

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

INFORME SEDIMENTOLOGICO

HOJA Nº 354 (27-14)

ALAGON

Autor:

Santos García, J.A.

Julio, 1991

INDICE

	<u>PAGINA</u>
1.- <u>INTRODUCCION</u>	1
2.- <u>COLUMNAS REALIZADAS</u>	3
3.- <u>UNIDAD EVAPORITICA</u>	5
3.1.- <u>Características principales</u>	5
3.2.- <u>Secuencias</u>	6
3.3.- <u>Yesos</u>	7
3.3.1.- <u>Estructura</u>	7
3.3.2.- <u>Textura</u>	9
3.4.- <u>Arcillas y margas</u>	10
3.5.- <u>Consideraciones regionales sobre la unidad</u>	13
3.6.- <u>Interpretación</u>	14
4.- <u>UNIDAD CARBONATADA</u>	16
4.1.- <u>Características principales</u>	16
4.2.- <u>Petrografía</u>	17
4.3.- <u>Arcillas y margas</u>	19
4.4.- <u>Interpretación</u>	19
5.- <u>BIBLIOGRAFIA</u>	21

1.- INTRODUCCION.-

La Cuenca del Ebro se configura como una cuenca tardia de antepais, relacionada con la evolución del Orógeno Pirenaico (PUIGDEFABREGAS et al. 1986) actuando el borde septentrional como margen tectonicamente activo, desde fases muy tempranas.

En el margen meridional se situa una cadena alpina intracratónica (la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero Catalana), por lo que esta cuenca carece de borde pasivo y en cierto modo, se configura como una doble cuenca de antepais.

En consecuencia, existe una estrecha relación entre sedimentación y tectónica pues la geometría, estructura, etc., de los depósitos que rellenan la cuenca, se encuentra controlada por la evolución del diastrofismo en las cordilleras adyacentes. Así, la mayor o menor subsidencia, distribución de ambientes sedimentarios, migración de los depocentros, etc., depende directamente del tipo y edad de las estructuras pirenaicas e ibéricas.

Esto explica que los depocentros se situen en el borde septentrional de la cuenca, como consecuencia del mayor tamaño y desplazamiento de los mantos en este borde y que, la migración de la edad de la deformación principal en sentido E-O, se marca en el registro sedimentario por la mayor antigüedad de los primeros depósitos sinorogénicos en la zona catalana.

Los mapas de isobatas de la base del Terciario (C.G.S., 1975; ENADIMSA, 1978 y ENRESA, 1987) permiten situar la máxima subsidencia a lo largo del borde N. de la cuenca, donde se alcanzan espesores entre 4000 y 5000 m., destacando la existencia de dos cubetas con mayor subsidencia: la de Navarra La Rioja y la de Cstaluña, que se encuentran separadas por la zona central o "Alto Aragonés". Sin embargo, en la parte sur de la cuenca el espesor no llega a 1000 m.

En el esquema propuesto por QUIRANTES (1978) los materiales que rellenan la zona central, se subdividen en tres formaciones que denomina: Fm. Sariñena, Fm. Zaragoza y Fm. Alcubierre.

La Fm. Sariñena comprende los depósitos del sector septentrional de la cuenca. La Fm. Zaragoza engloba los depósitos fundamentalmente evaporíticos, de las áreas de Zaragoza, Almudebar y Bujaraloz; y la Fm. Alcubierre abarcaría los materiales detrítico carbonatados y yesíferos de la sierra que dá nombre a la formación y que representa la culminación estratigráfica del conjunto.

La Hoja 354 (Alagón) se encuadra dentro de los depósitos terciarios de la cuenca del Ebro, estando situada en su parte central, donde afloran materiales pertenecientes al Mioceno.

Los afloramientos se presentan mal conservados y generalmente aparecen enmascarados por depósitos cuaternarios (glacis, terrazas, etc.), a excepción del escarpe del río Ebro, donde existen cortes de casi 100 m., aunque son de difícil acceso.

El objetivo fundamental de este informe es la caracterización de las distintas unidades miocenas, a partir del análisis secuencial y del establecimiento de las relaciones verticales y laterales de asociación de facies, con el fin de obtener una primera aproximación sobre las características sedimentológicas de cada unidad (tipos petrológicos, facies, secuencias, ambiente sedimentario, etc.).

Se han diferenciado dos unidades: la Unidad Evaporítica y la Unidad Carbonatada; la primera constituida fundamentalmente por facies yesíferas con intercalaciones de tramos arcillosos y la segunda por facies calcáreas (margas y calizas).

2.- COLUMNAS REALIZADAS.-

Con el fin de obtener las secciones mas representativas de las unidades terciarias presentes en esta Hoja y una vez analizados los afloramientos existentes, se observa que la mayoría de las secciones se sitúan en las proximidades del escarpe del Ebro, ya que es donde la erosión ha incidido más y en consecuencia, donde se puede obtener un mayor espesor de serie.

No obstante y dado que la U. Carbonatada ocupa las cotas mas elevadas, se relizaron secciones parciales en la parte septentrional de la Hoja, con el fin de caracterizar lo mas detalladamente posible la unidad.

