



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

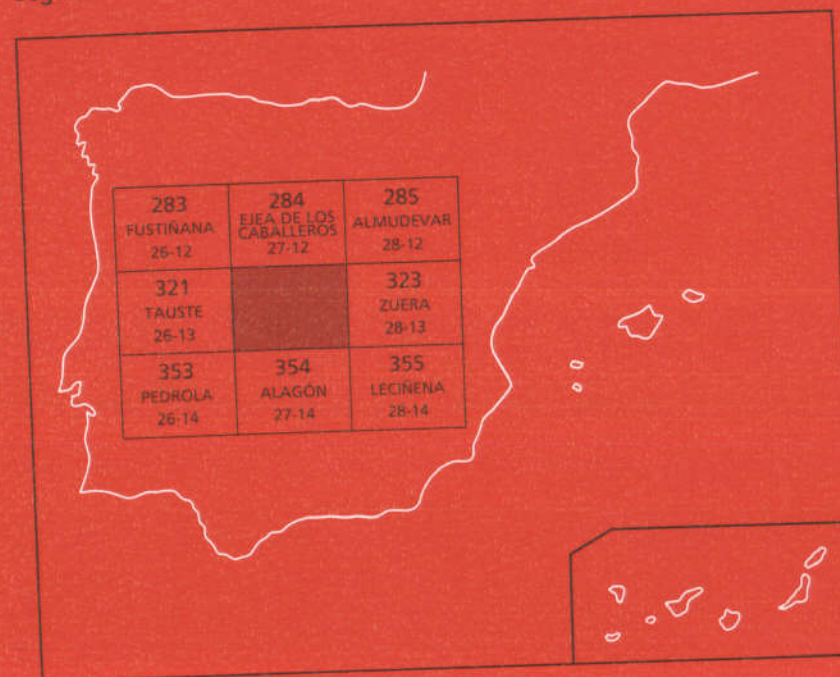
322

27-13

# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

Segunda serie - Primera edición



## REMOLINOS



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

20322

# **MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**

**Escala 1:50.000**

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

# **REMOLINOS**

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

Depósito Legal: M.-21.951-1995

ISBN: 84-7840-221-7

NIPO: 241-95-005-0

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.

El Mapa Geológico y Memoria explicativa de Remolinos (322) han sido realizados, durante 1990, 1991 y 1992 por la Compañía General de Sondeos S.A., habiendo intervenido los siguientes autores:

**Mapa Geológico:**

A. Hernández y A. van den Hurk (CGS)

**Mapa Geomorfológico:**

J. I. Ramírez (CGS)

**Memoria:**

**Estratigrafía**

A. van den Hurk (CGS)

**Geomorfología**

J. I. Ramírez (CGS)

**Tectónica**

J.J. Navarro (CGS)

**Neotectónica**

J.L. Simón (Univ. Zaragoza)

**Hidrogeología**

R. Rodríguez Santisteban (CGS)

**Geología Económica**

A. García Villar (CGS)

Han colaborado en aspectos parciales:

**Estratigrafía**

A. van den Hurk (CGS)

**Sedimentología**

A. van den Hurk (CGS)

**Petrografía**

A. del Olmo (CGS)

**Micropaleontología**

J. Ramírez del Pozo

**Micromamíferos**

G. Cuenca (Univ. Zaragoza)

**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.

## INDICE

	<i>Páginas</i>
0. INTRODUCCION .....	9
1. ESTRATIGRAFIA .....	11
1.1. Terciario .....	16
1.1.1. Unidad Bujaraloz-Sariñena (Valduera) .....	16
1.1.1.1. Alternancia de margas verdes con yeso nodular (1). (Aragoniense) .....	19
1.1.1.2. Yeso tabular-nodular con calcisiltitas. Sales (2). (Aragoniense) .....	19
1.1.1.3. Arcillas rojas con yeso nodular (3). (Aragoniense) .....	20
1.1.1.4. Alternancia de margas y calizas margosas (4). (Aragoniense) .....	20
1.1.1.5. Alternancia de calizas, margocalizas y margas (5). (Aragoniense) .....	21
1.1.2. Unidad Remolinos-Lanaja (Purasal) .....	21
1.1.2.1. Arcillas rojas con canales de gipsarenitas (6). (Aragoniense) .....	23
1.1.2.2. Margas con yeso nodular y calcisiltitas (7). (Aragoniense) .....	25
1.1.2.3. Yeso tabular-nodular con calcisiltitas y margas (8). (Aragoniense) .....	25
1.1.2.4. Alternancia de margas y calizas limosas tractivas (9). (Aragoniense) .....	26
1.1.2.5. Calizas limosas tractivas con margas (10). (Aragoniense) .....	26
1.1.3. Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora (Atalaya) .....	27
1.1.3.1. Arcillas rojizas y verdosas con canales de gipsarenitas (11). (Aragoniense) .....	29
1.1.3.2. Margas con yeso nodular (12). (Aragoniense) .....	31
1.1.3.3. Yeso tabular con calcisiltitas (13). (Aragoniense) .....	31

1.1.3.4.	Alternancia de margas con calizas margosas (14). (Aragoniense).....	32
1.1.3.5.	Calizas limosas tractivas con margas (15). (Aragoniense).....	32
1.1.4.	Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón (Puntaza).....	33
1.1.4.1.	Margas grises y ocre. (16) (Aragoniense).....	34
1.1.4.2.	Alternancia de calizas y margas. (17) (Aragoniense).....	36
1.1.4.3.	Calizas bioturbadas (18). (Aragoniense).....	36
1.2.	Cuaternario.....	38
1.2.1.	Pleistoceno.....	38
1.2.1.1.	Cantos calcáreos, arenas, limos y arcillas. Glacis (19, 20 y 21).....	38
1.2.1.2.	Gravas y limos. Terrazas. (22).....	39
1.2.2.	Holoceno.....	39
1.2.2.1.	Cantos y gravas, arenas, limos y arcillas. Aluviales y fondos de vale (23).....	39
1.2.2.2.	Cantos, limos y arcillas. Conos de deyección, glacis sub-actual y depósito aluvial-coluvial (24, 25 y 26).....	39
2.	TECTONICA.....	40
2.1.	Marco tectónico regional.....	40
2.2.	Descripción de la estructura.....	41
2.3.	Evolución tectónica.....	42
2.4.	Neotectónica.....	43
3.	GEOMORFOLOGIA.....	45
3.1.	Descripción fisiográfica.....	45
3.2.	Análisis geomorfológico.....	45
3.2.1.	Estudio morfoestructural.....	45
3.2.2.	Estudio del modelado.....	46
3.2.2.1.	Laderas.....	46
3.2.2.2.	Formas fluviales.....	46
3.2.2.3.	Formas poligénicas.....	47
3.3.	Formaciones superficiales.....	48
3.4.	Evolución dinámica.....	48
3.5.	Morfología actual y subactual y tendencias futuras.....	49
4.	HISTORIA GEOLOGICA.....	50
5.	GEOLOGIA ECONOMICA.....	52
5.1.	Recursos minerales.....	52
5.1.1.	Minerales metálicos y no metálicos.....	52
5.1.2.	Rocas industriales.....	52
5.2.	Hidrogeología.....	54

	<i>Páginas</i>
5.2.1. Climatología .....	54
5.2.2. Hidrología .....	55
5.2.3. Características hidrogeológicas .....	55
5.2.3.1. Acuíferos terciarios .....	57
5.2.3.2. Acuíferos cuaternarios .....	57
5.2.4. Calidad de las aguas subterráneas .....	57
5.3. Características geotécnicas generales .....	
6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)	63
7. BIBLIOGRAFIA .....	65

## 0. INTRODUCCION

La situación geográfica de la hoja de Remolinos del mapa topográfico 1:50.000 (núm 322) se encuadra entre los paralelos  $42^{\circ} 00'04'',3$  y  $41^{\circ} 50'04'',3$  y los meridianos  $1^{\circ} 11'10'',5$  y  $0^{\circ} 51'10'',5$ . Pertenecen casi en su totalidad a la provincia de Zaragoza, exceptuando el extremo nor-oriental, perteneciente a la provincia de Huesca.

Se sitúa en la parte central de la Depresión del Ebro, quedando comprendida entre los ríos Arba y Gállego, cerca de la convergencia de ambos con el Ebro. Dentro del territorio se encuentran los Montes de Castejón. Estos relieves se disponen en el cuadrante nor-oriental, donde alcanzan la cota topográfica de 750 m en la Loma de la plana del Rollizo (en la hoja de Ejea de los Caballeros) y los 747 m en el Alto de Esteban. Desde este vértice, toman una dirección NE-SO, culminando en el Alto de Puntaza (627 m.), en el extremo suroeste del territorio. Esta diagonal separa la hoja en dos mitades: al E-SE de la misma, se halla la depresión donde se ubica el campo militar de San Gregorio y más al sur, Zaragoza, y al O-NO de la diagonal mencionada, se halla la depresión de Tauste y del río Arba.

La red hidrográfica de esta hoja es prácticamente nula, consistiendo básicamente en infinidad de barrancos que encauzan las aguas de escorrentía, así como balsas, balsetes y pozas, dispersos por la superficie de toda la hoja. Dentro de la zona, transcurre el "Canal de Tauste", que discurre por la parte oeste y sur del núcleo urbano de Remolinos.

El clima de la comarca es marcadamente continental, relativamente templado, aunque con oscilaciones térmicas anuales muy marcadas y con tendencia a ser extremas. Las precipitaciones son escasas y mal repartidas (350-500 mm de valor medio), con nieves poco frecuentes y ambiente predominantemente seco. Es un clima ventoso, con predominio de cielos despejados, fuertemente iluminado con mucha insolación en verano, y brumoso en invierno. Debido a ello, esta hoja entra de lleno en la categoría de país estepario, que se refleja en la falta de arbolado en el paisaje. Solamente en la vaguada de los Montes de Castejón se encuentran bosques de pinos, entre los que aparecen, ocasionalmente, otras especies como sabinas y coscojas. La superficie arbolada con especies forestales suma un 16,84% del total de la hoja.

Los suelos son, en su mayoría, desérticos, con predominio de tonalidades claras. Pertenecen al grupo de suelos desérticos de polvo, pobres en humus, el horizonte A es rico en raíces; y en la



superficie aparecen cortezas de pocos mm de espesor con restos orgánicos deleznales. El lavado vertical ascendente, propicia la precipitación de sales en la superficie.

Las características socio-económicas están directamente relacionadas con la densidad media de población, que es de 4,31 h/km<sup>2</sup>, muy por debajo de la cifra límite considerada como desierto humano (13 h/km<sup>2</sup>). La economía de la región es fundamentalmente agrícola, basada en cultivos de secano de mediana y pequeña explotación: maíz, cebada, trigo, alfalfa y remolacha.. Menos importante aunque también remarcable es la explotación del olivar, almendro y viñedo. La labor intensiva sin arbolado, suma un total de 22.328 hectáreas (35.59% superficie total). Le siguen en importancia los pastizales y matorrales. Su ganadería, se reduce casi exclusivamente a la cría de ganado lanar y cabrío. La escasa industria del país está relacionada con su principal actividad, la agrícola.

Esta hoja comprende 11 términos municipales, pero dentro de ella sólo existen dos núcleos habitados: Remolinos (1.446 habitantes) y Castejón de Valdejasa (448 habitantes).

Los materiales aflorantes son de origen continental y poseen una edad comprendida entre el Mioceno (Aragoniense) y el Cuaternario. Las litologías principales son: arcillas, calizas, margas y yesos. La alternancia de niveles blandos (arcillas, margas y margas yesíferas) y de niveles duros (calizas y yesos tabulares), condiciona un relieve de mesas y cuevas en graderío, que va adquiriendo un progresivo aumento de altura topográfica, que culmina en las mesas calcáreas que coronan los Montes de Castejón.

La distribución general de facies que presentan los materiales mencionados, sigue la disposición de la cuenca miocena en este sector. De esta forma, en la parte más septentrional afloran facies carbonatadas y margosas con intercalaciones arcillosas que sirven como niveles guía en toda la hoja, mientras que hacia el sur, estos materiales se distalizan, pasando a facies yesíferas, culminadas por alternancias de calizas y margas.

Los estratos presentan una disposición general prácticamente subhorizontal, aunque con un buzamiento aproximado entre 0-0,5° hacia el S-SO. Sin embargo, en el sector suroccidental de la hoja, existe un pliegue antiforme de dirección paralela al Ebro (NO-SE), de forma que los materiales miocenos en el área de Remolinos, presentan buzamientos de hasta 11-15° hacia el SO. En el Alto de La Puntaza, existe además otra terminación anticlinal con dirección ESE-ONO, creándose de esta forma, una estructura en forma de "semidomo", en este sector del área cartografiada.

El área que comprende la hoja, se halla situada en la parte central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca, desde principios del Oligoceno, hasta la actualidad, ha actuado como zona de depósito de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras circundantes: el Pirineo en el norte, la Cordillera Ibérica en el suroeste y los Catalánides en el sureste. Los materiales fluviales, de edad miocena, que se desarrollan en el norte de la hoja, son de procedencia pirenaica (Nichols, 1984) y, en un sentido amplio, pasan, hacia el sur de la hoja, a materiales de origen lacustre, representados por las calizas y margas de los Montes de Castejón. También existen aportes provenientes de la Cordillera Ibérica, representados por arcillas rojizas que desaparecen, más al norte, en la vecina hoja de Ejea de los Caballeros.

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) para la mitad septentrional de los sectores central y oriental de la Cuenca, los del IGME (1975, 1985) en las cuencas ligníferas 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) 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: Anadón *et al.* (1987), Azanza *et al.* (1988), Agustí *et al.* (1988), Alvarez-Sierra *et al.* (1990), Cuenca *et al.* (1989) y Cuenca (1991 a y b).

Para la realización de la hoja de Remolinos, además de las técnicas habituales en estudios estratigráficos, sedimentológicos, tectónicos y geomorfológicos, se ha realizado un muestreo, en las facies más favorables para la presencia de micromamíferos, con el fin de datar las unidades cartográficas.

## 1. ESTRATIGRAFIA

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, la presente hoja está constituida por los materiales de edad miocena que colmatan la parte central de la Cuenca del Ebro, recubiertos parcialmente por materiales de edad cuaternaria.

En la hoja existen tres dominios litológicos que están constituidos por:

- Alternancia de tramos de margas y calizas con algunos niveles arcilloso-rojizos intercalados en la parte inferior y media de la serie miocena. Aflora en la parte más noroccidental de la zona. Corresponde al miembro Castellar de la Formación Alcubierre definida por Quirantes (1969).
- Alternancia de margas y yesos con algunos niveles arcilloso-rojizos. Aflora principalmente en los dos tercios meridionales de la hoja y en la parte inferior y media de la serie miocena. Corresponde a las unidades de Yesos de Alfocea y Yesos de Remolinos pertenecientes a la Fm. Zaragoza (Quirantes, 1969).

- Alternancia de margas y calizas que culminan los dos dominios anteriores en prácticamente toda la hoja. Corresponde al miembro Castejón de la Formación Alcubierre (Quirantes, 1969).

La sucesión estratigráfica de los sedimentos miocenos muestra una recurrencia vertical rítmica de las asociaciones de facies. Esta ritmicidad ha permitido la individualización de cuatro unidades, denominadas como unidades genético-sedimentarias. Cada una de éstas, presenta en su parte basal un dominio de materiales siliciclásticos, correspondientes a medios deposicionales de abanicos aluviales distales, mientras que en su parte superior en las áreas más proximales (septentrionales), presentan un predominio de materiales margoso-carbonatados, de origen lacustre-palustre y, en las áreas más distales, un predominio de facies yesíferas, de margen de lago salino y de lago salino. Es de destacar, que dentro de la hoja, las facies siliciclásticas, de abanico aluvial, que configuran la base de las cuatro unidades, se encuentran a lo largo de toda la hoja, mientras que los sedimentos carbonáticos, que constituyen la parte superior de las unidades, bien desarrollados en el norte, hacia el sur van evolucionando a facies yesíferas, exceptuando la última unidad, cuya parte superior permanece en facies margocarbonáticas en toda la hoja.

El límite entre cada unidad rítmica es neto y brusco, mientras que el cambio vertical de facies dentro de la propia unidad se produce de forma transicional. La correlación de los límites de estas unidades hacia el S y SE, ha permitido su diferenciación en sectores más cercanos al centro de la cuenca, donde todo el sedimento presente va evolucionando a facies de margen de lago salino y de lago salino.

Trabajando bajo este punto de vista, se han diferenciado, en la parte central de la Cuenca del Ebro, un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida entre el Priaboniense y el Aragoniense-Vallesiense. De todas éstas sólo cuatro se hallan presentes en la hoja, con una edad correspondiente al Mioceno Medio (Aragoniense). Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Bujaraloz-Sariñena, Unidad Remolinos-Lanaja, Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón.

Las relaciones estratigráficas de estas unidades genético-sedimentarias con las unidades litoestratigráficas definidas por Quirantes (1969), se puede observar en la Figura 1.

En la Figura 2 se representa la evolución espacial y temporal de estas unidades genético-sedimentarias en el sector nor-occidental de la parte aragonesa de la Cuenca del Ebro. En la Fig. 3, se realiza un intento de correlación de estas unidades, con las unidades tectosedimentarias definidas en la Cuenca del Ebro por Pérez *et al.* (1988) y por Arenas y Pardo (1991).

Como ya se ha mencionado en el apartado de introducción, los materiales cuaternarios corresponden principalmente a distintos niveles de glaciares desarrollados al pie de los Montes de Castejón, a algún nivel de terraza y a depósitos aluviales y coluviales de escasa importancia.

