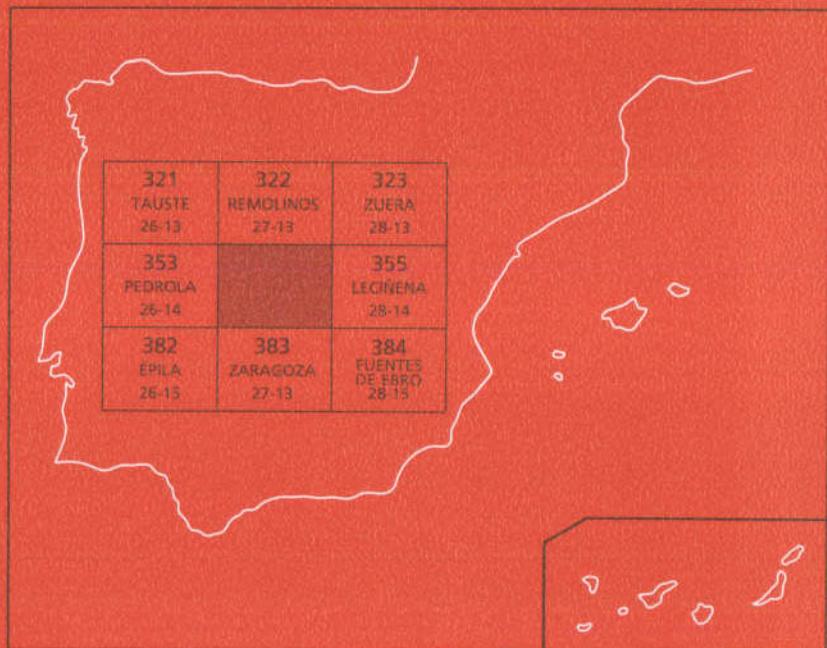




# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1: 50.000

Segunda serie - Primera edición



# ALAGÓN

**MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**

**Escala 1:50.000**

**SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA**

**ALAGÓN**

© INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA  
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito Legal: M.-21.954-1995  
ISBN: 84-7840-224-1  
NIPO: 241-95-005-0  
Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Alagón (354) han sido realizados, durante 1990 y 1991 por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras S. A., habiendo intervenido los siguientes autores:

### **Mapas Geológico y Geomorfológico:**

C. Gil Marín, J. A. Santos, L. A. Marqués y J. M. Esnaola (ENADIMSA)

### **Memoria:**

C. Gil Marín, J. A. Santos, L. A. Marqués y J. M. Esnaola (ENADIMSA)

Han colaborado en aspectos parciales

#### Neotectónica

L. A. Marqués (ENADIMSA)

#### Micropaleontología

J. Ramírez del Pozo (CGS)

#### Hidrogeología

G. Martín y E. Crespo (ENADIMSA)

#### Normalización del Mapa Geomorfológico

J. Fernández-Gianotti y A. Martín-Serrano (ITGE)

### **Dirección del Estudio**

A. Barnolas y A. Robador

Se pone en conocimiento del lector que en el Centro de Documentación del ITGE existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria constituida por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones.
- Informes petrográficos, micropaleontológicos y sedimentológicos de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle.
- Fichas bibliográficas, álbum de fotografías y demás información varia.

## ÍNDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION .....	7
1. ESTRATIGRAFIA .....	9
1.1. Terciario .....	9
1.1.1. Unidad evaporítica .....	9
1.1.1.1. Niveles de halita bandeada (0) .....	13
1.1.1.2. Yeso nodular alabastrino (unidades 1, 3, 5 y 7) .....	13
1.1.1.3. Lutitas y arcillas rojizas (unidades 2, 4 y 6) .....	16
1.1.1.4. Tramo comprensivo (8) .....	18
1.1.2. Unidad carbonatada (9) .....	18
1.2. Cuaternario.....	20
1.2.1. Pleistoceno .....	20
1.2.1.1. Terrazas (10, 11, 13 y 14).....	20
1.2.1.2. Glacis (12 y 15).....	20
1.2.1.3. Holoceno (16 a 24).....	21
2. TECTONICA .....	21
2.1. Marco tectónico regional .....	21
2.2. Descripción de las principales estructuras .....	22
2.3 Neotectónica.....	23
3. GEOMORFOLOGIA.....	25
3.1. Descripción fisiográfica .....	25
3.2. Análisis geomorfológico .....	25
3.2.1. Estudio morfoestructural.....	25
3.2.1.1. Enmarque dentro de los grandes conjuntos regionales ...	25
3.2.2. Estudio del modelado .....	26
3.2.2.1. Génesis endógena .....	26
3.2.2.2. Génesis exógena.....	26

	<i>Páginas</i>
3.3. Formaciones superficiales .....	28
3.3.1. Coluviones .....	28
3.3.2. Terrazas .....	28
3.3.3. Glacis .....	29
3.3.4. Dólinas .....	29
3.4. Evolución dinámica .....	30
3.5. Procesos actuales-subactuales y tendencias futuras .....	30
4. HISTORIA GEOLOGICA.....	31
5.- GEOLOGIA ECONOMICA .....	33
5.1. Recursos minerales.....	33
5.2. Hidrogeología .....	33
5.2.1. Climatología .....	33
5.2.2. Hidrología.....	33
5.2.3. Características hidrogeológicas .....	35
5.2.4. Otros posibles acuíferos .....	36
5.3. Geotecnia .....	37
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)	41
7. BIBLIOGRAFIA .....	43

## **0. INTRODUCCION**

La Hoja de Alagón se sitúa en el sector central de la Depresión del Ebro, entre los paralelos 41°50'04"N y 41°40'04"N y los meridianos 1°11'10"O y 0°51'10"O, referidos al meridiano de Greenwich, estando toda su superficie comprendida dentro de la provincia de Zaragoza.

Entre los ángulos NO y SE discurre el río Ebro, que origina una amplia banda deprimida que puede alcanzar hasta 10 km de anchura y ocupa una superficie próxima al 40% del total de la hoja. Esta banda se encuentra limitada en su borde septentrional por un pronunciado escarpe, que supera localmente los 100 m de altura y da lugar a las mayores pendientes de la hoja.

Las zonas más elevadas topográficamente se encuentran en la parte septentrional, donde existen cotas de 478 (Hoya de Blancas), 435 (Navajeras) y 520 m (Corral de Domínguez), que hacia el norte y fuera de la hoja enlazan con los Montes de Castejón. Presentan un relieve suavemente alomado y muy monótono.

El clima es de tipo continental, con temperatura media anual de unos 15°C y precipitaciones inferiores a 400 mm/año. Las fluctuaciones de temperatura son fuertes, con máximas cercanas a los 50°C y mínimas por debajo de -15°C. Las lluvias se concentran en primavera y otoño, destacando como rasgo característico la existencia de un viento dominante, procedente del noroeste (Cierzo), bastante fuerte durante todo el año y en especial durante los períodos fríos. La existencia de persistentes nieblas completa el cuadro climatológico.

Los asentamientos urbanos se localizan en el Corredor del Ebro, donde se sitúan algunos barrios de Zaragoza (600.000 hab.), y las localidades más importantes de la hoja como Utebo (5.691 hab.), Alagón (5.085 hab.), Pedrola (2.138 hab.), Pinseque (1.168 hab.), etc., permaneciendo el resto de la hoja prácticamente despoblado.

La actividad económica es variada, desarrollándose agricultura de regadío (hortalizas, maíz, forraje, etc.) en el Corredor del Ebro y localmente de secano (cereales). La ganadería se dedica a ovino extensivo y el sector industrial es importante, sobre todo en las proximidades de Zaragoza, donde se sitúan numerosas fábricas y polígonos industriales. Destaca especialmente la existencia de la fábrica de la General Motors, S.A. en el término municipal de Figueruelas.

Otras actividades características dentro de la hoja, son la de los aeródromos de Valenzuela y Sanjurjo en el límite meridional, así como numerosos establecimientos militares (Academia General, Campo de maniobras de San Gregorio, etc.) que ocupan casi toda la superficie al norte del río Ebro.

Geológicamente afloran depósitos de edad terciaria y cuaternaria. Los depósitos terciarios se dividen en dos unidades que se han denominado como: Unidad Evaporítica y Unidad Carbonatada.

El Cuaternario cubre la mayor parte de la superficie, estando representado por depósitos y morfologías variadas, entre los que cabe destacar las terrazas del Ebro, diferentes generaciones de glacis, coluviones, aluviales, etc.

Los objetivos principales del trabajo realizado han sido la caracterización de las distintas unidades litoestratigráficas, su cartografía y el establecimiento de las relaciones verticales y laterales entre las diferentes asociaciones de facies que las constituyen.

El método de trabajo cartográfico ha consistido, esencialmente, en la cartografía de facies líticas, el levantamiento detallado de columnas estratigráficas, con recogida de muestras para su estudio sedimentológico y separación de microfósiles, especialmente caráceas y ostrácodos y en caso favorable, el estudio de micromamíferos.

Entre los trabajos previos relativos a la cartografía geológica de la Cuenca endorreica del Ebro cabe citar a los de RIBA (1955 y 1961) para el sector occidental de la Cuenca (Corredor de la Bureba y subcuencas de Miranda y de Treviño), el de QUIRANTES (1969, publicado en 1978) para el sector central de la Cuenca, los de la J.E.N. (1977 a, b) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975 a, b, 1985) en las cuencas ligníticas de Calaf y Mequinenza, el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-oriental y el de RIBA (1967) para el sector nor-oriental. Trabajos posteriores IGME (1981 a, b) y ENRESA (1989) representaron, desde la perspectiva que nos ocupa, reelaboraciones de las cartografías geológicas anteriormente citadas, con aplicación de nuevos criterios cartográficos pero sin un trabajo de campo considerable, o bien, en otros casos aportaciones cartográficas importantes de áreas (lacustres) más localizadas (IGME, 1975, 1976, 1985, 1986, 1987; ENADIMSA, 1984). Por el contrario las hojas MAGNA elaboradas con posterioridad a las Hojas piloto, especialmente las de Cataluña (Pons, Cardona, Puigreig, Calaf) constituyen valiosas aportaciones al conocimiento estratigráfico y sedimentológico de sus materiales.

Entre los estudios paleontológicos de vertebrados de la Cuenca del Ebro, aparte de los trabajos clásicos exhaustivamente recogidos en CUENCA *et al.* (1992), cabe citar como trabajos más recientes que suponen un gran avance en la datación de las series y el establecimiento de la bioestratigrafía, los siguientes: ANADON *et al.* (1987), AZANZA *et al.* (1988), AGUSTI *et al.* (1988), ALVAREZ-SIERRA *et al.* (1990), CUENCA *et al.* (1989) y CUENCA (1991 a y b).

## 1. ESTRATIGRAFIA

La hoja de Alagón se encuentra situada en el sector central de la Cuenca del Ebro, donde afloran materiales de origen continental pertenecientes al Terciario (Mioceno) y Cuaternario. Esta cuenca, se configura como una cuenca de antepaís, relacionada con la evolución del orógeno pirenaico (Puigdefàbregas *et al.*, 1986), actuando, en este sector, como área de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: el Pirineo, situado al norte y la Cordillera Ibérica, situada hacia el sur y suroeste.

Los afloramientos terciarios 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. Se han diferenciado dos grandes unidades a nivel cartográfico: Unidad Evaporítica y Unidad Carbonatada (Figura 1).

El primer esquema que sirvió de base para la estratigrafía del Terciario de este sector de la cuenca fue propuesto por QUIRANTES (1969), que agrupa los materiales en tres formaciones denominadas: "Formación Sariñena", "Formación Zaragoza", y "Formación Alcubierre". La Formación Sariñena comprende los depósitos terrígenos del sector septentrional de la cuenca. La Formación Zaragoza engloba los depósitos, fundamentalmente evaporíticos, de las áreas de Zaragoza, Almudevar y Bujaraloz y equivale a la aquí denominada Unidad Evaporítica, y la Formación Alcubierre, los depósitos detrítico-carbonatados y yesíferos de la sierra del mismo nombre que representan los depósitos más modernos y es equivalente a la Unidad Carbonatada.

Recientemente se han establecido varias Unidades Tectosedimentarias en el Neógeno del sector central del borde ibérico de la Depresión del Ebro (PEREZ *et al.*, 1988), a la vez que se correlacionan mediante criterios de evolución secuencial con las U.T.S. definidas en las cubetas marginales ibéricas (VILLENA *et al.*, 1991), dando un esquema coherente, confirmado por las dataciones paleontológicas disponibles hasta el momento.