La mitad suroccidental de la Hoja aparece cubierta en su totalidad por depósitos cuaternarios, aflorando pequeños retazos de materiales terciarios que casi no tienen representación. En esta zona se ha realizado una pequeña sección que se encuentra unos 150 m. fuera de la Hoja, ya que era el único punto significativo mas próximo (figura 1).

El total de metros de serie levantados ha sido de 382'66, distribuidos en 9 columnas del modo siguiente:

COLUMNA	COTA MURO	COTA TECHO	POTENCIA	UNIDAD
B ^{co} Cueva del Topo	215	268'45	53'45	Evaporít.
Juslibol	220	244'75	24'75	Evaporít.
B ^{co} de la Val	348	369'17	21'17	Carbonat.
Vajillera	338	357'21	19'21	Carbonat.
Alfocea	218	252	34'0	Evaporít.
Paso Viejo	250	282'97	32'97	Evaporít.
B ^{co} Val de Alegre	215	371'85	156'85	EVaporít.- Carbonat.
Espin	363	382'36	19'36	Carbonat.
S. de Barboles	285	305'90	20'9	Evaporít.- Carbonat.

Las secciones realizadas se han levantado en detalle, intentando plasmar todos aquellos rasgos que puedan contribuir a una mejor caracterización de las unidades, quedando representadas graficamente, en las correspondientes **"Columnas Estratigráficas de Detalle"**, a escala 1/200.

A las limitaciones señaladas se debe añadir el problema adicional que supone la elevada tasa de meteorización, que afecta tanto a la estructura y textura como a la composición de las facies evaporíticas, que constituyen los depósitos mas abundantes en la Hoja, lo que dificulta en gran medida su reconocimiento.

Se han tomado un total de 97 muestras, de las cuales, 72 corresponden a láminas delgadas para petrografía, 21 para análisis por rayos-X y las 4 restantes para levigados.

3.- UNIDAD EVAPORITICA.-

Constituye la unidad mas baja aflorante en la Hoja y está formada por una alternancia de tramos de yeso y lutitas rojas que, permiten determinar una serie de ciclos en la parte occidental, mientras que en la zona oriental no son identificables, dando lugar a un conjunto monótono y homogéneo de facies yesíferas.

La potencia máxima observada es de 130 m., aunque es mucho mayor, ya que el límite inferior se desconoce pero por datos de sondeos se puede asegurar que esta unidad tiene más de 400 m. de potencia.

3.1.- Características principales.-

Esta unidad está formada por yesos y lutitas que pueden dar lugar a tramos mas o menos potentes o asociarse en finos niveles (mm. y cms.) con las facies yesíferas (figura 1).

El yeso presenta un aspecto bastante monótono en toda la superficie de la hoja, estando constituido fundamentalmente por yeso blanco alabastrino con estructura nodular, pudiendo presentar los rasgos típicos de la estructura "en turrón", o como nódulos aislados inmersos en una matriz yesífera o lutítica y tambien, dando lugar a bancos de yeso alabastrino bastante homogéneo.

En ocasiones se identifica algún nivel con estructura de yeso megacristalino secundario.

Las lutitas asociadas a los yesos se presentan en finos niveles de color gris-verdoso y corresponden a la matriz entre nódulos, o a niveles alternando con yesos, que dan lugar a estructuras de aspecto laminado.

Mas interés presentan los tramos de lutitas de espesor métrico (4-12 m.) intercalados en la serie, que permiten definir ciclos y suelen contener nódulos de yeso alabastrino dispersos.

En esta unidad se han diferenciado 8 tramos (0 al 7) cartográficos, perfectamente diferenciables en la parte NO., mientras que hacia la zona oriental los niveles de lutíticos disminuyen gradualmente de espesor hasta desaparecer, por lo cual, se ha utilizado un tramo indiferenciado (8), que abarcaria toda la serie en la que no es posible establecer diferenciaciones.

Las características principales de cada uno de estos tramos, tomadas de muro a techo se resumen a continuación (figura 2).

El **tramo 0** es fundamentalmente halítico y no aflora, a excepción de la bocamina de Torres de Berrellen (mina abandonada) y en unos niveles situados junto a la planta de Ibérica de Sales (en el borde NO. de la hoja), no siendo en realidad cartografiable, pero dado su interés se ha exagerado en el mapa geológico.

Las características de este tramo están bien representadas en la hoja colindante de Remolinos (nº 322), donde se explota en la actualidad, siendo abundante la bibliografía existente sobre este tramo (LLAMAS, 1959; ORTI y PUEYO, 1977 y 1990; MANDADO, 1979 y MANDADO y TENA, 1980...).

Los **tramos 2, 4 y 6**, son fundamentalmente lutítico-arcillosos de tonos pardo rojizos, destacando en el tramo 2 la presencia de un nivel yesífero intercalado que tiene gran continuidad lateral y en el que generalmente, se pueden diferenciar tres niveles de yeso, por lo que se le conoce como "**tres venas**".

El **tramo 4** suele ser masivo y el **6**, en los puntos donde se ha reconocido, presenta una intercalación de yeso (0'4-1 m.).

Los **tramos 1, 3, 5 y 7** corresponden a tramos yesíferos bastante monótonos, en los que la casi totalidad del yeso es nodular alabastrino, con finas intercalaciones entre estratos de lutitas gris verdosas.

El tramo 8 corresponde al conjunto de la U. Evaporítica en la parte oriental de la hoja, donde no son identificables tramos lutíticos que permitan establecer divisiones.