EDAD			UNIDADES GENETICO- SEDIMENTARIAS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS Quirantes, 1969		DESCRIPCION DE LAS LITOLOGIAS HOJA DE EJEA DE LOS CABALLEROS	YACIMIENTOS PALEONTOLOGICOS
SERIE	PISO	U. MEIN					
MIOCENO	ARAGONIENSE	Mn-4b	U. Sierra de Lanaja- Montes de Castejón	Fm. Zaragoza	Mb. Castejón	18.- Calizas bioturbadas 17.- Alternancia de calizas y margas 16.- Margas grises y ocre	• Puig Ladrón
			U. Sierra de Pallaruelo- Monte de la Sora			15.- Calizas tractivas y margas 14.- Alternancia de margas con calizas margosas 13.- Yeso tabular con calcisiltitas 12.- Margas con yeso nodular 11.- Arcillas rojizas y verdosas con canales de gip- sarenitas	
		Mn-4a	U. Remolinos-Lanaja		Mb. Castellar	10.- Calizas limosas tractivas con margas 9.- Alternancia de margas y calizas limosas tracti- vas 8.- Yeso tabular-nodular con calcisiltitas y margas 7.- Margas con yeso nodular y calcisiltitas 6.- Arcillas rojas con canajes de gipsarenitas	
			U. Bujaraloz-Sariñena			5.- Calizas, margocalizas y margas 4.- Alternancia de margas y calizas margosas 3.- Arcillas rojas con yeso nodular 2.- Yeso tabular-nodular con calcisiltitas. Sales 1.- Alternancia de margas verdes con yeso nodular	• Peñalba
		Mn-3b Mn-3a					

Fig. 1. Cuadro sintético de los materiales miocenos de la hoja de Remolinos

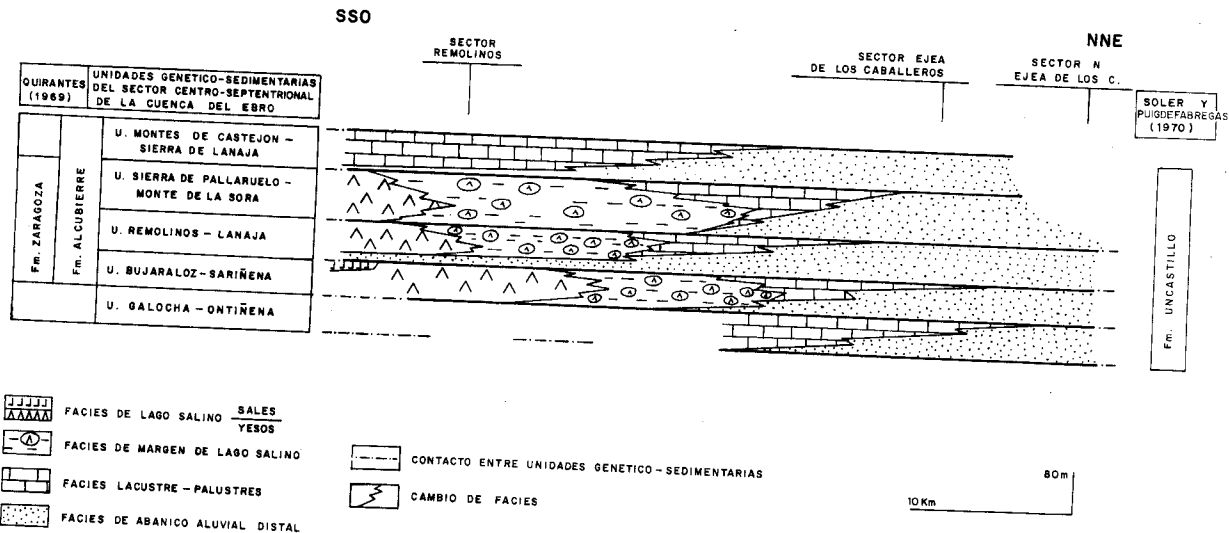


Fig. 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias miocenas en el sector noroccidental de la parte aragonesa de la cuenca del Ebro

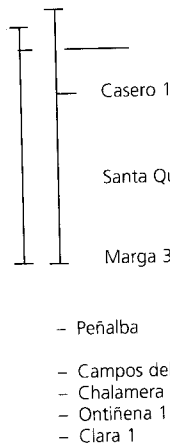
EDAD		BIOZONAS MEIN	UTS. PEREZ et al.(1988)	UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS	YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO	OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS CUENCA DEL EBRO
MIOCENO	VALLESIENSE	MN-10 MN-9 MN-8 MN-7 MN-6	N3	U. SAN CAPRASIO		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monegrillo (1)</li> <li>Tudela 1, 2 (4)</li> <li>- Paridera del Cura (2) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mas de Santiaguet (2)</li> </ul> </li> <li>- Galocha 1, 3 <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Juan</li> </ul> </li> <li>- Autol, Santa Cilia (3)</li> </ul>
	ARAGONESE	SUP.	N2	U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON		
		MED.	N1	U. SIERRA DE PALLARUELO-MONTE DE LA SORA		
		INF.		U. REMOLINOS-LANAJA		
	AGENIENSE	MN-5 MN-4b MN-4a	N1	U. BUJARALOEZ-SARIÑENA		
		MN-3b MN-3a		U. GALOCHA-ONTIÑENA		
		Mn-2b		U. TORRENTE DE CINCA -ALCOLEA DE CINCA		
		MN-2a	T4			
		MN-1				

FIG. 3.- ENSAYO DE CORRELACION DE LAS UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS DIFERENCIADAS EN LA HOJA Y LAS UNIDADES TECTOSSEDIMENTARIAS DE PEREZ et al (1988).

- (1) Azanza, com. pers.
- (2) Cuenca et al. (1989)
- (3) Alvarez-Sierra et al. (1990)
- (4) Pérez et al. (1989)

## 1.1. Terciario

### 1.1.1. Unidad Bujaraloz-Sariñena (Valduera)

Aflora en el sector occidental del territorio cartografiado y de forma parcial, puesto que solamente lo hacen los 45 m superiores, evaluados en la serie de Valduera (08). También se han medido 30 m de serie correspondientes a esta unidad en la serie de Remolinos-Purasal (02).

En el extremo noroccidental de la hoja, consiste en una alternancia de margas, yesos nodulares, arcillas rojizas y capas de caliza correspondientes a facies de transición entre facies lacustre-palustres y facies de margen de lago salino, con una cierta influencia fluvial, que viene reflejada por una intercalación de lutitas rojizas en la parte media de la serie aflorante. Hacia el SO, la unidad va pasando, de forma progresiva, a facies de margen de lago salino y de lago salino, representadas por los depósitos de yesos y sales del sector de Remolinos (Fig. 4).

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la unidad Bujaraloz-Sariñena ha sido caracterizada en las hojas de Sariñena, Peñalba y Lanaja, donde presenta, en la base, facies fluvio-aluviales, procedentes del Pirineo, que forman parte del sistema de Huesca, definido por Hirst y Nichols (1986) y, en el techo, facies carbonáticas de origen lacustre-palustre (Hernández *et al.*, 1991) (ver Fig. 4). Estas facies, hacia las áreas comprendidas en las hojas de Zuera y Almudevar y en las de Castejón de Monegros, Bujaraloz y Gelsa, situadas respecto a las anteriores, hacia el noroeste y hacia el suroeste, pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y a facies de lago salino (Hernández *op. cit.*) (Fig. 5). También ha sido caracterizada en los sectores de Fustiñana y Ejea de los Caballeros, en donde, a grandes rasgos, en el norte de estas áreas, en la base está formada por facies aluviales, pertenecientes al Sistema de Luna (Hirst y Nichols, 1986) y, en el techo, por facies de origen lacustre-palustre. De la misma forma, hacia el sur y hacia el este, pasan a facies evaporíticas de margen de lago salino y de lago salino (ver Fig. 5).

En niveles correspondientes a la parte superior de esta unidad, dentro de la explotación de halita de Remolinos se localiza el yacimiento de vertebrados de Remolinos (LLamas, 1959). Los restos procedentes de esta localidad, fueron posteriormente revisados por Crusafont *et al.* (1966) y dados como Burdigaliense, es decir Aragoniense inferior. La edad de esta unidad ha podido precisarse más con los estudios paleontológicos de microvertebrados realizados en la hoja de Peñalba por Azanza *et al.* (1988) y por Cuenca *et al.* (1989). Según los datos de estos autores la parte inferior de esta unidad tiene una edad correspondiente al Ageniense mientras que su parte superior, corresponde ya al Aragoniense. Estos autores, identifican *Ritteneria manca* en las calizas de Valdeladrones que se sitúan en la parte intermedia de esta unidad. Dicha especie, caracteriza la biozona 2b de MEIN (1975), que representa la parte superior del Ageniense. En la presente hoja, se atribuye al Aragoniense a los materiales que representan a dicha unidad, ya que la parte basal de la misma no aflora.

En la cartografía se han distinguido las siguientes asociaciones de facies, correspondientes a esta unidad:

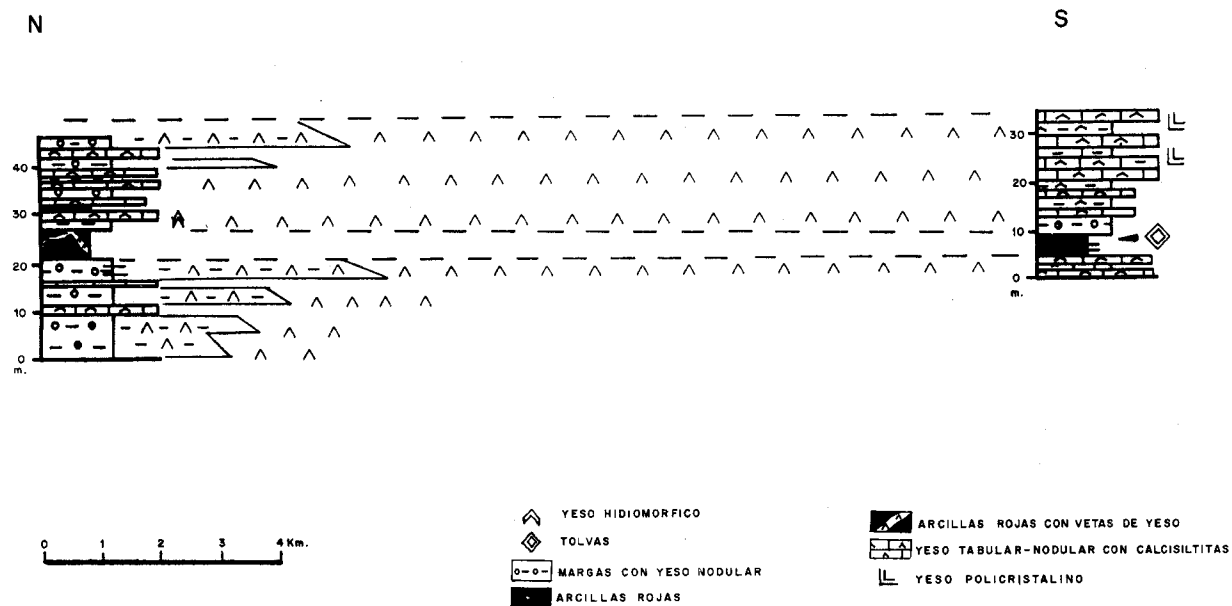


Fig. 4. Evolución de facies de la unidad Bujaraloz-Sariñena en la hoja de Remolinos



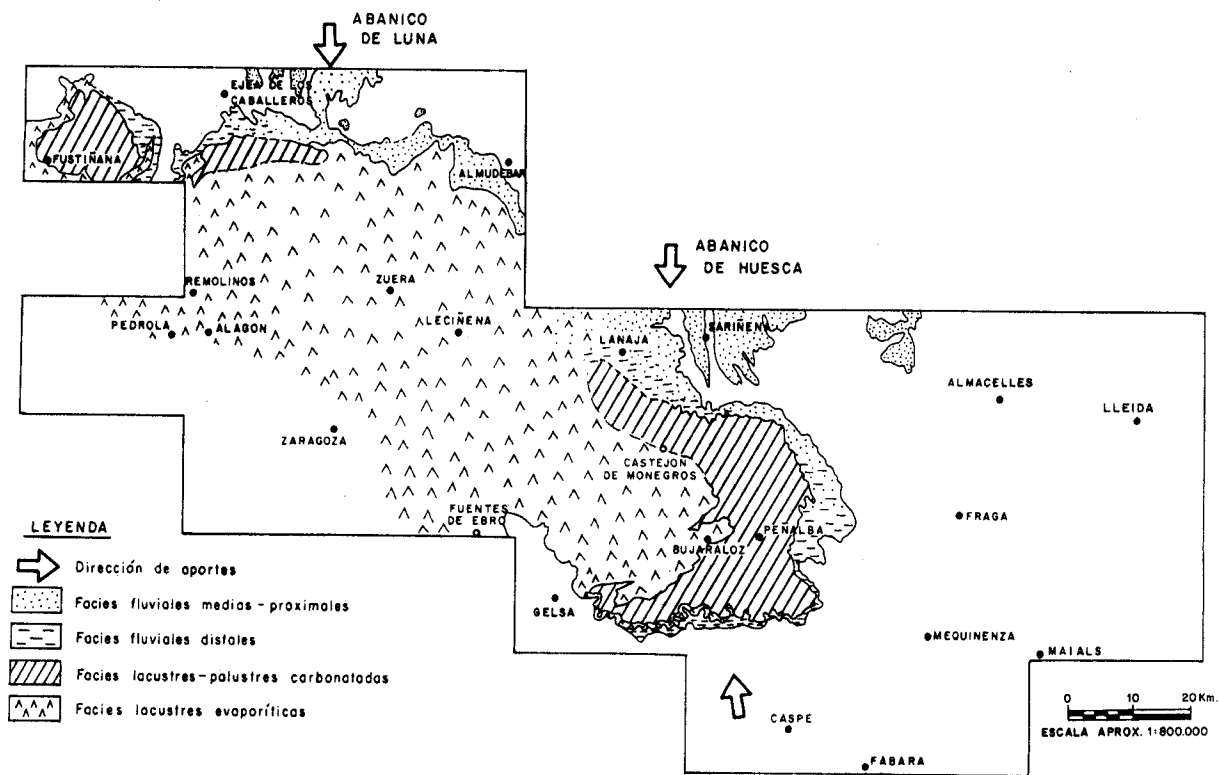


Fig. 5. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sariñena

#### 1.1.1.1. *Alternancia de margas verdes con yeso nodular (1) (Aragoniense)*

Estos depósitos se encuentran en la zona noroccidental, recubiertos en parte por materiales cuaternarios. Se hallan muy bien representados en la zona situada entre los barrancos de Valdegarcés al sur y Valdespartera al norte. En la serie de Valduera (08) presentan 20 m de potencia.

Se trata de una sucesión de margas con yeso nodular y yeso tabular con intercalaciones de calcisiltitas. El color de estos materiales es variable pero las margas suelen presentar coloraciones verdosas y grises y los nódulos de yeso alabastrino, coloraciones blanquecinas, así como también los horizontes de yeso tabular. Las calcisiltitas presentan coloraciones blancas y amarillentas. Los niveles de calcisiltitas, a menudo presentan *ripples*.

De acuerdo con sus características sedimentológicas, pueden interpretarse como depósitos de margen de lago salino (Fig. 11).

La edad de estos materiales pertenecientes a la parte media-superior de la unidad Bujaraloz-Sariñena, es Aragoniense.

#### 1.1.1.2. *Yeso tabular-nodular con calcisiltitas. Sales (2). (Aragoniense)*

Afloran básicamente en el extremo centro-occidental y suroccidental del área cartografiada. En realidad, representan los equivalentes distales de las facies descritas en el apartado anterior.

En el sector centro-occidental, en la serie de Valduera (08), su potencia es del orden de 20 m. En este área se superponen a las facies que caracterizan la unidad cartográfica anterior, pero hacia el sur, todo el conjunto aflorante de materiales de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, presenta este tipo de facies.

Sus características son muy semejantes a las de la unidad anterior, pero los materiales que configuran la presente unidad presentan un dominio de yeso tabular y de niveles de calcisiltitas sobre los niveles margosos con yeso nodular. En estos niveles, es frecuente la presencia de crecimientos de yeso selenítico.

En el extremo suroccidental de la hoja, concretamente en el sector de Remolinos, estos depósitos consisten en una alternancia de yeso tabular, de calcisiltitas, de margas y de niveles de halita. En la serie de Remolinos-Purasal (02), estos materiales presentan una potencia de unos 30 m.

La parte basal del tramo consiste en una alternancia de yeso tabular, de tramos margosos, de calcisiltitas de espesor reducido y también de niveles de halita. En la parte superior del tramo, los tramos margo-arcillosos, aumentan de potencia y en éstos, existe un gran desarrollo de nódulos de yeso y de pseudomorfos de sal.

La estratificación se dispone planoparalela aunque con deformaciones debidas a la diagénesis del yeso. Las calcisiltitas normalmente están deformadas, no obstante en ocasiones se observa laminación cruzada de pequeña escala.

Al microscopio, los niveles de yeso corresponden a yeso secundario. Dentro de los cristales se observan restos de anhidrita. El yeso se presenta en las variedades alabastrino, porfiroblástico y megacristalino.

Esta asociación de facies se interpreta como depósitos de lago salino (Fig. 11). Representan la distalización hacia el centro de la cuenca de la asociación de facies anteriormente descrita, que representaban depósitos de margen de lago salino.

Como equivalentes laterales de la unidad inferior se les atribuye también una edad Aragoniense.