En cuanto a los depósitos cuaternarios, se han diferenciado varios niveles de terrazas, distintas generaciones de glacis, coluviones, aluviones, etc.

### 1.1. TERCIARIO

Los materiales terciarios presentes en la hoja incluyen depósitos atribuidos al Mioceno inferior-medio, desde el Aragoniense inferior hasta el Aragoniense medio-superior, cuyas características se exponen a continuación.

#### 1.1.1. Unidad Evaporítica

Constituye la unidad más antigua aflorante en la hoja y está formada por yesos y lutitas que pueden dar lugar a tramos más o menos potentes, o asociarse en finos niveles (mili- y centimétricos) con las facies yesíferas.

La potencia máxima observada es de 130 m, aunque puede ser mucho mayor, ya que no se

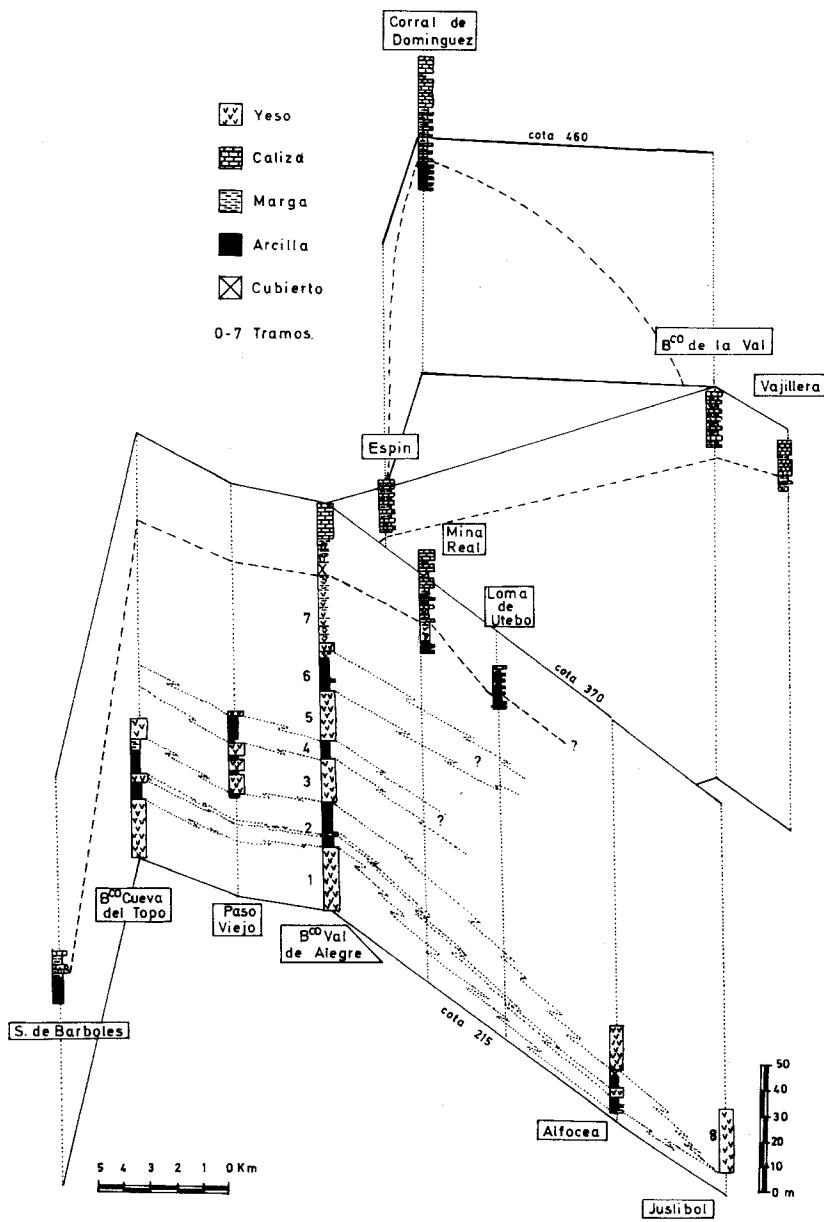


Fig. 1. Correlación de columnas estratigráficas de la hoja de Alagón, los números indican las unidades cartográficas

ha observado el límite inferior, y los datos de sondeos disponibles sugieren espesores bastante mayores.

A las limitaciones ya señaladas sobre los afloramientos, 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, lo que dificulta en gran medida su reconocimiento.

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 también, dando lugar a bancos de yeso alabastrino bastante homogéneo.

Las lutitas pueden encontrarse asociadas a los yesos, dando finos niveles de color gris-verdoso o alternando con ellos y originando estructuras de aspecto laminado. También pueden llegar a constituir niveles de espesor métrico (4-12 m), intercalados en la serie, que permiten definir ciclos.

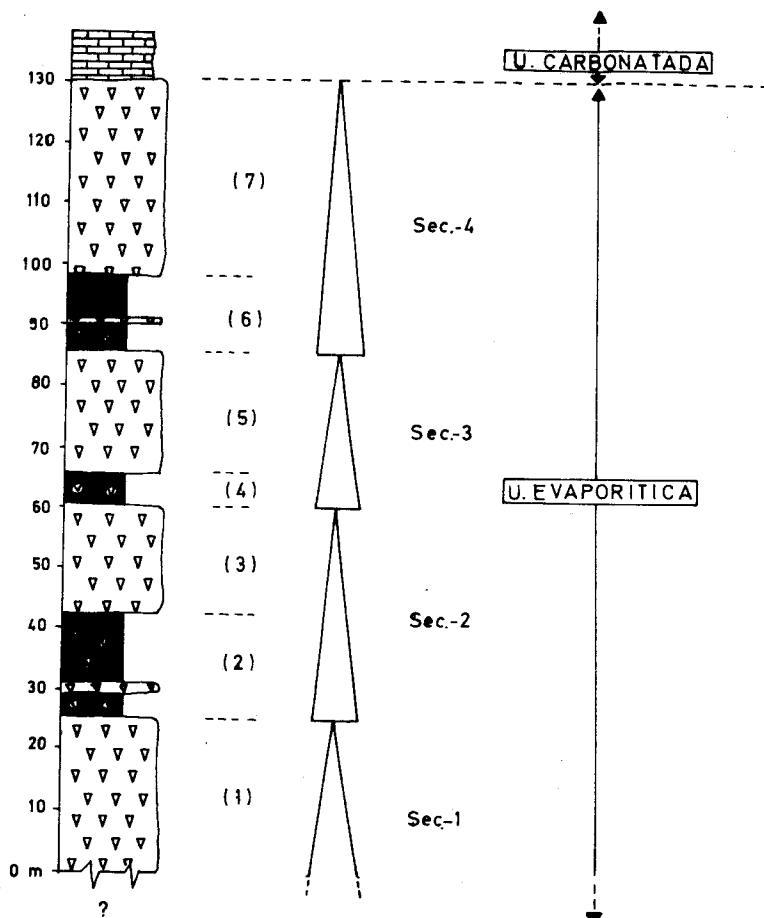
La Unidad Evaporítica equivale a la Formación Zaragoza (QUIRANTES, 1969) y a la parte superior de la U.T.S. N-1 de PEREZ *et al.* (1988), que en base a su posición estratigráfica y a los yacimientos de vertebrados que incluye (Tudela I, Tudela II, Monteagudo, Tarazona y Remolinos), se le asigna una edad Mioceno medio, mas concretamente Aragoniense medio.

En esta unidad se han diferenciado 9 tramos cartografiados, 8 de ellos representados en el sector noroeste de la hoja (0-7), mientras que hacia la parte oriental y en el suroeste se ha utilizado un tramo comprensivo (8), ya que no es posible establecer diferenciaciones. Pueden definirse 4 secuencias lutita-yeso en la serie noroccidental (Figura 2), de las que las 3 superiores están prácticamente completas, con un término inferior lutítico-arcilloso, en el que aparecen dispersos nódulos de yeso y un término superior fundamentalmente yesífero.

La evolución vertical de estas secuencias sugiere cierta ciclicidad en las condiciones del medio, que se traduce en expansiones y retracciones del lago, pudiendo señalarse una tendencia general hacia la desalinización. Esto concuerda con los datos del subsuelo, que considerando una potencia mucho mayor, caracterizan una primera etapa evaporítica generalizada en todo el área, restringiéndose más tarde hacia el E-NE, donde la subsidencia es más pronunciada, dando lugar a la migración del depocentro en ese sentido. Etapas posteriores representan cambios similares generalizándose al final las facies evaporíticas (TORRESCUSA y KLIMOWITZ, 1990) (Figura 3).

De forma esquemática la Unidad Evaporítica en la hoja de Alagón corresponde, en su parte oriental, a la zona central de un gran cuerpo evaporítico, que hacia el NO y SO presenta facies típicas de zonas intermedias, que ya fuera de la hoja pasarían a zonas periféricas, en tránsito a facies marginales de sistemas aluviales.

En la Figura 4 se representa un esquema que ilustra la migración del centro de gravedad hacia el oeste, durante el último episodio halítico (Figura 4A), así como la distribución de facies al final de la unidad (Figura 4B).



[Brick Pattern] Caliza.

[Inverted Triangle Pattern] Yeso.

[Solid Black Box] Lutita arcilla.

(1) Tramo cartográfico.

Fig. 2. Secuencias lutita-yeso de la unidad evaporítica, los números entre paréntesis corresponden a las unidades cartográficas

Las características de los principales tramos cartografiados se indican a continuación.

#### 1.1.1.1. *Niveles de halita bandeada (0)*

Este tramo es fundamentalmente halítico y en realidad no aflora, a excepción de la bocamina de Torres de Berrellén (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 ligeramente para representarse en el mapa geológico. Sin embargo se encuentra bien representado en la hoja colindante de Remolinos (núm. 322), donde se explota en la actualidad, existiendo abundante bibliografía sobre él (LLAMAS, 1959; RIOS, 1963; ARRECHEA, 1964; RIBA y MALDONADO, 1969; ORTI y PUEYO, 1977; MANDADO, 1979; FERNANDEZ y GALAN, 1979; MANDADO y TENA, 1980, etc.).

Dentro de la superficie de la hoja existen tres sondeos realizados por TOLSA, cuya relación con los niveles de la mina de Remolinos y las antiguas labores de Torres de Berrellén, se representa esquemáticamente en la Figura 5. Dado que la parte superior de estos sondeos se realizó sin testigo, no es posible discernir de forma inequívoca, si los dos cuerpos salinos (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 éste que parece más probable a la vista de como evolucionan las secuencias en los sondeos profundos (Figura 3).

En esta unidad salina, se encuentra localizado el yacimiento de mamíferos de Remolinos, descrito por LLAMAS (1959), de edad Aragoniense medio (biozona MN 4 de MEIN, 1975).

De acuerdo con sus características sedimentológicas esta unidad puede interpretarse como depósitos de zonas internas de un lago salino efímero (*playa lake*).

#### 1.1.1.2. *Yeso nodular alabastrino (unidades 1, 3, 5 y 7)*

Estos tramos aparecen en la parte noroccidental de la hoja y están constituidos por facies yesíferas bastante monótonas, en las que la práctica totalidad del yeso es nodular, alabastrino, con finas intercalaciones de lutitas gris-verdosas.

Los espesores de estas unidades son bastante constantes, estimándose un espesor superior a 30 m para el tramo 1, aunque la mayoría de las veces el muro no es accesible; 20 m para los tramos 3 y 5 y un espesor entre 30 y 35 m para el tramo 7, que por lo general se presenta bastante cubierto en el contacto con la unidad suprayacente (Unidad Carbonatada).

Es frecuente en muchos afloramientos la alternancia de niveles yesíferos y lutíticos, con espesores variables desde pocos milímetros hasta casi 10 cm, que dan al conjunto aspecto de estructura laminar, sin embargo, la ausencia de variaciones en el tamaño de los cristales, así como de estructuras típicas de laminaciones algales claras, no hace posible discernir si se trata de una estructura laminar de origen clástico o producto de la actividad algal.