3.2.- Secuencias.

En la U. Evaporítica pueden definirse con claridad 4 secuencias lutita-yeso (figura 2), de las que las 3 superiores están prácticamente completas. Estas secuencias están formadas por un término inferior lutítico-arcilloso, con presencia de nódulos de yeso alabastrino disperso y un término superior fundamentalmente yesífero.

La secuencia inferior se encuentra incompleta ya que solo aflora parcialmente el término superior y presenta la particularidad de tener intercaladas facies halíticas.

El término inferior presenta facies marginales de un lago que gradualmente se va restringiendo, lo que permite una mayor concentración salina que dará lugar a la precipitación de facies evaporíticas (término superior).

La evolución vertical de estas secuencias indica cierta ciclicidad en las condiciones del medio, que se traduce en expansiones y retracciones del lago, pudiendo señalarse una tendencia general hacia la desalinización, ya que la primera secuencia al presentar facies halíticas, permite suponer que son las zonas más centrales del lago, donde la concentración es más elevada, sin embargo, verticalmente en las secuencias superiores no existen facies halíticas y en la cuarta secuencia es más frecuente la presencia de carbonatos en los niveles lutíticos, dando en muchos puntos lugar a facies margosas.

3.3.- Yesos.-

El principal problema para el estudio de las rocas yesíferas es su elevada meteorización, que afecta tanto a la estructura y textura como a la composición, enmascarando su reconocimiento.

A continuación se indican de manera esquemática las principales características estructurales y texturales de las facies yesíferas.

3.3.1.- Estructura.-

En esta hoja se ha podido observar la presencia de las siguientes estructuras en yeso:

- Pegmatítica.
- Laminar.
- Masiva.
- Nodular.

aunque como ya hemos señalado, la estructura nodular es la más abundante y prácticamente omnipresente, mientras que las restantes estructuras están poco desarrolladas y en zonas muy restringidas.

La **estructura pegmatítica** corresponde a capas de yeso selenítico, compactas y formadas por grandes cristales que crecen en paralelo y elongados en vertical. Solamente se ha identificado en Juslibol, donde aparece afectada por procesos de recristalización y nodulización secundaria, que destruyen gran parte de la estructura original.

Esta estructura se ha interpretado como el resultado de la nucleación de yeso primario en la interfase sedimento-agua, en medios de poca profundidad y aguas tranquilas (MANDADO, 1987).

La **estructura laminar** está constituida por una alternancia de yeso y lutitas, con espesores irregulares que varían desde pocos milímetros hasta casi 10 cm. Esta variación irregular de espesor parece ser consecuencia de procesos diagenéticos, que dan lugar a la formación de nódulos secundarios de yeso alabastrino, contrastando con la textura más gruesa (sacaróidea) de los niveles de yeso. La ausencia de variaciones en el tamaño de los cristales y al no poder reconocerse de forma inequívoca la presencia de texturas algáceas, hace imposible discernir si se trata de estructura laminar clástica o algal. En consecuencia, al referirnos a estructura laminar indicamos una alternancia de niveles de yeso y lutitas, producida por un proceso sedimentario primario.

La **estructura masiva** corresponde a niveles yesíferos compactos, en los que no se observa ninguna estructuración interna, como consecuencia de la destrucción por procesos diagenéticos de todas las estructuras previas, como se deduce de la textura alabastrina de estos niveles.

La estructura que aparece bien desarrollada en toda la superficie de la Hoja, es la **estructura nodular**, en la que se aprecia la formación de nódulos de yeso alabastrino que denotan su génesis secundaria.

Esta estructura presenta diferencias, en función de la mayor o menor abundancia de nódulos, dando lugar a nódulos aislados en una matriz aciliosa o a bancos compactos de yeso, con distinto grado de "**nodulización**", lo que permite diferenciar varias subestructuras de tipo descriptivo, denominadas "**discontinua**", "**en empalizada**" y "**en turrón**" (MANDADO, 1987).

La "**estructura nodular discontinua**", consiste en nódulos aislados de yeso alabastrino, dispersos en niveles lutítico arcillosos, sin que se observe contacto entre ellos, o con contactos puntuales, apreciándose aumento en el tamaño de los cristales desde el núcleo a la periferia del nódulo.

La **"estructura nodular en empalizada"**, corresponde a niveles continuos de nódulos yesíferos, en los que se observa una marcada elongación vertical. El aspecto del nivel es masivo, ya que los nódulos se anastomosan lateralmente y solo es posible diferenciar la morfología esférica a techo y muro, donde se observan superficies onduladas.

Finalmente, la **"estructura nodular en turrón"** corresponde a capas yesíferas en las que internamente se identifica el desarrollo de nódulos. La diferente densidad de nódulos permite observar desde niveles con nódulos esféricos de tamaño homogéneo y huecos internodulares con nódulos de menor tamaño, hasta niveles en los que los nódulos se presentan muy desdibujados, con contactos en sutura.

3.3.2.- Textura.-

Practicamente todas las texturas identificadas en el estudio petrográfico, corresponden a texturas secundarias, es decir, formadas por hidratación de anhidrita o por recristalización de yeso primario original (o del secundario de hidratación).

En la columna de Juslibol existen niveles aislados que podrían corresponder a facies primarias de yeso selenítico, que como indica MANDADO (1987), no proporcionan mayor información que la obtenida a partir del estudio de la estructura (pegmatítica), ya que al tratarse de cristales de grandes dimensiones, su observación al microscopio es poco definitoria, incluso con los aumentos menores.

Dentro de las texturas secundarias se pueden diferenciar varios tipos (HOLLIDAY, 1970 y ORTI, 1977):

- Porfidoblástica.
- Megacristalina.
- Fibrosa.
- Alabastrina.

La mas abundante es la textura alabastrina, que se encuentra presente en todo el área, mientras que las demás texturas solo se han identificado de forma puntual.

La **textura porfidoblástica** está constituida por un conjunto de cristales (100 micras a 1'2 mm) con bordes rectos, que se distribuyen aleatoriamente sobre una matriz alabastrina. Su génesis parece ser el resultado del reemplazamiento de la

anhidrita, en condiciones casi de equilibrio, lo que permite una nucleación baja y crecimientos lentos, sugiriendo un medio profundo preferentemente (MANDADO, 1987)

La **textura megacristalina** presenta cristales de gran tamaño (observables a simple vista), con tránsito gradual hacia la matriz microcristalina. El gran tamaño de los cristales sugiere un crecimiento rápido, en condiciones de fuerte saturación y de casi equilibrio.

La **textura fibrosa** se identifica en venas de muy variada orientación, rellenas de limpios cristales con morfología alotriomorfa, que son el resultado de la recristalización del yeso.

Finalmente, la textura de mas amplio desarrollo en la Hoja es la **textura alabastrina**, que presenta cristales de dimensiones muy variables, oscilando desde 15-20 micras hasta pocos milímetros, aunque el tamaño más frecuente es 40-50 micras. Los cristales suelen ser equedimensionales y alotriomorfos, y en los cristales de mayor tamaño, es frecuente observar, como al girar la platina se descomponen en zonas de diferente orientación (extinción óptica no uniforme). Esta textura ha sido interpretada como consecuencia de una rápida hidratación de anhidrita, en condiciones de fuerte equilibrio (ORTI, 1977 y MANDADO, 1987).

3.4.- Arcillas y margas.

Los materiales finos intercalados en las facies yesíferas practicamente nunca son términos puros, sino que presentan todos los tipos intermedios, por lo cual, resulta muy difícil establecer una clasificación de los mismos.

Además existe un problema adicional en su caracterización, ya que las estimaciones semicuantitativas se han realizado aplicando el método de los poderes reflectantes, siempre que se conocieran estos en los minerales presentes en las muestras, y en 9 muestras la presencia de analcima, epsomita, etc., ha impedido estimar semicuantitativamente su contenido, por lo que se indica, en orden decreciente de abundancia, los resultados de dichas muestras:

- 01-02-02: Mica, calcita, dolomita, cuarzo, clorita, caolinita y analcima (?).
- 02-01-01: Dolomita, epsomita, yeso, micas, cuarzo, caolinita y talco (?).

- 05-01-02: Dolomita, micas, yeso, cuarzo, caolinita, clorita y siderita (?).
- 05-01-01: Dolomita, mica, epsomita, cuarzo, caolinita, clorita y siderita (?).
- 06-03-02: Mica, dolomita, cuarzo, analcima (?), caolinita y clorita.
- 06-01-01: Dolomita, mica, cuarzo, caolinita, clorita, yeso, analcima (?) y calcita.
- 07-06-01: Mica, dolomita, analcima (?), cuarzo, clorita y caolinita.
- 07-04-01: Dolomita, mica, analcima (?), cuarzo, caolinita, clorita y yeso.
- 07-02-02: Dolomita, mica, analcima (?), clorita y caolinita.

Las restantes muestras, con los resultados obtenidos en la estimación semicuantitativa por difracción de rayos-X, se indican en el siguiente cuadro:

MUESTRA	FRACCION < 37 micras					FRACCION < 20 micras			
	Dol	Cal	Q	Y.	Fil.	Cao.	Mont	Mic.	Cl.
01-02-03	5	30	20	-	45	5	55	40	-
01-02-01	25	-	10	-	65	10	-	80	10
02-01-02	20	10	5	15	50	10	35	45	10
06-03-03	40	-	5	-	55	5	10	75	10
06-03-01	25	5	5	-	65	<5	5	80	10
06-01-02	5	-	10	-	85	25	-	65	10
07-02-01	20	-	5	-	75	30	-	60	10
09-02-01	35	10	10	-	45	10	-	80	10
09-01-01	30	-	5	-	70	10	-	80	10

Dol.= Dolomita; Cal= Calcita; Q= Cuarzo; Y.= Yeso;
 Fil.= Filosilicatos; Cao.= Caolinita; Mont= Montmorillonita;
 Mic.= Micas y Cl.= Cloritas.

De este cuadro pueden resaltarse los puntos siguientes:

- El contenido en carbonatos varia entre 5 y 45% siendo la mayoria de las veces en torno a 30%.
- La dolomita predomina claramente sobre la calcita, que está ausente o en proporción muy pequeña (5-10%), salvo en la muestra 01-02-03 en que es mayoritaria (30%).
- La proporción de cuarzo se mantiene bastante constante, por lo general de 5-10%.
- Los filosilicatos presentan contenidos entre 45 y 85%.
- Dentro de la fracción menor de 20 micras el espectro es bastante constante pare caolinita (5-30%), micas (40-80%) y clorita (10%), mientras que la montmorillonita se presenta solo en 4 muestras, con contenidos desde 5 a 55%.

La presencia de una elevada proporción de dolomita, es posible explicarla por las frecuentes intercalaciones yesíferas, que favorecen un enriquecimiento diferencial en Mg^{2+} permitiendo la dolomitización durante la diagénesis.

La existencia de valores bastante constantes en caolinita y puesto que en un medio rico en sales solubles no se puede formar (MILLOT, 1964), sugiere un origen heredado para las mismas, aunque su génesis y conservación dependen de muchos factores que no pueden considerarse a nivel de este estudio.

Las micas y clorita son fundamentalmente heredadas, como indican todos los estudios regionales y al tratarse de un medio alcalino su conservación es buena.

Finalmente, la presencia de montmorillonita puntualmente, sugiere un origen por neoformación o transformación. Al tratarse de un medio lacustre evaporítico (salinidad elevada y aguas alcalinas) y siempre que la lámina de agua se conserve minimamente, pueden neoformarse a partir de cloritas (SAEZ et al. 1988) e illitas (GONZALEZ, 1982), lo cual podría explicar la presencia de montmorillonita, que coincide con una ligera disminución en el contenido de micas y cloritas.

En consecuencia, el análisis de los depósitos de arcillas y margas, permite atribuir la presencia mayoritaria de dolomita a procesos diagenéticos relacionados con episodios de bombeo evaporítico, desarrollados en ambiente lacustre somero.

Los minerales de la arcilla pueden considerarse la mayoria como heredados, aunque la presencia de montmorillonita en algunas muestras sugiere procesos de neoformación o transformación.

3.5.- Consideraciones regionales sobre la unidad.-

La existencia de una serie de sondeos que cortan parte de la Unidad Evaporítica dentro de la Hoja y de sondeos de exploración petrolífera en hojas próximas, permiten conocer datos del subsuelo que pueden contribuir a un mejor conocimiento de la Unidad.

Existen tres sondeos realizados por TOLSA, S.A. (Utebo, Garrapinillos y Miralbueno), cuya relación con los niveles de mina y sondeo de Remolinos y los datos de las antiguas minas de Torre de Berrellen, se representan esquemáticamente en la figura 3.

En estos sondeos se diferencian dos cuerpos halíticos:

- Cuerpo A: presenta una potencia bastante constante (de casi 90 m) entre Utebo y Miralbueno, a cotas comprendidas entre -22 m y 106 m sobre el nivel del mar.
- Cuerpo B: aflora parcialmente en Torre de Berrellen y en Remolinos, alcanzando una potencia de 114 m (desde la cota 148 hasta la 262 m).

Dado que la parte superior de los sondeos no tiene recuperación, no es posible discernir con claridad si estos dos cuerpos (A y B) son diferentes, o por el contrario, se trata de un mismo cuerpo que lateralmente desplaza su centro de gravedad (cuerpo A+B), extremo este que parece más probable.

No obstante, en cualquiera de los dos casos lo que si es evidente, es que estamos en la zona de mayor concentración evaporítica, lo cual indica gran estabilidad de la cuenca, durante un amplio periodo de tiempo.

Los sondeos de exploración petrolífera son, el **Tauste Este-1** (Hoja de Remolinos), **Zuera-1** y **Zaragoza-1**, dentro de la Hoja de Alagón, en los que el estudio de las diagráfias de la serie evaporítico-arcillosa permite, según TORRESCUSA y KLIMOWITZ (1990), diferenciar dos conjuntos (figura 4).

El conjunto inferior está constituido por tres secuencias de sedimentación evaporítica, que se encuentran formadas por un término inferior de naturaleza arcillosa, con intercalaciones de anhidritas y mas raramente de calizas y un término superior halítico, con intercalación de arcillas y anhidritas. La potencia total puede alcanzar 270 m.

El conjunto superior presenta una sola secuencia evaporítica bien desarrollada, con tres términos:

- Término basal arcillo margoso, bastante uniforme en espesor (aproximadamente 140 m).
- Término intermedio evaporítico, con un paquete de halita de unos 120 m e intercalación de arcilla y anhidrita, que parece ser equivalente al cortado en la zona de Remolinos y Torre de Berrellen (figura 4).
- Término superior constituido por anhidritas.

3.6.- Interpretación.-

La Unidad Evaporítica se corresponde con la Fm. Zaragoza (QUIRANTES, 1978) y más concretamente con la parte superior de la Unidad Tectosedimentaria N1 de PEREZ et al. (1988).

Los datos obtenidos sobre esta unidad permiten realizar diferentes consideraciones, según procedan de superficie o de subsuelo.

Los datos de subsuelo permiten diferenciar cuatro secuencias (figura 4), cuya caracterización global sugiere (TORRESCUSA y KLIMOWITZ, 1990) una primera etapa evaporítica generalizada en todo el área (primera secuencia del Conjunto Inferior), que posteriormente se restringe hacia el E-NE. (segunda secuencia) donde la subsidencia es mayor, provocando la migración del depocentro en ese sentido, lo que justifica que las sales de esta secuencia se acuñen hacia el O. (zona de Tauste). La tercera secuencia es similar, aunque menos restrictiva.