#### 1.1.1.3. Arcillas rojas con yeso nodular (3). (Aragoniense)

Afloran en el sector noroccidental y suroccidental de la hoja. En la serie de Valduera (08), en el sector noroeste presentan 6 metros de potencia y en la serie Remolinos-Purasal (02), en el sector SO, unos 10 m.

Se trata de una intercalación lutítico-arcillosa existente entre los materiales que se han descrito en los apartados anteriores.

Estas arcillas presentan colores rojizos, ocre, verdes y grises. Su textura es homogénea aunque con niveles escasos de limos yesíferos, de biomicritas recristalizadas y de gipsarenitas de grano muy fino, además de nódulos de yeso alabastrino, de tamaño centimétrico. Hacia techo de este nivel, en el sector de Remolinos aparecen pseudomorfos de sal, de 20-40 cm. de tamaño, estudiadas por Mandado y Tena (1980). No presentan ningún tipo de estratificación especial, tan sólo en el Barranco de Las Salinas se encuentra un nivel de gipsarenitas con base erosiva. Este es un nivel muy continuo en el ámbito de la hoja, que no presenta ningún cambio lateral de facies.

Este nivel es interpretado como perteneciente a una extensa llanura de inundación posiblemente desarrollada en un ambiente de abanico aluvial distal (Fig. 11).

Debido a que se sitúa en la parte media-superior de la unidad Bujaraloz-Sariñena, se le atribuye una edad correspondiente al Aragoniense.

#### 1.1.1.4. Alternancia de margas y calizas margosas (4). (Aragoniense)

Afloran en el extremo nor-occidental de la hoja. Su potencia es de difícil evaluación ya que están ampliamente recubiertas por sedimentos cuaternarios.

Consisten en una alternancia de margas y de calizas, con predominancia de las primeras. Las margas son gris-blancuecinas y las capas calcáreas corresponden a biomicritas, a menudo recristalizadas, de espesor centimétrico.

Se interpretan estas facies como depósitos lacustre-palustres (Fig. 11), que distalmente pasan a facies de margen de lago salino, representadas por las unidades (1) y (2).

Por su posición estratigráfica se considera una edad Aragoniense para estos depósitos.

#### 1.1.1.5. *Alternancia de calizas, margocalizas y margas (5).* (Aragoniense)

Afloran únicamente en una pequeña cuña al noroeste de la hoja (Valdemanzana), donde constituyen el techo de la unidad Bujaraloz-Sariñena. Poseen una potencia aproximada de unos 15-20 m.

Consisten en una alternancia de calizas y de margas, con predominio de las primeras. Su color es gris blanquecino, no obstante las calizas en fractura fresca son de color gris oscuro. Son muy pobres en contenido fósil, tan sólo aparecen restos de caráceas y gasterópodos. Se interpretan como depositadas en un ambiente deposicional lacustre-palustre (Fig. 11).

Se les atribuye una edad Aragoniense, puesto que representan el techo de la Unidad Bujaraloz-Sariñena.

#### 1.1.2. **Unidad Remolinos-Lanaja (Purasal)**

Aflora en la mitad occidental de la zona cartografiada y también en el cuadrante nor-oriental.

Como se puede observar en la Figura 6, en el área noroccidental de la hoja, la base de esta unidad está representada por una alternancia de areniscas y lutitas de origen fluvio-aluvial. Sobre estos materiales se disponen, en esta misma área, sedimentos carbonatados, margosos y margo-yesíferos que pasan hacia el sur a margas con yeso nodular y yeso tabular con calcisilitas. En el sector noroeste solamente aflora la parte media-superior de la unidad. La parte media es básicamente margoyesífera y la superior, consiste en una alternancia de margas, calizas y margas yesíferas.

En resumen, la parte basal de esta unidad está formada a lo largo de toda la hoja por materiales siliciclásticos de origen fluvial, mientras que su parte media y superior, en el sector septentrional, está formada por una alternancia de sedimentos margocarbonatados, lacustre-palustres, y de sedimentos margoyesíferos, de margen de lago salino, formando estos últimos el techo de la unidad. Hacia el sur, la parte media y superior de la unidad, está básicamente constituida por facies evaporíticas de lago salino (Fig. 6).

La potencia de la unidad, se ha evaluado parcialmente en las secciones de Remolinos-Purasal (02) (90 m), Puipinos (04) (60 m) y Las Fuesas (09) (65 m).

El contacto con la unidad infrayacente (Bujaraloz-Sariñena) en la parte norte de la zona, se encuentra en un cambio brusco de facies entre las facies siliciclásticas, que forman la base de esta unidad y las facies de margas y calizas que constituyen la parte superior de la Unidad Bujaraloz-Sariñena. En el sector meridional, este límite se sitúa entre las facies terrígenas, que

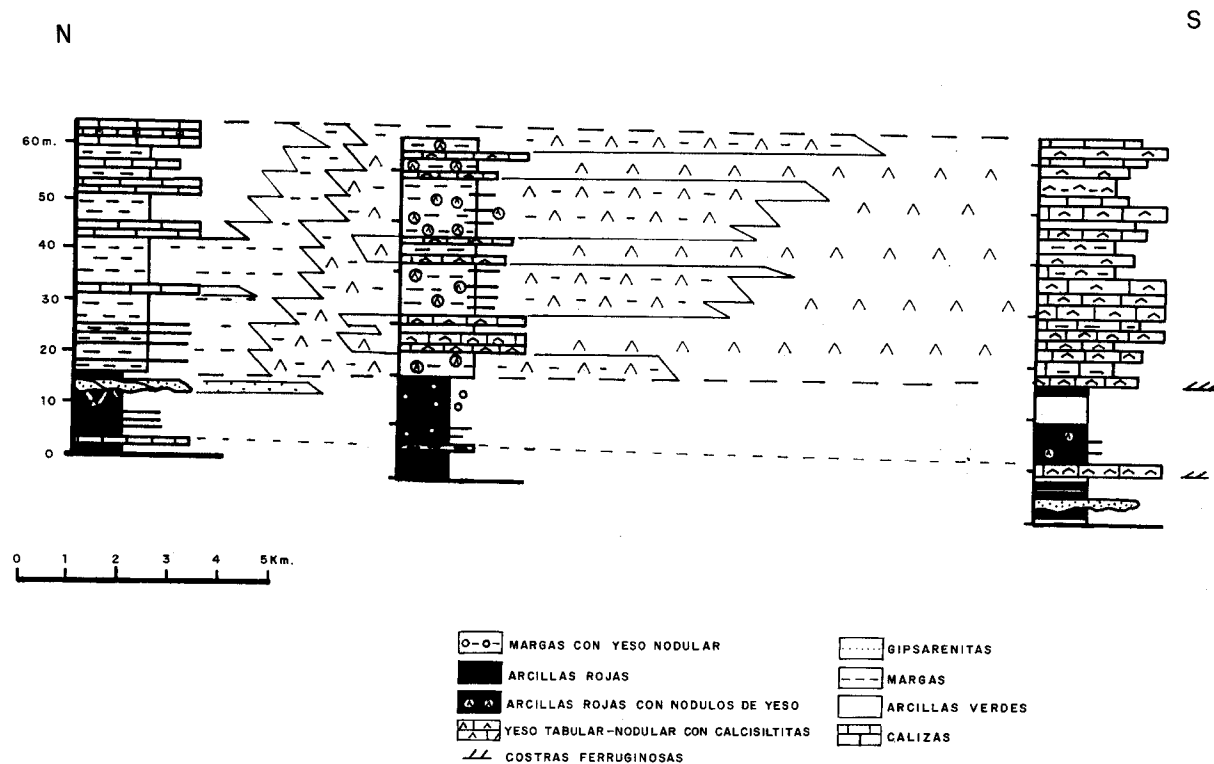


Fig. 6. Evolución de facies de la unidad Remolinos-Lanaja en la hoja de Remolinos

caracterizan la base de la unidad Remolinos-Lanaja y las facies evaporíticas, que forman el techo de la unidad genético-sedimentaria infrayacente. Este límite, tiene un reflejo sedimentario, a lo largo de toda la parte central de la Cuenca del Ebro y representa un período de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Remolinos-Lanaja se ha caracterizado en las hojas de Sariñena, Peñalba, Castejón de Monegros, Leciñena y Lanaja. A grandes rasgos, en la parte oriental del sector comprendido en estas hojas, la base de la unidad está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico, mientras que en su parte superior incluye facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 7). Los materiales aluviales, en esta zona forman parte del abanico de Huesca (Hirst y Nichols, 1986). Hacia la parte occidental de este sector de la cuenca, estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 7).

Esta unidad se ha reconocido en las vecinas hojas de Fustiñana (26-12), Ejea de los Caballeros (27-12), Almudevar (28-12) y Zuera (28-13). En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de la unidad está formada por materiales aluviales distales, ya de procedencia pirenaica (del Sistema de Luna, definido por Hirst y Nichols, 1986), ya de procedencia ibérica. Por el contrario su techo, está formado por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (Fig. 7). Hacia la parte meridional de este mismo sector, estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 7).

No se han encontrado yacimientos de microvertebrados en los materiales que forman esta unidad genético-sedimentaria, lo que impide datarla directamente. Por su posición estratigráfica entre la unidad Bujaraloz-Sariñena, correspondiente a la parte inferior del Aragoniense y la unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón datada como Aragoniense medio-superior en la hoja de Lanaja, se puede atribuir una edad Aragoniense inferior-medio a la unidad Remolinos-Lanaja.

En la cartografía se han distinguido las siguientes asociaciones de facies, correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

#### 1.1.2.1. *Arcillas rojas con canales de gipsarenitas (6). (Aragoniense)*

Esta unidad aflora en el área más occidental de la hoja.

En la columna de Puipinos (04), en el sector noroeste tiene un mínimo de 15 m de potencia, en Las Fuebas (09), 20 m, aunque no se reconoce bien la base de la unidad, en el suroeste de la hoja, concretamente en la serie de Remolinos-Purasal, (02), se reconocen 27 m, incluyendo el nivel rojizo más importante del escarpe de Remolinos.

Estos sedimentos consisten principalmente en lutitas rojas, ocasionalmente verdes y grises. En ocasiones, se intercalan paleocanales de gipsarenitas. En la zona de Puipinos (04) presentan grietas de desecación de escala métrica rellenas por yeso secundario. En Las Fuebas (09) y en Remolinos (02), aparecen nódulos dispersos de anhidrita. Es importante remarcar la presencia,

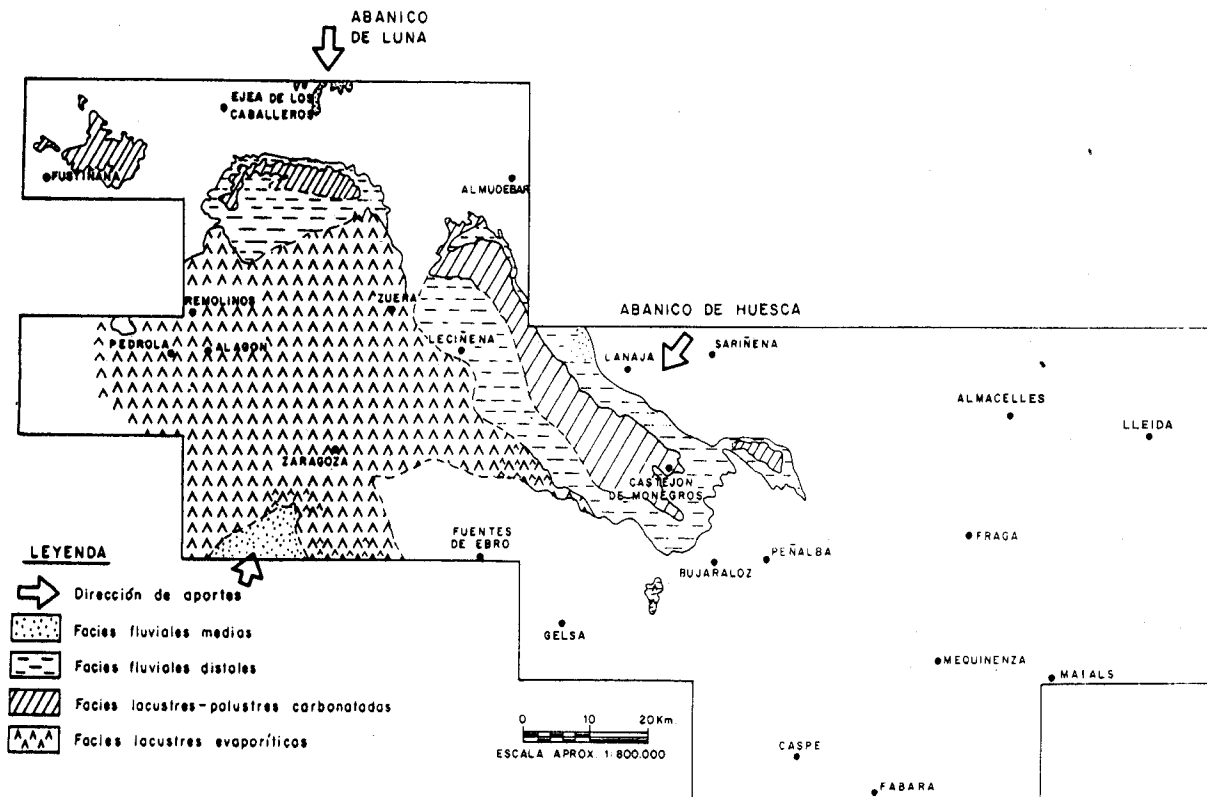


Fig. 7. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja

en estos dos sectores, de un pequeño nivel de calizas lacustres que podría ser correlacionable con un nivel de yesos y calcisiltitas en la zona de Remolinos.

Las gipsarenitas tienen un tamaño de grano que varía de fino a muy fino, y están bien clasificadas. En el área de Puipinos (04), presentan acreciones laterales, hacia el O y NO, típicas de barras de meandro. También aparecen capas planoparalelas con *megaripples* y *climbing ripples*.

En toda la hoja estas facies presentan una continuidad excepcional y no presentan ningún tipo de cambio lateral de facies.

Las areniscas tienen un 22% de cuarzo y un 25% de fragmentos calcáreos. El yeso se presenta como componente detrítico y también como cemento (20%). Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con caráceas, ostrácodos y gasterópodos; presentan porosidad fenestral y microporosidades rellenas por yeso.

Estos sedimentos se interpretan como depositados en un ambiente deposicional aluvial distal, en donde se desarrollaban barras de meandro, representadas por las areniscas canalizadas (Fig. 11) y facies de desbordamiento, representadas por las areniscas planoparalelas.

Por su posición estratigráfica se asigna a esta unidad una edad Aragoniense.

#### 1.1.2.2. *Margas con yeso nodular y calcisiltitas* (7). (Aragoniense)

Aflora tanto en el sector nor-oriental como en el sector noroccidental, donde constituye el techo de la unidad Remolinos-Lanaja.

En el sector noroccidental, en la zona que linda con la hoja de Ejea de los Caballeros, tiene unos 15 m de potencia. Consiste fundamentalmente en margas con intercalaciones centimétricas de margocalizas y de calcisiltitas con nódulos de yeso. También se intercalan capas de arenisca de grano muy fino y de espesor centimétrico, con estratificación wavy. Hacia el sur estas facies se van distalizando, pasando progresivamente a las facies yesíferas que constituyen la unidad cartográfica (8). De la misma forma, hacia el NE, van pasando a las facies carbonatadas que constituyen la unidad cartográfica (9).

De acuerdo con sus características sedimentológicas estos depósitos pueden interpretarse como facies de margen de lago salino (Fig. 11).

Por su posición estratigráfica, se le atribuye una edad Aragoniense.

#### 1.1.2.3. *Yeso tabular-nodular con calcisiltitas y margas* (8). (Aragoniense)

Estos depósitos afloran de forma extensa en la zona centro-suroccidental de la hoja. Se extienden desde el área de La Fuesas hacia el SO, en dirección a Tauste y, posteriormente, hacia el



sur formando la unidad evaporítica más potente que se presenta en el afloramiento adosado al pueblo de Remolinos. Tanto en la serie de Remolinos (02) como en la de las Fuesas (09), presenta unos 50 m de potencia. También afloran más escuetamente en el sector nor-oriental, en la zona que linda con la vecina hoja de Zuera.

Esta unidad consiste básicamente en yesos tabulares, entre los que se intercalan niveles de margas y de calcisiltitas de delgado espesor. El yeso principalmente consiste en anhidrita, pero en ocasiones aparecen yesos seleníticos. La estratificación de los yesos es tabular. Las calcisiltitas, ocasionalmente presentan *ripples*.

Hacia el norte, estas facies pasan progresivamente a facies de margen de lago salino correspondientes a la unidad descrita en el apartado anterior.

Estos materiales se interpretan como depositados en un ambiente deposicional de lago salino (Fig. 11); a diferencia de los de la unidad Bujaraloz-Sariñena no presentan horizontes halíticos.

Por su posición estratigráfica, formando parte de la unidad Remolinos-Lanaja se atribuye a esta unidad una edad Aragoniense.

#### 1.1.2.4. *Alternancia de margas y calizas limosas tractivas (9). (Aragoniense)*

Se disponen principalmente en el área de Puipinos, en el cuadrante noroeste de la hoja y también en el extremo noreste de la misma, donde en las áreas más septentrionales constituyen el techo de la unidad Remolinos-Lanaja. Hacia el sur y también en vertical, pasan transicionalmente a las facies margoevaporíticas que constituyen la unidad cartográfica (7). En la serie de Puipinos (04), presentan 20 m de potencia.