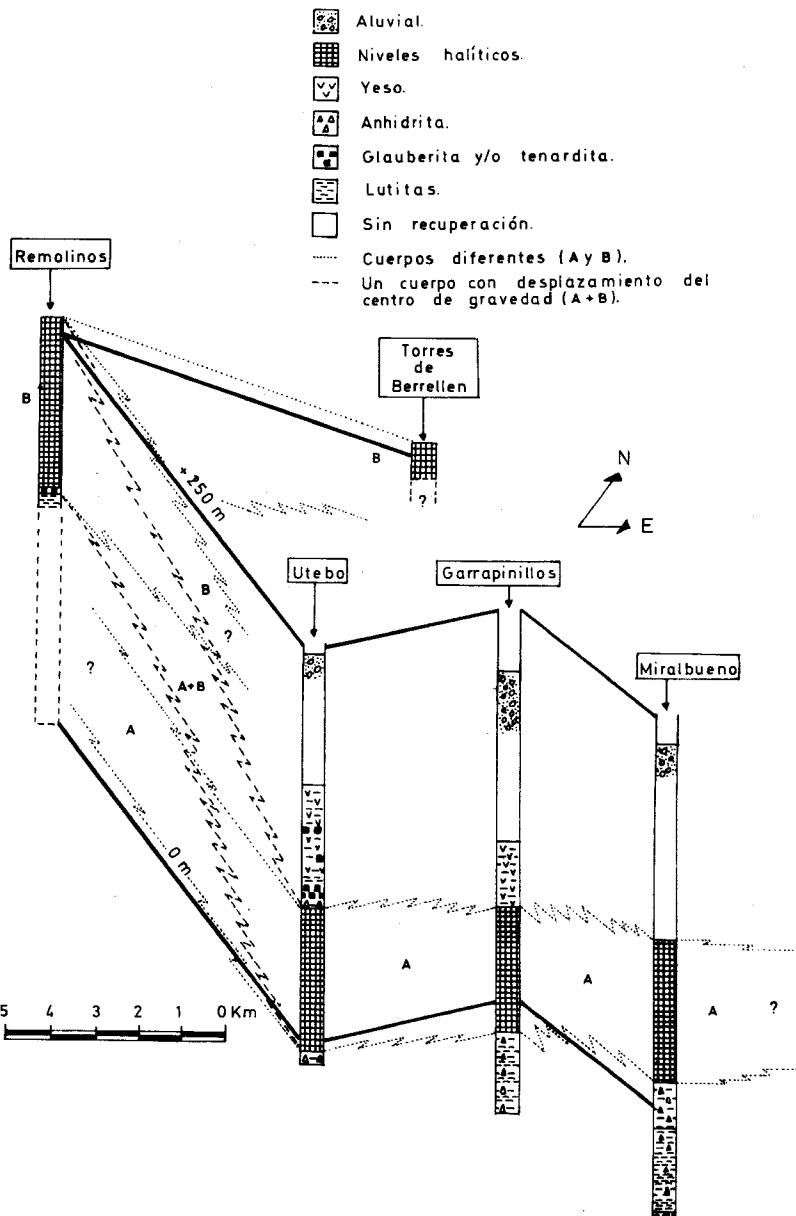


Fig. 3. Panel de correlación de sondeos donde pueden observarse dos niveles de halita A y B y las dos hipótesis sobre su correlación lateral

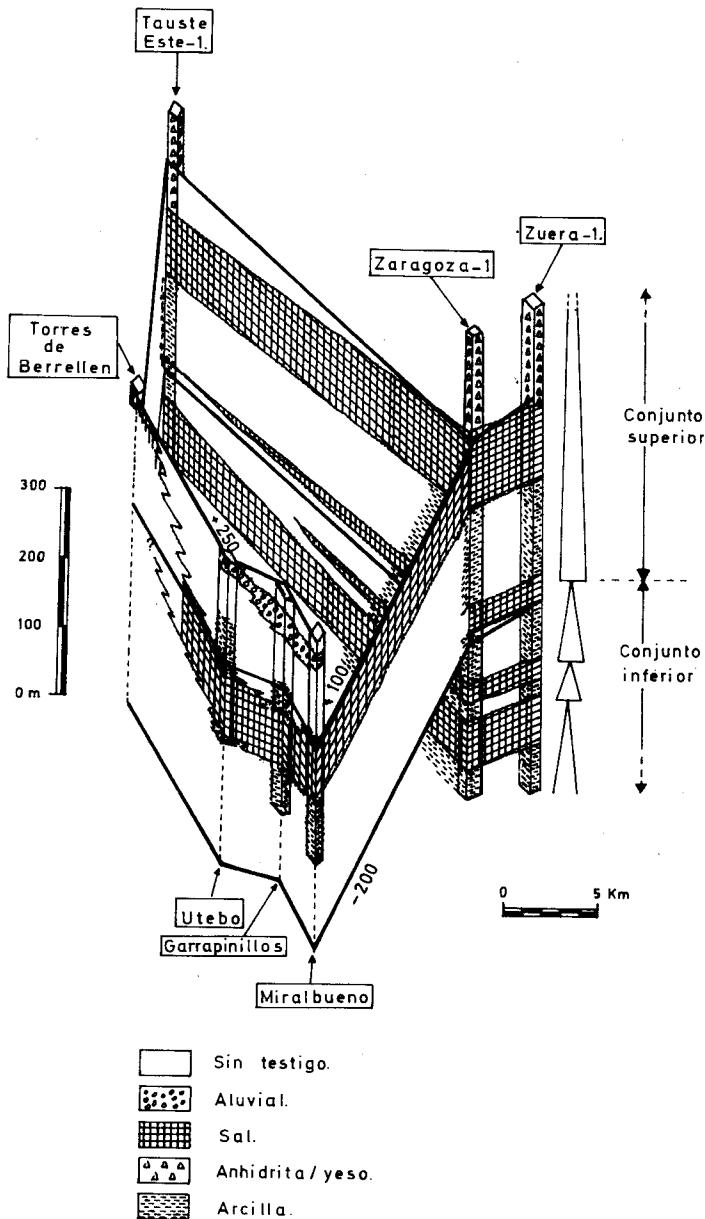


Fig. 4. Facies y desplazamiento lateral del nível de halita superior

Otras veces se observan niveles yesíferos compactos, con textura alabastrina, en los que no se aprecia ninguna estructuración interna, como consecuencia de la destrucción por procesos dia-généticos de todas las estructuras previas.

La única estructura reconocible en los niveles de yeso que aparece bien desarrollada en toda la superficie de la hoja, es la estructura nodular, omnipresente en todo el área, en la que se aprecia la formación de nódulos de yeso alabastrino, indicando su génesis secundaria. En función de la mayor o menor abundancia de nódulos, pueden establecerse varias subestructuras de tipo descriptivo: "discontinua", "en empalizada" y "en turrón" (MANDADO, 1987).

A nivel textural todas las texturas identificadas son secundarias, es decir, formadas por hidratación de anhidrita o por recristalización de yeso primario original, o del secundario de hidratación, dominando las facies de textura alabastrina. Localmente se ha identificado textura porfirolástica, megacristalina y fibrosa, pero siempre con muy escaso desarrollo.

Estos tramos pueden interpretarse como depósitos de distintos subambientes: zonas marginales e intermedias de un ambiente de lago salino efímero (*playa lake*).

#### 1.1.1.3. *Lutitas y arcillas rojizas* (unidades 2, 4 y 6)

Los tramos lutítico-arcillosos son relativamente monótonos, correspondiendo el tramo 2 a un conjunto de lutitas y arcillas rojizas, que presentan un nivel yesífero intercalado de gran continuidad lateral, en el que por lo general se pueden diferenciar tres niveles de yeso y se conoce en la zona minera como "tres vetas". El espesor medio estimado de este nivel es de 15 a 18 m.

El tramo 4 es normalmente masivo, con pequeños nódulos de yeso alabastrino dispersos. Su potencia varía entre 5 y 8 m.

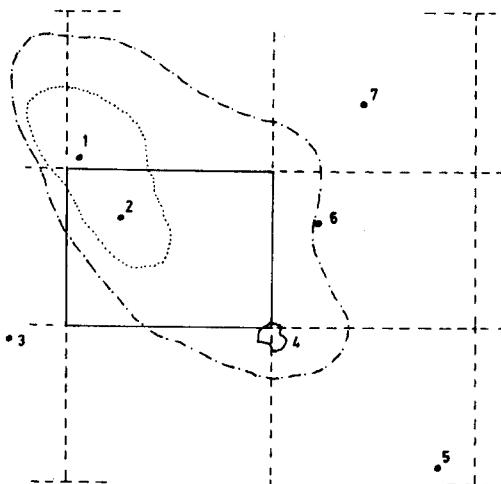
El tramo 6 en los puntos donde se ha reconocido (B.<sup>o</sup> de Val de Alegre), presenta una intercalación yesífera de 0,4-1 m de espesor en la mitad inferior, estimándose una potencia media para todo el nivel próxima a los 12 m.

Las características litológicas de los tres tramos lutítico-arcillosos son muy similares pudiendo destacarse los siguientes puntos:

- El contenido en carbonatos varía entre 5 y 45%, siendo el valor más frecuente de 30%.
- La dolomita predomina sobre la calcita, que cuando está presente lo hace en pequeñas proporciones (5-10%). La presencia de elevada proporción de dolomita, es posible explicarla por las frecuentes intercalaciones yesíferas, que favorecen el enriquecimiento diferencial en Mg<sup>2+</sup>, permitiendo la dolomitización durante la diagénesis.
- El contenido de cuarzo se mantiene constante, oscilando entre 5 y 10%, mientras que los filosilicatos varían entre 45 y 85%.

**Cuerpo halítico  
en el  
Conjunto Superior**

- Límite máximo probable.
- ..... Límite mínimo aproxim.  
(desplazamiento centro  
gravedad).



A

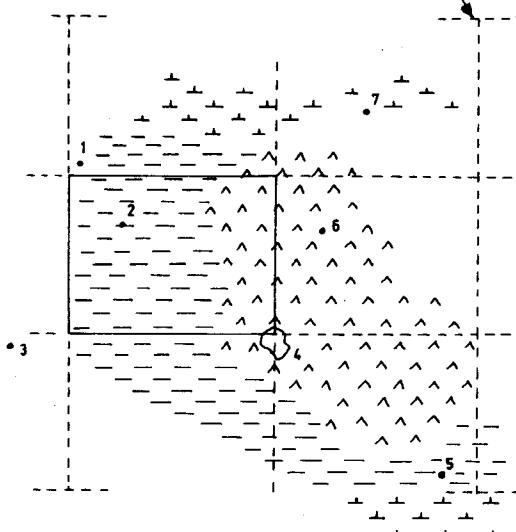
**LOCALIDADES**

- 1.-Remolinos.
- 2.-Alagón.
- 3.-Rueda de Jalón.
- 4.-Zaragoza.
- 5.-Fuentes de Ebro.
- 6.-Villanueva.
- 7.-Zuera.

División Hojas  
1 / 50.000.

**FACIES**

- [^ ^] Zona central.
- [— —] Zona intermedia.
- [± ±] Zona periférica.



B

Fig. 5. Diagrama de Fence mostrando la correlación de los niveles de halita en sondeos

- La fracción arcillosa presenta un espectro bastante constante para la caolinita (5-10%), micas (40-80%) y clorita (10%), mientras que la montmorillonita aparece en un reducido número de muestras, con contenidos desde 5 a 55%. La existencia de valores constantes en caolinita, micas y clorita en un medio rico en sales solubles, sugiere un origen heredado fundamentalmente, mientras que los porcentajes de la montmorillonita parecen indicar la existencia más o menos puntual de procesos de neoformación y/o transformación.

De acuerdo con las características sedimentológicas de los tramos lutítico-arcillosos, antes apuntadas puede interpretarse el medio de depósito de estas unidades como áreas distales de una llanura lutítica aluvial en tránsito a zonas marginales de un lago salino efímero (*playa lake*), donde tienen lugar procesos diagenéticos que dan lugar a dolomitización, neoformación y/o transformación de forma local.

#### 1.1.1.4. *Tramo comprensivo (8)*

Este tramo constituye un paso lateral de la Unidad Evaporítica hacia la parte oriental de la hoja y en los escasos afloramientos próximos a Bárobes (sector suroeste), en donde no son identificables los tramos lutítico-arcillosos. Algunos de estos niveles arcillosos se siguen reconociendo hacia el sureste hasta Alfocea, pero su escasa potencia no permite cartografiarlos, habiéndose señalado como líneas de capa.

Las características del tramo son muy similares a las de las facies yesíferas descritas con anterioridad.

Unicamente conviene destacar la presencia, en la serie de Juslibol, de algunas capas compactas de yeso selenítico, formadas por grandes cristales que crecen en paralelo y elongados en vertical, estando afectadas por procesos de recristalización y nodulización secundaria, que destruyen gran parte de la estructura original. Su interés radica en que estas facies pueden ser el resultado de la nucleación de yeso primario, en la interfase sedimento-agua, en medios de poca profundidad y aguas tranquilas (MANDADO, 1987), representando las únicas facies primarias observadas.

