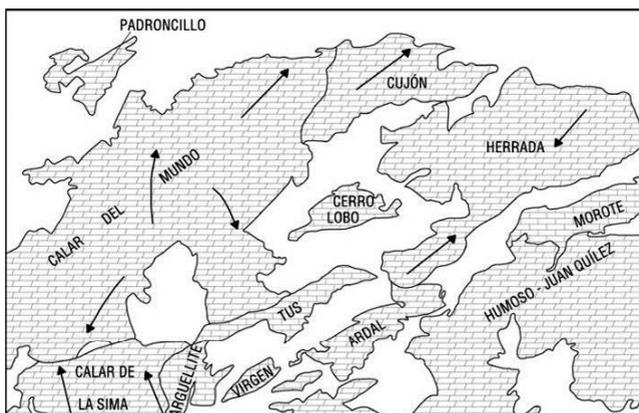


Figura 6.2.- Situación de los acuíferos de la Hoja de Yeste (IGME-MMA, 2002)

070.014.- Calar del Mundo (U.H. 07.36)

Esta masa incluye un único acuífero, del mismo nombre, constituido por una serie dolomítico-caliza del Cretácico superior de unos 600 metros de potencia. Ocupa una extensión superficial de 132 km² localizado, aproximadamente, entre las poblaciones de Fábricas de Riopar al norte, Yeste al sur, Siles al SO y el arroyo de la Celada, afluente del río Mundo, al NE. En esta Hoja se sitúa la práctica totalidad de esta masa.

Los límites están definidos por materiales margo-yesíferos del Trias y por las arcillas y arenas en facies Utrillas, que también constituyen, estas últimas, el muro del acuífero.

Posee amplio desarrollo de fenómenos kársticos en superficie, tales como simas, dolinas, úvalas e incluso poljes de hasta 4 km de longitud. En el interior existe un gran desarrollo de conductos kársticos, siendo el conjunto más importante el formado por el sistema de la Cueva de los Chorros que da lugar al Nacimiento del río Mundo.

Hidrologicamente pertenece a la cuenca del Segura, excepto un reducido sector occidental que se incluye en la del Guadalquivir. En este último destaca la fuente de Arroyo Frio (233450058), situada a cota 1060 m s.n.m. y considerada como un punto de gran interés hidrogeológico y ambiental, con un caudal medio próximo a 200 l/s y puntas superiores a 1000 l/s después de intensas lluvias y nevadas. Parte de sus recursos son utilizados para el abastecimiento de Siles y Villaverde del Guadalimar; el resto discurre aguas abajo hasta alcanzar el cauce del río Guadalimar.

Dentro de la cuenca del Segura existen numerosos manantiales de diferentes caudales y a distintas cotas por motivos tectónicos y estratigráficos.

La fuente del “Nacimiento del Río Mundo” (233420060) representa un caso típico de surgencia tipo “trop plein” con caudales punta efímeros y espectaculares (por ejemplo, el IGME aforó el 21/01/1997 un caudal de 2748 l/s apenas unas horas después de intensas nevadas). En cambio, en época de estiaje prolongado sus caudales descienden notablemente hasta casi prácticamente anularse. La surgencia a media ladera en el macizo carbonatado senonense, a cota de 1122 m s.n.m., es conocida como la “Cueva de los Chorros” y está considerada de gran interés socio-turístico e hidrogeológico.

La recarga procede de la infiltración del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables y la descarga tiene lugar, de manera natural, fundamentalmente por medio de surgencias y, secundariamente, por transferencia subterránea restringida hacia las formaciones permeables infrayacentes del Cretácico inferior y Jurásico a través de los materiales en facies Utrillas.

La cuantificación de los elementos del balance hídrico es muy complicada por la inexistencia de datos sistemáticos de control foronómico y la elevada oscilación de los caudales de descarga. De este modo, mientras que en IGME-MMA (2002) la recarga se calcula en 59 hm³/año, las surgencias en 48 hm³/año y transferencia subterránea en 11 hm³/año, en MOPTMA (1996) los recursos, equivalentes a las salidas naturales, se estiman en 70 hm³/año y en CHS (1997; 2007) en 14,5 hm³/año.

La captación de manantiales y cauces que drenan este acuífero, con destino al abastecimiento y regadío, es del orden de 4,5 hm³/año.

Las facies hidroquímicas del agua subterránea son bicarbonatadas cálcicas, magnésicas o mezcla. La mineralización es baja y la conductividad media es de 380 µS/cm. No se han detectado focos de contaminación significativos y los valores de nitratos determinados no han superado los 25 mg/l en ningún punto. En esta masa también se han detectado algunos puntos con valores de Mg⁺⁺ por encima de 50 mg/l.

070.015.- Segura-Madera-Tus (U.H. 07.14)

Esta masa ocupa la parte central de la Hoja y se extiende ampliamente por las vecinas hojas de Yetas de Abajo y Orcera.

La formación dolomítica del Albiense superior-Turoniense, de unos 300 m de potencia media, es la formación permeable principal sobre la que normalmente se superponen otros 100-300 m de calizas del Senoniense. Las características principales que posee son un plegamiento suave en combinación con una gran incisión de la red de drenaje donde los ríos principales son el Segura y sus afluentes Madraza, Tus y Mundo.