Su litología consiste principalmente en margas con alguna intercalación de niveles centimétricos a decimétricos de calcisiltitas y calizas tractivas; tienen colores grises blanco-azuladas y verdosas en superficie, mientras que en fractura fresca son algo más oscuras.

El contenido fósil de las calizas consiste en restos de gasterópodos y de caráceas. En las calcisiltitas aparece algún nivel con laminación cruzada de pequeña escala.

De acuerdo con sus características sedimentológicas se interpretan estos materiales como depositados en un ambiente lacustre-palustre (Fig. 11).

Se atribuye una edad Aragoniense a esta unidad por su posición estratigráfica.

#### 1.1.2.5. *Calizas limosas tractivas con margas (10). (Aragoniense)*

Afloran únicamente en el sector noroccidental de la hoja, en las inmediaciones de Puipinos, sobre los materiales pertenecientes a la unidad 9, de los que se han diferenciado cartográficamente por presentar un contenido mayor en niveles carbonatados. Ambas unidades, en senti-

do lateral (hacia el sur) y en la vertical, pasan a las facies margoevaporíticas que constituyen la unidad cartográfica (7). En la serie de Puipinos (04) presentan 20 m de espesor.

Esta unidad consiste en una alternancia de calcisiltitas y de margas. Su principal contenido fósil consiste en restos de caráceas y de gasterópodos. Ocasionalmente presentan nódulos de yeso de 5 cm de diámetro. Las capas de calcisiltitas normalmente tienen un espesor de 30-40 cm, aunque pueden llegar a tener menos de 10 cm y presentan laminación cruzada de pequeña escala. Algunas de estas calizas presentan a su vez bioturbación por raíces y sus componentes son más carbonatados que los de las calizas tractivas.

Estos materiales se organizan en ciclos de somerización palustre-lacustres, cuya base está constituida por niveles de margas con intercalaciones de calcisiltitas y el techo, por bancos de calizas bioturbadas.

Según la descripción efectuada, se interpretan como facies lacustre-palustres carbonatadas (Fig. 11).

Como a todos los materiales que constituyen la unidad Remolinos-Lanaja, se le atribuye una edad Aragoniense.

### **1.1.3. Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora (Atalaya)**

Esta unidad tiene una entidad cartográfica muy compleja. Debido a este hecho y a la excelente exposición de esta unidad en los Montes de Castejón se ha enfocado la cartografía desde un punto de vista muy detallado de forma que los cambios relativamente rápidos de facies y su complejidad sedimentológica quedan perfectamente reflejados en la hoja.

Esta unidad se puede dividir en dos tramos que presentan una evolución de facies muy similar a lo largo de la hoja.

El tramo inferior está representado por una serie de niveles arcillosos rojizos con gipsarenitas en la base que se desarrollan a lo largo de toda la hoja. Sobre estos materiales se superponen niveles de margas con yeso nodular en el sector noroeste de la hoja, mientras que en el sector noreste, se disponen sobre ellos bancos margocarbonatados. Hacia el sur, tanto unos como otros, van pasando progresivamente a yesos tabulares con intercalaciones de calcisiltitas. El tramo superior, en la base está formado también por niveles arcillosos rojizos con intercalaciones de gipsarenitas. En el sector septentrional del área cartografiada, la parte superior de este tramo, está formada por una serie margocarbonática que hacia el sur, va pasando progresivamente a facies margoevaporíticas y, finalmente, evaporíticas (Fig. 8).

La potencia de la unidad se ha evaluado parcialmente en las secciones de Esteban (01) (70 m), Ermita de Santa Ana (03) (50 m), Pogallinero (05) (118 m), La Atalaya (06) (145 m), La Gabardilla (10) (75 m) y Los Talegos (11) (80 m).

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria a lo largo de toda la hoja, se sitúa en el

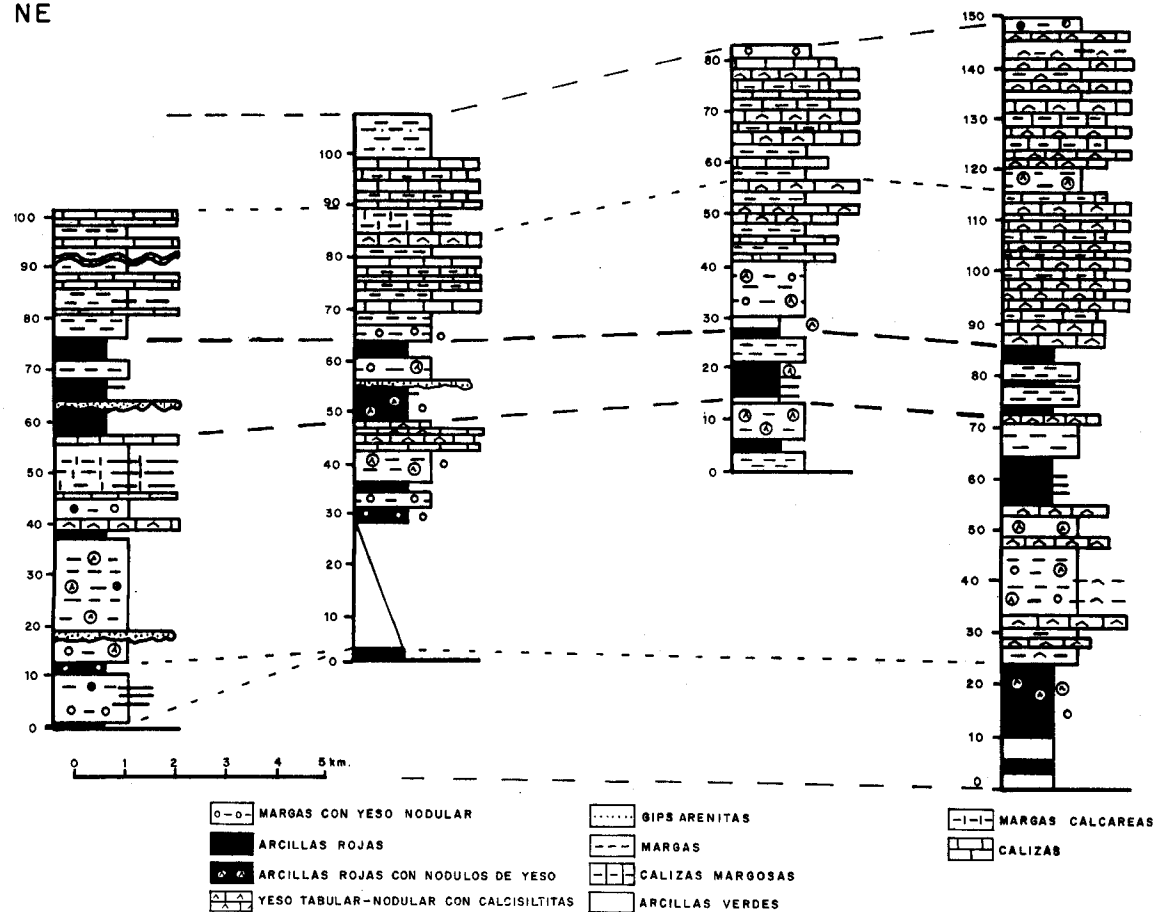


Fig. 8. Evolución de facies de la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

contacto entre las facies carbonáticas, de origen lacustre-palustre, y margo-evaporíticas, de margen de lago salino, que caracterizan la parte superior de la unidad Remolinos-Lanaja, y las facies margo-terrágenas, de abanico aluvial distal que constituyen la base de esta unidad. Este límite, tiene un reflejo sedimentario en la parte central de la Cuenca del Ebro y representa un nuevo período de reactivación de los sistemas deposicionales aluviales.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora se ha caracterizado en las hojas de Zuera, Leciñena, Castejón de Monegros y Lanaja. A grandes rasgos, en la parte oriental del sector comprendido en estas hojas, la base de esta unidad está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico de procedencia pirenaica, mientras que su parte superior, está constituida por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 9). Hacia la parte occidental de este sector de la cuenca, estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 9).

Esta unidad también ha sido cartografiada en las hojas vecinas de Fustiñana y Ejea de los Caballeros. En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de la unidad está formada por materiales aluviales distales, ya de procedencia pirenaica, ya de procedencia ibérica. Por el contrario su techo, está formado por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (Fig. 9). Hacia la parte meridional de este mismo sector, estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 9).

Al igual que la infrayacente unidad Remolinos-Lanaja, la edad de esta unidad queda incluida dentro del Aragoniense medio, ya que, dentro de la hoja de Lanaja se ha podido datar la suprayacente unidad de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, como Aragoniense medio-superior.

En esta unidad genético-sedimentaria, dentro de la hoja de Remolinos, se han distinguido las siguientes asociaciones de facies:

#### 1.1.3.1. *Arcillas rojizas y verdosas con canales de gipsarenitas (11).* (Aragoniense)

Consiste en dos niveles, el primero forma la parte basal del primer tramo de esta unidad y el segundo se localiza en la base del segundo de los tramos mencionados anteriormente. Ambos bancos afloran al pie de los Montes de Castejón y tienen una gran continuidad lateral, encontrándose a lo largo de todo el territorio que comprende la hoja.

Las potencia de los dos niveles varía a lo largo de la hoja y oscila entre los 2 y los 15 m.

Se trata de arcillas, en general muy plásticas, con contenido limoso, entre las que se intercalan capas de gipsarenitas. Ocasionalmente presentan nódulos de anhidrita que pueden llegar a tener un diámetro de 30 cm. Las arcillas son predominantemente rojizas pero también las hay verdosas en superficie. En fractura fresca toman coloraciones más claras y verdosas. Las gipsarenitas presentan coloraciones pardo-marronosas.

Los bancos de gipsarenitas tienen bases canaliformes y en ocasiones, superficies de acreción

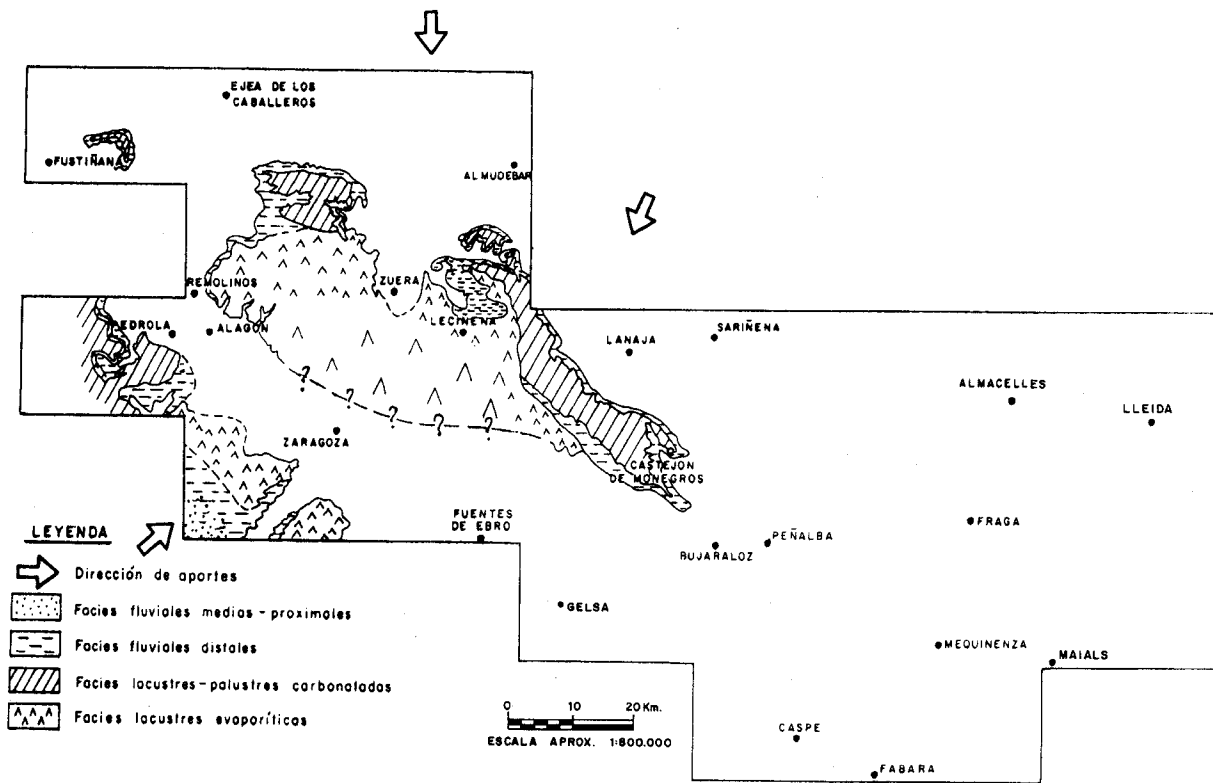


Fig. 9. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

lateral. También se encuentran como capas planoparalelas de grano muy fino, en las que se aprecian laminaciones cruzadas de pequeña escala.

Las gipsarenitas tienen un 23 % de granos de cuarzo, un 8% de granos de feldespato potásico y un 8% de fragmentos calcáreos. El yeso se presenta como detrítico y como cemento.

Los materiales que constituyen esta asociación de facies pueden ser interpretados como depósitos de abanico aluvial distal (Fig. 11).

Se puede considerar una edad Aragoniense para estos niveles por su posición estratigráfica.

#### 1.1.3.2. *Margas con yeso nodular (12).* (Aragoniense)

Esta asociación de facies aflora únicamente en el sector NO, en la base de los Montes de Castejón, concretamente en los alrededores del Barranco del Plano y de La Gabardilla.

Su potencia es variable, se han reconocido 55 m, en la serie de Pogallinero (05).

Consisten en margas verdes o amarillentas con nódulos de yeso e intercalaciones de capas de calcisiltitas y de yeso tabular. Los nódulos de yeso tienen un tamaño que oscila entre 5 y 30 cm. Los niveles de calcisiltitas presentan laminación cruzada de pequeña escala.

Hacia el sur, estos depósitos pasan transicionalmente a facies eminentemente yesíferas, que constituyen la unidad cartográfica (13).

De la observación microscópica, se deduce que el yeso es secundario, de las variedades alabastrina y megacrística.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estos depósitos pueden interpretarse como facies de margen de lago salino (Fig. 11).

#### 1.1.3.3. *Yeso tabular con calcisiltitas (13).* (Aragoniense)

Estos depósitos afloran principalmente el cuadrante suroccidental de la hoja, aunque también están representados en el sector nor-oriental y, muy puntualmente, en el sector central y suroccidental del área cartografiada.

Esta unidad se ha reconocido en las series de Los Talegos (11) y de La Atalaya (06), con una potencia de 50-60 m.

Estas facies están compuestas por alternancias de yeso tabular, calcisiltitas y niveles muy delgados de margas que ocasionalmente, contienen yeso nodular. Aparecen también escasos niveles con yeso selenítico. Los yesos y las calcisiltitas se disponen en capas planoparalelas. Las capas de yeso, llegan a formar niveles con un espesor que oscila desde 20-30 cm, hasta 50 cm.

Los nódulos de yeso que se intercalan entre las margas, son de yeso secundario en su variedad alabastrina.

Por sus características sedimentológicas estos depósitos pueden interpretarse como facies de lago salino (Fig. 11).

Se les atribuye una edad correspondiente al Aragoniense, ya que forman parte de la unidad Sierra de Pallaruelo-Montes de Castejón.

#### 1.1.3.4. *Alternancia de margas con calizas margosas (14).* (Aragoniense)

Esta asociación de facies aflora en los sectores central y nor-oriental de la hoja.

En la serie de Esteban (01), presenta unos 25 m de potencia, en la de la Ermita de Santa Ana (03), 30 m y en la de Pogallinero (05), unos 50 m.

Es una unidad fundamentalmente margosa, que contiene intercalaciones de margocalizas, de calizas limosas y de calizas micríticas bioturbadas. Todos estos materiales se organizan en ciclos de facies, que corresponden a ciclos de somerización. Estos ciclos están compuestos en la base predominantemente por margas, con intercalaciones de capas centimétricas y decimétricas de margocalizas y de calizas. La parte superior está constituida por calizas, ocasionalmente limosas, que incluyen de forma esporádica nódulos de yeso. El techo de las capas, a veces presenta perforaciones producidas por raíces. La potencia de estos ciclos de facies oscila entre los 2 y los 10 m.

Las calizas pueden clasificarse como biomicritas con restos de caráceas y de ostrácodos. Algunas de las muestras se hallan recristalizadas.

Entre los restos fósiles se han reconocido, entre otros: *Candona neglecta* SARS y *Subulacypris* cf. *parvus* CARBONNEL.

Por sus características sedimentológicas estos depósitos pueden interpretarse como facies lacustre-palustres (ver Fig. 11).

Por su posición estratigráfica, se atribuye una edad Aragoniense a esta unidad.

#### 1.1.3.5. *Calizas limosas tractivas con margas (15).* (Aragoniense)

Estas litofacies afloran en el sector noreste de la hoja, en donde se disponen estratigráficamente por encima de los materiales pertenecientes a la unidad 14, mientras que hacia el sur pasan lateralmente a los mismos materiales. Forman el techo de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Montes de Castejón.

Se diferencia de la unidad anteriormente descrita, por poseer un mayor contenido en calizas y

un menor contenido en margas. De la misma forma, las calizas de esta unidad presentan ciertas diferencias con respecto a las que formaban la unidad anterior.

Esta unidad tiene en la serie de Esteban (01) 45 m de potencia y en la de Pogallinero (05), 20 m.