#### 1.1.2. **Unidad Carbonatada (9)**

Esta unidad se superpone sobre la Unidad Evaporítica en toda la hoja y está formada por calizas, estratificadas en niveles de potencia variable desde pocos cms. a algo más de 1 m, entre los que se intercalan margas y localmente nódulos de sílex.

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 suroeste (al sur de Bárobes) afloran restos de esta unidad, aunque prácticamente no son representables en el mapa, desarrollándose rápidamente hacia el sureste dentro de la hoja de Zaragoza (383) donde ocupan amplias áreas (La Muela).

Las potencias medias estimadas oscilan entre 8,9 m en la zona de Bárboles, hasta 41,8 m en el Corral de Domínguez, no pudiendo conocerse con exactitud su potencia real, al encontrarse el techo erosionado.

Se superpone sobre la Unidad Evaporítica con un contacto normal.

El análisis de facies de la unidad carbonatada permite diferenciar una parte inferior (5-8 m), en la que predominan secuencias con un término basal de aspecto laminado compuesto por margas y calizas bioturbadas; y una parte superior, que constituye la casi totalidad de la unidad, constituida por calizas más homogéneas en bancos de hasta 1 m de espesor, con fósiles abundantes y en ocasiones niveles de nódulos de sílex. No obstante, esta diferenciación no es representable a la escala del mapa por lo que toda la unidad se incluye como tramo 9.

Las microfacies de la parte inferior corresponden fundamentalmente a calizas micríticas y ocasionalmente a dolomicritas y calcarenitas.

La mayoría de las calizas micríticas son micritas arenosas en las que se diferencian microsecuencias positivas con base erosiva y mayor concentración de detriticos en la base. En ocasiones, las microsecuencias presentan gran acumulación de oolitos calcáreos de textura radial (oomicritas), que parecen corresponder a pequeños oncolitos cuya microestructura algal es de difícil atribución. También es frecuente la presencia de texturas granulares, que pueden resultar de la alteración de micritas no consolidadas o de procesos de removilización, así como la presencia de rasgos sobreimpuestos como consecuencia de procesos edáficos, ya sea por concentraciones diferenciales de óxidos de hierro (rasgos hidromórficos) o de carbonatos (rasgos calcimorfos).

Las dolomicritas se restringen a finos niveles de muy escaso desarrollo y se interpretan como el resultado de una diagénesis vadosa. Destaca la presencia de una microfacies calcarenítica, identificada únicamente al sur de Bárboles, en la que se caracterizan procesos de dedolomitización.

Las microfacies de la parte superior de la unidad son mucho más homogéneas, correspondiendo a micritas fosilíferas y biomicritas, que ocasionalmente presentan texturas sobreimpuestas, aunque de escaso desarrollo. Como restos fósiles se reconocen ostrácodos, caráceas y en menor proporción gasterópodos, con la zona interna disuelta, micritizada o rellena de cemento mesocristalino con textura *blocky*. También se observan restos algales que dan zonas de aspecto laminado y algunos procesos de silificación, que corresponden a niveles con nódulos de sílex, a veces de amplio desarrollo.

Los niveles lutítico-margosos se encuentran intercalados a lo largo de toda la serie, como estratos irregulares de pocos centímetros y composición mineralógica bastante homogénea. Presentan carbonatos (60-70%), cuarzo (5%) y filosilicatos (25-30%). Los minerales de la arcilla presentes son: micas (65-80%) y el resto clorita, con cantidades menores de caolinita y esmectitas.

Entre los restos fósiles identificados se ha podido clasificar: *Chara notata* GRAMB. y PAUL,

*Nitellopsis (tectochara) meriani* (L. y N. GRAMB.), *Sphaerochara* cf. *inconspicua* (AL. BRAUN EX. UNGER) FEIST-CASTEL, *Cavernocandona ? roaixensis* CARBONNEL, *Cyclocypris moyesi* CARBONNEL, *Candona* cf. *curvata* CARBONNEL, *Candona praecox* STRAUB, fragmentos de gasterópodos lacustres (*Hydrobia*, *Helix*), que permiten considerar una edad Aragoniense para esta unidad. Destaca la presencia en algunas muestras de abundantes caráceas resedimentadas del Oligoceno inferior y medio (*Harrisichara tuberculata*, *Sphaerochara*, *Chara microcera*, etc.). Por criterios estratigráficos de correlación regional, su edad puede concretarse como Aragoniense superior.

El conjunto de características observadas en esta unidad sugieren que se depositó en un ambiente de lagos carbonatados someros.

Los depósitos de la parte inferior, representan facies afectadas por corrientes tractivas que producen la acumulación mecánica del sedimento, en cuerpos de gran extensión (mantos, lóbulos, etc.), probablemente relacionados con zonas de canales fluviales marginales al lago; mientras que las facies calcáreas más homogéneas y margas, corresponden a períodos de calma relativa en los que la sedimentación se produce bajo condiciones de menor energía, originándose localmente facies bioturbadas, que indican el paso a condiciones palustres, cuando se implanta una vegetación intensa, así como facies con rasgos sobreimpuestos.

Los depósitos de la parte superior son propios de lagos muy someros o zonas litorales de lagos más amplios, con elevada actividad orgánica.

A nivel regional esta unidad se relaciona con sistemas aluviales de procedencia meridional (PEREZ et al., 1988), representando sus ambientes sedimentarios más distales.

## 1.2. CUATERNARIO

Los depósitos pertenecientes a esta edad están ampliamente representados en la hoja, especialmente en su mitad suroccidental. Una descripción mas detallada se incluye en el epígrafe 3.3.

### 1.2.1. Pleistoceno

#### 1.2.1.1. Terrazas (10, 11, 13 y 14)

Se trata de conglomerados con cantes redondeados, esencialmente de rocas paleozoicas trabajados por una matriz arenoso-limosa, con cemento carbonatado. Pertenecen a las terrazas altas y medias 70-140 (10), 55-60 (11), 35 (13) y 20 (14) de los ríos Ebro, Jalón y Gállego.

#### 1.2.1.2. Glacis (12 y 15)

Son depósitos de cantes subredondeados, generalmente constituidos por fragmentos de rocas

terciarias, de menor tamaño que los de las terrazas. La matriz es limoso-arenosa y la selección de los componentes es baja.

#### 1.2.1.3. *Holoceno* (16 a 24)

A esta edad se han atribuido las siguientes unidades:

Los glaciares (17 y 21), terrazas (16) y depósitos de llanura de inundación (18), recientes, con litologías semejantes a los descritos anteriormente, las arcillas y limos de sus humedales (20), depósitos de fondo de valle y aluvial actual (19), coluviales (22), conos aluviales (23) y mixtos aluvial-coluviales (24).

## 2. TECTONICA

### 2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La Hoja de Alagón se encuentra en la parte central de la Cuenca del Ebro, en las proximidades de la Cordillera Ibérica.

La Cuenca del Ebro, en sentido tectónico, corresponde fundamentalmente a la cuenca de antepaís de la Cordillera Pirenaica. En superficie sus límites están marcados por esta cadena, la Cordillera Ibérica y los Catalánides, y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por el Pirineo y su prolongación occidental, la Cordillera Cantábrica y por parte de la Cordillera Ibérica. De estos orógenos son los Pirineos los que han ejercido una mayor influencia en la génesis y evolución de la cuenca de antepaís.

El sustrato de la Cuenca del Ebro está constituido por un zócalo paleozoico sobre el que se dispone una cubierta mesozoica incompleta, con predominio de los materiales triásicos y jurásicos, ocupando los materiales más modernos la posición más meridional. Los mapas de isobatas de la base del terciario (RIBA et al., 1983) muestran una inclinación general de la superficie superior del sustrato pre-cenozoico hacia el norte (Pirineos), llegando a alcanzar profundidades superiores a 3500 m. bajo el nivel del mar en su sector septentrional (más de 5000 m. en La Rioja alavesa), mientras la parte meridional se mantiene siempre a menos de 1000 m.

La edad del relleno sedimentario, muestra una pauta clara: los depósitos más antiguos se ubican en los sectores septentrional y oriental y los más modernos en las áreas meridionales y occidentales. Esto es un reflejo de la evolución de la deformación en el orógeno, hacia el antepaís y progresivamente más moderna de este a oeste.

El estudio de superficie de la Cuenca del Ebro muestra una estructura geológica muy sencilla, con capas subhorizontales o con buzamientos muy suaves en la mayor parte de la cuenca, excepción hecha de aquellas áreas próximas a las cadenas colindantes. Las deformaciones más abundantes en la cuenca están ligadas a fenómenos halocinéticos. Sin embargo, la cartografía

de detalle pone de manifiesto la existencia de estructuras que, si bien no suelen ser deformaciones de gran intensidad, sí presentan cierta continuidad lateral que refleja la presencia de direcciones paralelas a las estructuras ibéricas a lo largo de prácticamente la totalidad de la cuenca, así como otras de orientación NNE a NE, más difíciles de detectar. Estas direcciones preferentes también se manifiestan en los lineamientos detectados con imágenes de satélite y parecen ser reflejo en superficie de estructuras mayores que en algunos casos llegan a afectar al sustrato, como ponen de relieve los hasta el momento no muy abundantes datos de subsuelo.

## 2.2. DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

En la hoja de Alagón afloran sedimentos neógenos continentales de carácter distal, fundamentalmente yesos y carbonatos. Se sitúa en un área donde las deformaciones de origen tectónico no son relevantes, a diferencia de las relativamente próximas de la Ribera de Navarra, constituidas por extensos pliegues con orientación paralela a la elongación principal del valle del Ebro.

El estudio de los rasgos tectónicos y estructurales que afectan a estas series, presenta serias dificultades debido al característico comportamiento plástico de los yesos, con frecuentes distorsiones y movilizaciones, siendo compleja la discriminación de las deformaciones atribuidas a un campo regional de esfuerzos o a fenómenos halocinéticos. No obstante, la cartografía ha revelado resultados que no se desprenderían de restringir el estudio a una escala menor. Gracias a las condiciones de afloramiento del Terciario en su parte occidental, se ha podido comprobar la existencia de pliegues de gran radio y extensión kilométrica. Los más importantes poseen una dirección ONO-ESE, de los cuales destaca uno, ya citado por QUIRANTES (1969), como "Sinclinal de Torres"; también aparece en el sector nororiental de la hoja un eje anticlinal de orientación NNE-SSO que se atenua con rapidez hacia el sur.

Sin embargo, la principal característica estructural queda centrada en la deformación areal de las unidades yesífera y carbonatada. Estas series ascienden en cota desde el escarpe del Ebro hacia el norte, y la pauta es discontinua debido a que la magnitud de la deformación es desigual. Así se obtienen regionalmente variaciones de cota de la base de la unidad carbonatada de hasta 140 m, mientras que localmente llegan a ser de 100 m en dos Km. La ascensión topográfica de las unidades progresiva hacia posiciones más septentrionales manifestándose en la vertiente sur de los Montes de Castejón, en la hoja adyacente de Remolinos.

Puede observarse una estructura de carácter domático cuya cúpula se sitúa aproximadamente en "Tres Poyetes", entre el "Bco de la virgen" y el "Bco de los Lecheros", con eje mayor (E-O) de unos 6 Km.

La base de la unidad carbonatada también desciende hacia el valle del Gállego, apareciendo este contacto en la hoja contigua de Leciñena más alto en la margen izquierda, se pone así de manifiesto la existencia de un lago sinclinal por el que discurre este río. De la misma forma, con una mejor constancia en la hoja de Fuentes de Ebro, se ha comprobado que la serie posee un suave buzamiento hacia el río Ebro tanto en su margen derecha, como en la izquierda con lo

que también el curso de éste surca a favor de una estructura sinclinal. Estas dos sinformas fueron ya citadas (QUIRANTES, 1969) como "Sinclinal del Gállego" y "Sinclinal de Logroño-Sástago", respectivamente.

La deformación frágil no parece tener demasiada relevancia, presentándose fracturas asociadas a pliegues en los yesos y también en las calizas (casi siempre con aspecto cuarteado), y siempre de escasa entidad y salto. Sin embargo existe una lineación de orientación NNO-SSE al norte de la hoja, en el "Bco de los Lecheros", que probablemente pueda atribuirse a una fractura de unos 6 Km de longitud.