Esta zona se ha venido denominando "de relieve invertido" a causa del encajamiento preferente de estos ríos sobre la traza de los anticlinales debido, probablemente, a la mayor fracturación en sus chamelas con respecto a los flancos dando lugar a zonas de debilidad más vulnerables a la erosión, la cual ha superado en profundidad a la base de la formación permeable principal alcanzando incluso a las distintas formaciones del Cretácico inferior. De este modo, de forma general, los acuíferos se encuentran en las elevaciones topográficas que forman los sinclinales, con la base impermeable de la Formación Utrillas a mayor cota que los cauces fluviales con lo que condicionan sistemas colgados, drenados por surgencias situadas a media ladera que limita la importancia de las reservas.

Cuando las calizas senonienses o miocenas tienen un importante desarrollo en la cumbre llana de los distintos acuíferos se forman los denominados calares, donde se desarrolla un modelado kárstico con dolinas y lapiazes. En cambio, las dolomías del Cretácico superior que constituyen las laderas suelen presentar un relieve abrupto con paredes muchas veces verticales y escaso desarrollo de morfología kárstica.

Esta masa está compuesta por numerosos acuíferos, entre los que se incluyen los cinco que a continuación se describen por estar total o parcialmente representados en la Hoja. En todos ellos el muro lo define la facies Utrillas de arcillas y arenas, cuyos afloramientos constituyen en ocasiones también los límites laterales, junto con otros materiales margosos cretácicos. En algunos casos existe continuidad con los acuíferos adyacentes, por lo que el límite entonces tiene carácter de abierto. La recarga se produce por infiltración de la precipitación; la descarga tiene lugar por manantiales, hacia los ríos y por flujo subterráneo a los acuíferos del Cretácico inferior. Las surgencias presentan caudales muy irregulares con fuerte dependencia de los períodos de lluvia y tiempos de respuesta cortos. Por sus características morfoestructurales poseen una reducida capacidad de regulación, con escaso volumen de reservas.

Las aguas subterráneas de estos acuíferos son de facies bicarbonatada cálcica y cálcico-magnésica con conductividad entre 350 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No se han detectado focos potenciales de contaminación significativos.

Acuífero Cujón

Situado en la sierra del mismo nombre, al oeste de Molinicos, y con una extensión de 20,4 km^2 , su estructura consiste en un suave sinclinal NE-SO. Los límites del acuífero vienen definidos por los materiales en facies Keuper y Utrillas, excepto en el oeste en que el límite con el Calar del Mundo es abierto.

Las entradas al acuífero se producen por infiltración de lluvia (3,4 $\text{hm}^3/\text{año}$); las salidas, por manantiales y cauces (1,1 $\text{hm}^3/\text{año}$) y por transferencia subterránea hacia el Cretácico inferior (2,3 $\text{hm}^3/\text{año}$). El punto principal de descarga es la fuente del Lanero (233430037), que presenta un caudal medio de 12 l/s y se encuentra situada en el borde norte a cota próxima a 1000 m s.n.m. Este manantial fue objeto de una actuación encaminada a su regulación construyendo en sus inmediaciones el sondeo Lanero (233430079). En el borde noreste del acuífero se ubica el sondeo Las Hoyas (233430080), captación que regula parcialmente el manantial homónimo (233440037) cuyo drenaje de apenas 1 l/s se realiza a una cota de 1055 m s.n.m.

Acuífero Herrada

Situado entre la población de Molinicos y el embalse de la Fuensanta, y con una superficie permeable total de 51,7 km^2 , incluye los acuíferos anteriormente denominados (CHS, 1997) Peñas Coloradas, Rala-Herrada y Horadada.

El acuífero está constituido por las dolomías y calizas del Cretácico superior, aunque también habría que considerar, si bien de manera secundaria, las calizas miocenas en las inmediaciones de la cola del embalse de la Fuensanta.

Las incisiones de los barrancos más importantes dividen a este acuífero en 4 sectores que coinciden aproximadamente con la antigua subdivisión de acuíferos: *sector Peñas Coloradas*, situado en la parte occidental y limitado por el barranco del arroyo Escudero al este y por el río Tus al sur, entre los núcleos de Los Collados y Llano de la Torre; *sector de Rala*, en la parte suroccidental y limitado por el río Tus al norte; *sector de Herrada*, ubicado en la parte central entre el arroyo Escudero al oeste, el arroyo Morote al este y el río Tus al sur, entre los núcleos de Molinicos al NE y Llano de la Torre al SO; *sector Horadada*, en la parte oriental y limitado por el arroyo Morote, entre los núcleos de Molinicos al NO y Peñarubia al SE.

Se trata de un sinclinorio de orientación NE-SO fracturado sobre todo en la parte oriental (Horadada) y limitado en todo su perímetro por los afloramientos de la formación Utrillas.

Los sectores de este acuífero funcionan con cierta independencia aunque su drenaje principal esté canalizado por los arroyos principales.

La recarga se produce por infiltración de lluvia (evaluada en 4,8 hm³/año), y la descarga, por manantiales y cauces (estimada en 3,3 hm³/año) y hacia acuíferos del Cretácico inferior. La extracción por sondeos es de muy escasa magnitud.

En el sector *Peñas Coloradas* se localizan dos manantiales denominados fuentes del Nacimiento (233430022 y 233430023) que descargan a 820 m s.n.m. con caudales que oscilan entre 10 y 40 l/s y cierto termalismo que parece determinado por su origen profundo. Hacia el sur las cotas de salida varían oscilando entre 680 m s.n.m. de la fuente de los Cominos (233430013) y 800 m s.n.m. de la fuente del Fontanar (233430016), ambas con pequeños caudales.