Consisten en una alternancia de calizas y margas. Se distingue de la unidad infrayacente (14) por tener un mayor proporción de calizas y un menor contenido en margas. Se observa una organización en ciclos de somerización de 2 a 10 m de potencia que, de forma ideal, están constituidos de base a techo por los siguientes tramos:

a) Un nivel margoso en el que se intercalan capas centimétricas y decimétricas de margocalizas y de calizas micríticas.

b) Un tramo formado por calizas limosas de colores amarillentos, pardos y blanquecinos con micronódulos de yeso y nódulos de sílex. El espesor de los estratos varía considerablemente desde 1-1,5 m a 20 cm. Presentan estratificación *hummocky* y *swaley* y laminaciones de *rip-ples* de oscilación.

c) Un tramo de dolomicritas con bioturbación por raíces, porosidad fenestral y nódulos de sílex. Suelen ser fétidas, con mucha materia orgánica. Los estratos tienen un espesor que oscila entre 0,3 y 1 m.

d) Un nivel formado por calizas bioturbadas, con señales de edafización. Tienen restos de caráceas, gasterópodos y ostrácodos y porosidades móldica y fenestral. Ocasionalmente en el techo del tramo se encuentran niveles de caliche de 10 cm de espesor máximo.

Algunos de estos ciclos de facies, incluyen calizas estromatolíticas con porosidad fenestral. Aparecen ocasionalmente con ondulaciones métricas y con yeso micronodular. Van asociadas a pequeños niveles de calizas limosas con laminación *ripple*, *flaser* y *linsen*.

Entre el contenido fósil se ha podido reconocer: *Chara* sp., *Candona* cf. *ciceronis* CARBONNEL, *Subulacypris* cf. *parvus* CARBONNEL y *Chara* cf. *rochetti* STRAUB.

Estos sedimentos pueden interpretarse como depósitos de un ambiente lacustre perenne carbonático (Fig. 11).

#### 1.1.4. Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón (Puntaza)

Esta unidad genético-sedimentaria, dentro de la hoja de Remolinos, aflora en la parte alta de los Montes de Castejón, en la parte oriental de la hoja y, también, en la parte alta de la bifurcación que dicha sierra desarrolla en el sector suroccidental del área de estudio.

La potencia de la unidad, se ha evaluado parcialmente en las secciones de Esteban (01) (110 m), La Atalaya (06) (20 m), La Puntaza (07) (100 m), La Gabardilla (10) (100 m) y Los Talegos (11) (90 m).



La base de la unidad, consiste en un tramo fundamentalmente margoso de unos 20 m de potencia, que se ha diferenciado cartográficamente en los sectores noreste y suroeste. En el área septentrional de la hoja, en la base de este tramo margoso se encuentran facies limosas de coloración ocre que probablemente representan depósitos de abanico aluvial muy distal. Por encima de este tramo basal, a lo largo de todo el territorio, la unidad está constituida por una alternancia de sedimentos margosos y carbonatados, de origen lacustre-palustre. Los carbonatos son más abundantes en la parte superior de la serie, hacia el techo de la unidad.

El límite inferior de esta unidad genético-sedimentaria, se sitúa en el contacto entre las facies margosas que constituyen la base de esta unidad y las facies lacustres, carbonáticas en el sector septentrional y evaporíticas en el meridional, que caracterizan la parte superior de la Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora.

En la parte central de la Cuenca del Ebro, la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, se ha caracterizado en las hojas de Zuera, Leciñena, Castejón de Monegros y Lanaja. A grandes rasgos, en la parte oriental del sector comprendido en estas hojas, la base de esta unidad, está constituida por facies aluviales distales y por facies de orla de abanico, de procedencia pirenaica, mientras que su parte superior, está constituida por facies margocarbonáticas de origen lacustre-palustre (ver Fig. 10). Hacia la parte occidental de este sector de la cuenca, estas facies pasan transicionalmente a facies de margen de lago salino y de lago salino.

Esta unidad ha sido también reconocida en las vecinas hojas de Fustiñana y Ejea de los Caballeros. En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de la unidad está formada por facies de orla de abanico, mientras que su techo, está formado por facies margocarbonáticas de origen lacustre-palustre (Fig 10). Hacia la parte sur-occidental de este mismo sector, concretamente hacia la hoja de Pedrola, estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino (Fig. 10).

Por lo que se refiere a la posición cronoestratigráfica de esta unidad, el estudio paleontológico del yacimiento de Puig Ladrón (hoja de Lanaja), situado en la parte media de la misma, ha permitido acotar su edad, entre el Mioceno medio y el Mioceno superior. Por otro lado, en el yacimiento del Barranco de San Benito (hoja de Lanaja), también situado en la parte media-superior de la unidad, se han estudiado restos de mamíferos, que permiten atribuirle una edad comprendida entre el Aragoniense medio y el superior (Azanza, com. pers.).

En la cartografía, se han diferenciado tres asociaciones de facies, correspondientes a esta unidad genético-sedimentaria.

#### 1.1.4.1. *Margas grises y ocre. (16). (Aragoniense)*

Se han diferenciado en los sectores este y oeste de la hoja donde forman la base de la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón.

Consiste en unos 20 m de margas grisáceas, entre las que se intercalan niveles limosos de coloración ocre, bioturbados, en el área septentrional del territorio. En la zona de La Atalaya, en la

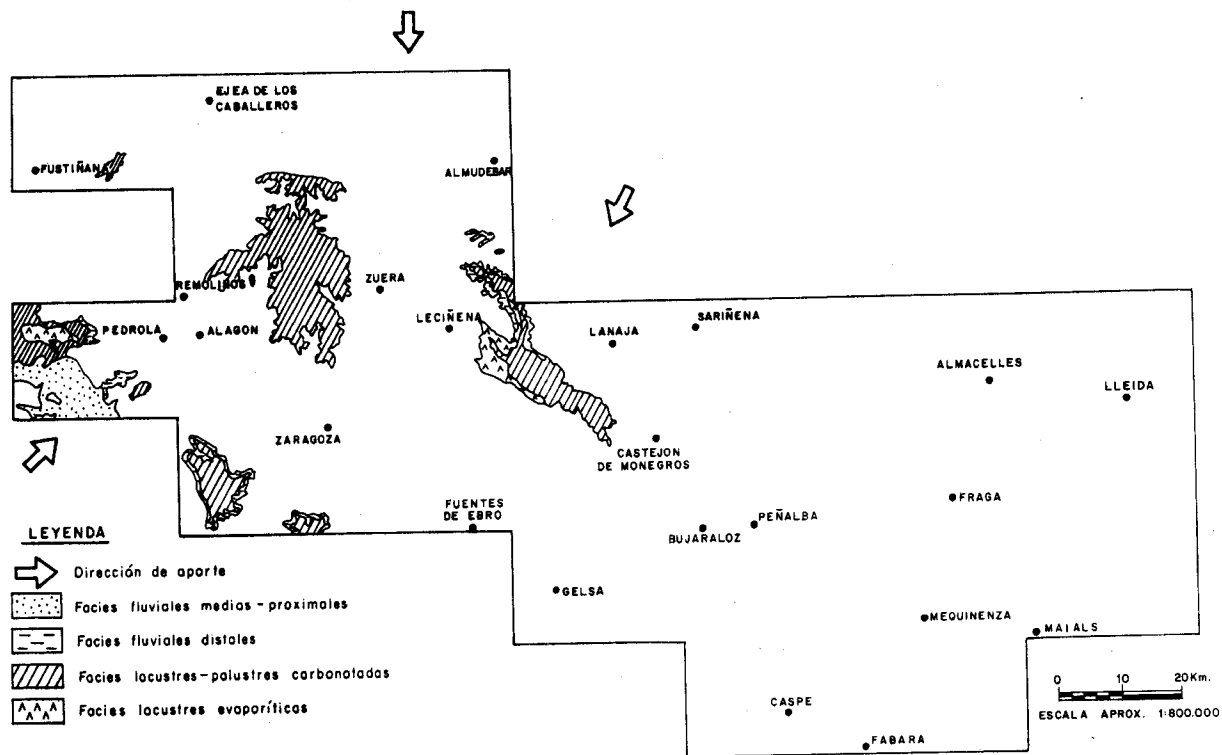


Fig. 10. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón

base presenta nódulos de yeso y en la de La Puntaza, intercalaciones de margocalizas de espesor reducido, bioturbadas. En las muestras recogidas en estos niveles, para el estudio de levigados, no se ha encontrado contenido faunístico.

Según la descripción y por consideraciones regionales, estas facies pueden interpretarse como depósitos de un ambiente aluvial muy distal, en el que predominaban las facies palustres de llanura de inundación.

Porsu posición estratigráfica puede considerarse una edad Aragoniense medio-superior para esta unidad.

#### 1.1.4.2. *Alternancia de calizas y margas (17).* (Aragoniense)

Afloran en el sector oriental de la hoja y, de forma más reducida, también en el occidental, en las parte altas de los Montes de Castejón.

Su potencia ha sido evaluada en las secciones de Esteban (01) (45 m), La Atalaya (5 m basales), La Puntaza (07) (70 m), La Gabardilla (10) (75 m) y Los Talegos (11) (70 m).

Consiste en una alternancia de margas y de calizas, con predominio de las primeras. Las calizas se organizan en bancos que oscilan entre los 0,5 y los 15 m. Las margas ocasionalmente contienen niveles de yesos nodulares y acintados. las calizas presentan un cierto contenido en limo y, ocasionalmente, superficies de reactivación. También se encuentran calizas micríticas organógenas, bioturbadas. A menudo estos materiales se organizan en ciclos de facies parecidos a los descritos para la unidad cartográfica (15).

Al microscopio las calizas se pueden clasificar como biomicritas con restos de caráceas y ostrácodos. Presentan porosidad fenestral y están finamente recristalizadas.

De acuerdo con sus características sedimentológicas estos depósitos pueden interpretarse como facies lacustre-palustres (Fig. 11).

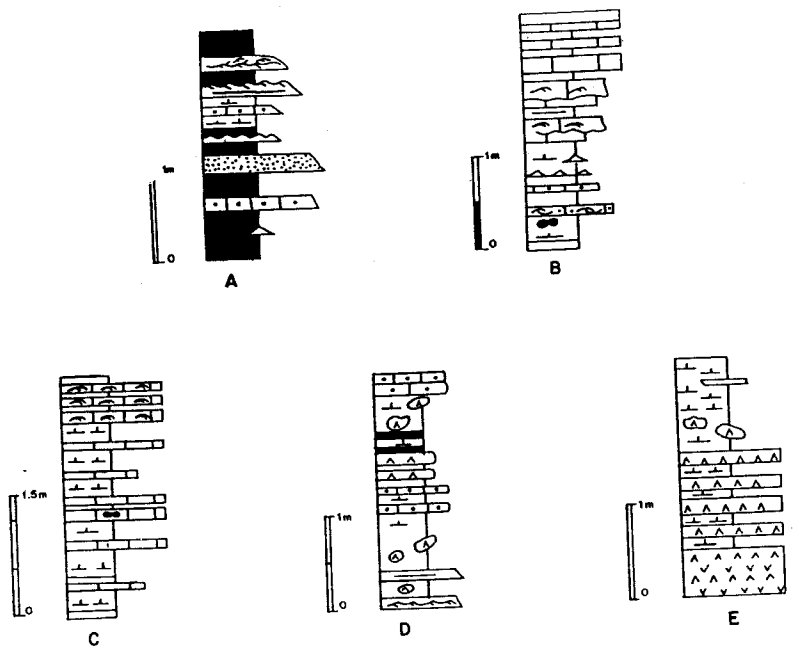
Por correlación con niveles estratigráficamente equivalentes datados en la Sierra de Alcubierre puede considerarse una edad Aragoniense medio-superior para esta unidad.

#### 1.1.4.3. *Calizas bioturbadas (18).* (Aragoniense)

Afloran en las cotas más elevadas de Los Montes de Castejón, formando el techo de la serie miocena en la hoja de Remolinos.

Su potencia se ha evaluado de forma parcial en las secciones de Esteban (01) (20 m), Los Talegos (11) (30 m), La Puntaza (07) (20 m) y La Gabardilla (10) (15 m).

Estratigráficamente se sitúan por encima de los materiales descritos en el apartado anterior, de



- A - FACIES DE ABANICO ALUVIAL DISTAL  
 B - SECUENCIA DE FACIES LACUSTRES DE LAS DOS UNIDADES GENETICO-SEDIMENTARIAS SUPERIORES  
 C - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRE - PALUSTRES  
 D - SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO  
 E - SECUENCIAS DE FACIES DE LAGO SALINO

#### LEYENDA

	ARENISCAS		YESOS TABULARES		RIPPLES DE OSCILACION
			YESOS NODULARES		LAMINACION PARALELA
	CALIZAS		ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO		ESTRATIFICACION WAVY
	CALCISILTITAS		ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR		ESTRATIFICACION LENSEN
	LUTITAS		RIPPLES DE CORRIENTE		NODULOS DE SILEX
	MARGAS		RIPPLES ASCENDENTES		CANTOS BLANDOS
			ESTRATIFICACION CRUZADA HUMMOCKY		

Fig. 11. Secuencias de facies representativas de los ambientes deposicionales que se desarrollan en la hoja de Remolinos (27-13)

los que se han diferenciado cartográficamente, por su mayor contenido en niveles carbonatados.

Consisten en una alternancia de calizas margosas bioturbadas y margas blancas de reducido espesor. Se organizan en ciclos de facies que corresponden a ciclos de somerización, constituidos en su base por las margas y en el techo por las calizas. Los niveles de caliza presentan perforaciones producidas por raíces.

Las calizas se pueden clasificar como biomicritas con restos de caráceas y ostrácodos. Presentan porosidad fenestral.

Estos materiales se depositaron en un ambiente lacustre-palustre (Fig. 11).

Por su posición estratigráfica se puede atribuir a esta unidad una edad Aragoniense superior.

## 1.2. CUATERNARIO

Ante la ausencia de dataciones de los depósitos cuaternarios existentes en la hoja de Remolinos, se utilizará el criterio de considerar como pleistocenos al conjunto de sedimentos superficiales que no se encuentran relacionados con la dinámica actual, y como holocenos al resto de las formaciones recientes. La cronología establecida es por tanto aproximada y se encuentra apoyada por las relaciones espaciales entre los distintos depósitos.

### 1.2.1. Pleistoceno

#### 1.2.1.1. Cantos calcáneos, arenas, limos y arcillas. Glacis (19,20 y 21)

Procedentes de los relieves centrales de la hoja (Montes de Castejón), se localizan una serie de depósitos que, con morfología de glacis, se desarrollan tanto hacia el oeste como hacia el sureste.

Su extensión territorial, sobre todo en el segundo caso, es notable y están compuestas por un conjunto de clastos, predominantemente calizos, angulosos a subangulosos, con tamaños medios de 3 a 5 cm, aunque localmente presentan algún canto de mayor tamaño intercalado. Se encuentran englobados en una matriz areno-limosa y arcillosa de tonos blanquecinos o rojizos generalmente y su espesor, aunque variable es de orden métrico, pudiendo alcanzar en algún punto los 6-8 m.

Internamente se reconocen superficies de reactivación planas con ligera inclinación a favor de la pendiente del depósito. Localmente aparecen zonas con claros perfiles de base erosiva y relleno con estratificaciones cruzadas.

#### 1.2.1.2. *Gravas y limos. Terrazas (22)*

Unicamente en el ángulo suroccidental de la hoja se ha cartografiado un depósito de terraza correspondiente al nivel de +4-6 m del río Ebro que discurre inmediatamente al sur del borde de la hoja.

No se ha podido observar ningún corte del depósito pero en áreas próximas está constituido por gravas, predominantemente cuarcíticas, si bien en superficie se reconoce un potente nivel de fangos y limos de inundación de tonos pardos.

#### 1.2.2. **Holoceno**

##### 1.2.2.1. *Cantos y gravas, arenas, limos y arcillas. Aluviales y fondos de vale (23)*

Estos depósitos se encuentran fundamentalmente en la zona noroccidental relacionados con una topografía suave que favorece la generación de valles más amplios que en las áreas próximas a los relieves centrales de la hoja.

Se trata de depósitos de gravas y cantos polimícticos que presentan estratificaciones cruzadas, bases erosivas y cicatrices de reactivación. La matriz es areno-limosa y arcillosa de tonos pardos. Su potencia observada puede superar los 3 m. En algunas zonas se han asimilado a esta unidad los depósitos de llanura de inundación compuestos fundamentalmente por limos y arcillas, al encontrarse en continuidad con los propios de relleno de canal y ocupar extensiones considerables.

##### 1.2.2.2. *Cantos, limos y arcillas. Conos de deyección, glacis subactual y depósito aluvial-coluvial (24, 25 Y 26)*

Se han agrupado en este apartado una serie de depósitos de composición litológica similar y diferenciables en función de la morfología que presentan.

Se trata de un depósito compuesto por cantos poco elaborados de litología predominantemente caliza procedentes de los relieves existentes y englobados en una matriz limo-arcillosa.

Su potencia es variable aunque en ningún caso es elevada, pudiendo estimarse como mas frecuente un espesor cercano a los 2 m.

Se localizan preferentemente en la mitad occidental de la hoja.

## 2. TECTONICA

### 2.1. MARCO TECTONICO REGIONAL

La hoja de Remolinos (27-13) está situada en la parte central de la Cuenca del Ebro.

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 cobertera 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 orientales. 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 está 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.

La hoja de Remolinos se localiza en la parte central de la Depresión del Ebro. Los materiales que afloran son de edad miocena y presentan una disposición general subhorizontal en la mayor parte de la hoja, o con buzamientos muy pequeños. Localmente esta disposición se modifica, llegando a conformarse estructuras de plegamiento cartografiables.