Aunque la convergencia en la dirección de las estructuras es manifiesta, resulta difícil precisar si su origen es tectónico por las razones expuestas con anterioridad. De cualquier forma, el rasgo más característico de la zona se centra en las deformaciones diapiricas y la creación de campos de dolinas, bien visibles cuando existen depósitos cuaternarios; los fenómenos más frecuentes son los de disolución y colapso que son activos en la actualidad.

La edad de las deformaciones no queda bien precisada; sin embargo la mayoría de éstas son producidas con posterioridad a los depósitos neógenos aquí considerados; es de señalar también la escasez de datos paleontológicos que permita establecer una cronología más concreta de los sedimentos continentales en este sector central de la Cuenca del Ebro.

### 2.3. NEOTECTONICA

Considerando como época neotectónica desde el Vallesiense (inclusive) hasta la actualidad, y teniendo en cuenta que los depósitos terciarios presentes en la hoja pueden extenderse hasta el Aragoniense superior, puede decirse que la totalidad de las deformaciones, al menos las que afectan a la Unidad Carbonatada superior, pueden ser consideradas como neotectónicas.

Al margen de redes de diaclasas, que llegan a afectar a depósitos holocenos, la deformación más importante es un basculamiento general de la serie neógena hacia el cauce del Ebro complicado por abombamientos halocinéticos locales presentes en los alrededores del Barranco de la Virgen.

Por lo que respecta a los depósitos cuaternarios, se distinguen diferentes tipos de deformaciones que se encuadran en tres grupos genéticos: kársticas, diapiricas y tectónicas.

Las deformaciones kársticas se observan como estructuras sinformes, fallas y flexuras normales, discordancias internas, etc., y responden a la solubilización de materiales evaporíticos bajos los depósitos cuaternarios. En muchas ocasiones, estas morfologías se encuentran fosilizadas por depósitos posteriores. En la actualidad se reconoce su funcionalidad por la generación de dolinas que afectan a terrenos aluviales (SORIANO, 1986; PEREZ DEL CAMPO Y LANZAROTE, 1988).

Los fenómenos diapiricos también producen estructuras vistosas, siendo frecuente flexuras y fallas inversas, pliegues apretados, basculamientos locales, etc. El material responsable de estas

deformaciones (SIMON y SORIANO, 1985 a y b) es, en la mayoría de los casos, de carácter margoso, adoptando el yeso un comportamiento competente. Estos materiales margosos resultan de su acumulación en la interfase mioceno/cuaternario por la disolución de las evaporitas que las contenían en forma de impurezas e intercalaciones. Si bien este tipo de deformación llega a afectar a depósitos holocenos, su desarrollo se manifiesta como discontinuo. Así, la terraza de +30 m aparece deformada solamente en sus tramos inferiores, mientras las partes superiores las fosilizan, presentando escasa o nula deformación. Por otra parte, las estructuras diapiricas (SIMON y SORIANO, 1985 a y b; RODRIGUEZ VIDAL, 1986) tienden a alargarse en dirección E-O al tiempo que existe un predominancia de estructuras vergentes hacia el norte. Estos hechos parecen indicar la existencia de un control tectónico en el desarrollo del diapirismo de la región.

Las deformaciones de carácter tectónico quedan reducidas a diaclasas y fallas, afectando tanto a los depósitos terciarios como a los cuaternarios (ZUIDAM, 1976; SIMON y SORIANO, 1985 a y b; SIMON, 1989; SORIANO, 1990). Mediciones realizadas en depósitos del Pleistoceno superior y Holoceno revelan la existencia de cuatro familias de diaclasas en dirección N-S, NNE-SSO, E-O y ESE-OSO. Estas familias se agrupan en sistemas de dos familias perpendiculares entre sí, lo cual denota (SIMON *et al.*, 1988; SIMON, 1989) la existencia de un régimen de esfuerzos a escala regional de tipo distensivo próximo a radial situándose  $\sigma_3$  en torno a la dirección E-O.

Dicho régimen se instalaría en el Mioceno inferior o medio, perdurando con pocas variaciones hasta la actualidad. En consonancia con este régimen distensivo se ha detectado la presencia de fallas normales con dirección N-S y salto de algunos metros.

### **3. GEOMORFOLOGIA**

#### **3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA**

La hoja de Alagón está situada en la zona central de la Depresión Terciaria del Ebro, en su parte aragonesa, donde los materiales detriticos, evaporíticos y carbonatados pertenecientes al Mioceno, se disponen tabularmente, con ligera pendiente general hacia el Ebro.

Está recorrida diagonalmente de NO a SE por el curso del río Ebro, a cuyo valle actual descienden las dos amplias vertientes, la de la margen izquierda procedente de la Sierra de Castejón y la del margen derecho de la Muela de Zaragoza.

El clima es mediterráneo, de templado a seco, semiárido, con una temperatura media anual de unos 14 °C y una pluviometría media de 400 mm/año.

#### **3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO**

##### **3.2.1. Estudio morfoestructural**

###### *3.2.1.1. Enmarque dentro de los grandes conjuntos regionales*

La hoja se sitúa en la antedicha parte central de la Depresión del Ebro, donde los sedimentos terciarios subhorizontales han sido modelados por la actividad erosiva de la red fluvial cuaternaria, hoy representada por el río Ebro y sus afluentes, en particular el Jalón, presente en su tramo final.

###### *a) Vertiente de El Castellar*

Arranca de la Sierra de Castejón, y con suave pendiente general hacia el Ebro o Gállego penetra en la hoja con una cota cercana a los 500 m para ir descendiendo hasta los 350, en donde, normalmente, se genera un fuerte escarpe sobre el cauce del río. La red de drenaje está constituida por una serie de barrancos mayores que fluyen de acuerdo con la pendiente general; entre ellos hay que reseñar el de la Virgen y el de los Lecheros hacia el Ebro, y el de la Val hacia el Gállego.

Este encajamiento se realiza en una serie de glacis previa que parten de la sierra de Castejón y con la antedicha pendiente general, han solapado con las terrazas correspondientes de los ríos Ebro y Gállego presentes en la hoja.

###### *b) Corredor del río Ebro*

Se ha considerado como tal la franja NNO-SSE definida por la llanura aluvial actual del Ebro. Tiene una anchura media de unos 4 a 5 Km y, está recorrido por el cauce actual meandriforme del Ebro, que tiende a adosarse al límite, fuertemente escarpado, de la margen izquierda.

En él se ubica la parte norte de la ciudad de Zaragoza en la esquina sureste.

### c) Vertiente de la Muela de Zaragoza

Parte de dicha Muela, situada al sur de la hoja, con cotas cercanas a 600 m, y desciende progresivamente para penetrar en la hoja por la esquina suroeste con alturas de 385 m (vértice Coscolleta). A partir de ahí continúa el descenso; primero más fuertemente hasta los 300 m en el paraje de Campabio y después, de manera más suave, en los parajes de Acampo de Orús y Aeródromo, hasta llegar a alcanzar con cotas entre 210 y 230, el valle actual del Ebro.

La red de drenaje, en función de su escasa pendiente, está poco jerarquizada, solamente destaca por su parte occidental la afluencia del río Jalón, con una serie de terrazas conectadas con las del Ebro, que se encaja en una ladera dominada superficialmente por depósitos de glaciares.

#### 3.2.2. Estudio del modelado

##### 3.2.2.1. Génesis endógena

Las formas de génesis endógena distinguidas en los terrenos terciarios son consecuencia de su disposición subhorizontal y litología: escarpes mayores y menores de 100 m, que se muestran evidentemente en la vertiente más abrupta de el Castellar.

El fondo de los barrancos, en su mayoría, están colmatados por depósitos de "val" que, en algunas zonas, han sufrido una nueva incisión, llegando incluso a desmantelarse totalmente cuando la erosión remontante ha sido lo suficientemente intensa.

##### 3.2.2.2. Génesis exógena

Respecto a las formas de génesis exógena se han distinguido: laderas, fluviales, poligénicas, kársticas y antrópicas.

###### a) Laderas

Se han considerado las laderas de acumulación de tipo coluvial, generadas, bien ampliamente bajo los escarpes de la terraza de 35 m de la margen derecha del Ebro, bien de forma más limitada en la base de los escarpes de su margen izquierda.

###### b) Fluviales

Las formas fluviales más destacadas están elaboradas por la evolución de la red de drenaje cuyo nivel de base local lo define actualmente el río Ebro.

A este río se atribuyen, por criterios geomorfológicos, las terrazas de 10, 25, 35 y 55-60 m, correlacionadas siempre que existe continuidad, con las de los cursos bajos del Jalón y Gállego. Las terrazas más altas, de 90-100 (Campabio) y 70-140 (Juslibol) por los mismos criterios, se han atribuido, respectivamente, a dichos ríos.

El cauce del Ebro es meandriforme, quedando marcadas frecuentemente en las terrazas más modernas las cicatrices de acreción y meandros abandonados ("galachos").

La red secundaria presenta escasa o nula incisión en la vertiente de la margen derecha, mientras que en la izquierda existen zonas con laderas desnudas que muestran fuerte abarrancamiento, y otras con incisiones que denudan los depósitos de "val" previos.

Esta denudación tiene como consecuencia el depósito en formas de pequeños conos que se sitúan sobre la llanura aluvial actual a la salida del escarpe de la margen izquierda, excepción hecha de un cono más antiguo (Casa de Pola), actualmente incidido y con borde escarpado, que debe corresponderse con la terraza de 10 m.

#### c) Poligénicas

Se han incluido dentro de la génesis poligénica todos aquellos depósitos y formas cuyo origen se debe, en mayor o menor grado, a más de un proceso; así se han considerado dos grandes grupos: glacis y valles de fondo plano o "vales".

Dentro de los glacis se han distinguido, después de un estudio secuencial relativo de sus incisiones, o por correlación con los niveles de terrazas, cuatro sistemas. Los sistemas primero y tercero son exclusivos de la margen izquierda del Ebro, mientras que el segundo lo es de la derecha y el cuarto común a ambos. Por otro lado, solamente el primero queda colgado y sus bordes son francamente escarpados. Los límites del sistema I, y en menor parte el II, quedan colgados y definidos generalmente por un escarpe, mientras que los sistemas III y IV tienen su génesis en una época muy próxima a la del encajamiento de la red actual, situándose preferentemente en áreas deprimidas de carácter más local.

En los valles de fondo plano están incluidos todos los depósitos de la red de drenaje arborescente actual que no presentan generalmente cauce inciso. Su relleno enmascara la morfología original en "V" (PELLICER y ECHEVERRIA, 1989) y el enlace de la parte inferior, donde dominan los arrastres fluviales, con los depósitos de dominio gravitatorio de las laderas, se suele efectuar mediante una superficie ligeramente cóncava, sin que sea posible de un manera clara su delimitación.

#### d) Kársticas

Son procesos que han tenido y tienen particular relevancia en el modelado de la hoja. Su origen hay que buscarlo en la disolución de los yesos terciarios, fundamentalmente en dos niveles: uno en las cotas próximas a los 400 m y otro sobre los 220 m, afectando a terrazas de la margen derecha del Ebro

## e) Antrópicas

La actividad antrópica es alta en el fondo de los valles y, especialmente, en la llanura aluvial actual y en las terrazas inferiores de los ríos Ebro, Jalón y Gállego, donde la mayoría del cultivo es de regadío. Se han marcado como obras mineras reseñables las canteras de áridos más importantes.

### 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Se describen las características de los depósitos cuya génesis se ha contemplado en el epígrafe 3.2.

#### 3.3.1. Coluviones

Son los depósitos de ladera generalizados en la hoja; tienen especial desarrollo en la margen derecha bajo los escarpes escalonados de las terrazas, en particular de la de 35 m. Están constituidos por cantos mal clasificados procedentes del Terciario (caliza, arenisca y yeso) y de la terraza o glacis inmediatos (cantos poligénicos de redondeados a subangulosos) trabados por una matriz arenoso-arcillosa.

#### 3.3.2. Terrazas

Las presentes del Gállego (5, 10, 20 y 70-140 m) están constituidas por gravas y arenas con estratificación cruzada, reconociéndose a veces, en las más bajas, los limos de la llanura de inundación. Sus cantos están bien rodados, presentan predominio de rocas paleozoicas (cuarzo, cuarcita y rocas plutónicas) sobre las terciarias; el tamaño medio oscila entre 2 y 8 cm y la matriz que los traba es arenoso-limosa con cemento carbonatado.

En cuanto a las potencias observadas, varían entre 5-8 m para las más bajas y 40 para la de 70-140, aunque las deformaciones por rellenos de zonas afectadas por disolución de yesos, pueden producir aumentos anómalos considerables.