El sector *Horadada* no posee manantiales con descargas notables y la explotación del sondeo de abastecimiento a Peñarubia (233440078) provoca una circulación preferente del flujo subterráneo hacia el este. Es un sector muy heterogéneo, con cotas de drenaje por manantiales muy variables, desde 850 y 880 m s.n.m. correspondientes a los puntos Caño Casas de lo Alto (233440039) y fuente de la Plaza Vieja (233440042), ubicadas en las inmediaciones de la localidad de Molinicos, hasta 745 m s.n.m. en la fuente Prado Majones (233440008), al SO, pasando, en la parte centro-occidental, por 790 y 890 m s.n.m. correspondientes a la fuente del Morcillar (233440024) y fuente de la Tubilla (233440025), respectivamente. Estas últimas presentan caudales medios de descarga entre 1 y 4 l/s.

En el sector *Rala*, junto al río Tus, el drenaje se produce por la fuente Llano de la Torre (233470031), a 640 m s.n.m. y un caudal que puede llegar a 3 l/s; en su extremo SO, por la fuente de la Capellania (233470044) y la fuente del Tornajo de Rala (233470052), a 900 m s.n.m., ambas de carácter estacional y exiguu caudal.

En el sector *Herrada* se encuentra el sondeo de abastecimiento a Molinicos (233440087), con una cota media de nivel piezométrico de 880 m s.n.m. Los manantiales próximos a este punto presentan caudales pequeños y drenan el acuífero a cota similar, descendiendo ésta en dirección sur hasta alcanzar un valor mínimo cerca del río Tus de 630 m s.n.m. correspondiente al punto 233470030 (fuente carretera de Raspilla).

Acuífero Ardal

Con una superficie de 9,8 km², se localiza en las inmediaciones de la población de Yeste, en la sierra de mismo nombre. Su estructura es de sinclinal NE-SO constituido por la formación permeable principal de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense con algunos retazos suprayacentes de calizas del Mioceno.

Los límites de este acuífero vienen definidos por el afloramiento de arcillas y arenas en facies Utrillas.

La recarga procede de la infiltración de lluvia (1,3 hm³/año) y la descarga se produce por emergencias (0,6 hm³/año) y hacia el Cretácico inferior (0,7 hm³/año). La mayor parte de la descarga tiene lugar por la fuente de Vallehermoso (233470015), con un caudal medio de 5 l/s, y por las surgencias de carácter termal situadas al NE denominadas fuente de Los Jartos (233470060), fuente de la Toba (233470061) y fuente de La Tejera (233470062), con un caudal medio total cercano a los 20 l/s.

Acuífero Tinjarra

Se sitúa al SO de Yeste, entre esta población y el río Segura. Tiene una superficie de 20,3 km², la mayor parte de la cual en la hoja de Yetas de Abajo. La formación permeable principal está constituida por las dolomías del Albiense superior-Turoniense.

Los límites laterales de este acuífero vienen dados por los afloramientos del impermeable de base (facies Utrillas y margas del Barremiense-Aptiense), bien por contacto estratigráfico o mediante fallas.

Las entradas al acuífero tienen lugar por infiltración de lluvia (2,3 hm³/año). Las salidas deben producirse por descarga subterránea hacia los infrayacentes materiales permeables del Cretácico inferior, pues a pesar de su extensión no posee emergencias significativas. El arroyo Tinjarra drena este acuífero hacia el este, desembocando en el río Segura. Posee caudales muy irregulares, encontrándose seco buena parte del año o con caudales variables (0,25 l/s en 23-7-1.997; 71,29 l/s en 28-1-1.997); posiblemente su caudal medio se sitúe en torno a 5-10 l/s, equivalentes a 0,2 hm³/año. En el sector comprendido dentro de la hoja de Yeste sólo existe la fuente Umbria del Bul (233460004), a cota próxima a 1140 m s.n.m. y caudal de unos 2 l/s.

Acuífero Calar de la Sima

Se trata de un acuífero alargado en dirección N-S, de unos 12 km de longitud y 5 km de anchura, con una extensión de 57,7 km². Está situado entre el río Tus, al norte, y el río Segura al sur. Su formación permeable principal es la de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, a la que se superponen, según sectores, calizas del Senoniense o del Mioceno. Su estructura es la de un sinclinorio N-S afectado por numerosas fallas y basculado hacia el este. Dentro de los límites de la Hoja sólo está representado un reducido sector de su zona septentrional, situado al oeste de Arguelite.

Son frecuentes los fenómenos kársticos superficiales, asociados casi siempre a las calizas del Mioceno, que tienen su máxima expresión en la planicie elevada situada en el Sector de Calar de la Sima al sur del vértice Mentiras. Se trata de un campo de dolinas de 1,5 km² de extensión a una cota media de unos 1.710 m s.n.m. en el límite de las provincias de Albacete y Jaén.

Los límites laterales de este acuífero están definidos por los afloramientos del muro (facies Utrillas y margas del Barremiense-Aptiense), excepto en el sector septentrional, en límite abierto con el Calar del Mundo.

La recarga al acuífero se produce por infiltración de la precipitación (19,5 hm³/año). La descarga tiene lugar predominantemente hacia los cauces fluviales y en menor medida por emergencias localizadas (en total 16,4 hm³/año); también debe producirse cierta descarga subterránea hacia los acuíferos del Cretácico inferior. Como manantiales más significativos dentro de la hoja de Yeste hay que destacar la fuente de Las Plazas (233450008), con caudal que puede alcanzar los 12 l/s, y el manantial de Las Quebradas (233450036), de caudal variable.

También existen algunos sondeos de abastecimiento que captan tramos permeables colgados de espesores reducidos y escasa representatividad hidrogeológica; entre ellos, los denominados Los Collados (233430081), Mercado (233470001) y Jartos (233470083), todos ubicados cerca de manantiales con objeto de regular o aumentar los caudales en épocas de estiaje o sequía.