## 2.2. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La hoja de Remolinos se caracteriza por la abundancia de depósitos evaporíticos, que son importantes excepto en la parte centro-septentrional de la misma, donde predominan materiales carbonatados. Este hecho condiciona sobremanera el comportamiento tectónico de los materiales suprayacentes y complica la identificación de la geometría de la estructura debido a la escasez de niveles de referencia válidos y a los frecuentes cambios de facies.

A pesar de ello, los niveles carbonatados muestran un basculamiento generalizado de la serie hacia el sur de  $1^\circ$  a  $3^\circ$  que se extiende a la práctica totalidad de la hoja. Este fenómeno se extiende a lo largo de gran parte de la Cuenca del Ebro y afecta a materiales miocenos, lo cual indica que se trata de una tectónica reciente, aunque es difícil decidir si ha actuado en la etapa neotectónica dada la escasez de dataciones.

Localmente se aprecian ondulaciones de las capas de escala decamétrica a hectométrica, algunas de ellas cartografiables, que se identifican fundamentalmente en la parte inferior de la serie. Las estructuras de este tipo más destacables son:

- Un anticlinal de orientación NNE-SSO en la parte sureste de la hoja, que no parece tener relación con la estructura general de la cuenca, dada su orientación, pero que podría relacionarse con el curso bajo del río Gállego en la vecina hoja de Zuera, que presenta una orientación similar indicando la posible existencia de un accidente en el sustrato con esa orientación.
- Una serie de pliegues y flexuras paralelas al curso del río Ebro (ESE) en la parte más próxima al mismo (sector suroeste de la hoja) que, en conjunto, hacen que los estratos asciendan en cota desde el escarpe del Ebro hacia el norte, con una pendiente no muy inferior a la de la ladera.

Estas estructuras de plegamiento podrían deberse a compresiones tardías, o bien a fenómenos de colapso o halocinéticos. La orientación N-S de algunas de estas estructuras induce a descartar la primera posibilidad, aunque no se disponen de datos suficientes para afirmarlo de forma rotunda. La segunda estructura descrita, en las proximidades de la localidad de Remolinos, se extiende a lo largo de varios km por la vecina hoja de Alagón, presentando una magnitud desigual de la deformación a lo largo de su recorrido, lo cual permite apoyar más la tesis de un posible origen por colapso frente a la hipótesis de compresión tectónica.

Además de esta flexión ONO-ESE en el escarpe del Ebro junto a Remolinos, la parte alta del escarpe muestra nuevas flexiones NE-SO que, junto con la anterior, conforman una estructura de tipo domático alargada según la dirección NE-SO. Este tipo de estructura también induce a considerar un origen atectónico.

En los niveles carbonatados superiores se ha detectado la presencia de fallas normales de salto métrico (al menos) con dirección preferente SSE, N-S y NO-SE. Algunas de ellas muestran un desarrollo suficiente para ser representadas en la cartografía, pero la mayor parte son fenómenos muy puntuales. Afectan a materiales del mioceno, pero no se ha podido precisar más su edad. Sin embargo, algunas fallas son arrasadas por una superficie de erosión pliocena mientras otras podrían ser posteriores (en la zona de la Predicadesa). En algunos puntos ha



podido medirse un número elevado de planos con estrías a partir de los cuales ha sido posible determinar los estados de esfuerzo que son coherentes con cada población de fallas. Los análisis de estas poblaciones indican estados de paleoesfuerzos multidireccionales.

Los resultados del análisis de fallas son coherentes con el modelo deducido a partir del estudio del diaclasado que presentan los materiales competentes miocenos. Estos muestran un diaclasado bastante intenso, con planos subverticales de escala decimétrica a métrica, que se agrupan generalmente en dos familias, una principal N-S y una segunda subperpendicular. Este patrón de diaclasado generalizado puede explicarse en el contexto del campo de esfuerzos reciente, consistente en la superposición de una compresión N-S y una distensión radial. Esta superposición origina un régimen de distensión tendente a multidireccional, con el eje  $\sigma_2$  situado en dirección N-S, es decir, coincidente con el eje  $\sigma_1$  del campo compresivo.

Si bien este sistema de diaclasado se presenta de forma generalizada en la Depresión del Ebro y la Cordillera Ibérica, localmente se encuentran afloramientos en los que el esquema de fracturación no es exactamente el mismo. En la presente hoja hay varios lugares donde aparece una nueva familia de diaclasas NO-SE. Esta dirección anómala podría interpretarse como producto de una desviación de las trayectorias de esfuerzos por efecto de fallas mayores preexistentes en el sustrato, con orientación ONO-ESE a NO-SE.

### 2.3. EVOLUCION TECTONICA

Los datos existentes en el marco de la hoja no permiten establecer grandes precisiones sobre su evolución tectónica, que debe contemplarse en el contexto regional.

El relleno de la cuenca por depósitos continentales parece condicionado desde el Oligoceno (al menos) por la actividad tectónica en el Pirineo, que origina una gran subsidencia relativa de la Cuenca del Ebro. Los datos de subsuelo (Riba *et al.*, 1983) indican que el eje del surco sedimentario sufre una traslación hacia el sur desde el Paleoceno al Mioceno superior. También se observa que durante el Eoceno y el Oligoceno existen dos depocentros, uno en Navarra-La Rioja y otro en Cataluña, separadas por un alto relativo situado en Los Monegros. A partir del Mioceno el depocentro se sitúa en la zona de Los Monegros-Bajo Aragón al tiempo que cesa la sedimentación en la parte catalana. En la parte occidental la sedimentación continúa durante gran parte del Mioceno a favor de los surcos de Navarra y Rioja, prolongándose durante el Mioceno superior al menos en la Rioja Alta y la Bureba, cuyo Terciario más moderno llega a enlazar con el de la Cuenca del Duero.

La actividad tectónica pirenaica se desarrolla fundamentalmente durante el Eoceno inferior (emplazamiento de los mantos del Montsec, Cotiella y Pedraforca) y en el Oligoceno tiene lugar el mayor desplazamiento hacia el sur de la vertiente surpirenaica sobre el autóctono de la Cuenca del Ebro. La deformación migra hacia el oeste, de manera que en el Pirineo oriental y central los primeros indicios de deformaciones compresivas del Pirineo son de edad Cretácico superior, y desaparecen antes del Mioceno, mientras que en la zona occidental (Rioja) existen cabalgamientos cuya actividad se prolonga al menos hasta el Mioceno medio (Vindoboniense).

Aunque el orógeno pirenaico ha sido el que mayor incidencia ha tenido en la configuración y evolución de la Cuenca del Ebro, las demás cadenas periféricas han ejercido también cierta influencia sobre la misma, aunque quizás más restringida a los bordes. Las relaciones entre tectónica y sedimentación han permitido a Anadón *et al.* (1986) interpretar la estructura de los Catalánides y la Cuenca del Ebro como el resultado de una tectónica de desgarre convergente a lo largo de fallas sinistras escalonadas que afectan al basamento. Durante el Paleógeno el borde de la cuenca ha sufrido traslaciones, y la última posición del mismo está señalado por una importante sedimentación conglomerática con una o varias discordancias progresivas. La edad de la deformación varía, siendo más reciente en el suroeste y más antigua en el noreste (Anadón *et al.*, 1979). En lo que respecta al borde ibérico, también registra actividad tectónica con repercusiones en la cuenca, sobre todo detectada en los extremos noroeste (frente de las sierras de Cameros y Demanda) y sureste (enlace con los Catalánides).

Durante el Mioceno y Plioceno tiene lugar una etapa de tectónica predominantemente extensional que afecta a la mayor parte del noreste peninsular, aunque siguen existiendo indicios de actividad compresiva incluso hasta el Mioceno inferior en el sector central de la cuenca, y durante el Mioceno medio en la parte occidental. Este régimen tectónico originó en la parte oriental fosas distensivas frecuentemente controladas por fallas preexistentes que se superponen a las estructuras de plegamiento de los Catalánides (fosas del Vallés-Penedés, Camp de Tarragona, ...). La influencia de esta tectónica extensional excede con frecuencia el dominio de las fosas, y se manifiesta en los depósitos terciarios del borde oriental de la cuenca mediante enjambres de fallas normales.

El régimen distensivo generalizado da lugar, no sólo en el borde oriental, sino en la totalidad de la cuenca y en las cadenas periféricas, a una fracturación y diaclasado (Simón, 1989) que ponen de manifiesto la presencia en profundidad de accidentes mayores, principalmente de orientación ibérica, que pueden haber condicionado la sedimentación y geometría de la cuenca a lo largo de su evolución (alto relativo de Los Monegros durante el Oligoceno).

## 2.4. NEOTECTONICA

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque apenas se manifiesta por estructuras cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y algunas fallas normales de pequeño salto. El campo de esfuerzos sería una distensión tendente a radial con  $\sigma_3$  próximo a E-O, lo que da lugar a una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-O. En ciertas áreas se produjo una desviación de las trayectorias de esfuerzos por efecto, probablemente, de fallas mayores de dirección ESE a SE, con las que posiblemente también estaría relacionado el basculamiento del Mioceno observado en la parte central de la hoja.

Resulta difícil acotar en el tiempo los distintos fenómenos de deformación registrados. Sin embargo, parece que una parte de la fracturación distensiva se desarrolló ya con anterioridad a la superficie de erosión que arrasa el techo de la serie miocena, y a la cual se asociaría la costra calcárea brechoide de la Plana del Rollizo (atribuida al Plioceno) en la vecina hoja de Ejea

de los Caballeros. Así se desprende del hecho de que, tanto en los Montes de Castejón como en otras plataformas calcáreas del centro de la Cuenca del Ebro (Muela de Zaragoza), algunas de las fallas normales con desplazamiento sean arrasadas por dicha superficie. Esta última representaría un estadio morfogenético desarrollado, probablemente, como respuesta a los primeros movimientos de componente vertical que caracterizan la tectónica finineógena en todo el noreste peninsular.

Durante el Cuaternario siguen produciéndose en algunos puntos fracturas de direcciones dominantes ESE y NNE que muestran una coherencia bastante aceptable con el campo de esfuerzos reciente inferido de la fracturación que afecta al Mioceno.

### 3. GEOMORFOLOGIA

#### 3.1. DESCRIPCION FISIOGRAFICA

La hoja de Remolinos se localiza en la zona centro occidental de la unidad fisiográfica y geológica de la Depresión Terciaria del Ebro, pudiendo incluirse en la subunidad de las Sierras Calcáreas Centrales.

La precipitación media anual se sitúa en torno a los 400 mm y la temperatura media es de 14°C. El clima es mediterráneo de carácter continental.

Orográficamente el territorio ocupado por la hoja de Remolinos se caracteriza por la presencia de una zona de relieve elevado, constituida por los Montes de Castejón y Zuera, que atraviesa la hoja con dirección NE-SO.

Esta alineación presenta una pendiente general que desciende hacia el sur, con alturas superiores a los 700 m en la zona norte y próximas a los 600 m en el sur. Sus cotas culminantes corresponden a los vértices Lomaza (748 m) y Esteban (747 m).

Los Montes de Castejón y Zuera conforman la divisoria de aguas entre las cuencas del Gállego, al este, y el Arba, al oeste. Como consecuencia, a partir de los relieves centrales se originan sendas redes de drenaje con direcciones S y SE y oeste respectivamente. En la zona oriental los principales cauces son el Val de Herrera, al norte y el Barranco de la Vall al sur. En la parte occidental es el Barranco de Mira el desagüe principal para ese área. En cualquier caso se trata de cursos predominantemente estacionales y en los que son frecuentes los desbordamientos con ocasión de lluvias intensas.

#### 3.2. ANALISIS GEOMORFOLOGICO

##### 3.2.1. Estudio morfoestructural

La morfología de un territorio se encuentra condicionada, en primer lugar, por la composición y estructura geológica de los materiales que la integran.

Para definir las características morfoestructurales en la hoja de Remolinos, resultan fundamentales por una parte, la disposición subhorizontal de los estratos o con ligero basculamiento hacia el sur, y por otra la existencia de intercalaciones carbonatadas presentes, sobre todo en la zona septentrional y central de la hoja.

La existencia de estos niveles mas resistentes a la erosión, provoca la generación de una serie de relieves en graderío que interrumpe la uniformidad de las laderas, mas acusados en la zona centro-septentrional de la hoja, así como de relieves estructurales en mesa en los niveles culminantes.

Estos relieves tienen, en general, escaso desarrollo, si bien dan lugar a una alineación de morfologías de superficie plana entre las que pueden destacarse las Planas de Muses y Artajona, localizadas en la zona central de la hoja, que presentan escarpes de más de 100 m sobre las áreas adyacentes.

En el resto de la hoja, el predominio de litologías menos resistentes a la erosión, provoca que el control principal de distribución del relieve corresponda a la presencia de depósitos superficiales.

### 3.2.2. Estudio del modelado

#### 3.2.2.1. Laderas

Se trata de un elemento fundamental en la caracterización del relieve de un territorio, en cuanto que constituyen el tránsito habitual de agua y sedimento que alimenta a la red de drenaje.

En la hoja de Remolinos el modelado estructural existente a favor de los relieves centrales antes citado, provoca que el desarrollo principal de laderas esté condicionado al mismo. La parte superior de estas laderas, está constituida por relieves y escarpes estructurales, o bien por interfluvios que generan aristas más o menos agudas. Por esta razón las laderas tienen una génesis mixta en la que se superponen procesos típicos de coluvionamiento, con los relativos a las aguas de arroyada más o menos difusa que los reelaboran, habiendo sido por ello cartografiados como modelado poligénico y serán descritas en este apartado.

Por otra parte, en las zonas más alejadas de los relieves estructurales se aprecia un proceso generalizado de regularización de vertientes, que dado el escaso contraste morfológico existentes en estas áreas, carece de entidad cartográfica.

#### 3.2.2.2. Formas fluviales

El modelado fluvial en el ámbito de la hoja se caracteriza por poseer características correspondientes a las condiciones climáticas del área, con tendencia semiárida. Las precipitaciones, poco abundantes, pero frecuentemente concentradas en espacios breves de tiempo, provocan el predominio de formas de erosión intensa y de sedimentación rápida por pérdida de la capacidad de carga.

Asociados a la banda de los relieves centrales de la hoja son notorios los procesos de erosión antes citados, que generan la aparición de abundantes barrancos de incisión lineal. Hacia la parte más meridional de la hoja, la paulatina desaparición de los niveles carbonatados más resistentes, favorece el desarrollo de zonas de acarcavamiento en las cabeceras de los cauces. A su vez el desarrollo de esta red de incisión provoca la génesis de abundantes aristas que constituyen las zonas de interfluvio.

La mayor parte del modelado deposicional asociado a la red fluvial corresponde a las *vales*, que por sus especiales características se describirán en el apartado correspondiente al modelado poligénico.

En la zona nor-occidental, el Barranco de Mira desarrolla un amplio fondo aluvial en el que cartográficamente se ha incluido asimismo la llanura de inundación. Este barranco funciona como

colector de las aguas procedentes de los relieves septentrionales y centrales en su desagüe hacia el oeste. Con ocasión de lluvias intensas su carga es importante, y debido a que discurre en su tramo bajo por una zona con escaso contraste topográfico, los desbordamientos son frecuentes, dando así lugar a abundantes depósitos de inundación.

En la esquina suroeste del mapa se ha cartografiado un nivel de terraza del río Ebro, que discurre inmediatamente al sur y en el que, a su vez, se ha reconocido una morfología de meandro abandonado. En esta misma zona y asociado a la salida de los barrancos más importantes se localizan morfologías de conos de deyección.

### 3.2.2.3. Formas poligénicas

Se agrupan en este apartado las morfologías resultantes de la acción simultánea o sucesiva de distintos procesos.

Los procesos de carbonatación que dan lugar a la formación de costras calcáreas ("caliches"), que se han señalado en la vecina hoja de Ejea de Los Caballeros situada al norte, y asociados a los relieves estructurales culminantes desarrollados sobre los niveles calizos, no están presentes en el ámbito de la hoja de Remolinos. Únicamente en la parte más septentrional de la hoja, en las proximidades de la Plana de la Barrera de Luciano y Valdemillares se han observado pequeñas zonas con carbonataciones, de carácter muy local y escasa potencia por lo que no han sido representadas en la cartografía.

En la zona estudiada se reconocen morfologías de glacis cuya procedencia se sitúa en los relieves centrales, pudiéndose observar dos grupos de sistemas, uno con evolución hacia el oeste y el otro hacia el sureste. Se han diferenciado en la cartografía tres niveles en la zona noroccidental y dos en la sur-oriental, además de otro nivel más bajo, de génesis subactual, en la primera de las zonas.

Una de las morfologías de origen poligénico más características del sector central de la Depresión del Ebro son las *val* o *vales*. Se trata de valles rellenos de material detrítico de origen aluvial-coluvial por removilización de los suelos de las laderas (Zuidam, 1976); otros autores (Llamas, 1962) suponen un origen eólico para estos materiales o bien una combinación de procesos eólicos-vertiente-fluvial (Alberto *et al.*, 1984). El resultado final de este relleno es la existencia de valles de morfología muy suave con un relleno de carácter limoso muy apto para el cultivo y, en bastantes casos, fuertemente incidido por la red de drenaje actual (por lo que hay que suponer que el equilibrio acumulación-evacuación de estas *vales* es precario, o bien que la acumulación no es el proceso activo en la actualidad).

Hay que señalar que el uso tradicional de las *vales* como zona de cultivo, mediante aterrazamiento y banales, ha tenido forzosamente que influir en los procesos de retención del relleno. La distinción entre rellenos de fondo de *vales* y depósitos aluvial-coluvial, abundantemente representados en la cartografía de la hoja de Remolinos, es meramente morfológica y se ha establecido en función de la pendiente longitudinal del *vale*, su jerarquía en la red de drenaje y la mayor o menor importancia del acarreo longitudinal del material.