De las terrazas del Ebro (10, 20, 35 y 55-60 m) cabe indicar que sus cantos son de cuarcita, cuarzo, arenisca y rocas ígneas (granito y subvolcánicas) del Paleozoico y Triásico. Se aprecian dos modas, una próxima al tamaño grava (1,5 cm) y otra de 6 a 10 cm, con un máximo de 30 cm. Su matriz es arenoso-limosa y, cuando es posible su observación, hacia el techo, se presenta un aumento de la carbonatación que puede finalizar en una costra de caliche.

Las potencias medidas en escarpe son del orden de 15 m máximo, aunque medidas con sondeos mecánicos y geofísica, permiten deducir en las zonas con intensa karstificación anomalías positivas en que se llega a alcanzar los 50-60 m.

Las terrazas del río Jalón presentes en la hoja (5, 10, 30, 60 y 90-100 m), están constituidas esencialmente por cantos rodados de cuarzo, cuarcita, areniscas y rocas ígneas del Paleozoico y Triásico y, eventualmente, calizas mesozoicas. Su tamaño medio oscila entre 3 y 5 cm con un

máximo de 25-30. Se disponen con estratificación cruzada, llegando a aparecer a veces preservada en las partes altas la llanura de inundación correspondiente, con limos y arenas.

La potencia máxima observada en canteras es de 15 m, pudiendo ser, en algún punto, algo mayor por procesos de colapsamiento.

### 3.3.3. **Glacis**

Sus depósitos están constituidos generalmente por una mayoría de cantes subredondeados a subangulosos próximos al tamaño grava (1-3 cm) trabados por limo y arena. En menor proporción se encuentran tamaños entre 8 y 10 cm y, más raramente bloques de hasta 45 cm. La selección es baja, apreciándose estratificación cruzada difusa, a veces marcada por pasadas efímeras arenosas con desarrollo irregular.

La procedencia de los cantes es de las calizas del Terciario próximo, aunque eventualmente pueden encontrarse de yeso, igualmente terciarios, y cantes paleozoicos.

La potencia visible, probablemente cercana a la máxima, es de 4-6 m medida en los escarpes de los sistemas primero y segundo.

### 3.3.4. **Dolinas**

Las de la vertiente izquierda, situadas sobre el Terciario desnudo, funcionan como pequeñas áreas endorreicas donde se acumulan depósitos poligénicos de cantes de caliza con limos y arcillas con una potencia estimada de hasta 3 m.

En las de la vertiente derecha, debido a que se han generado en su mayor parte, al mismo tiempo que los procesos de aterrazamiento, el relleno es semejante al de la terraza correspondiente, tapizado por una delgada capa de limo-arcilla.

La potencia del relleno, hasta 60 m, no es significativa, pues la mayor parte corresponde a la terraza que la colmata.

## 3.4. EVOLUCION DINAMICA

Una vez colmatada la Cuenca del Ebro a finales del Terciario, tiene lugar el desmantelamiento y evacuación exorreica de sus materiales hacia el Mediterráneo en varias etapas.

El primer testigo de este proceso, seguramente en el comienzo del Pleistoceno, son los depósitos de las terrazas colgadas del Jalón (90-100 m) y del Gállego (70-140), que tendrían su correspondencia con alguna del Ebro mínimamente conservada en la actualidad. También es probable que a finales de este período, comenzara el desarrollo de los glacis del primer sistema.

Posteriores descensos del nivel de base general, generarían el encajamiento escalonado del resto de las terrazas, la de 55-60, correlacionada con el primer sistema de glacis, que se ha atribuido al Pleistoceno medio; las de 25 y 35, correlacionadas con el segundo sistema, que se formarían durante el Pleistoceno superior y, finalmente, las de 10 y 15 m, con dataciones de 800 años a d.c. para la primera, y 50 años a.d.c. para la base de la segunda, que se corresponderían con el tercer y cuarto sistema respectivamente.

Del perfil disimétrico del valle del Ebro y las distintas superficies que definen terrazas y glacis, cabe deducir que, simultáneamente al encajamiento, se ha producido un basculamiento general hacia el NE de los bloques limitado por el escarpe de la margen izquierda del Ebro, con un movimiento relativo de ascenso del más septentrional. Así se explica, además de la pendiente transversal anómala, que las terrazas sólo se preservan en la margen derecha, mientras que en la izquierda son desmanteladas por las más modernas, en la tendencia continua del Ebro a adosarse contra ese escarpe. Esta migración hacia el norte durante el Cuaternario, hay que relacionarla con reajustes tectónicos recientes (PELICER y ECHEVERRIA, 1989), que además de lo indicado anteriormente rejuvenecen selectivamente el relieve del bloque septentrional, con evidente encajamiento de la red fluvial.

### 3.5. PROCESOS ACTUALES-SUBACTUALES Y TENDENCIAS FUTURAS

Del análisis del epígrafe anterior no es muy comprometido afirmar la relativa inestabilidad de los dos grandes bloques terciarios limitados por el cauce del Ebro, y aunque éste fenómeno sea difícil de cuantificar, si se puede de manera general establecer, independientemente de las variaciones del nivel general de base, que el bloque septentrional, estará sometido a un continuo movimiento de ascenso con una marcada tendencia a su desmantelamiento, mientras que el meridional, más estable tectónicamente, con escarpes menores y pendiente general pequeña, está próximo al equilibrio denudativo-acumulativo. Sin embargo, a pesar de los indicios tectónicos deducidos de las evidencias geomorfológicas, actualmente no se encuentran pruebas directas o indirectas de la existencia de fracturación a la escala propuesta.

#### **4. HISTORIA GEOLOGICA**

La hoja de Alagón se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca corresponde a los últimos estudios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del orógeno pirenaico, aunque sus márgenes meridional y oriental estuvieron afectados por la actividad tectónica de la Cordillera Ibérica, y de la Cordillera Costero Catalana.

Durante el Paleoceno, en el margen meridional de la cuenca de antepaís surpirenaica se depositaron materiales continentales. En el Ilerdense, tuvo lugar una transgresión marina generalizada en el este de forma que durante gran parte del Eoceno, en el área oriental de la cuenca se desarrollaba una sedimentación marina.

En el Eoceno superior (Priabonense), la cuenca de antepaís pasa a ser una cuenca endorreica. En estas condiciones de sedimentación continental se desarrollaron extensos sistemas de abanicos aluviales y redes fluviales distributivas desde los márgenes hacia el centro de la cuenca; en donde se depositaron importantes acúmulos de sedimentos lacustres carbonáticos y evaporíticos.

La sedimentación de los sistemas aluviales tiene lugar de forma coetánea con la deformación de los orógenos que circundan la cuenca. Este hecho queda reflejado en las discordancias progresivas y angulares desarrolladas en los materiales conglomeráticos de abanico aluvial proximal que son observables en numerosas localidades. La tectónica sinsedimentaria, desarrollada en la cuenca durante el Oligoceno y el Mioceno, también queda reflejada por la progresiva migración, a través del tiempo, que efectúan los depocentros lacustres hacia el oeste.

En la hoja de Alagón la edad de los materiales terciarios abarca aproximadamente desde el Aragoniense inferior hasta el Aragoniense inferior-medio. Las unidades más antiguas de la hoja corresponden a la Formación Zaragoza. En ésta época este sector de la cuenca constituía la parte central de un extenso sistema de lago salino efímero (*playa lake*) que alterna períodos de alta concentración salina con otros de mayor dilución, y cuyas áreas marginales eran periódicamente invadidas por depósitos distales de las llanuras aluviales circundantes. La unidad más antigua que aflora en la hoja incluye niveles de halita, que, de acuerdo con datos obtenidos e interpretados del subsuelo (TORRESCUSA y KLIMOWITZ, 1990), ponen de manifiesto un período de menor subsidencia en el área de Tauste que en las proximidades de Zuera y Zaragoza, hacia donde se traslada el depocentro. Posteriormente se iguala la tasa de subsidencia, manteniéndose el mismo medio sedimentario, aunque en general es mayor la proporción de sales precipitadas que en la etapa anterior. El centro de la cuenca evaporítica quedaría por tanto situado hacia la zona de Zaragoza y Zuera.

El ámbito sedimentario de lago salino en la hoja culmina con el depósito del tramo anhidrítico-yesífero aflorante. Hacia el sur y oeste intercala progresivamente arcillas, con tendencia a ser la litología predominante.

Posteriormente se produce un cambio en las condiciones sedimentarias del área, pasando ésta a estar ocupada por una extensa área lacustre somera con sedimentación carbonatada, que en los períodos tempranos presenta facies de energía relativamente alta que paulatinamente pasan a otras más tranquilas y homogéneas.

Desde este momento y hasta los tiempos cuaternarios no existe registro sedimentario en la hoja de Alagón; sin embargo en otras hojas, como la de Remolinos continuó la sedimentación, en unas condiciones similares a las descritas hasta ahora hasta la parte superior del Vallesiense.

En el tránsito Mioceno-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la Cuenca del Ebro al transformarse en una cuenca abierta con drenaje hacia el Mediterráneo a través de la Cordillera Costero Catalana. Bajo estas condiciones se produce la evacuación de los sedimentos cenozoicos a lo largo del Cuaternario, debido a la acción erosiva de los dispositivos fluviales que se instalan. Los depósitos cuaternarios que aparecen en la hoja son en gran parte terrazas del río Ebro y glacis generados en diferentes etapas marcadas por las sucesivas variaciones del nivel de base. La movilización de las evaporitas formando diafiros y la disolución de éstas creando dolinas, constituyen uno de los rasgos más característicos de la zona.

## **5. GEOLOGIA ECONOMICA**

### **5.1. RECURSOS MINERALES**

La totalidad de las explotaciones minerales que permanecen activas actualmente en la hoja, aprovechan los depósitos de terraza generados por los ríos Ebro y Jalón durante el Cuaternario. Estos depósitos están compuestos casi exclusivamente por gravas, hecho que condiciona la práctica inexistencia de extracciones de arenas.

Tradicionalmente, las explotaciones se realizaban con escasa mecanización desarrollándose frentes de escasos metros de altura y permitiendo un posterior aprovechamiento de la superficie afectada para actividades agrícolas. Hoy día, se ha desechado esta práctica en favor de explotaciones con mayores frentes, obteniéndose un mayor rendimiento por unidad de superficie. En algunos casos, la excesiva profundización en los niveles de terraza impide las labores extractivas en épocas de crecida de los ríos al quedar inundadas las partes inferiores de las canteras.

Al margen de las graveras, no existen otros tipos de explotaciones, pero en el pasado fueron aprovechadas otra sustancias. Así, existen canteras abandonadas de yeso en Juslibol, de sal gema en Torres de Berrellén, y de calizas en el cuadrante nororiental de la hoja.

### **5.2. HIDROGEOLOGIA**

#### **5.2.1. Climatología**

La zona encuadrada dentro de los límites de la hoja de Alagón, pertenece a la amplia unidad geográfica denominada Valle del Ebro. Si se analiza la distribución de precipitaciones en la superficie de dicha cuenca, se pone de manifiesto su irregularidad. Las precipitaciones máximas se concentran en las cordilleras limitantes del valle (Pirineos, Cornisa Cantábrica, Cordillera Ibérica), alcanzando o superando incluso los 1.500 mm de media anual. Las precipitaciones mínimas se presentan en la depresión del Ebro con medias anuales de 300 mm.

Las precipitaciones medias registradas en la hoja de Alagón varían entre 400 mm al sur y 700 mm en el norte.

Las temperaturas medias están comprendidas entre 13 y 15° C.

La evaporación potencial es del orden de 830 mm, la evapotranspiración real se estima sobre los 300 mm.

#### **5.2.2. Hidrología**

La hoja de Alagón está atravesada por el río Ebro que discurre con dirección noroeste-sureste sobre terrenos poco consolidados del Terciario Continental, por su margen derecha desemboca el río Jalón en las inmediaciones de Alagón. El régimen del río Ebro en esta zona se caracteriza por el predominio de aguas altas de Noviembre a Mayo y muy pronunciados estiajes en los meses de Julio-Agosto. La pendiente del río es del orden del 0,7%.