070.016.- Fuente Segura-Fuensanta (U.H. 07.07)

Ocupa la zona sureste de la Hoja, donde aparece el sector nororiental de esta gran unidad, de 650 km² de superficie, que se extiende ampliamente por las hojas de Yetas de Abajo, Nerpio, Santiago de la Espada y Elche de la Sierra.

Los acuíferos principales están constituidos por las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, con unos 300 metros de potencia, y, de manera secundaria, por calizas del Eoceno y Mioceno, siendo estas últimas formaciones de menor espesor que se localizan generalmente en la parte superior de algunos relieves. La estructura se caracteriza por la presencia de pliegues de dirección predominante N30E de vergencia hacia el oeste, localmente con los flancos invertidos y afectados por fallas inversas, y la existencia de fallas de desgarre perpendiculares a la dirección de los pliegues. El muro de esta masa lo componen los materiales arcillosos y arenosos de la facies Utrillas que además suelen definir los límites laterales.

Se han diferenciado numerosos acuíferos, pero sólo dos de ellos aparecen en esta Hoja y se describen a continuación.

Acuífero Humoso-Juan Quílez

Situado en el extremo noreste de la masa, y con una extensión de 65 km², está representado en su mayor parte dentro de esta Hoja (al este de Yeste, en las inmediaciones del embalse de la Fuensanta), aunque se prolonga por la de Elche de la Sierra.

La formación permeable principal está constituida por las dolomías del Cenomaniense-Turoniense con culminaciones aisladas de calizas del Mioceno. El muro y los límites laterales los define la formación de arcillas y arenas en facies Utrillas, a excepción del borde sur donde se pone en contacto con el acuífero Góntar.

El funcionamiento hidrogeológico de este acuífero debe estar en gran medida influenciado por las fuertes oscilaciones de nivel del embalse de la Fuensanta, situado sobre su formación permeable. Esto implica un importante intercambio hídrico entre ambos, de modo que cuando el nivel alcanzado por el embalse es alto se produce un aporte hacia el acuífero, invirtiéndose el sentido de flujo cuando el nivel desciende.

Los recursos del acuífero proceden de la infiltración de lluvia, calculados en 6,5 hm³/año. No se conoce ninguna emergencia localizada importante en este acuífero por lo que su drenaje se realiza a través de los cauces que lo atraviesan (ríos Segura y Taibilla) y hacia el propio embalse.

El agua subterránea es de facies bicarbonatada cálcico-magnésica, con una conductividad entre 500 y 550 µS/cm. No se han detectado focos de contaminación.

Acuífero Góntar

Su representación es mínima dentro de la Hoja, pues sólo aparece al sur del río Segura en un sector muy reducido, de apenas 5 km², correspondiente a la terminación noreste de este acuífero que se extiende por la hoja de Yetas de Abajo con una superficie total de 107 km².

Está constituido por unos 300 metros de dolomías del Cenomaniense-Turoniense, suprayacentes a las cuales se localizan en algunos lugares calizas del Mioceno.

En la hoja de Yeste el límite del acuífero se ha establecido en el río Segura, en contacto lateral con el de Humoso-Juan Quílez.

La recarga se efectúa por infiltración de la lluvia (17,6 hm³/año). La descarga principal se produce hacia el río Segura (10,9 hm³/año); el resto tiene lugar por manantiales (de escasa magnitud) y transferencias laterales subterráneas hacia el acuífero Loma del Sapiño (estimada en 4,5 hm³/año) y a niveles permeables del Cretácico inferior.

El agua subterránea es de facies bicarbonatada cálcico-magnésica, con una conductividad media entre 400 y 500 µS/cm. No se han detectado focos de contaminación.

070.017.- Acuíferos inferiores de la Sierra de Segura

Esta masa de agua subterránea, de nueva definición (CHS, 2005), constituye un único acuífero formado por las calizas del Barremiense-Aptiense y del Jurásico. Sólo afloran en algunas zonas aunque generalmente se encuentran en profundidad bajo los materiales del Cretácico superior pertenecientes a las masas de Calar del Mundo, Segura-Madera-Tus y Fuente Segura-Fuensanta.

Los límites laterales no son precisos, pues en unos casos se han establecido administrativamente en la divisoria entre las cuencas hidrográficas del Segura y Guadalquivir y en otros se han hecho coincidir con accidentes tectónicos o afloramientos de otras masas con las que contactaría lateralmente o se prolongaría bajo ellas.

La recarga procede de infiltración de lluvia y de transferencia desde acuíferos suprayacentes del Cretácico superior. La descarga se realiza hacia los cauces y a través de manantiales. No se ha establecido un balance hídrico para esta masa, sólo parcialmente en algunos de sus afloramientos (IGME-MMA, 2002).

Dentro de la hoja de Yeste se han definido seis zonas de afloramiento de materiales carbonatados del Barremiense-Aptiense que han sido denominadas Arguellite, Tus, Virgen, Moraleda, Cerro Lobo y Morote. En ellas se ha calculado una infiltración de lluvia de 6,5 hm³/año. Algunos de estos afloramientos son drenados por ríos, como el caso de Tus, en una magnitud aforada de 1,5 hm³/año. La facies hidroquímica es bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica.

En esta masa de agua hay una singularidad hidrogeológica relacionada con la posible transferencia de agua desde los materiales permeables del Jurásico hacia los niveles superiores del Cretácico. Este comportamiento hidrogeológico podría justificar el origen del punto termal existente en el Bañerío de Tus. Esta relación de tipo estructural está favorecida por la presencia de determinadas fallas que permiten movimientos verticales del flujo, en algunos casos de carácter termal, desde los acuíferos profundos y confinados del Jurásico. El punto de agua localizado en el bañerío de Tus está localizado en el borde occidental de la masa de agua subterránea 070.015 Segura-Madera-Tus. La facies hidroquímica del agua termal es de tipo bicarbonatada-clorurada sódica, su mineralización está cercana a los 1200mg/l y la temperatura en el punto de surgencia es de 27°C.

070.010.- Pliegues Jurásicos del Mundo (U.H. 07.04)

Esta extensa masa de agua subterránea, de 1200 km² de superficie (DHOH, 1988), solo está representada en una mínima porción dentro de los límites de la Hoja de Yeste, en concreto en una estrecha banda septentrional al este de Riópar que corresponde a los sectores meridionales de los acuíferos Helechar-Madera y Cabezallera.

El acuífero Helechar-Madera, que aparece en la Hoja al norte del río Mundo entre Riópar y Quejigal, está formado por dolomías del Lias y Dogger con una potencia que puede superar los 400 metros. El muro y los límites los definen los materiales arcillosos del Triás, excepto en algunos sectores del borde oriental en los que podría existir una cierta conexión con el acuífero Cabezallera.

La recarga procede de la infiltración de una parte de la lluvia, estimada entre el 50% y 70%, que representa de 5,5 hm³/año a 7,7 hm³/año. La descarga se realiza a través de manantiales (del orden de 1 hm³/año) y hacia el río Mundo. Se han estimado unas reservas de unos 80 hm³ – 160 hm³.

El agua es de facies bicarbonatada cálcico-magnésica con una salinidad comprendida entre 400 mg/l y 600 mg/l.

El acuífero Cabezallera aparece en esta Hoja al este de Quejigal y se prolonga extensamente por las hojas de Elche de la Sierra, Lietor y Alcaraz ocupando una superficie de 140 km². Está constituido por dolomías del Lias-Dogger con una potencia entre 300 m y 600 m. El muro y los límites están definidos por los materiales arcillosos del Triás, excepto en determinados sectores del borde occidental en que podría existir una cierta conexión con el acuífero Helechar-Madera.

La infiltración de lluvia constituye la principal recarga al acuífero, estimada en un valor medio comprendido entre 16 hm³/año y 23 hm³/año, aunque no puede descartarse una cierta alimentación desde el río Mundo en su recorrido hasta el río Bogarra. La descarga del acuífero tiene lugar por manantiales (0,8 hm³/año – 1,5 hm³/año) y hacia el río Mundo. Las reservas estimadas son de unos 250 hm³ – 500 hm³.

El agua es de facies bicarbonatada cálcico-magnésica con una salinidad comprendida entre 400 mg/l y 900 mg/l.

Otros acuíferos

En el extremo noroccidental de la Hoja, entre Villaverde de Guadalimar y Riópar, se ha definido el acuífero Padroncillo, situado en su totalidad dentro de esta hoja y compartido entre las cuencas del Segura y Guadalquivir. Perteneciente a la masa Quesada-Castril y está constituido por dolomías y calizas del Cretácico superior que tienen como muro y límites laterales las arcillas y arenas de la facies Utrillas. Su superficie permeable es de 5,5 km².

La recarga, exclusivamente por infiltración de lluvia, es de 0,75 hm³/año, equivalente a la descarga por cauces que lo drenan hacia la cuenca del Segura (aproximadamente 0,6 hm³/año) y del Guadalquivir (0,15 hm³/año).

7. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

FIG-1- Calar del Mundo y calares adyacentes. Sistema kárstico del Calar del Mundo.

Se trata de un extenso conjunto de aptipianos que ocupan una buena parte del sector oeste y norte de la hoja de Yeste, que están formados por calizas y dolomías del Cretácico superior y calizas del Terciario sobre los que se ha desarrollado un importante sistema kárstico de renombre a nivel nacional. Por su contenido el interés de este punto es principalmente hidrogeológico y geomorfológico y por su utilización es de alto interés turístico y científico. Fue estudiado en detalle por TOMÁS RODRIGUEZ ESTRELLA, y F. BALLESTA (1999).

En este sistema kárstico se encuentra la importante surgencia que corresponde al nacimiento del Río Mundo, situada en el borde norte del Calar del Mundo.

FIG-2- Nacimiento del Río Frío.

Es una surgencia kárstica, situada en el borde oeste del Calar del Mundo que tiene la particularidad de producirse a nivel del suelo generando un pequeño embalse y dando una sensación de que el agua “nace” directamente de la montaña. La surgencia se produce, además, a favor de una falla que pone en contacto las dolomías del Jurásico con las dolomías y calizas del Cretácico superior. El interés de este punto, por su contenido, es fundamentalmente hidrogeológico. Por su utilización, el interés es turístico, científico y didáctico.

FIG-3- Cerro del Padroncillo.

Es un pequeño calar situado al noreste del Calar del Mundo desde cuya cima (a la cual se puede acceder en coche) se tiene una vista muy completa del calar del Mundo y de la Sierra de Alcaraz. El interés especialmente turístico y científico.

FIG-4- Surgencia del Río Tús (Balneario).

Se trata de una surgencia termal en el valle del Río Tús asociada a un sistema de escamas cabalgantes que terminan en una estructura antiformal contra una falla de dirección N-S. En el núcleo de la antiformal afloran las calizas del Jurásico (Kimmeridgense). Las aguas termales son sulfatadas, indicando la cercana presencia en profundidad del Triásico. Este punto tiene, por su contenido, un alto interés tectónico e hidrogeológico. Por su utilización, el interés es turístico y científico.

FIG-5- Deslizamiento sobre el embalse de la Fuensanta.

En el extremo oriental y en el borde sur del embalse, al otro lado de la presa, se encuentra un importante deslizamiento rotacional de casi 1 km de ancho. La carretera que va a Juan Quilez lo corta en su totalidad, pudiendo observarse claramente su morfología y estructura. Tiene un alto interés geotécnico, geomorfológico, científico y didáctico.

FIG-6- Alteraciones hidrotermales asociadas a la falla de Socovos.

En la carretera de Elche de la Sierra, muy cerca del borde oriental de la hoja, se atraviesan los depósitos carbonáticos continentales de la Cuenca de Molinicos. En uno de los cortes de la carretera se observan los efectos de una alteración hidrotermal sobre las calizas y margocalizas. Además se encajan, en estos sedimentos, unos materiales oscuros, amorfos, constituidos principalmente por óxidos de hierro. El interés de este sitio, desde un punto de vista científico, es petrológico, tectónico y geoquímico.

FIG-7- Acumulaciones arrecifales de Lithotitis.

En un corte de un camino que va de Cotillas a Arroyofrío, en la ladera oeste del Calar del Mundo, se pueden observar construcciones arrecifales de bivalvos extintos (Lithotitis) de morfologías variadas y de varios géneros propios de Lias inferior. Hasta ahora solo habían sido descritos en el Subbético. Este punto tiene un alto interés científico estratigráfico y paleontológico.

FIG-8- Deslizamiento rotacional del oeste de Yeste.

Este es el mejor ejemplo de deslizamientos rotacionales en macizos rocosos (“rotational rock slump”) dentro de la hoja de Yeste. Esta situado en la vertiente meridional de la sierra de Ardal, a unos dos km al oeste de Yeste siguiendo la carretera (CM-3212) a Bochorna; en ese punto, el resalte estructural originado por el primer tramo de dolomías del Albiense-Cenomaniense, y que discurre por encima de la carretera está afectado en unos 250m por un deslizamiento rotacional que ha hecho descender dicho resalte unos 50 m aproximadamente, de tal manera, que ahora el bloque deslizado, sobresale del perfil de la vertiente a modo de “anteceiro” con el correspondiente escarpe estructural, por debajo del nivel de dicha carretera. El deslizamiento es antiguo, y la cicatriz aparece con un relleno calcítico de tipo espeleotémico de unos 30 cm de espesor estando además fosilizada por coluviones encastrados que afloran en el corte de la propia carretera. Este punto tiene un alto interés geomorfológico, científico y didáctico.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ALFARO, J.A.; CABRA, P. Y SORIA, J.M. (1991). "Neotectonics and associated seismicity in the southeastern border of the Meseta Ibérica and its connection with the Betic Ranges" *Publicación IGN. Serie Monografías*, nº 8, 283-299.
- ARAGÓN, R. (1999). "Delimitación de acuíferos". En: *Atlas del Medio Natural de la Región de Murcia*. ITGE-CPTOP, 43-45.
- ARAGÓN, R.; SOLÍS, L. Y HORNERO, J. (1999). "Características químicas de las aguas subterráneas de la cuenca del Segura. Aptitud de uso y principales fuentes de contaminación". En: *La contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente*. ITGE-AIH, 363-372.
- ARIAS, C. (1978). "Estratigrafía y Paleogeografía del Jurásico superior y Cretácico inferior del nordeste de la Provincia de Albacete". *Seminarios de Estratigrafía. Serie Monografías*, 3, 299 p.
- ARIAS, C. ET AL. (1996). "Relaciones tectónica-sedimentación en el Aptiense de Sierra Larga, Jumilla (Murcia)". *Geogaceta*, 20(1), 43-46.
- AZEMA, J.; FOUCAULT, A.; FOURCADE, E.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, M.; GONZÁLEZ-DONOSO, J.M.; LINARES, A.; LINARES, D.; LÓPEZ-GARRIDO, A.C.; RIVAS, P.; VERA, J.A. (1979). "Las microfácies del Jurásico y Cretácico de las zonas externas de las Cordilleras Béticas". *Secret. Publ. Univ. Granada*, 83 p. y 46 laminas.
- BÁDENAS, B. Y AURELL, M. (1999). "El Kimmeridgiense del Este de la Península Ibérica: Distribución de facies y evolución sedimentaria". *Cuadernos de Geología Ibérica*, 25, 139-170.
- BAENA PÉREZ, J. Y JEREZ MIR, L. (1982). "Síntesis para un ensayo paleogeográfico entre la Meseta y la Zona Bética (s.str.)". *Servicio de Publicaciones - Ministerio de Industria y Energía, IGME, Colección - Informe*, 255 p.
- BANKS, C.J. Y WARBURTON, J. (1991). "Mid-crustal detachment in the Betic system of southeast Spain". *Tectonophysics*, 191, 275-289.
- BRINKMANN, R. Y GALLWITZ, H. (1950). "El borde externo de las Cadenas Béticas en el sureste de España". *Trad. Esp. En: Publicaciones extranjeras sobre geología de España*, T. 5, 167-290. "Der betsche Aussenrand in Sudost Spanien", *Beitr. Geol. West. Med. Gebiete*, num 10.
- CALVO, J.P.; ELIZAGA, E.; LÓPEZ, N.; ROBLES, F. Y USERA, J. (1978). "El Mioceno superior continental del Prebético Externo: Evolución del Estrecho Nordbético". *Bol. Geol. y Minero*, T: LXXXIX-V. IGME, 407-426.
- CHS (1997). "*Plan Hidrológico de la cuenca del Segura*". Aprobado por RD 1664/1998, de 24 de julio (BOE de 11 de agosto), CHS, Inédito.
- CHS (2005). "Informe resumen de los artículos 5, 6 y 7 de la Directiva Marco del Agua". CHS. Inédito.
- CHS (2007). "Estudio general sobre la Demarcación Hidrográfica del Segura". CHS. Inédito.
- CUENCA PAYÁ, A. (1976). "Influencia de los elementos morfoestructurales en la génesis del endokarst del Calar del Mundo. (Provincia de Albacete, España)". *Cuadernos de Geografía*, 18, Univ. De Valencia, 1-16.
- DGOHCA (1988). "Estudio de la unidad hidrogeológica de Pliegues Jurásicos entre los embalses de Talave, Cenajo y Camarillas (Albacete)". *DGOHCA*, Inédito.
- DGOHCA-ITGE (1997). "Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización. Predefinición del programa de actuación". (convenio DGOHCA-ITGE), Inédito.
- EASTERBROOK, DON J. (1999). "Mass Wasting". En: *Surface Processes and Landforms*. Ed. Prentice Hall, New Jersey 07458, Second edition, 56-87.
- ELIZAGA, E. (1994). "Análisis de facies sedimentarias y petrología de los depósitos lacustres de edad Neógeno superior de la Zona Prebética, Albacete, España". *Instituto de Estudios Albacetenses*, Albacete, I, 74, 216 p.
- ELIZAGA, E. Y CALVO, J. P. (1988). "Evolución sedimentaria de las cuencas lacustres neógenas de la Zona Prebética (Albacete, España). Relación, posición y efectos del vulcanismo durante la evolución". *Bol. Geol. Min.*, 99, 837-846.

- FERNÁNDEZ, J; DABRIO, C. J. Y PÉREZ-LÓPEZ, A. (1994). "El Triásico de la región de Siles-Alcaraz". *III Col. Estratigr. Paleogeogr. Triásico y Pérmico de España, Cuenca. Guía de campo*, 47 p.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, M.; LÓPEZ-GARRIDO, A.C.; RIVAS, P.; SANZ DE GALDEANO, C.; VERA, J.A. (1980). "Mesozoic paleogeographic evolution of the external zones of the betic cordillera". *Geol. Mjnb.*, 59, 155-168.
- GARCÍA ABBAD, F.J. (1978). "Sobre el concepto de morfoestructura y su utilidad en geomorfología regional". *Estudios Geológicos*, 34, 5-7.
- GÓMEZ, J. J. (1979). "El Jurásico en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica". *Seminarios de Estratigrafía. Serie Monografías*, 4, 683 p.
- GÓMEZ, J. J. Y GOY, A. (1979A). "Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio y superior, en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica". *Estudios Geológicos*, 35, 569-598.
- GÓMEZ, J.J. Y GOY, A. (1979B). "Evolución lateral de las unidades litoestratigráficas del Jurásico en facies carbonatadas de la Cordillera Ibérica". *Cuadernos de Geología de la Universidad de Granada*, 10, 83-93.
- GOY, J.L., GÓMEZ, J.J. Y YÉBENES, A. (1976). "El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (mitad Norte). I: Unidades litoestratigráficas". *Estudio Geológicos*, 32, 391-423.
- GOY, J.L. Y ZAZO, C. (1989). "El modelado de la Cordillera Subbética. Cap. III. Cordilleras Alpinas, A) Cordilleras Béticas y Baleares. Apto. 1.7". En: *Territorio y Sociedad en España, I. Geografía Física*. V. Bietza (Coord.), Ed. Taurus, 91-92.
- GOY, J.L.; ZAZO, C. Y RODRIGUEZ-VIDAL, J. (1994). "Cordilleras Béticas-Islas Baleares". En: *Geomorfología de España*. Ed. Rueda, 123-147.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. (2001 A). "Las laderas en las zonas áridas. Cuarta parte, apt. 14". En: *Geomorfología Climática*. Ediciones Omega, Barcelona, 273-286.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. (2001 B). "Los piedemontes de las regiones áridas: glaciares y abanicos aluviales. Cuarta parte, apt. 15". En: *Geomorfología Climática*. Ediciones Omega, Barcelona, 273-286.
- GUTIÉRREZ-ELORZA, M. (1989). "El Relieve". En: *Territorio y Sociedad en España. Tomo I. Geografía Física*, Ed. Taurus, Madrid, 9-35.
- IGME (1982). "Prospección previa de lignitos en el área de Yeste occidental (Sierra de Segura - provincia de Jaén)". *Inédito*, código 10763, 149 p.
- IGME (1985). "Síntesis geológico- Minera del área lignitifera de Yeste (Prebético Interno) (Albacete, Jaén, Murcia)". *Servicio de Publicaciones - Ministerio de Industria y Energía, Memoria*, 101 p.
- IGME -MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2002). "Proyecto para la actualización de la infraestructura hidrogeológica de las unidades 05.01 Sierra de Cazorla, 05.02 Quesada-Castril, 07.07 Sierras de Segura-Cazorla y Carbonatado de la Loma de Úbeda". *IGME*. Inédito.
- ITGE (1988). "Perímetros de sobreexplotación en la cuenca del Segura". *ITGE*. Inédito.
- JEREZ, L. (1973). "Geología de la Zona Prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (Provincias de Albacete y Murcia)". *Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Univ. De Granada*.
- JIMÉNEZ-SANCHEZ, J. (1997). "Formación de depósitos Diatomíticos en Cuenas Neógenas del sureste de la Provincia de Albacete". *Instituto de Estudios Albacetenses. Serie I, Estudios nº 101, Exma. Dip. De Albacete*, 150 p.
- LHENAFT, R. (1977). "Recherches geomorphologiques sur les Cordillères Bétiques centro-occidentales (Espagne)". *Tesis Doctoral editada en 1981, Paris*, 713 p.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1974). "El Karst del Calar del Mundo (Albacete)". *Estudios Geográficos*, vol. XXXV, núm 136. *Instituto Juan Sebastián Elcano*, CSIC, Madrid, 359-404.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. Y LÓPEZ LIMIA, B. (1989). "Geomorfología del karst Prebético. Cordilleras Béticas". En: *El Karst en España*, Monografía 4, S.E.G., 187-200.

- MARTIN-SERRANO, A. Y GARCÍA ABBAD, F.J (1979 A). "El problema del cierre de la Meseta en su ángulo suroriental". *Bol. Geol. y Min.*, T. XC-III, IGME, 243-252.
- MARTIN-SERRANO, A. Y GARCÍA ABBAD, F.J (1979 B). "Análisis morfoestructural de los Llanos de Albacete y sus marcos montañosos". *Estudios Geológicos*, 35, 49-57.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2005). "Estudio inicial para la identificación y caracterización de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias". *MMA*. Inédito.
- MOPTMA (1996). "Proyecto para la instalación, mantenimiento y operación de redes oficiales de control de las aguas subterráneas. Piezometría, hidrometría y calidad. Cuenca del Segura". *MOPTMA*. Inédito.
- PEDRAZA GILSANZ, J. DE. (1996). "Relieves estructurales". En: *Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones*. Ed. Rueda, Madrid, Cap 14, 341-347.
- PLÁ SALVADOR, R. (1987). "Trabajos espeleológicos desarrollados en el Karst del Calar del Mundo y Cuevas de los Chorros (Albacete)". *Rev. Lapiaz*, nº 7, *Federac. Valenc. de Espeleología*, 1-36.
- RODRIGUEZ ESTRELLA, T. (1979). "Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Lictor-Yeste de España (Prov. De Albacete). Síntesis Geológica de la zona Prebética". *Mem. del Inst. Geol. y Min.*, Tomo 97, I y II, 276p. y 290 p.(mas planos).
- RODRIGUEZ ESTRELLA, T. Y GARCÍA VÉLEZ, A. (1980). "Alcaraz, Mapa Geológico de España. escala 1 : 50.000". *IGME*, 37 p.
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T. Y BALLESTA SÁNCHEZ, F. (1999). "Estudio geohidroespeleológico del Calar del Mundo. (provincias de Albacete y Jaén)". *Inst. de estudios Albacetenses "Don Juan Manuel", Excma.Dip. de Albacete*, Serie I-Estudios-Núm. 109, 180 p.
- RODRIGUEZ PASCUA, M.A. (1997). "Contexto tectónico y génesis de las cuencas neógenas lacustres del Prebético Externo en el área de Hellín (Albacete)". En: *Paleosismicidad en emplazamientos nucleares. Estudio en relación con el cálculo de la peligrosidad sísmica*. Colección otros Documentos 3, 1997, CSN, Cap III, 4, 79-84.
- ROMMERSKIRCHEN, E. (1978). "Morphogenese der Mancha und ihrer Randgebiete". *Düss. Geograph. Sch.*, H 10, 3-84.
- SELBY, M.J. (1982). "Hillslope Materials and Processes". *Oxford University Press*, Oxford, 264 p.
- SOLÉ SABARIS, L. (1983). "Morfología general de la Península Ibérica. Tema V.1.1.3.: Grandes unidades Morfoestructurales". En: *Libro Jubilar J.M. Ríos. Geología de España*, Tomo II, IGME, 591-593.
- SUMMERFIELD, MICHAEL A. (1991). "Slope processes and forms". En: *Global Gornomorphology*. Longman Scientific and Technical Ed., Essex, England, cap 7, 163-173.
- ULLASTRE, J. Y MASRIERA, A. (1968). "Introducción al estudio Geoespeleológico del borde NW del "Calar del Mundo". (Riópar-Albacete)". *Geo. y Bio. del Karst*, año V, núms 16-17, Barcelona, 4-19.
- VARNES, D.J. (1978). "Slope movements and types and processes". En: *Landslides: Analysis and control*. Transportation Board Special Report 176, R.L. Schuster and R.J. Krizek (Eds.), National Academy of Sciences, Washington D.C., 11-33.
- VERA, J.A. (COORD.) (2004). "Zonas Externas Béticas". En: *Geología de España*, SGE, IGME, 254-372.
- VILAS, L.; MAS, R.; GARCÍA, A.; ARIAS, C.; ALONSO, A.; MELÉNDEZ, N.; RINCÓN, R. (1982). "Ibérica suroccidental". En: *El Cretácico de España (A. García, ed.)*, Editorial Complutense, Madrid, 457-514.
- VILAS, L., .et al. (2001). "Dominios sedimentarios generados durante el período extensional Cretácico inferior entre Cazorla y Hellín (Béticas Externas). Su implicación en la estructura actual". *Rev.Soc.Geol.de España*, 14, 1-2, 113-122.



ISBN 978-84-7840-942-6



9 788478 409426