En la zona sur-oriental de la hoja se reconocen una serie de zonas deprimidas, de dimensiones hectométricas, cuya génesis resulta incierta. Probablemente su formación está influida principalmente por procesos de disolución kárstica de materiales calizos o evaporíticos subyacentes, aunque no debe descartarse la existencia de procesos de deflación eólica que hayan también contribuido a su desarrollo.

### 3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

Las características litológicas y sedimentológicas de los depósitos superficiales han sido expuestas en el capítulo de estratigrafía del Cuaternario; por otra parte las formas de relieve deposicionales se han tratado en los apartados anteriores, por lo que en este epígrafe se citaran brevemente algunos detalles de las formaciones superficiales no expuestos anteriormente.

Debe señalarse la existencia, en el área suroriental de la hoja, y relacionada con los niveles de glacis, de una zona de derrame del glacis más alto sobre el inferior, lo que da lugar a una serie de formaciones de ladera que enmascaran el límite entre los glacis y que, aunque de escaso desarrollo, pueden alcanzar potencias métricas.

Es también conveniente señalar que, en la zona noroccidental, y dadas las peculiares características de la red en ese área, son frecuentes en época de intensas precipitaciones, los desbordamientos de los cauces que dan lugar a la generación de extensas zonas inundadas con sedimentación de depósitos de granulometría fina.

### 3.4. EVOLUCION DINAMICA

Una vez terminadas las fases de depósito miocenas, de carácter endorreico o semiendorreico, el establecimiento de la red fluvial del Ebro como sistema de erosión y transporte claramente exorreico hacia el Mediterráneo, constituye el punto de partida de la evolución geomorfológica reciente de la región.

Este cambio de régimen debió de producirse en el tránsito Mioceno-Plioceno (Riba *et al.*, 1983) o quizá algo antes, aunque debido a la falta de dataciones en las facies terminales miocenas, es difícil establecer con precisión el comienzo de este cambio. A su vez, en esta época, se localiza un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

Zuidam (1976), señala la existencia de una superficie de erosión sobre las calizas de La Muela, al sur de Zaragoza, con generación de niveles de costras carbonatadas al techo de los depósitos. En la hoja de Remolinos es posible todavía observar retazos de costras, posiblemente equivalentes, y que podrían representar una primera superficie de erosión comparable a la señalada por Zuidam, aunque situada a cota ligeramente superior. Dicho autor atribuye una edad pliocena o de comienzos del Pleistoceno para esta superficie. De cualquier modo, no se aprecia que la superficie observable en la hoja de Remolinos corte la estratificación de las capas calizas terciarias de los Montes de Castejón.

A partir de esta etapa las estribaciones montañosas son sometidas a denudación y el relieve se va modelando por generación de sucesivos niveles de glaciares de acumulación que enraizan en los Montes de Castejón. La génesis de estos depósitos debe ser enmarcada en la alternancia de etapas climáticas cálidas y frías ocurridas a lo largo del Cuaternario.

Las últimas etapas acumulativas están representadas por las *vales*, depósitos aluviales, y mixtos aluvial-coluvial relacionados con las laderas; son contemporáneos y se ubican en el Cuaternario más reciente.

Con posterioridad se localiza un proceso generalizado de incisión por procesos de arroyada a causa de un cambio climático marcado por una mayor tendencia a la aridez.

### 3.5. MORFOLOGÍA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

La morfología actual en este sector de la Depresión del Ebro está dominada por una marcada tendencia a la semiaridez del clima. En consecuencia, el acaravamiento, la formación de barrancos con marcada incisión lineal y la existencia de procesos de *piping* son los que aparecen como más relevantes en el área. La pérdida de vegetación y el uso del suelo son, en general, las variables fundamentales que controlarán la evolución futura de estos procesos.

Los rellenos del fondo de las *vales* se encuentran, en muchos casos, sujetos a procesos de *piping* y abarrancamiento por incisión, lo que indica un proceso de erosión de los mismos o al menos un estado de equilibrio acumulación- evacuación precario, en el que pequeñas variaciones del entorno pueden rápidamente modificar la dinámica de estas *vales*.



#### 4. HISTORIA GEOLOGICA

La hoja de Remolinos se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro. Esta cuenca corresponde a los últimos estadios 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 (Formación Mediona; Ferrer, 1971). En el Ilerdiense, tuvo lugar una transgresión marina generalizada de forma que durante gran parte del Eoceno, en 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: Formación Berga (Riba, 1976) en el Pirineo; sistemas de Sant Miquel de Montclar, de La Llena y del Montsant (Anadón *et al.*, 1986) en la Cordillera Costero Catalana. 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.

Los sedimentos que afloran en la hoja de Remolinos pertenecen al Mioceno medio (Aragoniense). Estos sedimentos forman parte cuatro unidades genético-sedimentarias: Unidad Bujaraloz-Sariñena, Unidad Remolinos-Lanaja, Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora y Unidad Montes de Castejón-Sierra de Lanaja. Cada una de estas unidades está constituida, de forma general, por sedimentos aluviales distales en la parte inferior, y por sedimentos lacustre-palustres en la parte superior en el sector septentrional de la hoja, mientras que en el sector meridional, la parte superior de las unidades está constituida por facies margoevaporíticas de margen de lago salino y de lago salino. Esta ordenación, refleja la existencia de una reactivación de los sistemas aluviales hacia el centro de la cuenca en la base de cada una de las unidades diferenciadas. Los aportes de los materiales aluviales, presentes en la zona cartografiada, provienen del Pirineo y también de La Cordillera Ibérica.

Dentro del área cartografiada, el registro sedimentario más antiguo, corresponde a los materiales "lacustres" que configuran la parte media-superior de la unidad Bujaraloz-Sariñena. Representan una etapa en que, en esta parte de la cuenca, tenía lugar, en el sector septentrional la sedimentación de materiales margocarbonatados de origen lacustre-palustre, alternando con etapas de mayor aridez en las que tenía lugar la sedimentación de materiales margoevaporíticos de margen de lago salino. Por el contrario en el sector meridional, durante este periodo solamente tenía lugar la sedimentación de los episodios evaporíticos, en un ambiente de lago salino.

Con la sedimentación de la base de la unidad Remolinos-Lanaja, formada por paleocanales de ríos meandriformes y por facies de llanura de inundación, queda reflejado un período de reactivación de los sistemas aluviales, creándose extensas llanuras de inundación que cubrían todo el área cartografiada. Por el contrario la sedimentación "lacustre" de su parte superior, refleja un nuevo período durante el cual en el sector norte de área, se daba una sedimentación margocarbonatada en momentos de mayor humedad relativa del clima y una sedimentación margo-evaporítica, en momentos de mayor aridez. Igualmente como ocurría con la unidad infrayacente, en el sector meridional solamente se sedimentaron los depósitos evaporíticos.

La evolución vertical y lateral de la unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de La Sora, dentro de la hoja de Remolinos, es idéntica a la unidad Remolinos-Lanaja y, por lo tanto, refleja la repetición de la misma historia, durante el Aragoniense, en esta parte de la cuenca.

Con la sedimentación de la base de la unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, se produce una nueva reactivación de los sistemas aluviales. Los depósitos carbonáticos correspondientes a la parte superior de esta unidad representan un importante etapa de expansión de los ambientes deposicionales lacustre-palustres en este área.

Desde este momento y hasta el Cuaternario, no existe registro sedimentario en la hoja de Remolinos. En el resto de la cuenca, se ha constatado la existencia de una unidad suprayacente a la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, en el área de Lanaja y de Leciñena, con características muy similares a las descritas para la unidad infrayacente.

A partir del Aragoniense, el campo de esfuerzos regional corresponde a un estado distensivo que se prolonga hasta el Cuaternario (Simón, 1989).

En el tránsito Mioceno-Plioceno se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca al transformarse en una cuenca exorreica que desagua hacia el Mediterráneo a través de la Cordillera Costero Catalana. Desde este momento y durante todo el Cuaternario, se produce una alternancia de etapas de erosión y sedimentación en la región, relacionadas con cambios climáticos y con claro predominio global de las primeras.

El intenso proceso de vaciado erosivo configura la morfología actual del área mediante un modelado de erosión diferencial. Las etapas en las que domina la sedimentación, permiten la formación de sucesivos niveles de glaci y de terrazas asociadas a los cauces fluviales principales.

Regionalmente hay constancia de una moderada actividad neotectónica, relacionada principalmente con la halocinesis de las formaciones evaporítico-salinas del substrato.

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

### 5.1. RECURSOS MINERALES

#### 5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

Lo esencial en este apartado son las explotaciones de sal (halita) en la zona de Remolinos, esquina suroeste de la Torre Vieja, que aunque no están incluidas todas en el ámbito de la hoja, si lo son las principales. Una descripción de las labores se encuentra en Llamas (1959).

Como minería tiene una larga tradición, pues se explotan desde la época romana, habiendo dado lugar a múltiples labores sobre los varios niveles de sal a lo largo de los 100 m de potencia del tramo salino. Muy fundamentalmente sobre el nivel superior de 6 m de halita casi pura. A este nivel más alto corresponde la "Mina Real" aún en actividad.

También en actividad, la "Mina M<sup>a</sup> del Carmen" que resume varias explotaciones antiguas agrupadas sobre niveles inferiores, es la de mayor producción.

La sal se presenta en un bandeado de halita-arcilla con anhidrita representando periodos deposicionales plurianuales; y como resultado de sucesivas disoluciones y precipitaciones de cloruro sódico en una cubierta muy somera.

Bajo la sal de Remolinos se han señalado indicios de glauberita de dudosa viabilidad económica, pero que están siendo objeto de investigación.

Durante la perforación del sondeo petrolífero Tauste Este-1 (1963) se detectaron diferentes niveles de anhidritas a lo largo de todo el Terciario y también en el Infralías y Keuper. El tramo más alto entre 222 y 500 m de profundidad, en el estado actual de la técnica, es un recurso vagamente potencial.

#### 5.1.2. Rocas industriales

La hoja ocupa un semidesierto poblacional, por lo cual la demanda de materiales para construcción y cantería es y ha sido muy baja. Tan sólo en la Sierra de la Cuenca, en plena formación Alcubierre (Mb. Castellar), sobre unos niveles margo-arcillosos intercalados de yesos existió una pequeña cantera inactiva hace tiempo de arcilla común para ladrillos y tejar sobre 3 m de potencia. La disposición subhorizontal y el gran desmonte necesario, con bajo ratio de aprovechamiento, ponen su interés en muy bajo nivel. Se cita aquí por haber sido señalado en el Proyecto 131/86 del ITGE (Posibilidades de Arcillas Especiales en Aragón).

NUMERO (*)	COORD. UTM X Y Z	Sustancia	Municipio	Morfología	Mineralogía	Observaciones
1	X: 660.925 Y: 4648.710 Z: 428 m	Margas y arcillas del Mb. Castejón	Tauste (Zaragoza)	Anhidrita (sales sódicas)	Sedimentaria (evaporítica)	Detectado por el sondeo petrolífero Tauste Este-1 (1963) entre 222 y 500 metros prof. y otros tramos más profundos.
2	X: 676.500 Y: 4643.900 Z: 525 m	Arcillas y margas del Mb. Castejón	Zuera (Zaragoza)	Arcilla común	Sedimentaria (detritica)	Cantera inactiva y de dimensiones modestas.
3	X: 654.510 Y: 4636.325 Z: 530 m	Margas, sales y yesos Fm. Zaragoza	Remolinos (Zaragoza)	Halita (sales sódicas)	Sedimentaria (evaporítica)	Mina Mª del Carmen activa y más grande del sector. 133.437 t/1989.
4	X: 650.850 Y: 4635.900 Z: 300 m	Margas, sales y yesos Fm. Zaragoza	Remolinos (Zaragoza)	Halita (sales sódicas)	Sedimentaria (evaporítica)	Minas Mª Pilar, La Perla, La Invencible. Hace tiempo la primera inactiva, las otras dos con poca actividad y producción.
5.	X: 652.975 Y: 4635.600 Z: 340 m	Margas, sales y yesos Fm. Zaragoza	Remolinos (Zaragoza)	Halita (sales sódicas)	Sedimentaria (evaporítica)	Mina La Real, la 2.ª mayor de la zona con 62.000 t/1989.
6	X: 651.640 Y: 4634.890 Z: 300 m	Margas, sales y yesos Fm. Zaragoza	Remolinos (Zaragoza)	Halita (sales sódicas)	Sedimentaria (evaporítica)	Mina Mª Cleofé. Sin actividad y que tuvo producciones últimas ya muy reducidas.
7	X: 652.075 Y: 4634.175 Z: 270 m	Margas, sales y yesos Fm. Zaragoza	Remolinos (Zaragoza)	Halita (sales sódicas)	Sedimentaria (evaporítica)	Mina Salomé, prácticamente inactiva.
8	X: 653.700 Y: 4633.730 Z: 290 m	Margas, sales y yesos Fm. Zaragoza	Torres de Berrellén (Zaragoza)	Halita (sales sódicas)	Sedimentaria (evaporítica)	Conjunto de tres socavones sin producción conocida actualmente.

(\*) Entre paréntesis el del Metalogenético 1:200.000 (2.ª serie) o el del Mapa de Rocas Industriales

## 5.2. HIDROGEOLOGIA

Esta hoja se caracteriza por la escasa permeabilidad de los materiales presentes. Entre los que pueden tener algún interés se encuentran las facies carbonatadas de los Montes de Castejón, los materiales yesíferos de la Sierra de la Cuenca y los depósitos cuaternarios asociados a pequeños aluviales y glacia. También aflora en el ángulo suroeste un sector del acuífero aluvial del río Ebro, el único importante a escala regional, pero con muy poco desarrollo en la hoja (ver esquema hidrogeológico regional).

Este hecho condiciona que el principal suministro de agua se realice a partir de aguas superficiales: canales de Tauste y Sora.

El inventario de puntos de agua dentro del área consta de un total de 63 puntos, cuya distribución espacial y por naturaleza figura en el siguiente cuadro.

Octante	Naturaleza (*) Núm. de puntos					Total
	M	P	PI	S	Otros	
1			5		1	6
2	1		24	1	1	27
3	6	3				9
4	3	1	8	1		4
5		4				13
6	1					1
7	1	1				2
8		1				1
<b>Total hoja</b>	12	10	37	2	2	63

\* Naturaleza  
M - Manantial  
P - Pozo  
PI - Piezómetro  
S - Sondeo  
Otros - Sondeo de petróleo, sima

La mayoría de ellos no se utilizan, y en caso de serlo, el volumen de extracción es mínimo y dedicado fundamentalmente a la ganadería.

### 5.2.1. Climatología

No existe ninguna estación meteorológica en el área, aunque se puede suponer que el régimen de lluvias y temperaturas seguirá las mismas pautas que en zonas colindantes.

Así, las precipitaciones máximas se dan en otoño y primavera, con un mínimo en Julio, coincidiendo con el mes más cálido. El valor medio se sitúa en torno a los 400 mm (ver esquema regional de isoyetas medias).

En cuanto a la temperatura, la característica más notable es su marcada oscilación anual.

La escasez de precipitación, junto a las fuertes insolaciones, condicionan una elevada evapotranspiración potencial, que impide el lavado de sales en los horizontes superiores del suelo, donde quedan acumuladas.

Según la clasificación agroclimática de Papadakis presenta un clima Mediterráneo Continental Templado, con invierno Avena Fresco, verano Arroz y régimen de humedad Mediterráneo seco.

### 5.2.2. **Hidrología**

La característica fundamental es la ausencia de cursos perennes. La circulación de agua en los barrancos se restringe a los episodios de precipitación, permaneciendo secos la mayor parte del año. Toda la zona pertenece a la cuenca del Ebro y según la clasificación decimal de ríos se pueden distinguir 3 subcuencas, determinadas por la morfología de los Montes de Castejón:

Hacia el este, los barrancos vierten al río Gállego. La subcuenca que drena al sur, lo hace directamente al río Ebro, y la que descarga hacia el norte, vierte aguas al río Arba de Luesia.

Existen 2 canales, canal de Tauste y acequia principal de Sora, que proporcionan el porcentaje mayor del agua utilizada en la zona.

También existen numerosas balsas de pequeño tamaño situadas generalmente en zonas endorreicas y acondicionadas antrópicamente para servir como depósito con fines al regadío o abrevamiento de ganado.