CODIGO	NOMBRE	COORDENADAS UTM	TÉRMINO MUNICIPAL	SUSTANCIA	MORFOLOGIA	LABORES	OBSERVACIONES
1	—	669.8-4620.4	Zaragoza	Grava	Terraza	Cantera	Abandonada
2	—	655.0-4623.4	Alagón	"	"	"	Activa
3	—	655.0-4622.6	Alagón	"	"	"	Activa
4	Barboles	651.4-4618.1	Barboles	"	"	"	Intermitente
5	—	651.5-4618.6	Barboles	"	"	"	Activa
6	—	651.6-4619.0	Barboles	"	"	"	Abandonada
7	—	659.6-4617.6	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
8	—	660.1-4616.6	Zaragoza	"	"	"	Activa
9	Pinseque	660.6-4620.8	Pinseque	"	"	"	Activa
10	—	661.2-4619.3	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
11	—	661.8-4618.4	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
12	—	663.7-4618.1	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
13	El Copao	664.7-4616.1	Zaragoza	"	"	"	Activa
14	—	649.8-4619.0	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
15	—	660.5-4620.1	Pinseque	"	"	"	Abandonada
16	—	661.1-4619.4	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
17	—	674.2-4618.5	Zaragoza	Yeso	Estratificada	"	Abandonada
18	San Gregorio	674.3-4618.9	Zaragoza	Grava	Terraza	"	Abandonada
19	—	668.5-4617.9	Zaragoza	"	"	"	Activa
20	Alfocea	670.2-4620.3	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
21	—	672.8-4619.4	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
22	—	667.6-4615.8	Zaragoza	"	"	"	Activa
23	—	663.1-4619.6	Pinseque	"	"	"	Activa
24	—	671.5-4619.8	Zaragoza	"	"	"	Abandonada
25	—	663.3-4625.4	Torres de Berrellén	"	"	"	Abandonada
26	—	654.5-6622.2		Grisén	"	"	Activa
27	—	660.6-4617.5		"	"	"	Activa
28	—	659.8-4616.8		"	"	"	Activa
29	—	662.1-4919.6		"	"	"	Abandonada
30	—	666.4-4615.8		"	"	"	Activa
31	—	656.3-4623.3		"	"	"	Activa
32	—	659.4-4619.2	Zaragoza	"	"	"	Activa
33	—	659.9-4617.2	Zaragoza	Arena	"	"	Activa
34	—	660.6-4619.6	Zaragoza	Grava	"	"	Activa
35	—	675.1-4618.3	Zaragoza	"	"	"	Activa

Sobre el río Piedra, afluente del Jalón, está situado el embalse de la Tranquera, única obra que regula las aguas de los afluentes del río Ebro representados en la hoja.

Las aguas del río Jalón están controladas por la estación de aforos nº 87 del M.O.P.U., en la que se ha medido un aportación media de 262 Hm<sup>3</sup>/año. El río Ebro está controlado por la estación nº 11 situada en Zaragoza (fuera de la hoja) con una aportación media de 7.842 Hm<sup>3</sup>/año. La principal obra hidráulica de conducción de aguas es el Canal Imperial de Aragón que tiene su origen en el azud de Pignatelli de donde deriva 40,9 M<sup>3</sup>/s, posee una sección trapezoidal y una longitud de 98 km. Existe multitud de acequias y desagües que abastecen los regadíos y algunos núcleos de población.

El índice de Calidad General (I.C.G.) adoptado por la Comisaría Central de Aguas, clasifica la calidad de un agua por medio de un índice adimensional que oscila del 0 al 100 (péssima u óptima calidad, respectivamente).

Las muestras tomadas en el río Jalon, estación de Grisén tienen los siguientes valores:

- Indice de Calidad General (I.C.G.): 75,04
- Sólidos en Suspensión (S.S.): 52,02 mg/l
- Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O<sub>5</sub>): 3,69 mg/l

Los análisis realizados en el río Ebro en Zaragoza, muestran los siguientes valores medios:

- Indice de Calidad General (I.C.G.): 66,32
- Sólidos en Suspensión (S.S.): 54,05 mg/l
- Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O<sub>5</sub>): 4,93 mg/l

### 5.2.3. Características hidrogeológicas

El único acuífero importante existente en la hoja de Alagón es el denominado por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) "Acuífero nº 62: Aluvial del Ebro". Este acuífero pertenece al curso medio del río Ebro y lo conforman varios niveles de terrazas. La explotación principal se realiza en la terraza actual o llanura de inundación y en la primera y segunda terraza. En la litología de la formación se distinguen dos tramos, uno inferior de gravas rodadas y bastante sueltas y otro superior formado por limos y arcillas con arenas que componen la base de la tierra vegetal cultivable. El substrato impermeable o muro del acuífero lo constituyen las facies evaporíticas del Mioceno.

La potencia de los terrenos acuíferos oscila entre 10 y 30 metros, con un espesor saturado medio de 10 a 20 m.

La anchura media del acuífero está comprendida entre 8 y 10 km.

Durante el desarrollo de los distintos estudios hidrogeológicos llevados a cabo por el Instituto Tecnológico Geominero de España, se realizaron una serie de bombeos de ensayo en sonde-

os mecánicos en el sector Cabañas-Figueruelas, en los que se obtuvieron caudales del orden de los 30 a 50 l/s con descensos de nivel comprendidos entre 0,65 a 2,96 metros. Las transmisividades calculadas según distintos métodos (Jacob, Papadópolos, Theis, etc.), muestran valores comprendidos entre 1.115 M<sup>3</sup>/día y 3.400 M<sup>3</sup>/día.

Las características hidrogeológicas generales del acuífero del río Ebro en el tramo comprendido entre Cortes y Zaragoza son las siguientes:

- Extensión: 350 km<sup>2</sup>
- Espesor saturado: 10 - 20 m
- Volumen: 2.800 Hm<sup>3</sup>
- Porosidad: 0,1
- Capacidad: 280 Hm<sup>3</sup>
- Transmisividad: 1.000-5.000 M<sup>3</sup>/día

Corresponde a un acuífero monocapa de carácter libre. La recarga se realiza por medio de infiltración debida a regadíos (retorno de las aguas de riego), infiltración directa del agua de lluvia e infiltración de los afluentes del Ebro en su toma de contacto con los materiales permeables de las terrazas.

El balance hídrico subterráneo para el conjunto del acuífero "Aluvial del Ebro" en el tramo comprendido entre Cortes y Zaragoza presenta una recarga de 14 Hm<sup>3</sup>/año debida a la precipitación caída sobre el acuífero, y de 140,4 Hm<sup>3</sup>/año de los retornos del agua de regadío. La infiltración producida por los afluentes del Ebro se puede considerar despreciable.

La descarga del acuífero se realiza a través de bombeos en pozos y sondeos (14,2 Hm<sup>3</sup>/año), manantiales de borde de terrazas (8 Hm<sup>3</sup>/año) y drenaje del río Ebro (132,2 Hm<sup>3</sup>/año).

Las curvas isopiezométricas muestran que el río Ebro drena al acuífero a lo largo de todo su curso comprendido dentro de la hoja. La cota topográfica del nivel piezométrico medio es de 230 m.s.n.m. en el noroeste del acuífero y de 180 m.s.n.m. en la parte sureste del mismo, con una pendiente del 0,2%.

La calidad química de las aguas subterráneas es mediocre a mala, debido al carácter evaporítico del zócalo y límites impermeables del acuífero, lo que provoca la disolución de sulfatos y carbonatos, y da como resultado aguas con un alto grado de mineralización, cuya conductividad sobrepasa los 2.000 µmhos/cm y la dureza los 65° F.

#### 5.2.4. Otros posibles acuíferos

Se pueden considerar acuíferos de media-baja permeabilidad los afloramientos de calizas terciarias que están representados al norte de la hoja, las terrazas altas y los glaciares.

Las calizas terciarias componen un acuífero libre permeable por fisuración. La alimentación se realiza por infiltración directa del agua de lluvia, el drenaje se realiza por pequeños manantiales.

Las terrazas y glacis son acuíferos libres de permeabilidad intergranular constituidas por limos, arenas y gravas. Al igual que en las calizas terciarias la infiltración se realiza directamente del agua de lluvia y el drenaje por pequeños manantiales.

Estos acuíferos de media-baja permeabilidad, no tienen capacidad suficiente para producir caudales importantes, pero la instalación de vertidos urbanos o industriales, puede causar la contaminación de las aguas

### 5.3. GEOTECNIA

En este apartado, se propone la división del área comprendida en la hoja en una serie de zonas con un comportamiento geotécnico y riesgo geológico similares.

El conjunto de materiales aflorantes en la hoja, se dividido en tres áreas en función de criterios de tipo litológico, genético y morfológico. Estas áreas se subdividen a su vez en zonas de acuerdo con criterios geomorfológicos, estructurales, hidrogeológicos y geotécnicos, considerándose para cada una de ellas, de un modo cualitativo, permeabilidad, drenaje, capacidad de carga, ripabilidad y riesgo geológico. En la cuantificación de este último se contempla la erosibilidad, la posibilidad de desprendimiento de laderas y escarpes naturales, de aterramientos, disolución y hundimientos, inundación (tanto por la posición del nivel freático como por deficiencias de drenaje), la agresividad al cemento y los asientos diferenciales.

En el cuadro resumen se esquematizan las características geotécnicas más importantes de los materiales de la hoja.

**ÁREA I:** Se incluyen en este área el conjunto de los depósitos terciarios. Su composición predominante es yesífera, apareciendo materiales más arcillosos intercalados y carbonatados a techo.

**Zona I-1:** El término litológico predominante es el yeso, que intercala cantidades variables de arcillas y margas. Incluye los tramos cartográficos 1, 3, 5, 7 y 8.

La estructura es subhorizontal con distorsiones locales por tectónica salina. Presenta una tupida red de barrancos y forma escarpes naturales de orden decamétrico.

Excepción hecha de fenómenos kársticos, estos materiales son impermeables, con lo que el drenaje se produce principalmente por escorrentía.

El grupo no es ripable y se estima una capacidad de carga media.

El riesgo geológico es alto en todos los aspectos considerados, excepto en el riesgo de inundación, ya que se encuentra alejado del nivel freático y la red de drenaje facilita la rápida evacuación del agua.

**Zona I-2:** Su composición litológica es básicamente arcillosa, pudiendo intercalar esporádicamente niveles de yeso nodular y halita. Se incluyen aquí las unidades cartográficas 0, 2, 4 y 6.

La disposición estructural de estos materiales es aproximadamente horizontal y presenta abarrancamientos de pequeña entidad.

Apenas existe drenaje profundo, dada la impermeabilidad del conjunto, por lo que la evacuación de las aguas se produce por escorrentía superficial que genera los abarrancamientos.

Este grupo es ripable.

La capacidad de carga es, previsiblemente, de media a baja.

Por lo que respecta al riesgo geológico, éste no es demasiado importante, presentando niveles de riesgo considerables en lo respectivo a erosionabilidad, aterramiento y agresividad al cemento.

**Zona I-3:** Está compuesta por calizas, margas y algunos niveles de silex en una disposición subhorizontal con distorsiones locales producidas por halocinesis. Lo constituye el nivel cartográfico 9.

Morfológicamente destaca la aparición de escarpes naturales.

El comportamiento global de estos materiales es semipermeable, existiendo drenaje tanto por escorrentía como por infiltración.

El conjunto, en general, no es ripable, si bien localmente puede serlo. La capacidad de carga se estima de tipo medio.

Es importante el riesgo de erosión y desprendimientos en laderas y escarpes, y de cierta consideración los de aterramiento, disolución, hundimiento, y asientos diferenciales; éstos dos últimos condicionados por la naturaleza yesífera del sustrato.

**AREA II** Se incluyen en este área los distintos niveles de glaciaciones generados durante el Cuaternario, así como conos de deyección, coluviones, etc.

**Zona II-1:** Se compone de gravas, arenas, limos y arcillas. Son depósitos de glaciaciones antiguas (unidades cartográficas 12 y 15), que constituyen planicies elevadas con pendiente suave y frecuentemente bordeadas por escarpes.

Son materiales permeables con drenaje por infiltración básicamente.

En general, salvo costras travertínicas locales que no suelen superar algunos decímetros de espesor, son ripables.

La capacidad de carga se estima de tipo medio.

Pueden existir problemas de erosión, sobre todo en las zonas escarpadas, y existen riesgos de asentamiento diferencial condicionado tanto por la heterogeneidad litológica, como por la naturaleza yesífera del sustrato sobre el que se apoyan con frecuencia.

**Zona II-2:** Está constituida por gravas, limos y arcillas, encontrándose proporciones importantes de componentes yesíferos.

Se incluyen aquí las unidades cartográficas 17, 21, 22 y 23, que corresponden a formas de glacis modernos, conos de deyección y depósitos coluviales. Por lo tanto, la pendiente está condicionada por el tipo de depósito. Localmente, pueden aparecer escarpes naturales.