Finalmente el Conjunto Superior representa una nueva etapa evaporítica generalizada en todo el área.

A partir de los datos de subsuelo, parece que aunque el depocentro ha migrado en el espacio y en el tiempo, la zona de centro de cuenca podría situarse hacia el E. (en las hojas de Zuera y Zaragoza) donde las facies halíticas son más homogéneas y potentes.

Los datos de superficie sugieren cierta ciclicidad en las condiciones del medio, representada por expansiones y retracciones del lago, marcando una tendencia gradual hacia la desalinización al pasar desde facies halíticas (Torre de Berrellen y Remolinos) hacia facies yesíferas, con intercalación de términos lutítico-margosos cada vez más abundantes al final de la unidad.

De forma similar que con los datos de subsuelo, se puede situar hacia el E. la zona de centro de cuenca, donde predominan las facies yesíferas, mientras que en la parte occidental es patente la existencia de etapas expansivas y retractivas del lago. No obstante, durante el último episodio halítico parece clara la migración del depocentro hacia la zona de Remolinos, lugar donde persisten mas tiempo las facies halíticas (figuras 3 y 4).

De forma esquemática, la Unidad Evaporítica en la Hoja de Alagón corresponde, en su mayor parte, a la zona central de un gran cuerpo evaporítico, que en su parte superior presenta al NO. y SO. facies típicas de zonas intermedias (yesos y lutitas), que en áreas más alejadas (ya fuera de los límites de la Hoja) pasan a zonas periféricas, en tránsito a sabkhas bien definidas.

En la figura 5A, se representa de forma esquemática la distribución aproximada del núcleo central, para el último episodio halítico (considerando los datos de sondeos), así como la migración del centro de gravedad hacia el O., restringiendose las facies halíticas a la zona de Remolinos.

En la figura 5B, se representa la distribución de facies al final de la U. Evaporítica, diferenciandose facies de centro de cuenca (fundamentalmente yeso), facies de zonas intermedias (yesos y lutitas) y facies de zonas periféricas (en tránsito a sabkhas).

4.- UNIDAD CARBONATADA.-

Esta unidad se apoya sobre la U. Evaporítica, observandose ondulaciones y abombamientos que distorsionan la posición del contacto en muchas zonas. Se ha registrado en las siguientes columnas (figura 1):

- B^{oo} de la Val (03).
- Vajillera (04).
- B^{oo} de Val de Alegre (07).
- Espin (08).
- Sur de Barboles (09).
- Corral de Dominguez (10).
- Mina Real (11).
- Loma de Utebo (12).

4.1.- Características principales.-

Esta unidad está formada por calizas en niveles desde pocos cms. a algo más de 1 m., entre los que se intercalan margas y localmente silex.

Aparece bien representada en la mitad nororiental de la Hoja, mientras que en la occidental quedan pequeños retazos aislados con poco desarrollo. También en el ángulo SO. está representada, desarrollandose rapidamente hacia el SE., en la hoja de Zaragoza (383).

Las potencias medias oscilan entre 8'9 m. (Sur de Barboles) y 41'8 m. (Corral de Dominguez), aunque el techo de la unidad no se conoce al estar erosionado.

Se apoya sobre la U. Evaporítica de forma paraconcordante, dando lugar en campo, a un aparente paso gradual que en detalle y a escala microscópica presenta una serie de facies de características peculiares (oomicritas, micritas arenosas, etc.) que permiten identificar este contacto con la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N1 y N2 de PEREZ et al. (1988), claramente identificable en La Muela de Zaragoza (Hoja 383).

Las calizas corresponden fundamentalmente a micritas y biomicritas con restos de Charáceas, Ostrácodos y algunos Gasterópodos. Los términos poco coherentes son margas o lutitas carbonatadas con elevada proporción de arcillas y materia orgánica.

En conjunto puede diferenciarse una parte inferior de poco desarrollo (5-8 m.), en la que predominan secuencias con un término inferior de aspecto laminado y encima términos margosos o calizas bioturbadas y una parte superior más monótona, de calizas en bancos más potentes (de hasta 1 m.) con abundantes restos fósiles y en ocasiones presencia de silex. No obstante, la diferenciación en campo es relativamente problemática por lo que no se refleja en la cartografía.

4.2.- Petrografía.-

En esta unidad se diferencia una parte inferior, en la que se presentan una serie de facies de características peculiares y otra parte superior, que constituye la casi totalidad de la unidad, mucho más monótona y homogénea.

En la parte inferior predominan micritas, cuyas características y tipos petrológicos exponemos a continuación:

- **Micritas:** dentro de este grupo se incluyen varios tipos petrológicos. Así, destaca la presencia de **micritas arenosas** constituidas por microsecuencias positivas, de base claramente erosiva, con granoselección marcada por la presencia de detríticos (fundamentalmente granos de cuarzo) en la base, que disminuyen de tamaño hacia techo y pasan a una micrita sin detríticos. En ocasiones, las microsecuencias presentan en la base gran acumulación de ooides (**oomicritas**) que parecen corresponder a pequeños oncolitos, con núcleo generalmente micrítico. Otro tipo petrológico está representado por **micritas grumelares**, en las que es relativamente frecuente la existencia de "fantasmas" o "grumos" carbonáticos de contornos muy difusos, que en ocasiones se relacionan con zonas ricas en materia orgánica. Este tipo es difícil de determinar si corresponde a procesos de alteración (recristalización, factores biogénicos, etc.) en micritas no consolidadas, o por el contrario podría atribuirse a texturas de removilización.

Algunas facies micríticas presentan rasgos sobreimpuestos, que pueden atribuirse a **procesos edáficos**, ya sea por concentraciones diferenciales de óxidos de hierro (rasgos hidromórficos) o de carbonatos (rasgos calcimorfos).

- **Dolomicritas:** constituyen pequeños niveles restringidos a las zonas mas bajas de la serie, que tienen poca importancia cuantitativa y no son diferenciables en campo. Presentan tamaños de cristales próximos a las 5 micras, aunque localmente pueden alcanzar hasta 30 micras y suelen observarse algunos detríticos, pero siempre en proporción reducida, así como cemento yesífero generalmente en poros. Dado que la dolomita es difícil que se forme por precipitación directa, como consecuencia de la baja velocidad de nucleación y crecimiento, creemos mas factible que estas dolomicritas sean el resultado de una diagénesis vadosa que daría lugar a la transformación penecontemporanea de la calcita existente en protodolomita (MULLER et al. 1975).
- **Calcarenita:** constituye un tipo petrológico identificado unicamente en la columna realizada al Sur de Barboles (muestra 09-02-T1), formado por un conjunto de cristales rómbicos de calcita bien desarrollados, que parecen corresponder a antiguos cristales de dolomitas, denotando procesos de dedolomitización. En zonas se observa presencia de algunos detríticos.

La parte superior de la unidad, que constituye la mayor parte de la misma, presenta fundamentalmente **micritas fosilíferas** y **biomicritas** cuya diferenciación es función, unicamente, del mayor o menor contenido en restos fósiles.

Estos tipos texturales son los más abundantes y en ocasiones, pueden presentar texturas sobreimpuestas aunque no muy desarrolladas.

El tamaño de cristal suele variar entre 1 y 4 micras, aunque es frecuente observar zonas mas o menos recristalizadas con tamaños mayores.

Los fósiles corresponden a restos de Ostrácodos y Charáceas y en menor proporción a Gasterópodos, con la zona interna disuelta o micritizada y ocasionalmente rellena de cemento mesocristalino con textura blocky.

Algunas muestras presentan concentraciones diferenciales de carbonatos (rasgos calcimorfos) o de óxidos de hierro (rasgos hidromórficos) que corresponden probablemente a procesos de edafización.

También es relativamente frecuente la presencia de restos algales, difícilmente reconocibles, que dan zonas de aspecto ligeramente laminado.

Destaca la presencia de procesos de silicificación (muestra 10-03-T3) que corresponde a niveles con nódulos de sílex de amplio desarrollo, situados hacia la parte final de la unidad.

4.3.- Arcillas y margas.-

Los términos menos coherentes intercalados entre los niveles calizos, corresponden a niveles de lutitas, arcillas y margas de tonos blanquecinos y gris-verdoso, aunque en muchas ocasiones su contenido en carbonatos indica que se trata de calizas lutítico-arcillosas.

Tres muestras analizadas por difracción de rayos-X han dado los siguientes resultados:

- 03-01-01: Calcita= 65%; Cuarzo= 5%; Filosilicatos=30%
(Caolinita= 10%; Micas= 80% y Clorita= 10%).
- 09-02-01: Dolomita= 75%; Cuarzo= 5%; Filosilicatos= 20%
(Caolinita= 10%; Micas= 65% y Clorita= 25%).
- 12-02-01: Dolomita= 85%; Cuarzo < 5% y Micas= 10%.

Estas muestras situadas en la parte inferior de la unidad, indican que los minerales de la arcilla son heredados.

4.4.- Interpretación.-

El conjunto de características observadas en la U. Carbonatada sugiere un ambiente de **lagos carbonatados someros**.

A la vista de las facies presentes y su distribución en las series, puede hacerse una ligera diferenciación entre la parte inferior y superior de la unidad.

Las facies representadas en la parte inferior ya se ha indicado (apartado 4.1) que corresponden a secuencias con un término inferior de aspecto laminado y encima margas o calizas más homogéneas. Las facies laminadas están producidas por pequeñas corrientes tractivas, que corresponden a **episodios de acumulación mecánica en cuerpos de gran extensión** (lóbulos, mantos, etc.). Mientras que las calizas más homogéneas y margas, corresponderían a **periodos de calma relativa** en los que la sedimentación se produce bajo condiciones de menor energía, originándose localmente facies bioturbadas que indican el paso a zonas con condiciones **palustres**, o también facies son texturas de nodulización, etc., producidas en áreas emergidas.

Las facies de la parte superior de la unidad, representan depósitos lacustres someros, con elevada actividad orgánica, en donde pequeñas oscilaciones de la lámina de agua pueden justificar el paso de condiciones **lacustres francas a palustres**.

El límite de esta unidad con la infrayacente (U. Evaporítica) se caracteriza por un **cambio en la evolución secuencial**, representado por la superposición de litofacies carbonatadas sobre litofacies yesíferas. Este cambio fué interpretado por RIBA (1971) como el paso hacia un régimen exorreico, con evacuación hacia el mar de las sales solubles; sin embargo, más recientemente (PEREZ et al. 1988) se aboga por la posibilidad de que la sustitución de lagos salinos por lagos carbonatados, esté relacionada con flujos de diferente composición química, probablemente de origen pirenaico, que llegan hasta el margen sur del Ebro.

5.- BIBLIOGRAFIA.-

- **C.G.S.** (1975). "Síntesis previa para la exploración de uranio en el valle del Ebro".
Min. Industria - J.E.N. 94 pags. (inédito).
- **ENADIMSA** (1978). "Estudios para el emplazamiento de una C.N. en el Bajo Cinca (Chalamera-Huesca). Estudio geológico y estudio hidrogeológico".
ENADIMSA-ENHER. 3 Tomos. (inédito)
- **ENRESA** (1987). "Inventario nacional de formaciones geológicas favorables para el almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad (fase 1ª)".
ENRESA. Madrid. Informe interno (inédito).
- **GONZALEZ, M.J.** (1982). "Estudio geológico y mineralógico de los materiales terciarios del área de Tarazona-Borja-Ablitas".
Tesis de Licenciatura Univ. Zaragoza. 225 pags. (inédita).
- **HOLLIDAY, D.W.** (1970). "The petrology of secondary gypsum rocks: a review".
Jour. Sed. Petrol. Vol. 40, pp. 734-744.
- **LLAMAS, M.R.** (1959). "Las minas de sal gema de Remolinos (Zaragoza) y la geología de sus proximidades".
Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat. nº 57, pags. 33-48.
- **MANDADO, J.M.A.** (1979). "Petrogénesis y geoquímica de las evaporitas y rocas asociadas en el área de Remolinos (Zaragoza)".
Tesis Licenciatura Univ. Zaragoza. 114 pags. (inédita).
- **MANDADO, J.M.A. y TENA, J.** (1980). "Moldes de cristales tolva de halita como proceso diagenético en la serie evaporítica de Remolinos (Zaragoza)".
Inst. Inv. Geol. Barna. nº 34, pags. 187-194.

- MANDADO, J.M.A. (1987). "Litofacies yesíferas del sector Aragonés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica".
Tesis Doctoral Univ. Zaragoza. 442 pags.
(inédita).
- MULLER, G. y FORSTNER, U. (1975). "Recent dolomite formation in non-marine environments".
IX Int. Cong. Sedim. Niza. Vol. 2, pp. 101-106.
- ORTI, F. (1977). "Aproximación al estudio petrográfico de las microestructuras de las rocas de yeso secundario y a su origen".
Inst. Inv. Geol. Barna. nº 32, pags. 87-152.
- ORTI, F. y PUEYO, J.J. (1977). "Asociación halítica bandeada - anhidrita nodular del yacimiento de Remolinos, Zaragoza (Sector Central de la Cuenca del Ebro)".
Inst. Inv. Geol. Barna. nº 32, pags. 167-202.
- ORTI, F. y PUEYO, J.J. (1990). "Parada 9. Sal de Remolinos (Mioceno)".
En: Formaciones evapotíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante.
Ed. Orti, F. y Salvany, J.M. pags. 175-177.
- PEREZ, A.; MUÑOZ, A.; PARDO, G.; VILLENNA, J. y ARENAS, C. (1988).
"Características de los sistemas lacustres en la transversal Tarazona-Tudela (sector navarro-aragonés de la Cuenca del Ebro)".
II Cong. Geol. España. Simposios. pags. 519-527.
- PEREZ, A.; MUÑOZ, A.; PARDO, G.; VILLENNA, J. y ARENAS, C. (1988). "Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde Ibérico de la Depresión del Ebro (Sector Central)".
Guía Campo III Reunión P.I.C.G. 219. Zaragoza.
pags. 7-20.
- PEREZ, A.; MUÑOZ, A.; PARDO, G.; VILLENNA, J. y ARENAS, C. (1988).
"Depósitos lacustres salinos y carbonatados de la Región de Rueda de Jalón-La Muela".
Guía Campo III Reunión P.I.C.G. 219. Zaragoza.
pags. 43-56.

- **PUIGDEFABREGAS, C.; MUÑOZ, J.A. y MARZO, M.** (1986). "Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequence in the southern foreland basins".
Spec. Publ. Int. Ass. Sediment. 8, pp. 319-336.

- **QUIRANTES, J.** (1978). "Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros".
Inst. Fernando el Católico. C.S.I.C. Zaragoza.
200 pags.

- **RIBA, O.** (1971). "Mapa Geológico de España. Escala 1/2000.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja nº 32 (Zaragoza)".
I.G.M.E.

- **SAEZ, A.; INGLES, M. y PUEYO, J.J.** (1988). "Asociaciones de minerales de la arcilla en depósitos fluvio-lacustres paleógenos del NE. de la cuenca del Ebro".
II Cong. Geol. España. Comunicaciones. Vol. 1,
pags. 193-196.

- **TORRESCUSA, S. y KLIMOWITZ, J.** (1990). "Contribución al conocimiento de las evaporitas miocenas (Fm. Zaragoza) de la Cuenca del Ebro".
En: Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante.
Ed. Orti, F. y Salvany, J.M. pags. 120-122.