### 5.2.3. **Características hidrogeológicas**

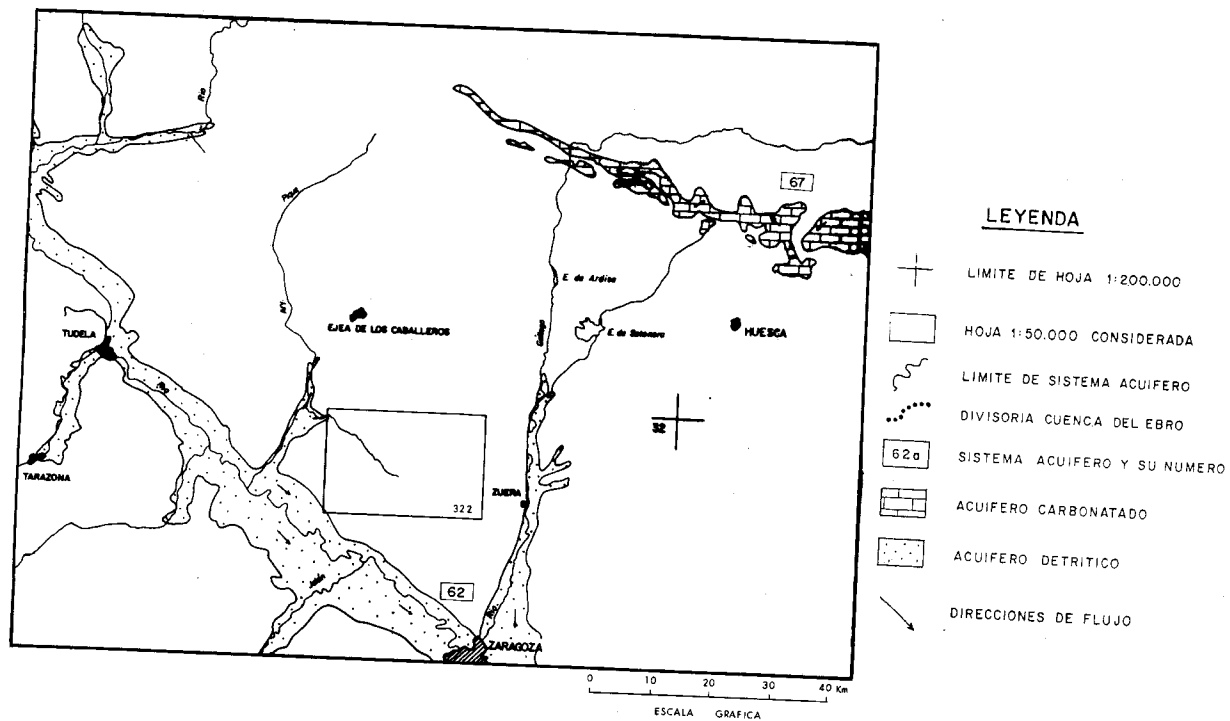
Salvo el pequeño afloramiento que aparece del aluvial del Ebro en el ángulo suroccidental de la hoja, el resto de materiales se caracterizan por su baja permeabilidad.

En general, se pueden distinguir, en función de su edad y litología, acuíferos terciarios evaporíticos y calcáreos, y acuíferos detríticos cuaternarios.

#### 5.2.3.1. *Acuíferos terciarios*

Bajo esta denominación se incluyen los materiales yesíferos que afloran en la Sierra de la Cuenca y los niveles calcáreos superiores de la Unidad de los Montes de Castejón.

Con respecto a los primeros, aunque en este sector no se aprecian evidencias de karstificación, en la vecina hoja de Zuera sí se han descrito fenómenos de este tipo. Por tanto esta formación poseerá una permeabilidad localizada asociada a la disolución de los materiales yesíferos.



Esquema hidrogeológico regional

Aunque el conjunto litológico que conforma los Montes de Castejón posee un carácter prácticamente impermeable, se pueden distinguir con un cierto interés los niveles carbonatados superiores. Estos niveles presentan una serie de manantiales de escaso caudal, asociados al drenaje lateral de las capas.

La reducida extensión superficial de los acuíferos, la escasez de la recarga y la disminución progresiva de la permeabilidad en profundidad, condicionan la práctica inexistencia de recursos y reservas.

#### 5.2.3.2. *Acuíferos cuaternarios*

Dentro de los depósitos cuaternarios que aparecen en la hoja, es necesario distinguir por su importancia regional el acuífero aluvial del río Ebro. Aunque su extensión en el área es de apenas 2 km<sup>2</sup>, la permeabilidad de este nivel de terraza es alta en relación al resto de los depósitos cuaternarios presentes.

Entre estos últimos están incluidos glaciares, rellenos de vales y pequeños aluviales. Su permeabilidad es media-alta, pero sus posibilidades hidrogeológicas son muy limitadas dada su reducida extensión y por encontrarse colgados sobre el sustrato impermeable.

Todas las formaciones definidas en este apartado tienen un funcionamiento típico de acuífero libre, con recarga directa a partir de la lluvia y de los excedentes de riego y descarga natural hacia las zonas topográficamente más bajas.

La explotación es mínima y se concentra en escasos pozos sin instalación de bombeo utilizados en pequeños regadíos o como abastecimiento a ganadería de paso.

#### 5.2.4. **Calidad de las aguas subterráneas**

La escasez de datos de análisis no permite la caracterización hidroquímica de las formaciones presentes.

Al igual que en las zonas adyacentes, para los terrenos terciarios, es esperable una mineralización notable, cuya facies característica sea sulfatada cálcico-magnésica.

En los depósitos recientes, al estar formados a partir de los materiales terciarios, y además al ser probables colectores de las descargas de estos últimos, las características químicas serán similares a las descritas.

### 5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS GENERALES

En la hoja de Remolinos pueden diferenciarse, atendiendo a los aspectos litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de los materiales que la constituyen, tres áreas de comportamien-





to geotécnico diferente. Estas, a su vez, se han subdividido en zonas que engloban distintas unidades cartográficas del mapa geológico.

En el cuadro resumen se han diferenciado las características geotécnicas más importantes de los materiales de la Hoja.

**AREA I:** comprende los depósitos terciarios con predominio de facies yesíferas y margo-carbonatadas que no constituyen relieves de importancia.

Dentro de este área se pueden distinguir las siguientes zonas:

**Zona I<sub>1</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas (1), (3), (6), (7), (11), (12) y (16).

Está constituida por arcillas y margas, en ocasiones con yeso nodular, e intercalaciones de capas de areniscas y calizas.

Es una zona compuesta por capas subhorizontales de pendientes suaves, ripable en su totalidad.

Posee un mal drenaje profundo, debido a la impermeabilidad intrínseca de las arcillas y margas. Esto puede ocasionar riesgos de encharcamiento si coinciden con determinadas características topográficas.

Cuantitativamente presenta una capacidad de carga moderada entre media y baja, pudiendo aparecer en cimentaciones asientos diferenciales.

El riesgo más relevante es la fácil erosionabilidad de los materiales, y sólo localmente problemas de agresividad a los hormigones por la presencia de yeso.

**Zona I<sub>2</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas: (2), (8) y (13).

Está constituida por yesos de aspecto masivo o tabular con niveles de calcisilitas. La potencia de las capas está comprendida entre algunos centímetros y 1 m, aunque en algunas zonas su aspecto es masivo.

La estratificación es, generalmente, buena en niveles horizontales, pero con ondulaciones frecuentes por la tectónica local que originan los yesos.

La acción de la escorrentía puede originar problemas por disolución.

Asimismo, pueden plantear problemas intensos de agresividad a los hormigones.

Los materiales de este grupo geotécnico no son ripables.

**Zona I<sub>3</sub>:** a ella pertenecen las unidades cartográficas: (4), (5) y (9).

Está constituida por una alternancia de margas y calizas, con predominio de las primeras. Las calizas sólo ocasionalmente sobrepasan los 0'5 m de potencia. Su disposición es subhorizontal, con suaves pendientes hacia el sur.

Puede presentar problemas de ripabilidad en los niveles de caliza cuando éstos alcanzan espesores superiores a 1 m.

Se prevén posibles desprendimientos de bloques de caliza por descalce de los niveles margosos subyacentes.

La permeabilidad diferencial entre calizas y margas puede ser causa de pequeños manantiales en los niveles superiores. Buen drenaje superficial.

**AREA II:** comprende los depósitos terciarios constituidos por una alternancia de calizas y margas que forman parte de los relieves de la Sierra de Castejón.

**Zona II<sub>1</sub>:** comprende las unidades cartográficas: (10), (15), (17) y (18).

Está formada por calizas y margas dispuestas horizontalmente y con una estratificación homogénea. En conjunto son considerados materiales no ripables.

Se prevén posibles desprendimientos de bloques de caliza por descalce de los niveles margosos subyacentes.

La permeabilidad diferencial entre calizas y margas puede ser causa de pequeños manantiales en los niveles superiores.

Buen drenaje superficial.

**AREA III:** comprende los depósitos cuaternarios formados por gravas, arenas, limos y arcillas generalmente.

Se han distinguido las siguientes zonas:

**Zona III<sub>1</sub>:** está formada por las unidades cartográficas: (22) y (26).

Está constituida por bloques y cantos redondeados de caliza y cuarcitas y por arenas.

Presenta morfología de terrazas.

Esta formación es perfectamente ripable y estos materiales son aptos para la obtención de gravas y préstamos.

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

En general son materiales permeables, donde el drenaje se efectúa por filtración.

**Zona III<sub>2</sub>:** está formada por las unidades cartográficas: (19), (20), (21), (24) y (25).

Está constituida por limos y arcillas con gravas angulosas.

Estos materiales presentan la estructura típica tipo glacis con pendiente de 5 a 10°, que convergen en ocasiones con niveles de terraza.

Los taludes que presentan, en general, son bastante inestables por su fácil erosionabilidad.

La ripabilidad es alta, mientras que la permeabilidad es muy baja y puede presentar problemas de aterramientos locales, por la naturaleza incoherente de los materiales que la forman.

**Zona III<sub>3</sub>:** está formada por la unidad cartográfica (23)

Está constituida por limos, arcillas, arenas y gravas.

Estos depósitos rellenan pequeños cauces fluviales y son, por lo general, poco potentes.

La ripabilidad de estos depósitos es alta y la permeabilidad del conjunto es de media a alta y no presenta problemas de drenaje. Los taludes naturales son por lo general bajos.

**CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES DE LA HOJA DE REMOLINOS**

AREAS	ZONAS	UNIDADES CARTOGRAFICAS	LITOLOGIA	ESTRUCTURA	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
I	I <sub>1</sub>	(1), (3), (6), (7), (11), (12) y (16)	Arcillas y margas en ocasiones con yeso no- dular, con intercalacio- nes de areniscas y calizas.	Capas subho- rizontales.	Fácilmente ripables. Mal drenaje por impermeabilidad de margas y ar- cillas. Riesgos de encharcamiento. Capacidad de carga moderada en- tre media y baja. Localmente problemas de agresividad a los hormigo- nes.
	I <sub>2</sub>	(2), (8) y (13)	Yesos de aspecto ma- sivo o tabular.	Estratificación horizontal.	Disolución por escorrentía. Problema de agresividad a los hormigones. No ripables.
	I <sub>3</sub>	(4), (5) y (9)	Alternancia de margas y calizas.	Disposición subho- rizontal con suaves pendientes hacia el sur.	Problemas de ripabilidad en niveles potentes de caliza. Posibles des- prendimientos de bloques. Buen drenaje superficial.
II	II <sub>1</sub>	(10), (15), (17) y (18)	Calizas y margas.	Estratificación horizontal.	Materiales no ripables. Desprendimiento de bloques de caliza por des- calce. Buen drenaje superficial.
III	III <sub>1</sub>	Desde (22) a (26)	Bloques y cantos re- dondeados de caliza y cuarcita y arenas.	Morfología de terrazas.	Formación ripable. Aptos para la obtención de gravas y préstamos. Admite taludes verticales. Son materiales permeables.
	III <sub>2</sub>	(19), (20), (21), (24) y (25)	Limos y arcillas con gravas angulosas.	Tipo glacis, pen- dientes de 5 a 10°.	Taludes inestables. Ripabilidad alta.
	III <sub>3</sub>	(23)	Limos, arcillas, arenas y gravas.	Relleno de peque- ños cauces.	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta. No presenta pro- blemas de drenaje.

## 6. PATRIMONIO NATURAL GEOLOGICO. PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO (P.I.G.)

La hoja de Remolinos se sitúa en el sector central o aragonés de la Cuenca del Ebro.

Comprende un intervalo estratigráfico de terciario más joven (Mioceno) que las situadas en el sector este o catalán. Presenta además un alto recubrimiento de depósitos cuaternarios (glacis y terrazas) sobre todo en la mitad suroeste.

La morfología de la hoja de Remolinos, variada, viene determinada por las diferentes litologías de los depósitos que la conforman y los procesos dominantes, que actúan sobre los mismos, sobre todo erosivos.

La hoja queda caracterizada por el relieve tabular de los Montes de Castejón, que alcanza los 750 m de altura. En torno al mismo se desarrollan una serie de zonas deprimidas y elevadas en forma de escalones, alternando en función de la deposición de materiales blandos y duros que conforman la zona.

Así pues la selección de P.I.G. viene condicionada por todas estas características geológicas, siempre incluyendo un componente subjetivo aceptado por todos los técnicos que han contribuido a la realización de la hoja.

De esta selección se han obtenido un total de 5 P.I.G., principalmente de interés estratigráfico y mineralógico, se propone una utilización científico-didáctica y se les atribuye una importancia local y regional.

Posteriormente se eligieron 2 de los 5 iniciales por considerar que eran los que mejor representaban las características geológicas y los procesos que actúan en la hoja.

**P.I.G. 1:** Afloramiento de la Puntaza visto desde el sur. Superficies estructurales muy continuas que coinciden con los límites cartográficos de las unidades genético-sedimentarias. Sobre los yesos de la unidad Remolinos-Lanaja, que constituye una superficie muy neta de techo de ciclo, aparecen dos niveles de lutitas rojas sobre las que se apoya una serie potente de yesos, que forman a su vez otra superficie neta de techo de ciclo. (Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora). Por encima de la segunda superficie afloran las margas y calizas superiores de la Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón. Es característica de estas superficies de techo de ciclos que se pueden continuar durante muchos kilómetros.

**P.I.G. 2:** Derrubios de las explotaciones de sal de la Mina Real (Remolinos). Cristales de halita con diastemas pelíticos. Estas diastemas presentan micronódulos de anhidrita nodular.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTI J.; CABRERA, LI. 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.
- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBAÑEZ, M. J.; MACHIN, J.; PEÑA, J. L.; POCOVÍ, A., y RODRIGUEZ VIDAL, J. (1984): El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. *Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei.*, 217, pp. 2 mapas.
- ALVAREZ-SIERRA, M. A.; DAAMS, R.; LACOMBA, J. I.; LÓPEZ-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 pp.
- ANADÓN, P.; CABRERA, LI.; COLOMBO, F.; MARZO M. y RIBA, O. (1986): Sintectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro basin margins (NE Spain). En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 259-271.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P. y SOLÉ SUGRAÑES, LI. (1979): Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. *Acta Geológica Hispánica*, T. 14, Homenaje a Lluís Solé i Sabarís, pp. 242-270.
- ANADÓN, P., VIANEY-LIAUD, M., CABRERA, LI. 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. *Paleontología i evolució*, 21, pp. 117-131.
- ARENAS, C. y PARDO, G. (1991): Significado de la ruptura entre las Unidades Tectosedimentarias N<sub>2</sub> y N<sub>3</sub> en el centro de la Cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9, pp. 67-70.
- AZANZA, B.; CANUDO, J. I. y CUENCA, G. (1988): Nuevos datos bioestratigráficos del Terciario continental de la Cuenca del Ebro (sector centro-occidental). *II Congreso Geológico de España*. Granada. Vol. 1, pp. 261-264.
- CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J. y RIBA, O. (1966): Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja. *Notas y Comns. IGME*, nº 90, pp. 53-76.
- 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. (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., 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).
- FERRER, J. (1971).- El Paleoceno y el Eoceno del borde Sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. Paleont.*, V. 90, 70 p.
- HERNANDEZ, A.; COSTA, J. M.; SOLA, J.; VAN DER HURK, A. M.; RAMIREZ, J. I.; SALAZAR, A.; NAVARRO, J. J.; ESNAOLA, J. M.; GIL, C. y MARQUÉS, L. A. (1991): Evolución genético-sedimentaria de la unidad de Zuera. (Mioceno inferior, Cuenca del Ebro). *I Congreso del grupo Español del Terciario*. Vic, pp. 162-165.
- HIRST, J.P.P. y NICHOLS, G.J. (1986): Thrust tectonic controls on Miocene alluvial distribution patterns, southern Pyrenees. En: P.H. Allen y P. Homewood (eds.), *Foreland basins. Spec. Pub., Int. Ass. Sedim.* 8, pp. 247-258.
- IGME (1975): Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975): Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uraninífera de Santa Coloma de Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976): Área lignitífera y uraninífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981): Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981): 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. (1977): Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977): Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraniníferas de la zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-81): Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lérida y Tarragona) (inédito).



- LLAMAS, M. R. (1959): Las minas de sal gema de Remolinos (Zaragoza) y la geología de sus proximidades. *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, LVII, pp. 33-47.
- LLAMAS, M. R. (1962): Estudio geológico-geotécnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y los problemas que plantean en los canales. *Bol. Serv. Geol. Obras Públicas*, 12, 192 pp.
- NICHOLS, G.J. (1984): Thrust tectonics and alluvial sedimentation, Aragon, Spain. Tesis Doctoral, Univ. Cambridge, 243 p. (Inédita).
- MANDADO, J. y TENA, J. (1980): Moldes de cristales, tolva de halita como proceso diagenético en la serie evaporítica de Remolinos (Zaragoza). *Rev. Inst. Inv. Geol.* Vol. 34, pp. 187-194.
- 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. Sánchez (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, A., MUÑOZ, A., PARDO, G. y VILLENA, J. (1989): Evolución de los sistemas lacustres del margen ibérico de la Depresión del Ebro (sectores central y occidental) durante el Mioceno. *Acta Geológica Hispánica*, v. 24 nº 3-4, pp. 243-257.
- QUIRANTES, J. (1969): Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. Publicado 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. (1976): Tectogenèse et sédimentation: deux modèles de discordances syntectoniques pyrénéennes. *Bulletin du B.R.G.M. (2ª Série). Section 1, nº 4*, pp. 383-401.
- RIBA, O.; REGUANT, S. y VILLENA, J. (1983): Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca del Ebro. *Libro Jubilar J.Mª Ríos. Geología de España*, IGME, T. 2, pp. 131-159.
- 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.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976): Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC)*, Enschede, 211 p.