Son materiales permeables con drenaje profundo, si bien puede existir escorrentía en función de la pendiente y las características de las precipitaciones.

Todos los materiales son ripables.

La capacidad de carga es de media a baja, pudiendo existir asentamientos diferenciales.

Son previsibles problemas de aterramiento, de disolución y hundimiento y de agresividad al cemento.

**AREA III:** Se incluyen en este área los depósitos de terraza que ha ido generando el Ebro a lo largo de su evolución cuaternaria, así como depósitos de fondo de valle plano y el aluvial actual.

**Zona III-1:** La conforman depósitos de gravas, arenas y limos pertenecientes a las terrazas medias y altas del Ebro.

Aparecen como superficies subhorizontales colgadas, frecuentemente deformadas, y limitadas en muchos puntos por escarpes. Incluye las unidades cartográficas 10, 11, 13 y 14.

Se comportan de modo permeable, presentando un drenaje profundo bien desarrollado

Salvo costras travertínicas, que no suelen alcanzar gran espesor son materiales ripables.

La capacidad de carga es previsiblemente media.

La erosionabilidad será baja en general, pero en las zonas escarpadas puede ser importante.

Pueden esperarse procesos de hundimiento y asentamientos diferenciales como consecuencia de la disolución de los materiales evaporíticos infrayacentes.

**Zona III-2:** La litología de este grupo incluye gravas, arenas, limos y arcillas pertenecientes a las terrazas bajas del Ebro, fondos de valle planos y aluvial actual. Engloba las unidades cartográficas 16, 18, 19 y 20.

Son superficies muy planas que se aprovechan para cultivos.

En general es permeable, pero aparecen zonas arcillosas donde la permeabilidad disminuye e incluso desaparece.

La capacidad de carga es media, pudiendo ser baja por la presencia de arcillas.

El conjunto es ripable.

Son esperables procesos erosivos, especialmente en los aledaños del curso fluvial, aterramientos e inundaciones en épocas de crecida.

Al situarse en el seno de importantes series evaporíticas, son previsibles procesos de disolución y hundimiento, asentamientos diferenciales y agresividad al hormigón.

## **6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (PIG)**

Se han seleccionado en el área un total de 3 P.I.G. que intentan reflejar de modo esquemático algunos aspectos de la evolución geológica de la misma.

Dado que las características geológicas de la hoja se extienden de modo más o menos uniforme por regiones próxima más amplias, los procesos geológicos observables en estos P.I.G. se han considerado de influencia regional, no obstante, no pasan de ser ejemplos locales de fenómenos presentes en zonas más amplias.

El contenido de estos P.I.G. se encuadra en las disciplinas de estratigrafía y tectónica, geomorfología y geotecnia, siendo su utilización fundamentalmente de carácter científico y didáctico. La selección de los P.I.G. se ha realizado de acuerdo con las directrices indicadas por el I.T.G.E. y utilizando un método directo de subjetividad compartida (CLAVER, 1984).

Los 3 P.I.G. seleccionados son los siguientes:

P.I.G. núm. 1: Mina de Torres de Berrellén

Se trata de una explotación abandonada de halita situada al pie del escarpe, en la margen izquierda del río Ebro. Su interés reside principalmente, en poner de manifiesto la existencia de labores mineras de gran importancia, en los materiales neógenos del área, sobre todo en el término de Remolinos, en donde desde épocas romanas vienen realizándose tareas mineras.

P.I.G. núm. 2: Galacho de Juslibol

La dinámica fluvial del río Ebro en el sector que ocupa la hoja está caracterizada por la sinuosidad de su curso y la migración de los cauces. Resulta habitual la generación de meandros abandonados, denominados galachos en la toponimia regional.

Un caso significativo es el galacho de Juslibol en las proximidades de Zaragoza; de su estudio en el presente siglo se deduce que la migración de los cauces ha sido acelerada por la acción del hombre, mediante la deforestación de los sotos y la extracción de gravas, hasta que la regulación del río y la construcción de defensas artificiales ha mitigado en parte el impacto y la dinámica del proceso (PELLICER y ECHEVERRIA, 1989).

P.I.G. núm. 3: Cantera de "Acampo de García"

El interés de este punto seleccionado se centra en mostrar la importancia en cuanto a extensión y potencia de las terrazas del río Ebro. Son numerosas las explotaciones de áridos a lo largo de los depósitos aluviales, por las características que suelen poseer, como en el presente caso.

Se debe señalar que es frecuente encontrar deformaciones en el seno de estos materiales, debido a la acción de los yesos. Suelen encontrarse estructuras relacionadas con movimientos diapiricos (fracturas inversas, basculamientos, . . .) y también colapsos por disolución del sustrato evaporítico. En este sentido, los procesos de disolución y colapso son activos hoy día, y plantean serios problemas en la planificación de obras públicas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTI, J., CABRERA, Ll., ANADÓN, P. y ARBIOL, S. (1988): A Late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the SE Ebro Basin (NE Spain). A potential mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A., DAAMS, R., LACOMBA, J. I., LOPEZ-MARTINEZ, N., VAN DER MEULEN, A. J., SESE, C. y DE VISSER, J. (1990): Paleontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta Geologica*. 94: 75 p.
- ANADÓN, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, Ll. y HARTENBERGER, J. L. (1987): Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontologia i evolució*, 21, pp. 117-131.
- ARRECHEA, J. (1964): El yacimiento de sal gema de Remolinos. *Min. y Met.*, 66, pp. 28-30.
- AZANZA, B.; CANUDO, J. I., y CUENCA, G. (1988): Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centrooccidental). *II Congreso Geológico de España* Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- CLAVER, I., AGUILÓ, M., ARAMBURU, M.P., AYUSO, E., BLANCO, A., CALATAYUD, T., CEÑAL, M. A., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R., FRANCÉS, E., GLARIS, G., GONZALEZ, S., LACOMA, E., MUÑOZ, C., ORTEGA, C., OTEROS, J., RAMOS, A. y SAIZ DE OMEÑACA, M. G. (1984): Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA*, nº 3. MOPU. Madrid, 572 pp.
- CUENCA, G. (1991 a).- Nuevos datos bioestratigráficos del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91*. Vic, pp. 97-100.
- CUENCA, G. (1991 b).- Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la Cuenca del Ebro. *I Congreso del grupo Español del Terciario CONGET'91*. Vic, pp. 101-104.
- CUENCA, G., AZANZA, B., CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G., CANUDO, J. I., LAPLANA, C. y ANDRÉS, J. A. (1992): Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geol. Hisp.*, v 27 (1-2), pp. 127-143.
- ENADIMSA (1984).- Investigación de lignitos en el área de Mequinenza (Zaragoza, Huesca, Lérida) (inédito).
- ENRESA (1989).- Estudio de las formaciones favorables de la región del Ebro y Pirineo alóctono (E.R.A.) (inédito).
- FERNANDEZ, C. y GALÁN, E. (1979).- Mineralogía de los depósitos de sales de Remolinos (Zaragoza). *Soc. Esp. Min.*, Vol. extraord. 1, pp. 51-65.

- IGME (1975a): Estudio geológico y minero del área lignítifera de Calaf (inédito).
- IGME (1975b): Proyecto de investigación de radioactivos del área lignítifera y uraninífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976): Área lignítifera y uraninífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981a): Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981b): Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector de Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985): Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986): Prospección previa de lignitos en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987): Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noreste peninsular (inédito).
- J.E.N. (1977a): Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977b): Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- LLAMAS, M. R. (1959): Las minas de sal gema de Remolinos (Zaragoza) y la geología de sus proximidades. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, LVII, pp.33-47.
- MANDADO, J. M. A. (1979): *Petrogénesis y geoquímica de las evaporitas y rocas asociadas en el área de Remolinos (Zaragoza)*. Tesis de Licenciatura Univ. de Zaragoza, 114 p. (inédita).
- MANDADO, J. M. A. (1987): *Lifofacies yesíferas del sector Aragónés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica*. Tesis Doctoral. Univ. de Zaragoza, 443 p. (inédita).
- MANDADO, J. M. A. y TENA, J. (1980): Moldes de cristales, tolva de halita como proceso diagénético en la serie evaporítica de Remolinos (Zaragoza). *Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, vol. 34, pp. 187-194.
- MEIN, P. (1975): Report on Activity. *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81
- ORTI, F. y PUEYO, J.J. (1977): Asociación halita bandeada anhidrita nodular del yacimiento de Remolinos (sector central de la Cuenca del Ebro). *Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 32, pp. 167-202.

- PELICER, F. y ECHEVERRIA, M. T. (1989): Formas de relieve del sector central de la Depresión del Ebro. *Institución Fernando el Católico*, C.S.I.C. Zaragoza, 216 pp.
- PÉREZ, A., MUÑOZ, A., PARDO, G., VILLENA, J. y ARENAS, C. (1988): Las unidades tectosedimentarias del Neógeno del borde Ibérico de la Depresión del Ebro (sector central). En: A. Pérez, A. Muñoz y J.A. Sanchez (eds.), *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la Cuenca del Ebro, Guía de Campo. III Reunión Grupo Especial de Trabajo, PICG 219*, pp. 7-20.
- PÉREZ DEL CAMPO, P. y LANZAROTE, A. (1988): La problemática de los "colapsos kársticos" en las infraestructuras de la Depresión del Ebro. *II Congr. Geol. España. Granada. Comunicaciones*, vol. 2, pp. 333-336.
- PUIGDEFABREGAS, C., MUÑOZ, J. A. y MARZO, M. (1986): Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basins. En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 319-336.
- QUIRANTES , J. (1969): Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Publicada en 1978 por: *Institución "Fernando El Católico" (CSIC)*. Diputación Provincial de Zaragoza, 200 p.
- RIBA, O. (1955): El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe nº 97, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1961): Geological Report on the Continental Tertiary of the Western Ebro Basin and Neighbouring Basins. Report CV-131, CIEPSA (inédito).
- RIBA, O. (1967): Resultado de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la depresión central catalana. *Acta Geológica Hispánica*, 1 pp. 1-6.
- RIBA, O. y MALDONADO, A. (1969): Las minas de sal de Remolinos (Zaragoza). *Guía Exc. V Reun. Grupo Esp. Sediment.* Pamplona-Zaragoza.
- RIBA, O., REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983): Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar. J. M. Ríos. Geología de España*, IGME, T. 2, pp. 131-159.
- RíOS J. M. (1963): Materiales salinos del suelo español. *Mem. Inst. Geol. Min. España*, nº 64.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. y VILCHEZ, J. (1984): Precisiones cronológicas sobre las terrazas inferiores del río Ebro en Zaragoza. *I Congr. Esp. Geología Segovia Tomo 1*, pp. 553-559.
- SIMÓN, J. L. (1989): Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, vol. 11, nº 3, pp. 285-294.
- SIMÓN, J. L. y SORIANO, A. (1985, a): Deformaciones cuaternarias en el área de Zaragoza. *Actas I Reunión del Cuaternario Ibérico*, Vol. II, pp. 329-343.

- SIMÓN, J. L. y SORIANO, A. (1985, b): Diapiric deformations in the Quaternary deposits of the Central Ebro Basin, Spain. *Geol. Mag.* 123(1), pp. 45-57.
- SIMÓN, J. L., GIL PEÑA, I. y CASAS, A. M. (1989): La fracturación distensiva cuaternaria en el sector occidental de la cuenca del Ebro. *II Reun. Cuat. Ibérico*. Resúmenes, p. 56.
- SORIANO, A. (1986): Dolinas de disolución normal y dolinas aluviales en el sector Centro-Meridional de la Depresión del Ebro. *Bol. Geol. y Min.*, T. XCVII-III, pp. 328-337.
- SORIANO, M. A. (1990): Geomorfología del sector centromeridional de la Depresión del Ebro. *Inst. Fernando El Católico*. Zaragoza. 269 pp.
- TORRESCUSA, S. Y KLIMOWITZ, J. (1990): Contribución al conocimiento de las evaporitas mioceñas (Fm. Zaragoza) de la Cuenca del Ebro. En: F. Ortí y J. M. Salvany (eds.), Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante. *Enresa*, pp. 120-122.
- VILLENA, J., PÉREZ, A., PARDO, G. Y GONZÁLEZ, A. (1991): Estudio sedimentológico del Terciario de la hoja de Daroca. En: Memoria del mapa geológico E. 1 :200.000, nº 40 DAROCA. ITGE.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976): Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC)*, Enschede, 211 pp.



SECRETARÍA GENERAL DE LA ENERGÍA Y RECURSOS MINERALES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA