

20412



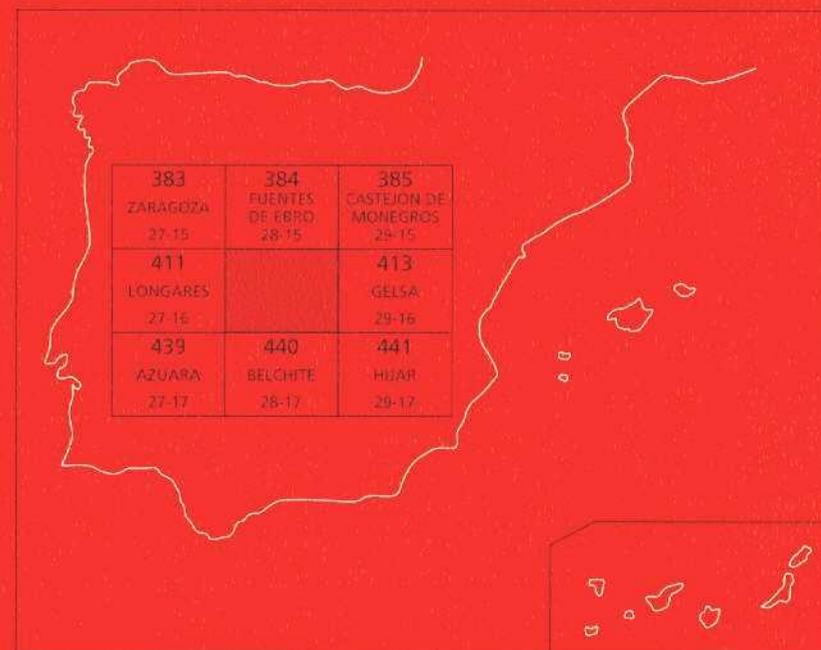
Instituto Geológico
y Minero de España

412
28-16

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1 : 50.000

Segunda serie - Primera edición



PINA DE EBRO



MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLÓGICO A LA MISMA ESCALA

PINA DE EBRO

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Base topográfica: Servicio Geográfico del Ejército
Cartografía: Cartografía Madrid, S. A.

Depósito legal: M. 11844-2006
ISBN: 84-7840-624-7
NIPO: 675-06-008-0

Fotocomposición: Cartografía Madrid, S. A.
Impresión: Gráficas Muriel, S. A.

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por la **Compañía General de Sondeos, S. A.**, con normas, dirección y supervisión del IGME. Han intervenido:

María Victoria Colomer Guilera (CGS):	Cartografía geológica. Secciones estratigráficas. Sedimentología y Memoria.
José Javier Navarro Juli (CGS):	Cartografía geológica. Tectónica y Neotectónica. Lineamientos. Memoria.
Antonio Hernández Samaniego (CGS):	Coordinación y dirección. Cartografía geológica. Geotecnia.
José Ignacio Ramírez Merino (CGS):	Cartografía geomorfológica. Memoria.
Regina Rodríguez Santisteban (CGS):	Hidrogeología.
Francisco Babiano González (CGS):	Minería.
José Ramírez del Pozo:	Micropaleontología.
Gloria Cuenca Bescos (Univ. Zaragoza):	Micromamíferos.
Manuel Pozo Rodríguez y José Casas Sainz de Aja (Univ. Autónoma Madrid):	Análisis de R.X.

Coordinación

Alejandro Robador Moreno (IGME):	Coordinación y dirección por parte del IGME.
----------------------------------	--

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

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

INDICE

0. INTRODUCCIÓN	9
1. ESTRATIGRAFÍA	11
1.1. JURÁSICO	17
1.1.1. Calizas y margocalizas (Fm. Ritmita calcárea del Loriguilla) (1). Kimmeridgiense	17
1.1.2. Calizas con oncolitos (Fm. Calizas con oncolitos de Higuieruelas) (2). Kimmeridgiense	19
1.2. Terciario	20
1.2.1. Unidad de Mequinenza-Ballobar	20
1.2.1.1. Arcillas rojas con yeso tabular (3). Chattiense	20
1.2.1.2. Tableado de calizas limosas (4)	22
1.2.2. Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca	22
1.2.2.1. Arcillas rojas con nódulos yesíferos e intercalaciones de capas finas de caliza, yeso y localmente canales de arenisca (5). Chattiense-Ageniense	24
1.2.2.2. Calizas y calizas limosas y margas con niveles de arenisca y yeso (6). Chattiense-Ageniense	26
1.2.3. Unidad Galocha Ontiñena	27
1.2.3.1. Alternancia de areniscas yesíferas y arcillas con nodulos de yeso y niveles de yeso (7). Ageniense	27
1.2.3.2. Arcillas rojas y anaranjadas con yeso nodular e intercalaciones de capas de yeso y caliza (8). Capas de yesos, caliza y margas (9). Ageniense	29
1.2.3.3. Arcillas varioladas con intercalaciones de yeso y caliza (10). Ageniense	31
1.2.4. Unidad de Bujaraloz-Sariñena	32
1.2.4.1. Conglomerados y areniscas con niveles carbonatados (11). Ageniense-Aragoniense	34
1.2.4.2. Arcillas rojas con yeso nodular alternando con gipsarenitas y calizas (12). Ageniense-Aragoniense	35

1.2.4.3.	Yeso alternante con tramos de arcillas, yeso y margas (13). Ageniense-Aragoniense	37
1.2.4.4.	Alternancia de yeso, arcilla roja y margas grises (14). Ageniense-Aragoniense	37
1.2.4.5.	Yesos masivos (15). Ageniense-Aragoniense	38
1.2.4.6.	Calizas blancas limosas en niveles amalgamados intercalados con margas (16). Ageniense-Aragoniense	39
1.2.5.	Unidad Remolinos-Lanaja	39
1.2.5.1.	Areniscas intercaladas con tablas de caliza (17). Aragoniense	41
1.2.5.2.	Arcillas rojas con niveles de yeso (18). Aragoniense	41
1.2.5.3.	Yesos con margas (19). Aragoniense	43
1.2.6.	Unidad Sierra Pallaruelo-Monte de la Sora	44
1.2.6.1.	Canales de conglomerados y areniscas (20). Aragoniense ..	46
1.2.6.2.	Arcillas rojas con niveles de yeso y algun nivel de gipsarenita y margo-caliza (21). Aragoniense	47
1.2.6.3.	Yesos con margas (22). Aragoniense	47
1.2.6.4.	Calizas limosas de base ondulada muy karstificadas por raíces (23). Aragoniense	47
1.2.7.	Unidad sierra de Lanaja-Montes de Castejón	49
1.2.7.1.	Calizas tableadas intercaladas con margas (24). Aragoniense	49
1.2.8.	Unidad San Caprasio	52
1.2.8.1.	Lutitas ocre y grises intercaladas con areniscas y calizas (25) ..	52
1.3.	CUATERNARIO	52
1.3.1.	Cantos y gravas polimícticas redondeadas (26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 35, 37 y 41). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno	52
1.3.2.	Gravas y cantos en matriz limo-arcillosa (31, 34, 36, 38, y 40). Glacis y glacis subactual. Pleistoceno-Holoceno	53
1.3.3.	Limos y arcillas con materia orgánica (39). Zonas endorreicas. Holoceno	53
1.3.4.	Cantos, gravas, arenas y arcillas (42). Coluviones. Holoceno	53
1.3.5.	Gravas, arenas, limos y arcillas (43 y 44). Conos de deyección y aluviales y fondos de vale. Holoceno	54
2.	TECTÓNICA	54
2.1.	MARCO TECTÓNICO REGIONAL	54
2.2.	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	55
2.3.	EVOLUCIÓN TECTÓNICA	56
2.4.	NEOTECTÓNICA	58
3.	GEOMORFOLOGÍA	58
3.1.	DESCRIPCIÓN FISIGRÁFICA	58
3.2.	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	59
3.2.1.	Estudio morfoestructural	59
3.2.2.	Estudio del modelado	60
3.2.2.1.	Laderas	60

3.2.2.2.	Formas fluviales	61
3.2.2.3.	Formas poligénicas	62
3.2.2.4.	Formas kársticas	63
3.2.2.5.	Formas eólicas	63
3.2.2.6.	Formas lacustres	63
3.3.	FORMACIONES SUPERFICIALES	64
3.4.	EVOLUCION DINÁMICA	64
3.5.	MORFOLOGÍA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS	65
4.	HISTORIA GEOLÓGICA	65
5.	GEOLÓGÍA ECONÓMICA	69
5.1.	RECURSOS MINERALES	69
5.1.1.	Minerales metálicos y no metálicos	69
5.1.1.1.	Aspectos generales e historia minera	69
5.1.2.	Minerales energéticos	69
5.1.3.	Rocas industriales	69
5.1.3.1.	Aspectos generales e historia minera	69
5.1.3.2.	Descripción de los materiales	70
5.2.	HIDROGEOLOGÍA	78
5.2.1.	Climatología-Hidrología	78
5.2.2.	Inventario y usos del agua	79
5.2.3.	Caracterización hidrogeológica	80
5.2.3.1.	Acuífero carbonatado de Muel-Belchite	80
5.2.3.2.	Depósitos aluviales del río Ebro y Ginel, y resto de formaciones cuaternarias de alta permeabilidad	81
5.2.3.3.	Formaciones terciarias de permeabilidad media-baja	81
5.3.	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES	82
6.	PATRIMONIO NATURAL GEOLÓGICO. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)	87
7.	BIBLIOGRAFÍA	87

0. INTRODUCCIÓN

La Hoja Topográfica, a escala 1.50.000, de Pina de Ebro (28-16) se halla comprendida entre los meridianos $0^{\circ}5'10''$ y $0^{\circ}31'10''$, 5 y los paralelos $41^{\circ}20'044$ y $41^{\circ}30'04''$, 4. La hoja se encuentra situada en el sector central de la Depresión del Ebro, correspondiendo en su mayor parte a la provincia de Zaragoza, a excepción del extremo suroriental que administrativamente pertenece a Teruel. Forma parte de la zona más meridional de la región de Los Monegros.

Orográficamente la hoja presenta un relieve irregular, suave, variando altitudinalmente desde los 695 m del vértice del Sillero a los 160 m del cauce del río Ebro, cercano a la localidad de Pina de Ebro, en el extremo noroccidental. La zona del vértice del Sillero forma una cadena de altitud de unos 660 m que se mantiene hasta la hoja de Longares, pasando por la antena telefónica. Éstos son los relieves más abruptos de la hoja; situándose la mayor parte de los relieves suaves entre los 400-120 m.

Los únicos cursos fluviales de agua continua lo constituyen el río Ebro, y el río Ginel situados en el sector nororiental.

El resto del área está drenada por una red de valles de fondo plano denominados localmente como «vales» de los cuales los más importantes son los barrancos de Lopín, Vaguada El Forcino y Filada Valmayor.

El funcionamiento de estos cursos es esporádico, ocurriendo exclusivamente en épocas de altas precipitaciones.

El clima de la región es de tipo continental árido, o sea con escasas lluvias estacionales de carácter torrencial, con temperaturas de invierno y de verano extremas, y, además con un elevado contraste térmico entre las medias anuales más frías y calurosas. La pluviosidad es muy baja, registrándose unos valores cercanos a los 350 mm anuales. Por otro lado la inversión térmica es importante durante el período invernal, y, por lo tanto, las nieblas son frecuentes y persistentes. La cobertura vegetal es poco abundante en la región y se reduce a pequeñas zonas, donde se ha realizado una reforestación de pinos.

La economía de la zona es principalmente agrícola y está basada en el cultivo de cereales de secano. El cultivo de regadío ocupa distintas partes pequeñas en la hoja situadas en el río Ebro, el río Ginel, en la zona Norte de la hoja, y al Sur de la hoja se encuentra otra zona húmeda en los alrededores de Lido.

La densidad de población es baja, existiendo 4 núcleos habitados en el territorio. Estas localidades son Pina de Ebro (2.304), Codó (496), Mediana (627), y Puebla de Albortón (228), encontrándose el núcleo con mayor número de habitantes, Pina de Ebro, en las cercanías del río Ebro.

Desde el punto de vista geológico, los materiales más antiguos que afloran en la hoja de Pina de Ebro, pertenecen al Jurásico superior (Kimmeridgiense). Se trata de paquetes de calizas y margocalizas de las Formaciones Ritmita calcárea de Loriguilla y Calizas con Oncolitos de Higuieruelas, que se encuentran formando pequeñas estructuras de orientación comprendida entre E-O y N-S, dispersas en el cuadrante SO de la Hoja.

Discordantes sobre ellos se apoyan sedimentos pertenecientes desde el Oligoceno superior al Mioceno superior (Vallesiense).

Respecto a los materiales de edad Oligoceno y Mioceno, están constituidos por sedimentos de origen continental, fluvio-aluviales, procedentes del desmantelamiento de la Cordillera Ibérica, situada al Sur y Oeste, respectivamente, de la zona cartografiada. Esta disposición respecto de la cuenca así como la existencia de paleorrelieves formados por materiales mesozoicos, condicionaron la distribución geográfica de las distintas litofacies. En el sector suroccidental de la hoja predominan los materiales detríticos, constituidos por conglomerados, areniscas y lutitas que evolucionan, hacia el NE y hacia el techo de la serie estratigráfica, intercalando depósitos carbonáticos, margas y calizas de origen lacustre-palustre, y evaporítico, yesos y margas yesíferas, dominando los depósitos evaporíticos.

Los sedimentos de edad cuaternaria consisten principalmente en varios niveles de terrazas, correspondientes a los ríos Ebro y Ginel. También consisten en depósitos aluviales, que recubren los fondos de los vales, en depósitos coluviales, de poca extensión y también en glaciares.

La actividad tectónica ha afectado de forma significativa a los materiales terciarios. Así, son frecuentes las discordancias entre los distintos episodios sedimentarios comprendidos entre el Oligoceno y el Mioceno. También son evidentes, en numerosos puntos, las deformaciones en los materiales por fallas, que corresponden con frecuencia a la reactivación de fracturas más antiguas. En la zona septentrional existe un ligero buzamiento generalizado hacia el N, que se corresponde con la dirección general hacia el centro de la Cuenca del Ebro.

El área cartografiada se halla en la parte central de la Cuenca del Ebro, concretamente en el sector aragonés. Esta cuenca se configura como una cuenca de antepaís, relacionada con la evolución de los orógenos que la circundan: el Pirineo por el N, los Catalánides, por el SE y la Cordillera Ibérica por el SO. De esta forma, desde el Oligoceno hasta la actualidad ha actuado como centro de deposición de materiales continentales procedentes del desmantelamiento de las cordilleras citadas. Dentro de la zona estudiada existe una única área fuente para los materiales aluviales terciarios, la Cordillera Ibérica.

La estructura de la hoja es muy sencilla, teniendo los materiales una disposición subhorizontal, estando afectadas por lineamientos de dirección NO-SE, a favor de los cuales se encajan los valles de fondo plano.

La conjunción de dichos factores litológicos y estructurales origina un modelado con marcado control estructural, con desarrollo de extensas superficies soportadas por los niveles calizos. El área septentrional, con mayor predominio de materiales yesíferos, da lugar a relieves alomados disectados por las vales o valles de fondo plano.

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. (1977a y b) 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, y el de la J.E.N. (1979-81) para el sector sur-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 este sector de la cuenca del Ebro.

Otras aportaciones o trabajos de tipo sedimentológico dentro de la cuenca del Ebro y referidos a los materiales Terciarios que conforman la mayor parte de los materiales aflorantes en esta hoja son los de RIBA (1967), QUIRANTES (1965, 1966), RIBA (1983), RIBA, *et al.* (1983), SAEZ (1987), de PÉREZ *et al.* (1988), SALVANY (1989), y ARENAS y PARDO (1991).

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

Para el estudio geológico de esta zona se han levantado un total de once columnas estratigráficas que han respaldado la realización de la cartografía geológica. Se han realizado, además, los estudios habituales de sedimentología, tectónica y geomorfología. Se ha procedido, también, a un extensivo muestreo de las facies más favorables para localizar micromamíferos que permitieran datar las unidades cartografiadas, aunque no se ha podido localizar ningún yacimiento nuevo.

1. ESTRATIGRAFÍA

Como se ha señalado en el capítulo anterior, en la hoja de Pina de Ebro se encuentran representados materiales pertenecientes a los Sistemas Secundario, Terciario y Cuaternario.

De la serie estratigráfica del Jurásico solamente está representado el Kimmerigdiense, constituido por la Fm. Ritmita calcárea de Loriguilla y Fm. Calizas con oncolitos de Higuieruelas. Afloran en pequeñas estructuras de forma anticlinal en el cerro Pueyo y Monte Alto, en el resto de los afloramientos sólo aparecen parcialmente los flancos sur o este de la estructura.

Estos afloramientos corresponden al sector central de la Cordillera Ibérica Septentrional (Rama Aragonesa), situados en el margen meridional de la Depresión del Ebro.

Diversos autores han realizado estudios con distintos enfoques en el Jurásico de este sector de la Cordillera Ibérica. Son de destacar los trabajos de BULARD (1972) en la zona de Aguilón (hoja de Azuara 27-17), Mezalocha y Jaulin, los de MELÉNDEZ y BROCHWICH-LEWINSKI (1983) y MELÉNDEZ (1984) que hacen interesantes aportaciones bioestratigráficas del Oxfordiense de Aguilón. Posteriormente AURELL (1986) realiza un estudio estratigráfico y sedimentológico del Jurásico superior del sector de Aguilón, Mezalocha, Jaulín, Valmadrid y Fuendetodos, que es complementado, más tarde, por AURELL y MELÉNDEZ, (1986-87) y por BADENAS, *et al.* (1993), que caracterizan el Jurásico superior desde el punto de vista sedimentológico.

El Terciario abarca el intervalo de tiempo comprendido entre el Oligoceno superior (Chattienense) y el Mioceno Superior (Vallesiense). El secundario abarca el intervalo de tiempo del Jurásico Superior, dentro del Malm, y se presenta en escasos afloramientos aislados de reducida extensión.

Litológicamente, la hoja, mayoritariamente terciaria puede dividirse en dos dominios distintos. La mitad sur occidental está constituida por alternancias de tramos detríticos, conglomerados y areniscas en paleocanales, arcillas y limos procedentes del desmantelamiento de los relieves paleozoicos y jurásicos. En la mitad nororiental los materiales son mayoritariamente margo-yesíferos y yesíferos, en la parte inferior de la serie, pasando a margas y calizas a techo de la misma.

De esta forma, en los términos de la serie terciaria existe una evolución gradual de facies que se produce desde el cuadrante suroriental, donde se localizan las facies detríticas más proximales hasta la zona noroccidental, donde se desarrollan los materiales margo-calcáreos y evaporíticos correspondientes a las facies distales de ambientes lacustre y lacustre-palustre.

Composicionalmente, las areniscas del Oligoceno y Mioceno de la Hoja de Pina de Ebro son litoarenitas constituidas fundamentalmente por cuarzo (20-30%) tanto en su tipología monocristalina como policristalina, fragmentos de rocas sedimentarias, sobre todo calizas micríticas y biomicritas (5-26%) y óxidos de hierro (4-13%). Otros integrantes de estas areniscas, aunque no siempre están presentes en el esqueleto de las mismas son los fragmentos de areniscas y limolitas de composición cuarzoarenítica (0-13%), los fragmentos metamórficos de bajo grado (0-11%) y los feldespatos, mayoritariamente de tipo ortosa (0-13%).

La matriz no se encuentra siempre presente como componente de estas areniscas. Cuando aparece es de tipo fango carbonático y puede llegar a alcanzar porcentajes de incluso el 40% del total de la muestra. Entre la mineralogía autigénica hay que destacar la de composición carbonática (cementos de calcita y dolomita) con porcentajes que oscilan entre el 2 y el 20% del total de la muestra. Otros cementos de aparición más esporádica son los de yeso y sílice o los de composición filosilicática o ferruginosa.

En lo que se refiere a las rocas carbonatadas correspondientes a las distintas unidades cartográficas, son en su mayoría calizas micríticas y microesparíticas con mayor o menor abundancia de aloquímicos, a veces totalmente recristalizados. Las litologías más frecuentes son las calizas micríticas con texturas *mudstone* o *wackstone* bioturbados, en las que los bioclastos más representados son, principalmente los ostrácodos y, en menor medida, fragmentos de bivalvos o gasterópodos. La presencia de minerales terrígenos (generalmente de composición siliciclástica) suele ser muy variable (1-25%), correspondiendo siempre los porcentajes mayores a las calizas de las unidades Galocha-Ontiñena y Bujaraloz-Sariñena. A veces estas calizas presentan ferruginizaciones más o menos intensas y bioturbaciones debidas probablemente a raíces que denotan la actuación de procesos edáficos.

Estos materiales terciarios se disponen en la hoja de Pina de Ebro con una ordenación vertical cíclica. Cada uno de estos ciclos está constituido por sedimentos aluviales medio-proximales a distales en la base, y por sedimentos de ambientes lacustre-palustre tanto carbonatados como evaporíticos hacia techo.

El límite inferior de los ciclos es neto y brusco, mientras que el tránsito de los sedimentos aluviales basales a los superiores lacustres dentro de cada ciclo se produce de forma gradual.

El estudio de esta ciclicidad ha permitido distinguir ocho unidades de carácter genético-sedimentario en el Terciario de la hoja, que se extienden a lo largo de decenas de kilómetros en áreas próximas y presentan espesores que oscilan entre las varias decenas a más de un centenar de metros. Estas unidades corresponderían a secuencias deposicionales en el sentido de MITCHUM (1977): «Unidad estratigráfica relativamente concordante compuesta por una sucesión de estratos genéticamente relacionados y cuyos límites a techo y muro son discontinuidades o sus respectivas conformidades».

Debido a la ausencia de un modelo bien definido aplicable a cuencas endorreicas, se ha preferido usar para estos ciclos el término, más abierto de significado, de unidad genético-sedimentaria. Los límites de estas unidades genético-sedimentarias se han diferenciado en la cartografía con el fin de facilitar la correlación de las mismas a lo largo de un amplio sector de la Cuenca del Ebro.

La dificultad de cuantificar, dada la pobre existencia de yacimientos fosilíferos de importancia cronoestratigráfica, los posibles hiatos sedimentarios ligados a estos límites impide que los denominemos como paraconformidades, aun cuando representan cambios bruscos de facies con rango cuencal y en algunas ocasiones ha podido constatarse su enlace con discordancias cartográficas.

Esto ha permitido diferenciar dichas unidades genético-sedimentarias tanto en los sectores más cercanos a los bordes de la cuenca, donde existe un predominio de facies detríticas, como en las áreas de centro de cuenca donde todo el sedimento presente corresponde a facies de lago salino y margen de lago salino.

Cada una de estas unidades genético-sedimentarias se organiza en ciclos de rango inferior, los cuales corresponden a ciclos de facies y son asimilables a parasecuencias o ciclos de 4.º orden en el sentido de VAN WAGONER (1985).

Desde este punto de vista, se han diferenciado en el sector central y oriental de la Cuenca del Ebro un total de veinte unidades genético-sedimentarias que abarcan una edad comprendida

desde el Priaboniense superior al Aragoniense-Vallesiense, de las cuales sólo ocho llegan a aflorar en la hoja de Pina de Ebro y tienen una edad entre el Oligoceno superior y el Aragoniense. Estas unidades reciben, de base a techo, los nombres de: Unidad Mequinenza-Ballobar, Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca, Unidad Galocha-Ontiñena, Unidad Bujaraloz-Sariñena, Unidad Remolinos-Lanaja, Unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora, Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, Unidad San Caprasio (véase Figura 1).

La totalidad de los materiales que conforman estas unidades son equivalentes a parte de la Formación Zaragoza (Miembro yesos de Retuerta), Formación Alcubierre (Miembros calizas de Bujaraloz y Sástago) y Formación Caspe (Miembro Areniscas de Escatrón) de QUIRANTES (1969) (véase Figura 1).

En la Figura 2 puede observarse la evolución espacial de estas unidades en el sector de Los Monegros, mientras que en la Figura 3 se observa el ensayo de correlación entre dichas unidades y las unidades tectosedimentarias (UTS) definidas por PÉREZ, *et al.* (1988) y ARENAS y PARDO (1991).

U. San Caprasio	25. Lutitas ocre y grises intercaladas con areniscas y calizas.
U. Sierra de Lanaja-Montes de Castejón	24. Calizas tableadas intercaladas con margas.
U. Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora	23. Calizas limosas muy karstificadas por raíces. 22. Yesos con margas. 21. Arcillas rojas con niveles de yeso y niveles de gipsarenita y margocaliza. 20. Canales de conglomerados y areniscas.
U. Remolinos-Lanaja	19. Yesos con margas. 18. Arcillas rojas con niveles de yeso. 17. Areniscas intercaladas con tablas de caliza.
U. Bujaraloz-Sariñena	16. Calizas blancas limosas intercaladas con margas. 15. Yesos masivos. 14. Alternancia de yesos, arcillas roja y margas grises. 13. Yeso alternante con tramos de arcilla, yesos y margas. 12. Arcillas rojas con yeso nodular alternando con gipsarenitas y calizas. 11. Conglomerados y areniscas con niveles carbonatados.
U. Galocha-Ontiñena	10. Arcillas varioladas con intercalaciones de yeso y caliza. 9. Capas de yeso, caliza y margas. 8. Arcillas rojas y anaranjadas con yeso nodular e intercalaciones de niveles de yeso y caliza 7. Alternancia de areniscas yesíferas y arcillas con nódulos de yeso y niveles de yeso.
U. Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca	6. Calizas limosas intercaladas con margas, arenas y capas de yeso. 5. Arcillas rojas con nódulos yesíferos e intercalaciones de capas finas de caliza, yeso y localmente canales de areniscas.
U. Mequinenza-Ballobar	4. Tableado de calizas limosas. 3. Arcillas rojas con yeso tabular.

Figura 1. Cuadro sintético de los materiales oligo-miocenos de la hoja de Pina de Ebro.

Figura 2. Modelo secuencial de las unidades genético-sedimentarias del sector de Los Monegros.

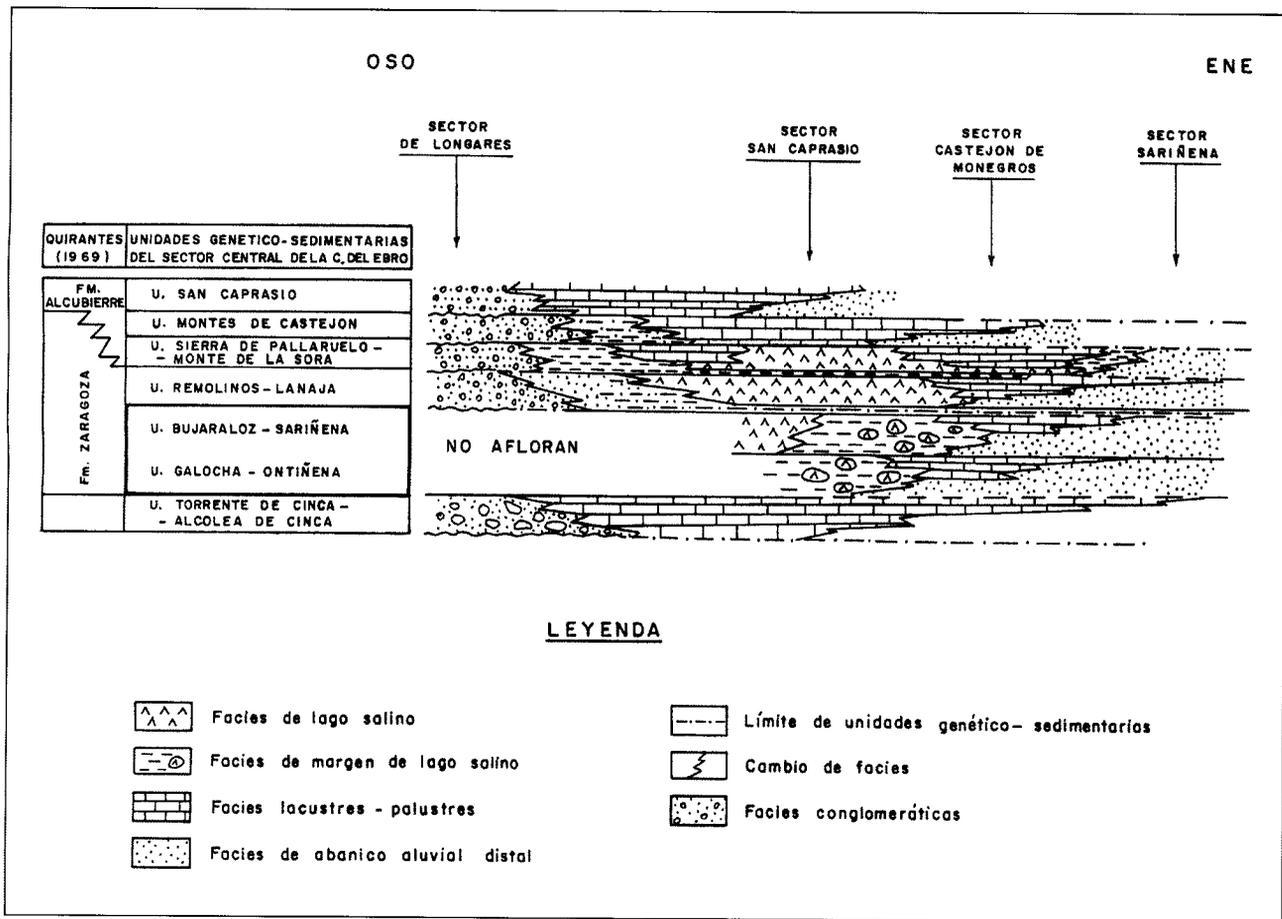


Figura 3. Ensayo de correlación de las unidades genético-sedimentarias diferenciadas en la hoja y las unidades tectosedimentarias de PEREZ, et al. (1988).

EDAD		BIOTIZONAS MEIN	UTS. PEREZ et al. (1988)	UNIDADES MAGNA	YACIMIENTOS MICROMAMIFEROS ESTUDIADOS EN EL MAGNA EBRO	OTROS YACIMIENTOS DE MAMIFEROS CUENCA DEL EBRO	
M I O C E N O	VALLESIENSE		MN-10 MN-9	N3	U. SAN CAPRASIO	<ul style="list-style-type: none"> - Monegrillo (1) - Tudela 1, 2 (4) - . Paridera del Cura (2) - . Mas de Santiago (2) - . Galocha 1, 3 - . San Juan - Autol, Santa Cilia (3) 	
	A R A G O N I E N S E	SUP.	MN-8 MN-7 MN-6	N2	U. SIERRA DE LANAJA-MONTES DE CASTEJON		<ul style="list-style-type: none"> — Puig Ladrón — Casero 1
		MED.	MN-5	N1	U. SIERRA DE PALLA-RUELO-MONTE DE LA SORA		— Santa Guiteria
			MN-4b		U. REMOLINOS-LANAJA		— Marga 3
	INF.	MN-4a	N1	U. BUJARALUZ-SARIÑENA	— Peñalba		
		MN-3b		T4	U. GALOCHA-ONTIÑENA		— Campos del Abuelo
	MN-3a	U. TORRENTE DE CINCA - ALCOLEA DE CINCA	— Chalamera 1				
	MN-2b	— Ontiñena 1					
	AGENTIENSE		MN-2a MN-1	T4	U. GALOCHA-ONTIÑENA U. TORRENTE DE CINCA - ALCOLEA DE CINCA		— Clara 1

(1) AZANZA, com. pers.

(2) CUENCA, et al. (1989)

(3) ALVAREZ SIERRA, et. al. (1990)

(4) PEREZ et al. (1989)

Por último, en el ámbito de la hoja de Pina de Ebro alcanzan un desarrollo moderado las formaciones cuaternarias, principalmente en la mitad O, donde tienen una amplia representación superficial en las cercanías de los relieves jurásicos. En el resto de la hoja los depósitos de fondo de vale y coluviones son los más frecuentes, así como los fondos endorréicos asociados a las numerosas lagunas desarrolladas en el cuadrante suroriental.

1.1. JURÁSICO

Los afloramientos de los materiales del Jurásico superior se encuentran dispersos por el cuadrante suroeste de la hoja de Pina de Ebro, constituyendo pequeñas superficies, parcialmente cubiertas por depósitos terciarios, que por lo general han sido objeto de explotación como rocas industriales y áridos.

Pertencen a lo que se ha denominado tradicionalmente como Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. El Jurásico de este sector está compuesto por un conjunto potente de rocas carbonatadas con tramos intercalados de margas y margocalizas que han sido subdivididas en una serie de unidades litoestratigráficas por Goy, *et al.* (1976), GÓMEZ (1979) y GÓMEZ y GOY (1979), cuya distribución vertical puede observarse en la Figura 4. De estas unidades solamente las del Kimmeridgiense se encuentran representadas en el ámbito de la hoja de Pina de Ebro.

1.1.1. Calizas y margocalizas (Fm. Ritmita calcárea del Loriguilla) (1). Kimmeridgiense

Esta unidad cartográfica es observable parcialmente en diversos puntos de la hoja de Pina de Ebro, casi siempre protegida de la erosión por los relieves que constituyen los paquetes de calizas de la unidad (2). Así, aflora, de forma incompleta, en Balsa Nueva, Pueyo Alto y Loma Atravesada.

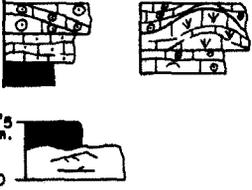
Se ha reconocido detalladamente en la columna estratigráfica 01-BALSA NUEVA (681.300 y 4.584.300) donde se han medido 32 m de una alternancia de aspecto rítmico, de calizas, margas y margocalizas de aspecto brechoide, de tonos grises y negruzcos, en capas de 20 a 50 cm. Las calizas tienen una textura *mudstone*, y son frecuentemente limosas y localmente bioclásticas. Al microscopio pueden clasificarse como biomicroesparitas con siliciclastos.

Las estructuras sedimentarias son muy escasas y por lo general limosas, algunas se han interpretado como estratificaciones cruzadas y *ripples* a techo de las capas de calizas.

Estos materiales se distribuyen en secuencias, de unos 50 cm de potencia, formados por un cuerpo carbonatado en la base, con estratificación cruzada y *ripples* a techo, y encima un cuerpo margoso 2.

Se generarían en medios tranquilos, por debajo del nivel de base del oleaje, en una plataforma submareal.

Figura 4. Cuadro unidades litoestratigráficas del Jurásico definidas en la Cordillera Ibérica.

		UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SECUENCIAS	AMBIENTES	
JURASICO SUPERIOR	OXFORDIEN.- KIMMERIDIENSE	Unidad de AGUILON		LITORAL	
		Fm. Calizas con oncolitos de HIGUERUELAS		Plataf. interna de alta energía - Facies bioconstruidas	
		Fm. Ritmica calcárea de LORIGUILLA		Plataforma Submareal	
JURASICO MED.	AALEN.- BAJOCIENSE	Fm. Margas de SOT de CHERA	GRUPO TURIA	GRUPO AFLORANTES	
		Mb. Calizas con esponjas de YATOV			Plataforma externa
		Capa de Oolitos ferruginosos de ARROYOFRIO			Plataforma interna submareal somera
		Fm. Carbonatada de CHELVA			Plataforma externa somera
JURASICO INFERIOR	TOARC.- PLIENSBACHIENSE	Oolitos ferruginosos	GRUPO ABLANQUEJO	GRUPO RENALES	
		Mb. Calizas nodulosas de CASINOS			Plataforma somera (inter y submareales)
		Fm. Alternancia de margas y calizas de TURMIEL			Plataforma somera (litadura de mareas)
		Fm. Calizas bioclásticas de BARAHONA			
JURASICO INFERIOR	HETTANGIEN.- SINEMURIEN.	Fm. Margas grises de CERRO DEL PEZ	GRUPO RENALES	GRUPO RENALES	
		Calizas y margas de ALMONACID de la CUBA			
		Calizas nodulosas de RIO PALOMAR			
TRIASI	HETTANGIEN.- SINEMURIEN.	Fm. Calizas y dolomías de CUEVAS LABRADAS	GRUPO RENALES	GRUPO RENALES	
		Fm. Carniolas de CORTÉS DE TAJUÑA			

Las muestras estudiadas han proporcionado la siguiente asociación: *Ammobaculites (haplophragmium) sp.*, *Epistomina (brotzenia), sp.*, *Ammodiscus cf. tenuissimus* (GÜMBEL), *Lenticulina cf. subalata* (REUSS), *L. sp.*, *Urgonina (paraurgonina) sp.*, y *Alveosepta jaccardi* (SCHRODT) que caracterizan el Kimmeridgiense inferior.

1.1.2. Calizas con oncolitos (Fm. Calizas con oncolitos de Higuieruelas) (2). Kimmeridgiense

Esta la unidad cartográfica del Jurásico aflora en la hoja de Pina de Ebro, en los mismos puntos de la unidad anterior (1).

Ha sido estudiada, como la unidad anterior, en la columna estratigráfica 01-BALSA NUEVA, donde afloran 23 m, constituidos en la base y techo por calizas bioclásticas y oncolíticas, grises, en bancos de 0,5 m de potencia, con un tramo intermedio de calizas bioconstruidas, tipo biohermo o biostromo, y oncolíticas, blanquecinas muy recristalizadas.

A diferencia de la Fm. Ritmita calcárea de Loriguilla, en ésta, las estructuras sedimentarias son más abundantes y visibles, presentando estratificaciones cruzadas, de tipo planar y en surco, *ripples* y bioturbación de moderada a abundante.

En los afloramientos citados anteriormente se suelen encontrar dos tipos de facies, interrelacionadas entre sí, predominando una u otra en cada punto en concreto:

- *Facies de plataforma interna de alta energía*: representada por *shoals* oncolíticos, de geometría lenticular. Son las más abundantes en la hoja de Pina de Ebro.
- *Facies bioconstruidas*: en las que la estructura tipo *mud mound* se desarrolla en zonas protegidas de mínima energía. Corresponden a masas lenticulares (biohermos) superpuestas. En la columna citada, los biostromos están bien representados por cuerpos estratiformes, de unos 2 m de potencia, en los que se aprecian corales ramosos en posición de vida.

Al microscopio, en la base de la serie predominan las calizas con texturas *mudstone-wackstone* con bioclastos (sobretudo, miliólidos y fragmentos de bivalvos y equinoideos) y siliciclastos (cuarzo, feldespato, mica biotita y moscovita y óxidos de hierro, generalmente angulosos). Hacia el techo, estas calizas van adquiriendo paulatinamente texturas *packstone-grainstone* con bioclastos (foraminíferos, fragmentos de braquiópodos, gasterópodos, radiolas de equinoideos, briozoos, moluscos y algas) y otros aloquímicos, tales como, oncolitos, intraclastos, ooides y agregados. A la vez que aumenta el porcentaje de estos componentes carbonáticos, disminuye el contenido en siliciclastos hasta llegar a cantidades accesorias (1%), a excepción de los estratos del techo de la serie, en la que vuelven a aparecer siliciclastos en porcentajes de incluso el 10%.

Los fósiles clasificados: *Nautiloculina oolithica* MOHLER, *Conicospirillina cf. basiliensis* MOHLER, *Solonopora sp.*, *Everticyclammina virguliana* (KOECHLIN), *Anchispirocyclus lusitanica minor* HOTTINGER, y *Cayeuxia piaë* FROLLO que datan al Kimmeridgiense medio-superior.

1.2. Terciario

1.2.1. Unidad de Mequinenza-Ballobar

Esta unidad ha sido caracterizada en sus facies proximales de carácter detrítico en la zona de Ballobar, situada en la hoja 1:50.000 de Fraga (387) y en sus facies más distales en la zona de Mequinenza (hoja 415). En general se trata de una unidad detrítica que evoluciona hacia techo a condiciones lacustre-palustres carbonatadas, siendo éstas predominantes en el segundo de los sectores citados. La Figura 5 representa la distribución de facies de la misma en el sector centro-oriental de la Cuenca del Ebro.

En la hoja de Pina de Ebro no aflora la base, y la unidad viene representada por una parte inferior arcillosa alternando con niveles de yeso tabulares y culmina con otras tablas de espesor decimétrico de calizas con arcillas. La potencia aflorante en la zona es de 15 m. Se ha estudiado en la columna 04, situada en la esquina sureste, justo en el Barranco de Lopín.

La presente Unidad genético-sedimentaria corresponde al miembro Sástago de la Formación Alcubierre de QUIRANTES (1969).

Se le atribuye una edad Oligoceno superior (Chattiense).

Para esta unidad se han diferenciado dos tramos cartográficos:

1.2.1.1. Arcillas rojas con yeso tabular (3). Chattiense

Un tramo basal de 10 m de potencia formado litológicamente por arcillas rojas, pero localmente pueden ser anaranjadas, lilas y grises, que presentan restos de materia orgánica. Dentro de la misma se observa la presencia de yeso secundario, fibroso en vetas, y yeso alabastro con disposición tabular o formando niveles nodulares o nódulos.

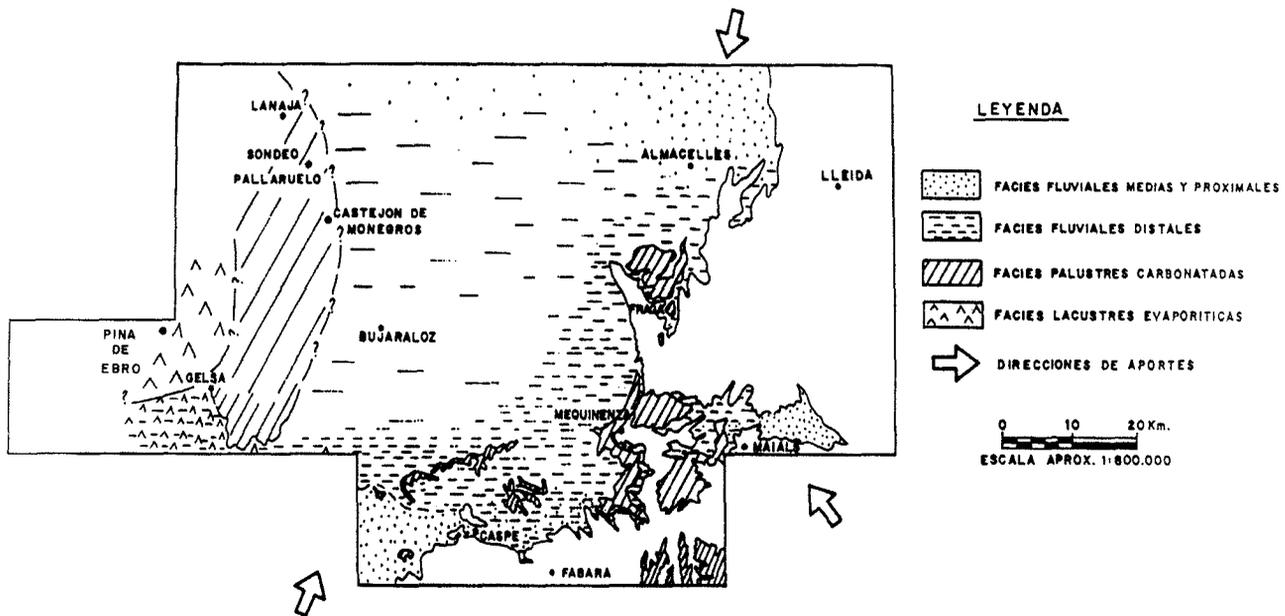
Estas arcillas presentan alguna intercalación de calizas limosas de espesor centimétrico de color beige que presentan porosidad móldica y fósiles (gasterópodos).

Esta unidad aflora en las laderas del barranco de Lopín justo en el límite de hoja, y al ser arcillosa está muy recubierta por depósitos cuaternarios.

Se ha realizado el estudio de rayos X de una muestra de arcilla correspondiente a esta unidad, obteniendo los siguientes resultados:

Mineralogía en fracción total		Mineralogía de la arcilla	
Filosilicatos	46%	Illita	77%
Cuarzo	6%	Esmectita	—
Feldespatos	6%	Clorita	10%
Calcita	7%	Caolinita	8%
Dolomita	i	Pirofilita	—
Yeso	35%	Interestratificado irregular clorita-esmectita	5%

Figura 5. Esquema de distribución de facies de la Unidad de Mequinenza-Ballobar.



En conjunto se interpreta estos materiales como correspondientes a zonas distales de un sistema de abanicos aluviales, con lutitas de llanura de inundación y niveles carbonatados correspondientes a zonas de encharcamiento.

1.2.1.2. *Tableado de calizas limosas (4)*

La presente unidad cartográfica tiene poco espesor (1 m máximo), pero se ha diferenciado debido a que forma una pequeña superficie estructural y un pequeño resalte, diferenciándose perfectamente tanto en campo como en foto aérea de la siguiente unidad.

Está constituida por niveles de caliza limosa de espesor decimétrico de color negro y beige alternando con arcillas con nódulos de yeso y yeso fibroso secundario.

Estas calizas tienen como contenido fosilífero observable en muestra de mano gasterópodos. Petrográficamente son calizas micríticas bioclásticas, con 30% de fragmentos de fósiles, fundamentalmente ostrácodos formando pequeñas laminaciones, y con porosidad de disolución e intrapartícula.

En esta unidad, al presentar una morfología plana, se encuentran muchos campos, de cultivo, siendo difícil de observar en campo las calizas tableadas «in situ» (casi siempre se observan fragmentos de caliza en superficies removilizados por las labores agrícolas).

Se interpreta como facies lacustre-palustre bajo condiciones de salinidad normal. Siendo paso lateral de las facies anteriores.

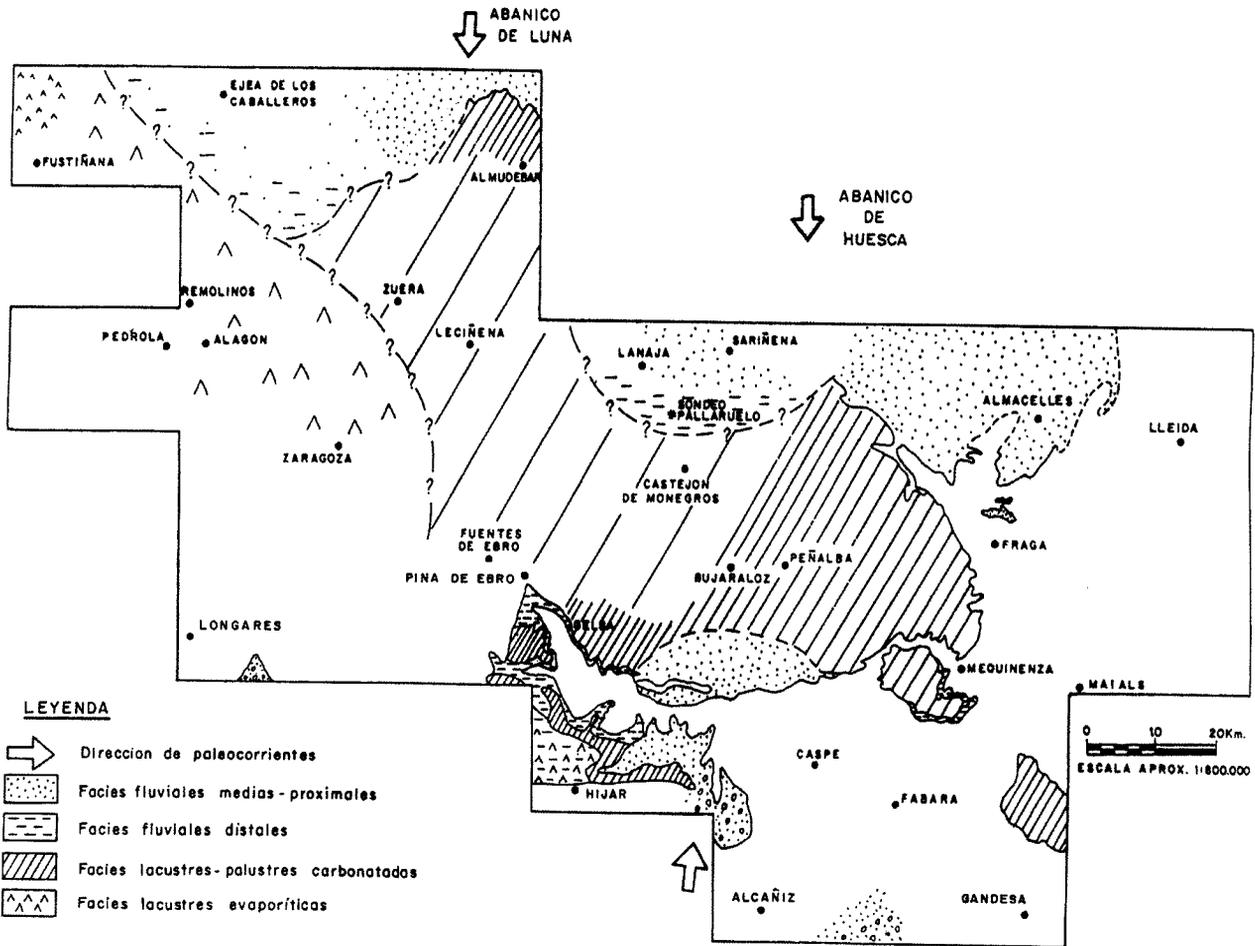
1.2.2. **Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca**

Regionalmente, esta unidad se presenta en facies proximales de carácter detrítico en una orla en torno a las márgenes Norte y Sur de la Cuenca del Ebro. En el sector septentrional las facies aluviales cubren una banda entre Ejea de los Caballeros, Sariñena y Almacellas, y presentan procedencia pirenaica. En el sector meridional la procedencia es ibérica y se han observado facies aluviales detríticas correspondientes a dicha unidad en el sector de Caspe, Alcañiz e Híjar.

Hacia el centro de la Cuenca esta unidad representa una evolución de facies fluviales de abanico aluvial en su parte inferior hacia condiciones lacustre-palustre en su parte superior, representadas por depósitos carbonáticos, si bien en el sector de Zaragoza-Remolinos predominan las facies evaporíticas (véase Figura 6).

En la hoja de Pina de Ebro se han distinguido dos unidades cartográficas separadas mediante contactos concordantes normales correspondientes a la Unidad de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca. La unidad 5, en la parte inferior representa las facies de abanico aluvial medio-distal, eminentemente detríticas, con facies de paleocanales fluviales correspondientes a las partes medias del abanico aluvial en el sector Este, las cuales evolucionan hacia el N y O aumentando su distalidad mientras que la unidad 6, corresponde a las facies carbonáticas lacustre-palustre del techo de ciclo.

Figura 6. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca.



Para el estudio de esta unidad se ha realizado la serie 04 (barranco de Lopín) donde presenta una potencia de 50 m. Esta unidad aflora por todo el barranco de Lopín, encontrándose a los dos lados de éste.

A esta unidad se le atribuye una edad Chattiense-Ageniense, y desde el punto de vista composicional, las areniscas son litoarenitas arcósicas en las que destaca la abundancia de fragmentos de rocas metamórficas de bajo grado y de metaarenitas, así como la existencia de algunos fragmentos de calizas micríticas con miliólidos.

Por último hay que señalar que la presente unidad corresponde a las Areniscas de la Ermita, incluidas dentro del Miembro Escatrón de la Formación Caspe de QUIRANTES (1969).

A continuación se describen los tramos cartográficos diferenciados.

1.2.2.1. *Arcillas rojas con nódulos yesíferos e intercalaciones de capas finas de caliza, yeso y localmente canales de arenisca (5). Chattiense-Ageniense*

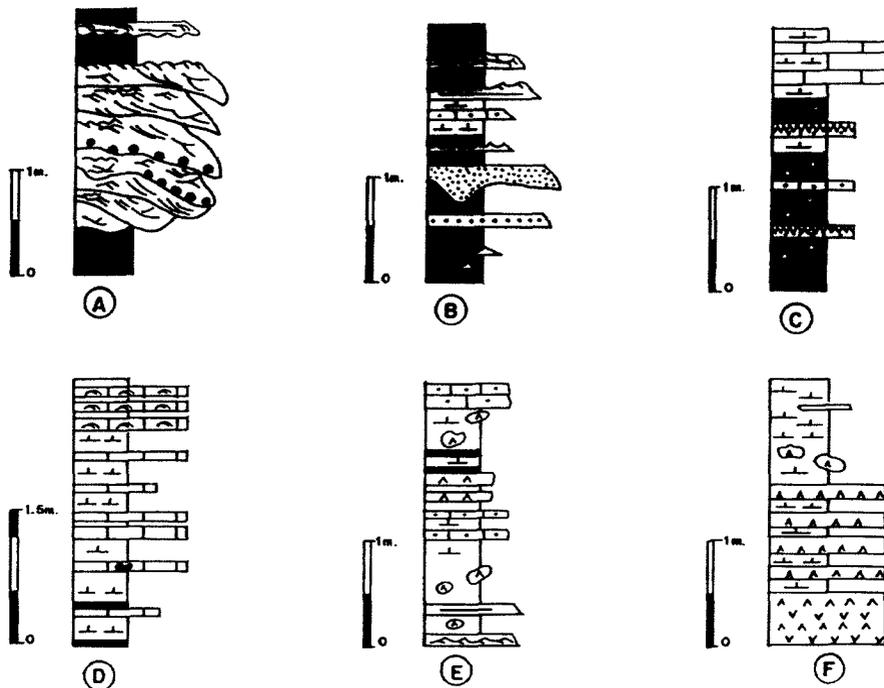
Aflora en su mayor extensión únicamente en el cuadrante SE de la hoja, siendo escasa su aparición en el cuadrante NE de la hoja, únicamente en las cotas más bajas (por debajo de 200 m) del barranco excavado por el arroyo Valdecasa, donde se encuentran bajo la unidad superior (6), formada por calizas y margas, y en los barranquillos que descienden al Ebro, justo al Norte, erosionando el replano llamado «Campo de la Doctora». En este último sector no se ha distinguido el tramo cartográfico superior debido a la escasa entidad de la misma y a las pésimas condiciones de afloramiento, por lo que la siguiente unidad genético-sedimentaria se dispone directamente sobre esta unidad mediante un contacto conforme de límite de ciclo representado de una forma especial en la cartografía.

Se ha estudiado este tramo cartográfico en la sección 04 (Barranco de Lopín), situado en el sector SE de la hoja, donde presenta varias intercalaciones carbonáticas.

En esta sección su espesor medio ronda los 40 m y consta de arcillas rojas con nódulos dispersos de yeso y con frecuentes niveles de yeso nodular alabastrino de 10-30 cm de espesor, aunque localmente pueden ser mayores y con intercalaciones de calizas y paleocanales. El yeso se presenta también fibroso en frecuentes venillas oblicuas o paralelas a la estratificación. Las arcillas presentan localmente aspecto abigarrado, con colores violáceos, grises, rojos y anaranjados, asociados a niveles margosos y edafizaciones, e intercalan niveles carbonáticos aislados de 10 a 50 cm de escasa continuidad lateral que suelen presentar carácter limoso, y en ocasiones, fragmentos de gasterópodos con porosidad móldica.

Los paleocanales son de grano grueso a fino, y tonos marrón-pardo. Pueden llegar a tener espesores de orden métrico (2-3 m) y donde están suficientemente exhumados se reconocen morfologías de cauces meandriformes, un ejemplo sería el encontrado en el mismo lecho del Barranco de Lopín, a 5,5 km del extremo Oeste de la hoja.

Presentan bases erosivas y numerosas acreciones laterales de tipo *point-bar*, además de superficies de reactivación. El relleno de los mismos presenta laminación cruzada planar y en surco, así como *ripples* de corriente hacia techo de los bancos, que en ocasiones son de tipo *climbing-ripples* (véase Figura 6). Todos estos paleocanales se han observado con mayor fre-



- A - FACIES DE RELLENO DE PALEOCANALES DE RIOS MEANDRIFORMES. BARRAS DE MEANDRO
 B - FACIES DE LLANURA DE INUNDACION
 C - SECUENCIAS DE FACIES PALUSTRES
 D - SECUENCIAS DE FACIES LACUSTRES
 E - SECUENCIAS DE FACIES DE MARGEN DE LAGO SALINO
 F - SECUENCIAS DE FACIES DE LAGO SALINO

LEYENDA

	} ARENISCAS		YESOS		RIPPLES DE OSCILACION
			YESOS MODULARES		LAMINACION PARALELA
	CALIZAS		ESTRATIFICACION CRUZADA EN SURCO		ESTRATIFICACION WAVY
	CALCISILTITAS		ESTRATIFICACION CRUZADA PLANAR		ESTRATIFICACION LINSEN
	LUTITAS		RIPPLES DE CORRIENTE		MARCAS DE RAICES
	MARGAS		RIPPLES ASCENDENTES		CANTOS BLANDOS

Figura 7.

cuencia en el margen derecho del Barranco de Lopín, por ser el sector más meridional, y también más hacia el oeste.

En lámina delgada son litoarenitas arcósicas con cemento dolomítico y yesífero, con fragmentos de calizas micríticas (algunas bioclásticas) y fragmentos metamórficos de bajo grado y de metaareniscas.

La litología arcillosa da lugar a relieves suaves, formando laderas poco continuas, observándose cerros independientes uno de otro, separados por campos, y de distinta cota.

Desde el punto de vista sedimentológico esta unidad se interpreta como fluvial meandriforme con amplio desarrollo de la llanura de inundación, donde se producen encharcamientos esporádicos. Esta unidad forma parte de un abanico aluvial distal de procedencia meridional, desarrollado con mayor amplitud en las vecinas hojas de Gelsa e Híjar.

1.2.2.2. *Calizas y calizas limosas y margas con niveles de arenisca y yeso (6). Chattiense-Ageniense*

Corresponden a niveles carbonatados (3-5 m) intercalados en la unidad cartográfica anterior los cuales se han cartografiado cuando la amplitud de los afloramientos y la foto aérea lo han permitido. Dan lugar a superficies estructurales de poca extensión, como la que hay justo sobre de la casa de Mujent, por donde pasa la columna 04, que constituye el primer resalte de la unidad, y otras bastante extensas, como ocurre en el borde este de la hoja, las cuales se atraviesan en la carretera de Quinto hacia Codo, observándose grandes llanos, los cuales constituyen el segundo resalte de la unidad y forman el techo de la unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca; muchos de estos llanos son campos y al atravesarlos se pone de manifiesto con fragmentos de calizas sueltas, en lugar de una capa continua de caliza.

Son niveles de caliza delgados de espesor decimétrico que intercalan estratos margosos y arcillosos de similar potencia, así como niveles de arena y limo carbonatados localmente. Las calizas son micríticas tableadas, con textura concéntrica, con edafizaciones, porosidad abundante y con moldes de gasterópodos. Su color oscila entre beige, gris y negro. Presentan con frecuencia bioturbación a techo. Se les atribuye un ambiente de sedimentación lacustre-palustre en condiciones de salinidad normal.

El techo de la Unidad presenta un tránsito lateral de facies hacia el Este, pasando de niveles calcáreos a niveles de orden decimétrico-métrico de yeso nodular alabastrino intercalado con margas y de potencia 2 m.

El contenido fosilífero de la Unidad Torrente de Cinca-Alcolea de Cinca en este sector es francamente escaso y de reducido interés bioestratigráfico, consistiendo en restos de gasterópodos y carofitas. Se han identificado restos de oogonios deformados de *Chara notata* GRAMBAST y PAUL, *Sphaerochara* sp. y *Candona* sp. Sin embargo, por correlación del conjunto de la unidad con sectores más orientales de la cuenca se observa que la parte superior de la unidad ha sido datada como Ageniense con micromamíferos en el yacimiento de Ontiñena (hoja de Sariñena), mientras que muestras algo más bajas en la serie han sido datadas en la hoja de Fraga

como Oligoceno superior (Chattiense), por lo que al conjunto de la Unidad Torrente-Alcolea de Cinca le corresponde un rango de edades que comprende desde la parte superior del Oligoceno (Chattiense) hasta el Mioceno basal (Ageniense).

1.2.3. Unidad Galocha Ontiñena

Se han reconocido materiales pertenecientes a esta unidad en gran parte del sector central de la cuenca del Ebro. Predominan las facies lacustre-palustres carbonáticas en una ancha franja que recorre en dirección NO-SE los terrenos desde Fustiñana hasta las inmediaciones de Mequinenza. Al SO de esta franja predominan las facies lacustres evaporíticas, mientras al N y NE las facies dominantes son fluviales (véase Figura 8).

En la presente hoja se observa una evolución de facies en la vertical desde depósitos aluviales medio-distales (fundamentalmente lutitas con yeso) en la parte inferior hasta facies similares con frecuentes indicios de edafizaciones generalizadas ligadas a depósitos margosos y evaporíticos a techo.

Al igual que en el resto de las unidades genético-sedimentarias definidas, los límites de techo y muro de la unidad se han diferenciado en la cartografía mediante un contacto paraconforme.

Del estudio petrográfico de las facies detríticas de esta unidad se desprende que composicionalmente son sublitoarenitas que presentan en general un menor contenido en feldespatos y fragmentos de roca que en la unidad anterior, mientras que el porcentaje de cuarzo mono y policristalinos se mantiene. Quizás cabría destacar la ausencia en las muestras observadas de fragmentos de areniscas, que por otro lado son bastante comunes a lo largo de toda la serie Oligo-Miocena.

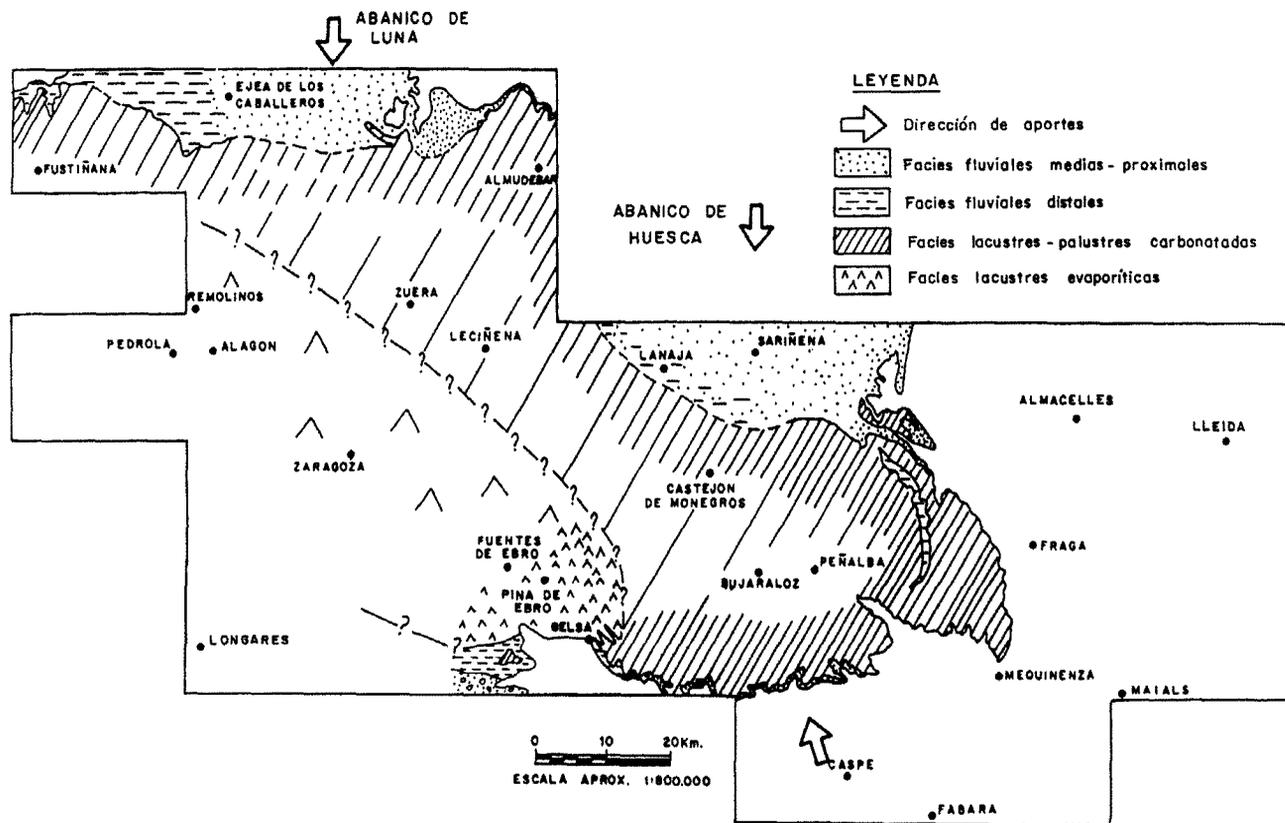
Se han diferenciado 4 unidades cartográficas en la hoja de Pina de Ebro, correspondientes a la unidad de Galocha-Ontiñena. La unidad 7 representa la facies con paleocanales de areniscas correspondientes a las facies aluviales de mayor proximidad, la unidad 8 corresponde a las facies lutíticas predominantes con intercalaciones de niveles de yeso, la unidad 9 responde a los episodios lacustres evaporíticos y/o carbonatados que se distribuyeron a lo largo de la serie, y la unidad 10 representa las facies lutíticas-yesíferas edafizadas del techo de ciclo, la cual se distribuye de forma no continua, siendo más extensa en la zona nororiental (véase Figura 7).

La presente unidad genético-sedimentaria se corresponde, en parte, con los miembros Bujaraloz y Escatrón de QUIRANTES (1969).

1.2.3.1. *Alternancia de areniscas yesíferas y arcillas con nódulos de yeso y niveles de yeso (7). Ageniense*

Esta unidad cartográfica se localiza en la zona meridional del cuadrante suroriental, cerca del límite de la hoja, a la derecha de Codo, concretamente en los alrededores del Corral del Monjo y el Corral de las Salinas. Tiene muy poco afloramiento.

Figura 8. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Galocha-Ontiñena.



Morfológicamente no da relieve, tratándose de una zona relativamente llana, diferenciándose de la unidad superior que si provoca un cierto relieve.

Litológicamente está formada por yesoarenitas de grano medio y de espesor centimétrico-decimétrico, alternando con niveles de orden métrico de arcillas anaranjadas con nódulos yesíferos y niveles de yeso tabular. Eventualmente presentan arcillas violáceas con niveles de calcisiltitas limosas bastante bioturbadas, reconociéndose huellas de raíces.

Los paleocanales areniscosos de esta unidad tienen bases erosivas y rellenos de estructuras tractivas con laminaciones cruzadas planares y en surco.

Estas facies se distribuyen con interdigitaciones hacia centro de cuenca, encontrándose su distribución de forma no continua, pasando a centro de cuenca a las facies (8).

El conjunto de la unidad presenta un espesor medio de 7 m y se interpreta de origen fluvial, en zonas medias de un abanico aluvial de procedencia SO, con episodios de encharcamiento estacional (calizas y yesos) entre la llanura de inundación.

La correlación realizada con los yacimientos citados por AZANZA, *et al.* (1988) identifica esta unidad como Mioceno inferior (Ageniense).

1.2.3.2. *Arcillas rojas y anaranjadas con yeso nodular e intercalaciones de capas de yeso y caliza (8). Capas de yesos, caliza y margas (9). Ageniense*

Estas unidades cartográficas constituyen la mayor parte de las suaves pendientes que se extienden el Este de los relieves de Patillas y Tomillar. La unidad 8 está constituida por una masa de lutitas rojas y anaranjadas con abundancia de yeso disperso en forma de nódulos o bien en capas de espesor centimétrico a decimétrico. Intercala algunas capas de yeso de 0,4 m a 1 m asociadas con niveles margosos e incluso capas de caliza, y cuando tales intercalaciones presentan suficiente entidad (tanto por su espesor como por las superficies estructurales que originan) se han representado en el mapa bien como un tramo cartográfico diferenciado (unidad 9), bien con líneas de capa.

Este conjunto tiene un espesor total, de muro a techo, de unos 25 m en el perfil 04 (Barranco de Lopín), donde la unidad 9 tiene un espesor de 2-5 m, mientras que en el perfil 05 (Los Poyos), donde no llega a aflorar la base, se han medido más de 40 m, correspondientes prácticamente en su totalidad a yesos, margas y calizas (Unidad 9), siendo muy minoritarias las arcillas rojas.

Las arcillas son rojas, anaranjadas o de color ocre, con abundantes nódulos de yeso que, en ocasiones, constituyen niveles estratiformes de yeso nodular alabastrino de espesor decimétrico. Contienen también frecuentes venillas de yeso fibroso oblicuas o subparalelas a la estratificación.

Se han realizado los estudios de RX de una muestra de arcilla correspondiente a la unidad 8:

Mineralogía en fracción total		Mineralogía de la arcilla	
Filosilicatos	44%	Illita	84%
Cuarzo	11%	Esmectita*	4%
Feldespatos	5%	Clorita	4%
Calcita	16%	Caolinita	8%
Dolomita	16%	Pirofilita	—
Yeso	8%		

* De muy baja cristalinidad, con posibles interestratificados.

Los niveles de yeso pueden tener espesor métrico y en estos casos suelen presentarse próximos a otros niveles yesíferos y asociados a niveles de margas y capas de caliza de espesor centimétrico a decimétrico. Tal es así que llegan a constituirse tramos de litología muy diferente a la unidad 8, que han sido diferenciados en la cartografía como unidad aparte (unidad 9). En esta unidad los niveles carbonáticos son eminentemente calizas limosas con bioturbación por raíces a techo, nódulos dispersos de sílex milimétricos y restos de moldes de gasterópodos. Bajo cada capa de caliza suele haber un nivel margoso grisáceo donde con frecuencia se reconocen laminaciones horizontales y, en ocasiones, alternan con finas capillas de yeso. Petrográficamente son calizas biomicríticas con elevada recristalización y con restos de ostrácosos inidentificables y posibles carofitas. Se aprecia abundante bioturbación y porosidad intrapartícula y de disolución. En ocasiones presenta cierta proporción limoarenosa (granos de cuarzo) que constituye laminaciones. Esta unidad 9 se presenta en diversas posiciones estratigráficas y su espesor aumenta considerablemente hacia el NE (zona de La Tosqueta y Los Poyos).

Se han analizado dos muestras de arcillas de la unidad 9, con los resultados siguientes:

Mineralogía en fracción total		Mineralogía en fracción total	
Filosilicatos	67%	Filosilicatos	63%
Cuarzo	8%	Cuarzo	8%
Feldespatos	4%	Feldespatos	3%
Calcita	i	Calcita	15%
Dolomita	18%	Dolomita	11%
Yeso	3%	Yeso	i
		Halita	i
Mineralogía de la arcilla		Mineralogía de la arcilla	
Illita	34%	Illita	35%
Esmectita	60%	Esmectita	56%
Clorita	3%	Clorita	4%
Caolinita	3%	Caolinita	4%
Pirofilita	i	Pirofilita	1%

El contenido paleontológico es escaso y mal conservado, reconociéndose restos de ostracodos y caráceas.

1.2.3.3. Arcillas varioladas con intercalaciones de yeso y caliza (10). Ageniense

Esta unidad cartográfica aflora al pie de los relieves del Tomillar, Patillas y Los Charcos, de forma poco continua en el primero, extendiéndose ampliamente por la zona de La Tosqueta y Los Poyos. Se han reconocido en el perfil 05 (Los Poyos), donde son más de 40 m, reconociéndose en la zona del Tomillar 10 m.

Morfológicamente da lugar a una superficie planar, representando techo de ciclo, dando un buen límite geomorfológico. Esta plataforma bien definida se observa en la zona centro del cuadrante suroriental en las zonas de Quinto, Atalaya y Las Lomas, entre el vértice Arnedo y el vértice Tomillar.

Litológicamente son arcillas varioladas, grises, verdes, violáceas, que presentan delgadas intercalaciones de calizas limosas, arenas finas en niveles centimétricos y sobre todo niveles yesíferos de distinto espesor y de litofacies preferentemente nodular alabastrino.

Los niveles carbonatados de esta unidad generalmente presentan una disposición tabular con bioturbación de moderada a abundante producida por raíces a techo de los niveles, Junto con superficies ferruginizadas. Se han reconocido también restos de gasterópodos.

Mineralogía en fracción total		Mineralogía en fracción total	
Filosilicatos	53%	Filosilicatos	53%
Cuarzo	12%	Cuarzo	—
Feldespato	5%	Feldespato	2%
Calcita	i	Calcita	40%
Dolomita	29%	Dolomita	5%
Yeso	1%	Halita	i
Mineralogía de la arcilla		Mineralogía de la arcilla	
Illita	39%	Illita	30%
Esmectita	56%	Esmectita	65%
Clorita	2%	Clorita	1%
Caolinita	3%	Caolinita	4%
Pirofilita	i	Pirofilita	—

Este tramo cartográfico se encuentra desarrollado de forma discontinua, con variaciones de potencia y constituye el techo de la unidad Galocha-Ontiñena. Representa ambientes sedimentarios muy distales, de muy baja energía, con frecuentes procesos de edafización generalizados en grandes extensiones de terreno que dan lugar a la variedad de coloraciones que caracteriza al tramo y con fenómenos de encharcamiento en condiciones de salinidad variable.

En cuanto a la edad, hemos de remitirnos a la correlación con otros sectores de la Cuenca del Ebro más proclives a la conservación de restos paleontológicos para concluir que la totalidad de la Unidad Galocha-Ontiñena se depositó durante el Mioceno inferior (Ageniense).

1.2.4. Unidad de Bujaraloz-Sariñena

Esta unidad, constituida fundamentalmente por facies evaporíticas en una gran extensión del sector central de la Cuenca del Ebro, presenta sin embargo, una evolución de muro a techo de facies fluviales medias y distales a facies lacustre-palustres carbonatadas en dos sectores: al Norte, entre Fustiñana y Ejea de los Caballeros, y al SE, en el sector de Peñalba, Sierra de Alcubierre y Gelsa. En este último sector se desarrollan facies evaporíticas por encima de los carbonatos, acuñándose éstos hacia el Oeste, de manera que en la presente hoja la unidad se presenta con facies eminentemente yesíferas, encontrándose localmente facies carbonatadas al lado de una estructura jurásica, sin contacto con las yesíferas. En la parte NE del sector central de la cuenca, sin embargo (franja de Ejea de los Caballeros-Almudévar-Sariñena), las facies son eminentemente detríticas medias y proximales (véase Figura 9).

Esta unidad es la que presenta mayor extensión en la hoja, diferenciándose morfológicamente en la parte oriental de la hoja por ser los primeros relieves observados; en la parte occidental se corta esta unidad por la carretera de Mediana a Belchite en distintos tramos. Aflora desde el borde meridional hasta el septentrional extendiéndose por toda la zona central y encontrándose en las poblaciones de Codo y Mediana.

En la hoja de Pina de Ebro se reconoce una evolución vertical de la unidad desde facies fluviales, más proximales hacia el Sur, hacia facies más distales correspondientes a ambientes lacustres yesíferos y, ocasionalmente, carbonatados.

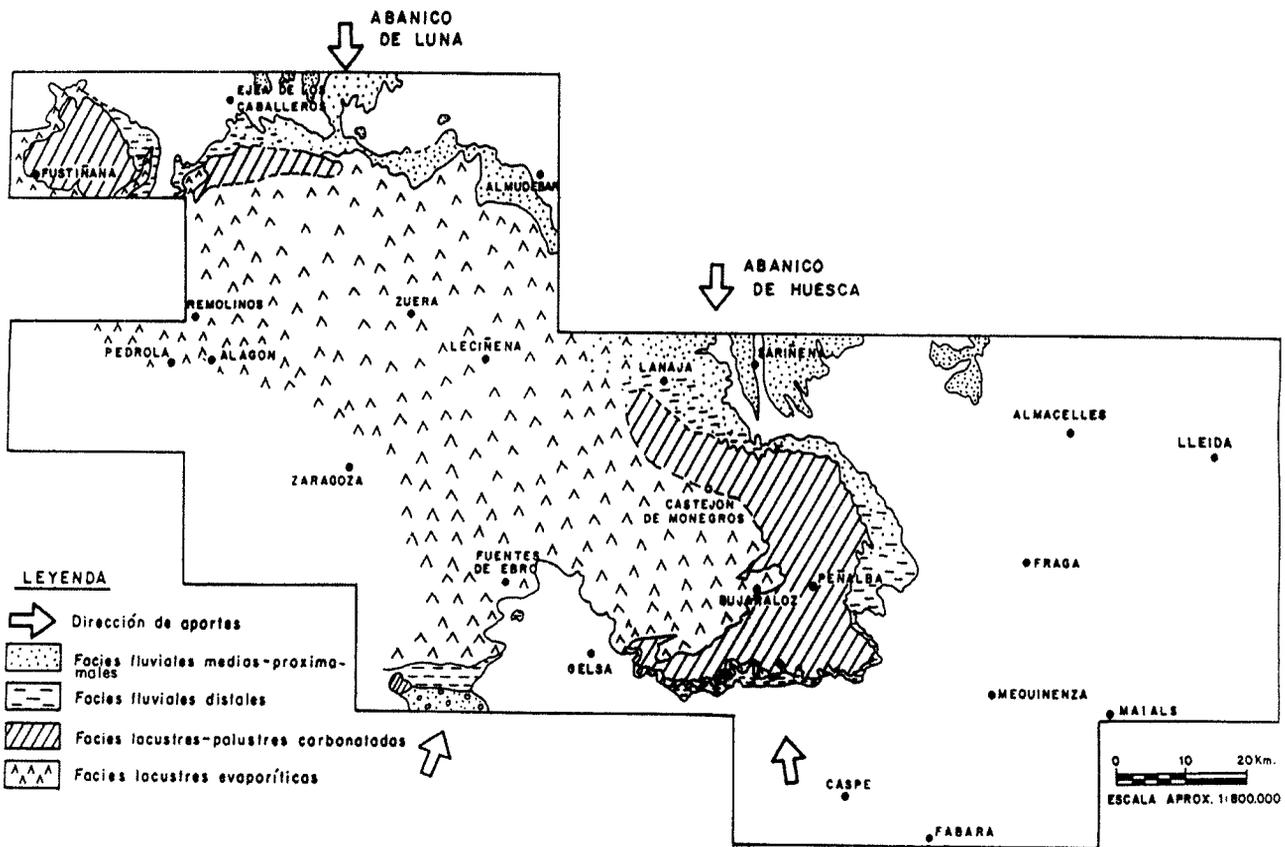
La evolución horizontal es clara, pasando gradualmente por facies de distinta naturaleza: facies fluviales proximales con desarrollo de paleocanales (11), facies fluviales distales constituidas por arcillas con areniscas, yesos y calizas (12), y con un episodio local lacustre carbonatado (16), facies predominantemente arcillosas y yesíferas de margen de lago salino (13 y 14), y materiales predominantemente yesíferos (15), características de ambientes de lago salino. Forman el techo del ciclo tanto la unidad yesífera 15 en la zona noroccidental, como la unidad carbonatada 16 en el sector suroccidental (véase Figura 9).

La potencia de esta unidad es de 140 m, mateniéndose constante a lo largo de toda la hoja, con una oscilación máxima de 20 m.

En esta unidad se han realizado la mayor parte de columnas, en total 7, por ser como se ha dicho anteriormente la más extensa. Las columnas son 11 (Canal del Monjo) 04 (Bco. Lopin), 06 (Tomillar), 07 (Mediana), 10 (Canal de la Boticaria) 09 (Canal de La Luna), 05 (Los Poyos).

Las muestras de areniscas de esta unidad estudiadas registran un cambio composicional notable con respecto a las infrayacentes (U. Alcolea de Cinca y U. Galocha) que se traduce en una mayor influencia de áreas fuente de tipo sedimentario. Además, es importante des-

Figura 9. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Bujaraloz-Sarriena.



tacar la aparición de abundantes fragmentos de ferricretas como constituyentes habituales del esqueleto de las muestras y la mínima o nula existencia de feldespatos a lo largo de toda la unidad.

Es asimismo destacable la aparición en esta unidad de un nivel volcanoclástico constituido por estratos de pequeños espesor con secuencias granodecrecientes de piroclastos en una fina matriz cinerítica. Los piroclastos más representativos son los fragmentos de vidrios (60%), los cristales (10%) y algún fragmento de roca con contenidos muy accesorios y en general, de muy difícil determinación. Los vitroclastos aparecen tanto con tipologías planas como angulosas. Los cristales son fundamentalmente de cuarzo con texturas angulosas y de feldespatos, mayoritariamente plagioclasa subidiomorfa. La fracción accesoriosa se encuentra representada por minerales opacos y en menor medida, por apatito y circón. El vidrio se encuentra desvitrificado en un 60%, presentando una alteración evidente a minerales de la arcilla y zeolitas. Atendiendo al porcentaje relativo entre sus componentes, estas rocas piroclásticas se han podido clasificar como tobas vitreas con cristales.

Este nivel piroclástico reviste una importancia excepcional como herramienta de correlación y datación en el Mioceno de la Cuenca del Ebro. La primera cita de su existencia se debe a HIRST (1983), referida a la zona de Tardienta (Huesca). Posteriormente durante la realización de la cartografía MAGNA de la cuenca del Ebro, el equipo de CGS localiza niveles volcánicos en las hojas de Lanaja (29-14) y Peñalba (30-15) situadas en la Unidad Bujaraloz-Sariñena, pero sin continuidad cartográfica suficiente para comprobar que se trate de un mismo nivel. El hallazgo en esta hoja abunda en esta hipótesis. Se han realizado diversos estudios bioestratigráficos, radiométricos y petrológicos, recogidas en CANUDO, *et al.* (1994), que aportan una datación absoluta de $19,62 \pm 0,14$ M.a. próxima al límite Ageniense-Ramblense, que se correlaciona con el Burdigaliense basal, constituyendo, pues, un importante dato de correlación entre las divisiones bioestratigráficas continentales y marinas.

La presente unidad genético-sedimentaria se corresponde con los miembros Bujaraloz de la Fm. Alcubierre y Retuerta de la Fm. Zaragoza de QUIRANTES (1969).

Se han distinguido las siguientes unidades cartográficas.

1.2.4.1. *Conglomerados y areniscas con niveles carbonatados (11). Ageniense-Aragoniense*

Los materiales de esta unidad afloran en pequeñas superficies en el borde Sur de la hoja, apoyándose, mediante un contacto paraconforme sobre las 4 unidades cartográficas de la unidad Galocha-Ontiñena.

Aflora principalmente en la zona meridional, formando los primeros relieves que aparecen en el borde sur-central y ha sido caracterizada en la columna 11 en la zona de Codó, y la columna 09 en los campos entre la puebla de Albortón y Belchite.

Se manifiesta en casi todos los afloramientos por presentar bancos conglomeráticos, areniscas y arcillas, con intercalaciones de niveles de yeso, nódulos de yeso, calizas limosas con intensas perforaciones por raíces y gipsarenitas de color marrón y gris-azulado.

Estos bancos conglomeráticos son de orden centimétrico a decimétrico, mayoritariamente granodecrecientes, y presentan base erosiva y textura granosostenida. Están compuestos por cantos de cuarzo, los más abundantes, yeso y rocas metamórficas de un diámetro 5 cm como máximo dentro de una matriz arcillosa con cemento yesífero. Las areniscas son preferentemente de grano medio y forman cuerpos de poca continuidad lateral. Las intercalaciones de arcillas rojas presentan nódulos de yeso y ocasionales intercalaciones de gipsarenitas en niveles decimétricos. Por todos los materiales se encuentran nódulos de yeso, con un diámetro máximo de 5 cm. Este tipo de facies es característico de la parte meridional de la hoja y está representada por la columna 11, con una potencia de 30 m. Al microscopio las areniscas se presentan como litoarenitas y sublitoarenitas con fragmentos de ferricretas, cuarzoarenitas, calizas y cantos arcillosos. Los granos son de cuarzo en un 30% de calizas en torno el 10% y porcentajes variables de otras litologías. El cemento es calcáreo.

En la columna 09 las facies conglomeráticas son de orden métrico con base erosivas, con bloques de diámetro máximo 0,5 m, formados por cantos heterométricos de caliza fundamentalmente, además de cuarzo, cuarcita y roca metamórfica. Estos cantos y bloques tienen morfología de subredondeada a subangulosa dispuestos en una matriz argiloso-arenosa con una textura granosostenida. Las areniscas en este tramo se presentan con pasadas de grano grueso y cantos de calizas, muy bioturbadas por raíces, llegando a la brechificación y no presentan nódulos de yeso en toda la columna. Tiene una potencia de 12 m.

Corresponden a facies medias y proximales de abanico aluvial, caracterizada por un sistema aluvial de tipo *braided*.

Por correlación con otras unidades se les atribuye una edad Ageniense-Aragoniense.

1.2.4.2. *Arcillas rojas con yeso nodular alternando con gipsarenitas y calizas (12). Ageniense-Aragoniense*

En la presente hoja, dentro de esta unidad, es el tramo más extenso, se encuentra en la base de los vértices situados en la zona central de la hoja, como Patillas, Tomillar y Pedriza y es el tramo rojo que se observa en Mediana y en la carretera de Belchite a Mediana.

Se puede diferenciar 3 tramos, inferior, intermedio y superior.

El tramo inferior forma los primeros 30 m, se encuentra caracterizado en los perfiles 04 y 06. Son facies eminentemente lutítico-arcillosas con abundante yeso alabastrino en estratos decimétricos a centimétricos y en nódulos dispersos, así como en venillas. También presentan intercalaciones de niveles de areniscas con laminación paralela y *ripples* a techo, así como niveles calcáreos y margosos, que muestran con frecuencia aspecto laminado y coloraciones variadas, abundando los colores violáceos, blanquecinos, rojos y grises, que caracterizan a esta unidad cartográfica. En la parte superior de este primer tramo es frecuente encontrar un nivel de yeso alabastrino de hasta 3 m de espesor, que se explota en múltiples catas diseminadas a lo largo de la práctica totalidad del techo de este tramo. También se explotan ciertos tramos de arcillas rojas muy puras (sin apenas yeso), que afloran en algunos sectores unos

metros por debajo del nivel de yeso potente, formando tramos continuos de hasta 10-15 m, como en el perfil de El Tomillar (06).

Por encima, tenemos el tramo intermedio caracterizado también en la columna 06. Constituye un tramo blando, de 40 a 60 m de espesor, formado mayoritariamente por arcillas rojas y lutitas grises que alternan con yeso alabastrino. Este aparece encapas de espesor centimétrico a decimétrico o en pequeños nódulos dispersos, se han identificado también vetas de yeso secundario fibroso intercaladas a base con niveles de gipsiarenitas. En las inmediaciones del Tomillar esta unidad cartográfica intercala en su parte media un tramo con abundancia de estratos de yeso de espesor decimétrico a métrico que, cuando presenta una entidad suficiente, se ha distinguido como otra unidad cartográfica diferente (unidad 13), que da lugar a superficies estructurales fácilmente identificables en la cartografía y en fotografía aérea. Hacia el Norte la unidad 12 aumenta progresivamente su proporción de yeso, de manera que se ha diferenciado una nueva unidad cartográfica (unidad 14) que, a través de un cambio lateral de facies, llega a sustituir totalmente a la unidad 12 en el extremo septentrional de la hoja.

En numerosos puntos se explota este tramo para aprovechamiento de las arcillas. Se ha reconocido en los perfiles 06 (Tomillar), donde se han medido 45 m de muro a techo y 07 (Mediana), donde esta unidad constituye los 10 m inferiores de la serie.

Por encima tenemos el tramo superior, situado más hacia el Oeste de la hoja, caracterizado en la columna 09, constituido por arcillas rojas alternando con niveles de gipsarenitas de color gris-azulado y areniscas rojas de grano medio en cuerpos tabulares de orden centimétrico.

El estudio petrográfico de los niveles carbonáticos muestra que son calizas micríticas limosas o limo-arenosas con abundante bioturbación y ferruginizaciones (edafizaciones). Se reconocen restos de ostrácodos, bivalvos y gasterópodos inidentificables.

Se ha realizado el estudio de difracción de Rayos X de 6 muestras de arcillas de este potente tramo cartográfico, obteniéndose una notable variabilidad en los resultados:

Mineralogía en fracción total		Mineralogía de la arcilla	
Filosilicatos	23-67%	Illita	31-92%
Cuarzo	4-40%	Esmeclita	0-60%
Feldespato	2-5%	Clorita	1-4%
Calcita	0-29%	Caolinita	3-6%
Dolomita	1-15%	Pirofilita	0-7%
Yeso	0-36%	Interestratificado irregular clorita-esmeclita	0-i

Los materiales de esta unidad cartográfica se interpretan como depositados en un ambiente de sedimentación de abanico aluvial distal en condiciones de aridez elevada con desarrollo de encharcamientos efímeros.

En la columna 10 levantada junto a la carretera Mediana-Belchite, se ha encontrado un nivel de ceniza volcánica caracterizado, en muestra de mano, por la presencia de fenocristales en

secuencia granodecreciente inmersos en una fina matriz cinerítica. Al microscopio se observa que es una roca piroclástica compuesta por piroclastos, minerales autigenos y matriz cinerítica. Los piroclastos son vitroclastos (60%) de 0,25 mm (2 mm de tamaño máximo) y cristales (10%) de cuarzo y plagioclasas subidiomorfas. Como accesos hay opacos, apatito y circón, y se aprecia una desvitrificación extensiva (60%) con alteraciones a minerales de la arcilla y caolinitas. Se deduce un mecanismo de transporte aéreo y una sedimentación subacuáticas. Un nivel idéntico procedente de esta misma unidad genético-sedimentaria en las inmediaciones de Lanaja ha sido datado como Ageniense terminal-Ramblense basal (19,62 M.a.) por métodos radiométricos (CANUDO, *et al.* 1994).

1.2.4.3. *Yeso alternante con tramos de arcillas, yeso y margas (13). Ageniense-Aragoniense*

Se ha distinguido esta unidad cartográfica dentro de la unidad arcillosa 12 debido a que provoca extensas superficies estructurales y resaltes que destacan notablemente en la topografía. En el sector del Tomillar destaca como una intercalación blanco-grisácea que da resalte en el interior del tramo cartográfico 12 (arcillas rojas) y que, con una potencia máxima de 10-15 m, se acuña rápidamente hacia el Oeste en la Vaguada El Forcino. Hacia el Norte, el aumento progresivo de materiales yesíferos en la parte superior de la unidad origina que en el sector de Valtornera se observe un tramo de arcillas rojas (unidad 12), sobre él unas capas de yeso que dan lugar a un notable resalte y una superficie estructural extensa (unidad 13), y sobre ellas, una alternancia de capas de yeso y arcillas rojas (unidad 14). Más al Norte, en el sector de Patillas, ya no puede distinguirse la unidad 13, sino que queda englobada dentro de la unidad 14, cada vez más potente.

Se trata, como hemos visto, de un tramo de capas de yeso blanco alabastrino entre las que hay frecuentes intercalaciones de arcillas rojas, con margas grises ocasionales. Su espesor varía entre 10-15 m en el sector del Tomillar y el acuñamiento total al Oeste del mismo. En el sector del Tomillar destaca notablemente por encontrarse intercalado en una ladera eminentemente arcillosa roja (unidad 12).

Se atribuye a esta unidad una génesis ligada a una etapa de importantes encharcamientos de gran extensión desarrollados en condiciones de extrema aridez en el seno de una llanura lutítica correspondiente a un ambiente de abanico aluvial distal.

Las consideraciones sobre su edad son idénticas a las ya comentadas para unidades cartográficas precedentes, de manera que se supone representante de un período comprendido entre el Ageniense y el Aragoniense.

1.2.4.4. *Alternancia de yeso, arcilla roja y margas grises (14). Ageniense-Aragoniense*

Constituye un paso lateral de la unidad arcillosa anterior hacia el Norte, al enriquecerse en niveles de yeso. En el paisaje se manifiesta como una sucesión de paquetes de yeso alabastrino de color blanco, de espesor decimétrico a métrico, entre los cuales se encuentran niveles

arcillosos de tonalidad rojiza y espesor métrico, con frecuente desarrollo de grandes nódulos de alabastro aislados o arrosariados.

Se intercalan tramos de 2-5 m que destacan por su mayor resistencia a la erosión, constituidos por niveles de yeso algo más potentes que alternan con niveles margosos grises, con lo cual también destacan por su color blanco-grisáceo en una masa de tono rojizo característico. Estos tramos, identificables en número de 1 ó 2 (dependiendo del sector considerado), dentro de la unidad 14 se reconocen perfectamente en el escarpe de Rodén.

Esta unidad cartográfica, que en el sector de El Collado descansa directamente sobre la superficie estructural de la unidad 13, llega a disponerse sobre la unidad 10 (techo de Galocha-Ontiñena) en el borde N de la hoja, próximo a la localidad de Fuentes de Ebro.

El ambiente sedimentario en el que se originaron estos depósitos se interpreta como margen de lago salino, con abundantes y extensos encharcamientos en condiciones de intensa evaporación.

En cuanto a la datación, al igual que en la unidad 12, de la que constituye un tránsito lateral, se le atribuye una edad Ageniense-Aragoniense por consideraciones estratigráficas regionales.

1.2.4.5. Yesos masivos (15). Ageniense-Aragoniense

Esta unidad cartográfica corresponde a uno de los resaltes morfológicos más destacados de la hoja, y se observa especialmente bien en la carretera entre Mediana y Belchite, donde se ha levantado la columna 07 (Mediana) y se han medido 90 m de yeso que intercalan con niveles margosos, diferenciándose yeso nodular alabastrino formando con estratificación ondulada a nodulosa de espesor decimétrico; así como niveles de aspecto caótico constituidos la mezcla de yeso megacristalino, nodular alabastrino, laminar, cristalino fibrosos secundario y margas, agrupados en cuerpos heterogéneos. Se observa también la existencia de niveles de alternancia de yesos y margas de aspecto laminado intercalados con niveles de margas con nódulos de yeso. En conjunto esta unidad constituye un tramo competente de yeso de color grisáceo que se superpone a un tramo arcilloso rojo (unidad 12) en los sectores de Pedriza, Tomillar y Mediana, o bien a un tramo de alternancia yeso-arcilla roja (unidad 14), en la zona de Rodén y Patillas.

Esta unidad presenta un pequeño cambio lateral de facies desde el Sur (última parte de la columna 06) una alternancia de yeso y marga. Esta esta descrita como formada por niveles de yeso nodular alabastrino, yeso laminado con lutita gris y yeso cristalino poco compactado de orden decimétrico a centimétrico, que alternan con niveles de margas y lutitas malvas. hacia el Norte con materiales más yesíferos, constituidos por niveles de yeso de orden métrico representados en la columna 07.

El depósito de estos materiales se atribuye a un ambiente lacustre evaporítico desarrollado en este sector de la cuenca en una etapa comprendida en el intervalo Ageniense-Aragoniense.

1.2.4.6. *Calizas blancas limosas en niveles amalgamados intercalados con margas (16). Ageniense-Aragoniense*

El área de afloramiento de estas facies está restringida a una zona situada en la diagonal entre la Puebla de Albortón y Belchite, en el suroeste, cerca de La Anega Roya y la Loma Atravesada.

Está caracterizada en la columna 09, donde se han medido unos 10 m. Esta unidad descansa sobre la unidad 11 de conglomerados.

Las calizas de orden métrico (2-4 m), son blancas, limosas, presentando fuertes señales de edafización, con intensas perforaciones por raíces que producen brechificación y pseudomicrokarst a techo de cada estrato y se intercalan con margas de orden decimétrico. Al microscopio son calizas micríticas o intramicríticas, *mudstones* a *wackestones*, con señales de bioturbación y porosidad media de tipo «*wug*» y fenestral a veces rellena por esparita.

En cuanto a la interpretación del medio sedimentario se trataría de el paso de un ambiente aluvial con facies proximales (unidad 11) que pasa en la vertical a facies lacustre-palustres carbonatadas en condiciones de salinidad normal, donde se encuentran estas calizas.

Al igual que la unidad anterior se atribuye a estos niveles una edad Ageniense-Aragoniense.

1.2.5. **Unidad Remolinos-Lanaja**

Esta unidad genético-sedimentaria tiene buena representación en todo el sector central de la Cuenca del Ebro.

Las facies de centro de cuenca se han definido en la hoja de Remolinos (322), mientras que las facies detríticas más proximales de esta unidad lo han sido en la hoja de Lanaja (356) (véase Figura 10).

En la hoja de Pina de Ebro se han distinguido tres unidades cartográficas separadas mediante contactos concordantes normales correspondientes a la Unidad Remolinos-Lanaja. Aflora en la esquina SO de la hoja donde se encuentran las facies detríticas, formadas por areniscas y arcillas intercaladas con tablas de caliza (17) de origen fluvial-aluvial proximal, y hacia el centro de la hoja se encuentran las facies predominantemente arcillosas de origen fluvio-aluvial distal (18) y formando el techo del ciclo encontramos las facies evaporíticas alternando con margas (19), correspondientes a un ambiente lacustre evaporítico, de margen de lago salino y lago salino (véase Figura 10).

La potencia de la unidad se ha evaluado parcialmente en las secciones de Zona Carbonera (02) (30 m), Mediana (07) (35 m), Puebla de Albortón (08) (10 m). La potencia total sería de 60 m en el extremo SO a 80 m en el centro de la hoja (Alto Borderas).

Las areniscas son litoarenitas que mantienen claramente la tendencia composicional de la unidad anterior, es decir, aumento en el contenido de fragmentos de roca sedimentarias, abundancia de fragmentos de pedogenéticos de tipo ferricreta y la práctica inexistencia de feldespatos.

A esta unidad se le atribuye una edad correspondiente al Aragoniense medio.

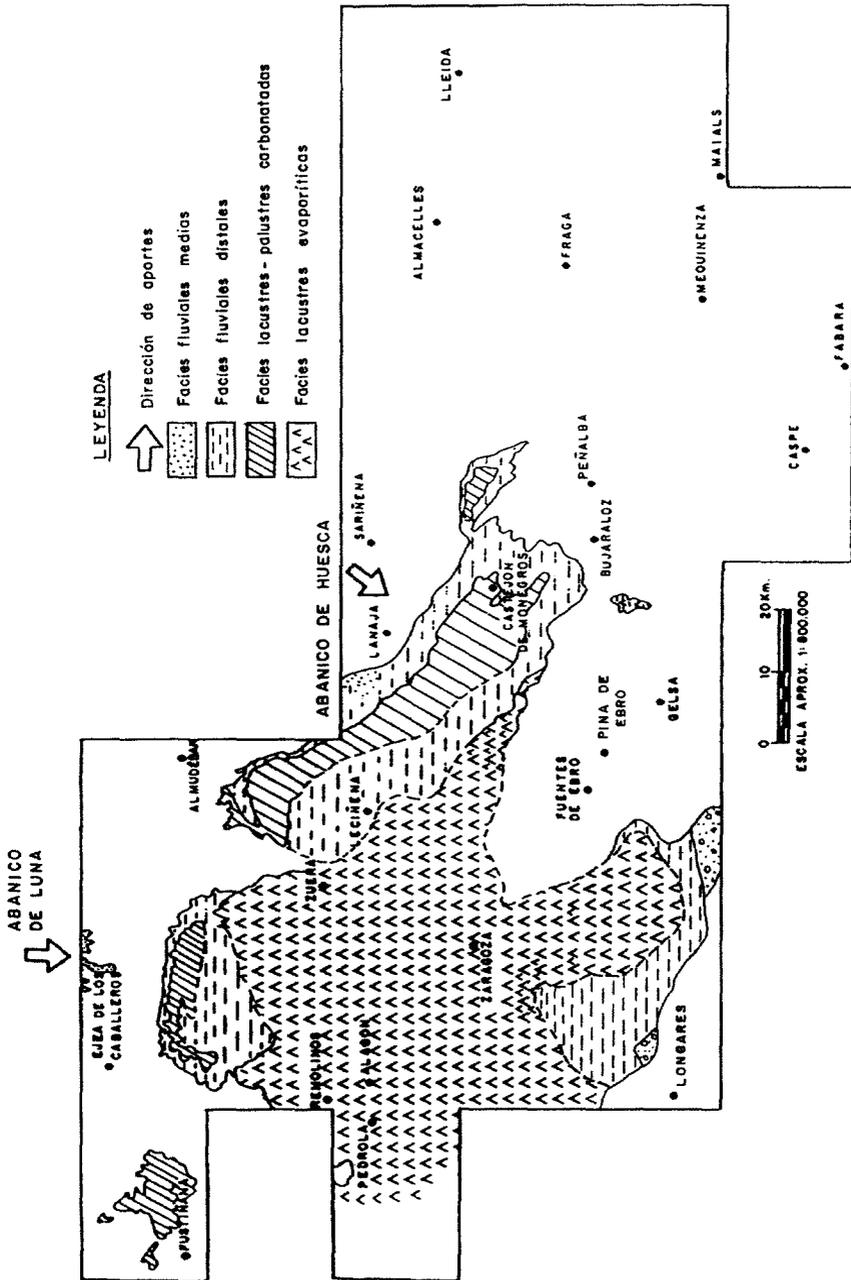


Figura 10. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Remolinos-Lanaja.

1.2.5.1. Areniscas intercaladas con tablas de caliza (17). Aragoniense

El área de afloramiento se sitúa en el sector suroccidental de la hoja. Tiene poco afloramiento en la hoja, debido a los cambios bruscos de facies, encontrándose un poco más al Norte facies totalmente arcillosas (18) (véase Figura 11), en la zona de La Anega Roya.

La base de la Unidad 17 está formada por arcillas rojas (unos 15 m), que se han diferenciado en la cartografía como Unidad 18; de base a techo representa una secuencia negativa, con arcillas en la base y areniscas a techo de la unidad.

Litológicamente se caracteriza por presentar cuerpos arenosos de grano fino-medio, con intercalaciones de arcillas y calcisiltitas menos frecuentes. Estos cuerpos tienen predominantemente estratificación tabular con bases canaliformes presentando cantos dispersos, morfológicamente angulosos o bolsadas de arena de grano grueso. Son de orden centimétrico a métrico, y los cantos son de caliza, cuarzo y cuarcita. Una característica común es que se presentan señales de edafización por todo el tramo, formando nodulizaciones y concreciones.

Al microscopio las areniscas son litoarenitas y sublitoareniscas, a veces con cierto carácter arcósico minoritario, con 20-30% de cuarzo, 15-20% de fragmentos de calizas micríticas arenosas y 8-10% fragmentos de areniscas. También se reconocen fragmentos de ferricretas, y el cemento es calcáreo.

Se ha realizado el estudio de Rayos X de 1 muestra de arcilla correspondiente a esta unidad y se han obtenido los siguientes resultados:

Mineralogía en fracción total		Mineralogía de la arcilla	
Filosilicatos	36%	Illita	80%
Cuarzo	17%	Esmectita*	8%
Feldespato	2%	Clorita	4%
Calcita	25%	Caolinita	6%
Dolomita	20%	Pirofilita	2%
Yeso	i		

* De muy baja cristalinidad, con posibles interestratificados.

Estas facies se interpretan como pertenecientes a un ambiente fluvial-proximal con períodos de encharcamiento, debido a la presencia de calcisiltitas y abundantes señales de edafización.

A esta unidad se le atribuye una edad Aragoniense medio.

1.2.5.2. Arcillas rojas con niveles de yeso (18). Aragoniense

Ésta es la unidad que se encuentra por encima de los yesos masivos (15) de la unidad inferior en toda la hoja de Pina de Ebro; únicamente en la zona Sur se situaba por encima del tramo de calizas (16), también de techo de ciclo.

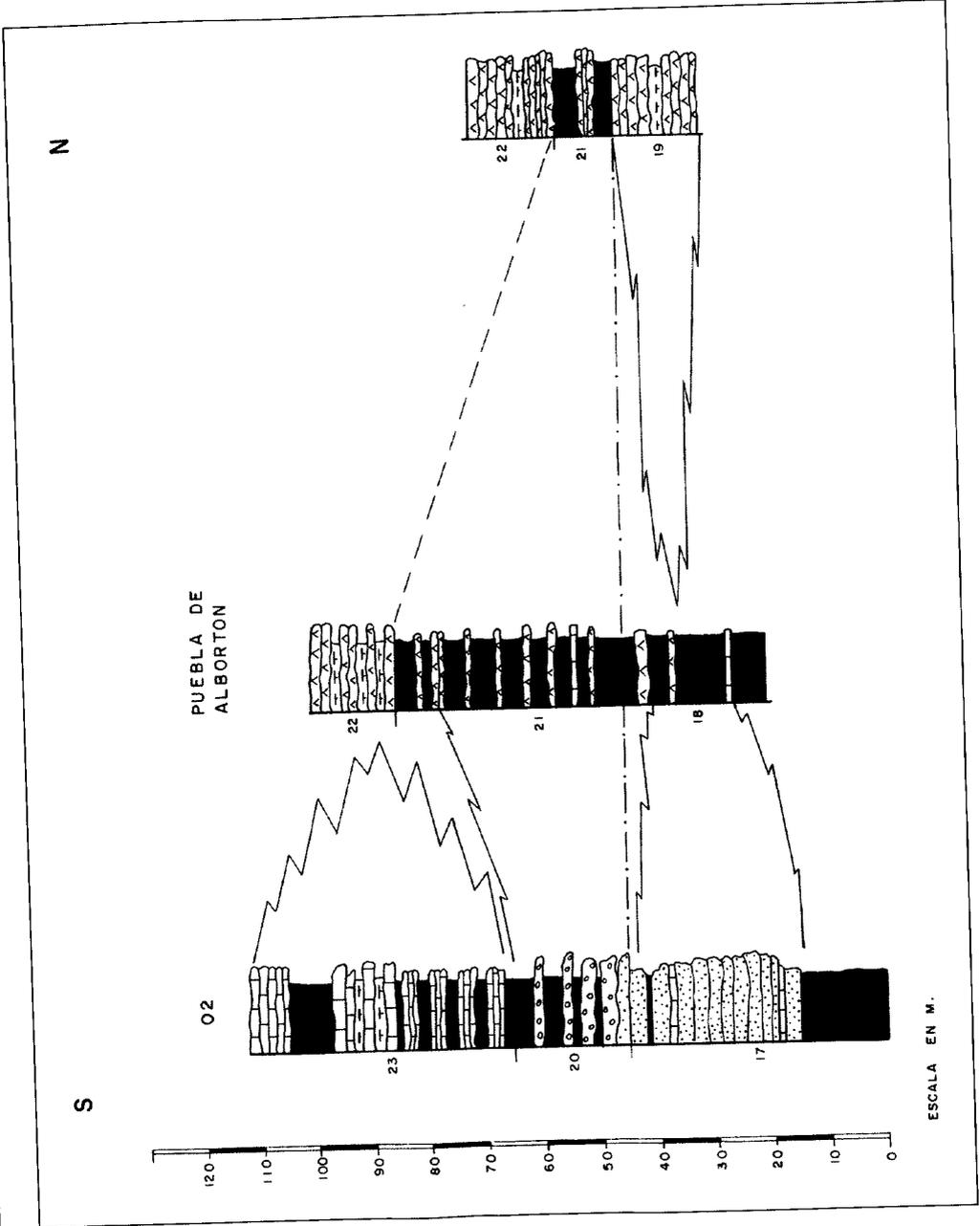


Figura 11. Evolución lateral y vertical de las unidades genético-sedimentarias de Remolinos-Lanaja y sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora

Se encuentran bordeando los afloramientos jurásicos de la zona E de la hoja, formando los primeros relieves suaves de La Cueva, El Collado de Valmayor, Paridera de La Colorcha, y se cruza por la carretera de Mediana a Belchite.

Se diferencia en campo por su tonalidad rojiza que contrasta con la tonalidad blanca del techo del ciclo inferior.

Presenta cierta variación lateral, manifestada porque en el Sur se encuentran las facies arcillosas alternando con calizas y niveles de arenisca y silex, en el centro de la hoja alternan con niveles de yeso de orden decimétrico, y hacia el Norte de la hoja se encuentra una intercalación métrica de arcilla y yeso, dificultando su localización al encontrarse las arcillas recubiertas por depósitos de vertiente cuaternarios de color blanco.

Se ha medido parcialmente esta unidad en la columna (03) (10 m). Tiene una potencia de 10 m en el Norte, 20 en la zona centro y 40 m en la zona Oeste donde se encuentra muy recubierta por glacia cuaternarios.

Litológicamente se caracteriza por presentar arcillas rojas, localmente versicolores (grises, verdes) que intercalan niveles de yeso tabular decimétrico y ocasionalmente métrico; se encuentran nódulos de yeso en todo el tramo. En la columna (03) se observan también intercalaciones de niveles de calizas limosas con bioturbación por raíces (pseudomicrokarst) y areniscas de grano medio y fino, con laminación y bioturbación por raíces; describiéndose la existencia de niveles estratiformes de Siles intercalados en arena de grano fino.

El análisis mineralógico por difracción de Rayos X sobre una muestra de arcillas de esta unidad ha proporcionado los resultados siguientes:

Mineralogía en fracción total		Mineralogía de la arcilla	
Filosilicatos	54%	Illita	52%
Cuarzo	10%	Esmectita	41%
Feldespato	6%	Clorita	2%
Calcita	—	Caolinita	3%
Dolomita	25%	Pirofilita	2%
Yeso	5%	Interestratificado irregular clorita-esmectita	i

Estos depósitos se interpretan como pertenecientes a un ambiente aluvial distal, con presencia de arcillas y períodos de encharcamiento representados por calizas, yesos y lutitas versicolores.

1.2.5.3. Yesos con margas (19). Aragoniense

Los materiales de esta unidad forman el techo del ciclo, y afloran en el cuadrante NO de la hoja con una potencia máxima de 50 m; hacia el centro afloran en los vértices de Borderas y Santos, situados en la carretera de Mediana a Belchite.

Litológicamente se caracteriza por presentar una alternancia de yesos alabastrino dispuestos en niveles irregulares, masivos y nodulosos ocasionalmente con aspecto caótico. Estos yesos alternan con margas de color gris y arcillas rojas y violáceas, con nodulos de yeso.

Estas litofacies se interpretan como formadas en un ambiente de sedimentación de margen de lago salino.

En la zona Norte, casi límite de hoja, a partir de la Val de Albatosos hacia el Norte, se ha encontrado una zona de yesos colapsada afectando tanto al tramo 18 como al 19. Se observan distintos buzamientos distintos medidos a lo largo de la Val de Albatosos como 20°E, 30°O, 30°E, formando sinclinales y zonas falladas.

Esta unidad se acuña hacia el Oeste en las cercanías de la Puebla de Albortón, desapareciendo, y encontrándose únicamente el tramo detrítico inferior (18) (véase Figura 11).

1.2.6. Unidad Sierra Pallaruelo-Monte de la Sora

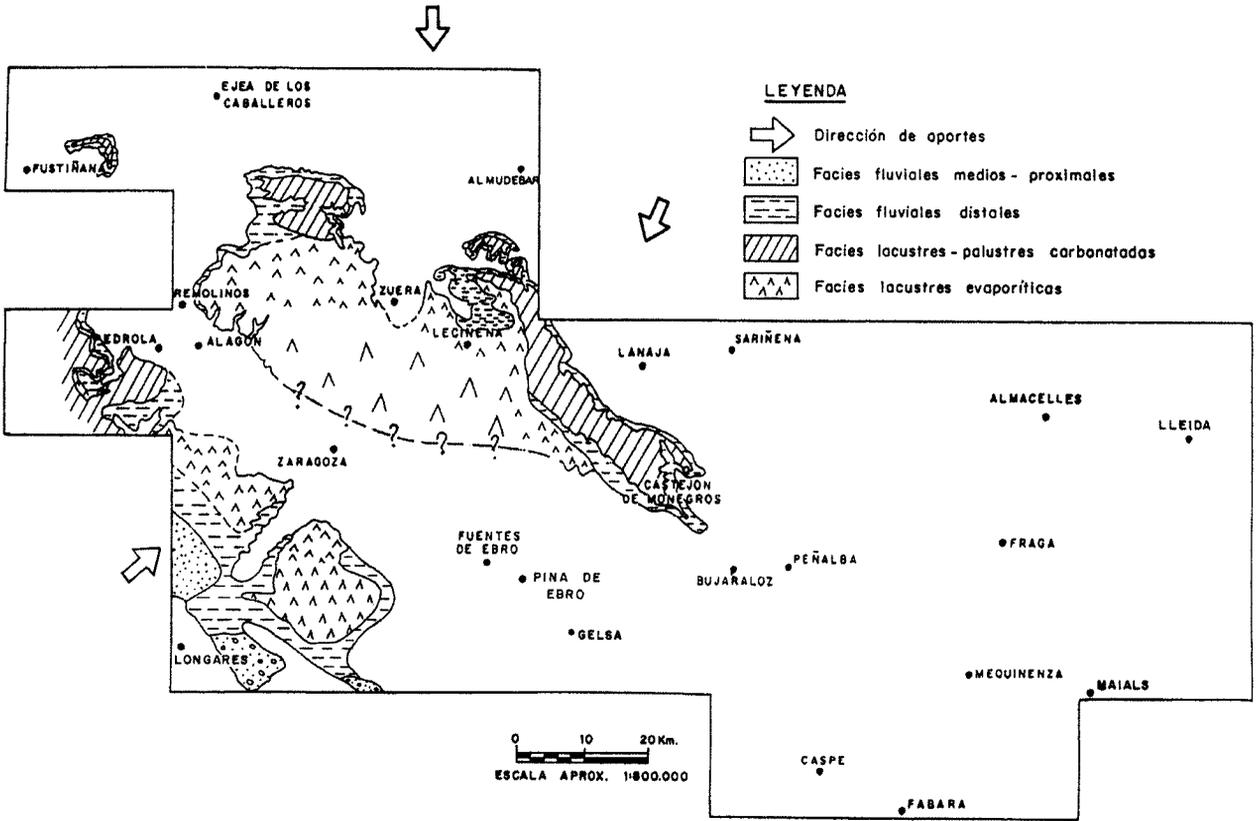
Esta unidad genético-sedimentaria toma el nombre de la Sierra de Pallaruelo, situada en la hoja de Lanaja (356) para sus litofacies terrígenas, mientras que para las carbonatadas recibe el nombre del Monte de la Sora, situado en la hoja de Ejea de los Caballeros (284). La Figura 12 representa esquemáticamente la distribución de facies de esta unidad en el sector central de la cuenca del Ebro. Hacia la parte meridional del sector, estas facies pasan a facies de margas de lago salino y de lago salino.

En la hoja de Pina de Ebro aflora únicamente en el sector occidental de la hoja y viene representado en la esquina SO por materiales detríticos conglomeráticos alternando con arcillas (20), que pasan lateralmente hacia el Norte a paquetes de arcillas intercalados con niveles de gipsarenitas (21). Estos materiales corresponden a un ambiente de sedimentación fluvial proximal (facies conglomeráticas) a fluvial distal (facies arcillosas). A este tramo inferior se le superpone un tramo superior caracterizado en la esquina SO por facies carbonatadas intercaladas con paquetes de arcilla (23) que se disponen en esta hoja únicamente sobre la unidad (20), y hacia el Norte viene caracterizado por facies yesíferas (22) con un contacto concordante con la unidad inferior (21). A estos materiales les corresponde un ambiente de sedimentación lacustre carbonatado en el caso de la unidad (23) y lacustre evaporítico para la unidad (22) (véase Figura 11).

El contacto de esta unidad con la unidad inferior (Remolinos-Lanaja) se realiza sobre las facies margo-evaporíticas (19) en el sector Norte-Oeste, a excepción del extremo Oeste cerca de la Puebla de Albortón donde la unidad (19) se acuña y tenemos el contacto de facies arcillosas de la unidad Remolinos Lanaja (18) con la unidad superior S. Pallaruelo-Monte de la Sora, de facies también arcillosas (21). En el sector Sur este contacto está caracterizado por el límite de las facies detríticas areniscosas (17) de la unidad inferior con las facies también detríticas conglomeráticas (20) de la unidad superior.

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 (28-13) de Leciñena (28-14), de Castejón de Monegros

Figura 12. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora.



(29-15) y de Lanaja (29-14). 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, mientras que su parte superior está constituida por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (véase Figura 11). 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.

Al microscopio destacan como integrantes del esqueleto de las areniscas de esta unidad la abundancia de feldespatos, por lo que se han clasificado como litoarenitas arcósicas. Mientras que el porcentaje de feldespatos aumenta claramente con respecto a las unidades precedentes, el contenido y tipo de fragmentos de roca, tanto metamórficos como sedimentarios, se mantiene en proporciones similares.

Igualmente que la Unidad Remolinos-Lanaja, la edad de esta unidad queda incluida dentro del Aragoniense medio, ya que dentro de la hoja de Lanaja (29-14) se ha podido atribuir la suprayacente Unidad de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón, al Aragoniense medio-superior.

De esta unidad genético-sedimentaria, dentro de la hoja de Pina de Ebro, se han distinguido las siguientes litofacies:

1.2.6.1. *Canales de conglomerados y areniscas (20). Aragoniense*

Los materiales de esta Unidad forman las facies más proximales y constituyen en la esquina SO la base de la misma. Hay un buen afloramiento en la cantera de la estación de la Zona Carbonera. Tiene una potencia media de 30 m.

Litológicamente está formada en la parte inferior por bancos conglomeráticos de orden decimétrico a métrico, de textura granostenida por cantos de diámetro máximo 20 cm, de caliza y cuarcita los más abundantes, y mayoritariamente subangulosos los de caliza y subredondeados los cantos de las otras litologías. Estos bancos presentan base erosiva y tienen continuidad lateral. Hacia la parte media del tramo se intercalan con paquetes de arcilla de orden métrico con señales de edafización y niveles calcáreos también muy bioturbados; los bancos son de arenisca de grano medio con pasadas conglomeráticas de poca continuidad lateral y base erosiva, presentando estructuras como estratificación cruzada a gran escala. Hacia techo aumentan los tramos arcillosos.

Al microscopio las areniscas son litoarenitas con 30% de cuarzo, 8% de feldespato, 26% de fragmentos calcáreos y 7% de fragmentos de rocas metamórficas de bajo grado, y con 10% de óxidos de hierro. El cemento calcáreo domina sobre el silíceo.

Estas facies se interpretan como generadas en un ambiente deposicional de origen fluvial proximal.

Se le atribuye una edad Aragoniense medio-superior.

1.2.6.2. *Arcillas rojas con niveles de yeso y algun nivel de gipsarenita y margo-caliza (21). Aragoniense*

Este tramo cartográfico resalta en el paisaje por su color rojo intenso, el cual se observa desde la Puebla de Albortón en dirección NE, por toda la ladera izquierda. Presenta una variación de potencia de 40 m a 10 m hacia el Norte (ver figura 11). Representan el cambio lateral de las facies conglomeráticas del Sur, hacia el Norte se intercalan niveles de yeso de 1-2 m entre paquetes de arcillas de 3 m.

Litológicamente consiste en arcillas en las que se intercalan capas de gipsarenita y yeso blanco de textura lenticular alabastrina y ocasionalmente capas de margocaliza. Las arcillas son predominantemente rojizas pero también las hay localmente verdosas y grises y con señales de edafización. Las gipsarenitas presentan coloraciones pardo-marrones.

Se ha realizado el estudio de Rayos X de una muestra de arcilla situada al Sur de la hoja y se han distinguido los siguientes minerales de arcilla:

— Illita:	92%
— Clorita:	2%
— Caolinita:	5%
— Pirofilita:	1%

Según la descripción realizada de la Unidad, los materiales que la constituyen pueden ser interpretados como depósitos de abanico aluvial distal. Se le atribuye una edad Aragoniense medio.

1.2.6.3. *Yesos con margas (22). Aragoniense*

El área de afloramiento se sitúa únicamente en el sector NO, formando parte de la zona más alta de la hoja.

Litológicamente está formada por yesos y margas, dando al paisaje un aspecto desértico. En la vecina hoja de Longares (27-16) esta unidad se corresponde con el tramo litológico 20 y se describe como formada por una sucesión de bancos de 0,20 a 0,60 m. de potencia, de aspecto tabular, de yesos nodulares y acintados y textura alabastrina, alternando con margas y margas yesíferas grises y verdosas y finos niveles limosos y carbonatados. Presenta un aumento de potencia importante hacia el Norte, manifestándose igual en la hoja vecina de Longares. Su litología no presenta cambios de facies, de ahí su monotonía, y representa el techo de ciclo, en un ambiente deposicional lacustre evaporítico y primordialmente de margen de lago salino.

Se le atribuye una edad Aragoniense medio.

1.2.6.4. *Calizas limosas de base ondulada muy karstificadas por raíces (23). Aragoniense*

Su área de afloramiento queda restringida a la esquina SO, a media pendiente del relieve jurásico. En la hoja de Pina de Ebro se encuentra esta unidad únicamente por encima de la unidad conglomerática (20).

Litológicamente se caracteriza por facies carbonatadas principalmente intercaladas con arcillas rojas. Se ha realizado la columna (02) presentando una potencia de 40 m, en la cual se han diferenciado tres tramos.

El primer tramo, el inferior, caracterizado por presentar mayor proporción de arcillas rojas intercaladas con niveles de calizas limosas, con estratificación ondulada de textura *mudstones-wackestones*. Se presentan también niveles nodulosos de caliza blanca con porosidad móldica, y algún nivel de arenisca de grano fino.

Un segundo tramo formado principalmente por calizas micríticas y limosas intercaladas con margas de poco espesor. Las calizas presentan gran continuidad lateral y potencias de orden decimétrico a métrico, con textura *wackestones-packstones* con moldes de gasterópodos. La alternancia de caliza marga se interpreta como correspondiente a ciclos de some-rización.

Un tercer tramo, superior, correspondiente al techo del ciclo, que empieza con 8 m de arcillas rojas y termina con una intercalación de calizas limosas de orden decimétrico, con textura *mudstone-packstone* que presentan estratificación *hummocky* y *swaley* y laminación de *rip-les* de oscilación.

El análisis mineralógico por difracción de Rayos X llevado a cabo sobre una muestra de arcillas de esta unidad aporta los siguientes datos:

Mineralogía en fracción total		Mineralogía de la arcilla	
Filosilicatos	53%	Illita	92%
Cuarzo	8%	Esmectita	—
Feldespato*	2%	Clorita	2%
Calcita	32%	Pirofilita	1%
Dolomita	5%		

* En esta muestra los feldespatos son potásicos y calcosódicos.

Una característica común en los tres tramos de los niveles de calizas es su intensa perforación por raíces, produciendo en ellos brechificaciones y karstificaciones importantes y, en menor grado, nodulizaciones. También se ha observado, a microscopio, en todas ellas porosidad móldica por disolución de fósiles (gasterópodos) y a veces con sulfatos relleno de poros.

Esta unidad pertenece a un ambiente deposicional lacustre carbonatado, con intercalaciones de episodios fluviales distales atribuidos a los niveles arcillosos de base y techo.

En algunas muestras de margas se han encontrado restos escasos de *Cyclocypris* cf. *ovum* (JURINE), *Candona bitruncata* CARBONNELL, *Pseudocandona* sp. *Chara notata* GRAMBAST y PAUL, y *Sphaerochara* cf. *inconspicua* (AL, BRAUN EX UNGER), que indican una edad Aragoniense.

1.2.7. Unidad Sierra de Lanaja-Montes de Castejón

Esta unidad genético-sedimentaria, dentro de la hoja de Pina de Ebro, aflora en los montes que, dando los relieves más abruptos, forman una pequeña sierra que en la hoja va desde la antena telefónica hasta el vértice del Sillero (695).

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 (28-13), de Leciñena (28-14), de Castejón de Monegros (29-19) y de Lanaja (29-14). 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, mientras que su parte superior está constituida por facies margo carbonáticas de origen lacustre-palustre (Figura 13).

Cabe señalar que los materiales aluviales, en esta zona, tendrían una procedencia pirenaica. 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.

También ha sido cartografiada en el sector noroccidental de la parte central de la Cuenca del Ebro, concretamente en las hojas de Fustiñana (26-12), de Ejea de los Caballeros (27-12) y de Remolinos (27-13). En el área septentrional de este sector de la cuenca, la base de esta unidad está formada por facies de orla de abanico, mientras que en su techo está formado por facies margo-carbonáticas de origen lacustre-palustre (véase Figura 13). Hacia la parte suroccidental de este mismo sector, concretamente hacia la hoja de Pedrola (26-14), estas facies pasan a facies de margen de lago salino y de lago salino.

En la hoja de Pina de Ebro se encuentran únicamente las facies carbonatadas que corresponden a un ambiente deposicional de origen lacustre-palustre.

Presenta una potencia de 80 m y únicamente se ha diferenciado un tramo con un contacto paraconforme con la unidad inferior de yesos y margas (19).

Se le atribuye, debido a los estudios paleontológicos de distintos yacimientos, una edad comprendida entre el Aragoniense medio y superior (AZANZA *com. pers.*).

1.2.7.1. Calizas tableadas intercaladas con margas (24). Aragoniense

Su área de afloramiento queda restringida al área occidental de la hoja, en un relieve situado en el Monte de Valmadrid en las cercanías de la localidad del mismo nombre (situada en la vecina hoja de Longares), El espesor observado de esta unidad en la hoja es de unos 80 m.

Litológicamente consisten en una alternancia de calizas blancas que conforman un tableado de distinto espesor, cuarcíticas y limosas, intercaladas con margas blancas laminadas de reducido espesor. Las calizas presentan bases irregulares, intensas perforaciones por raíces, porosidad móldica y nódulos de sílex. Se observan distintos buzamientos, tanto a gran escala como a pequeña escala, interpretados como zonas afectadas por deslizamientos gravitacionales.

Figura 13. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de Sierra de Lanaja-Montes de Castejón.

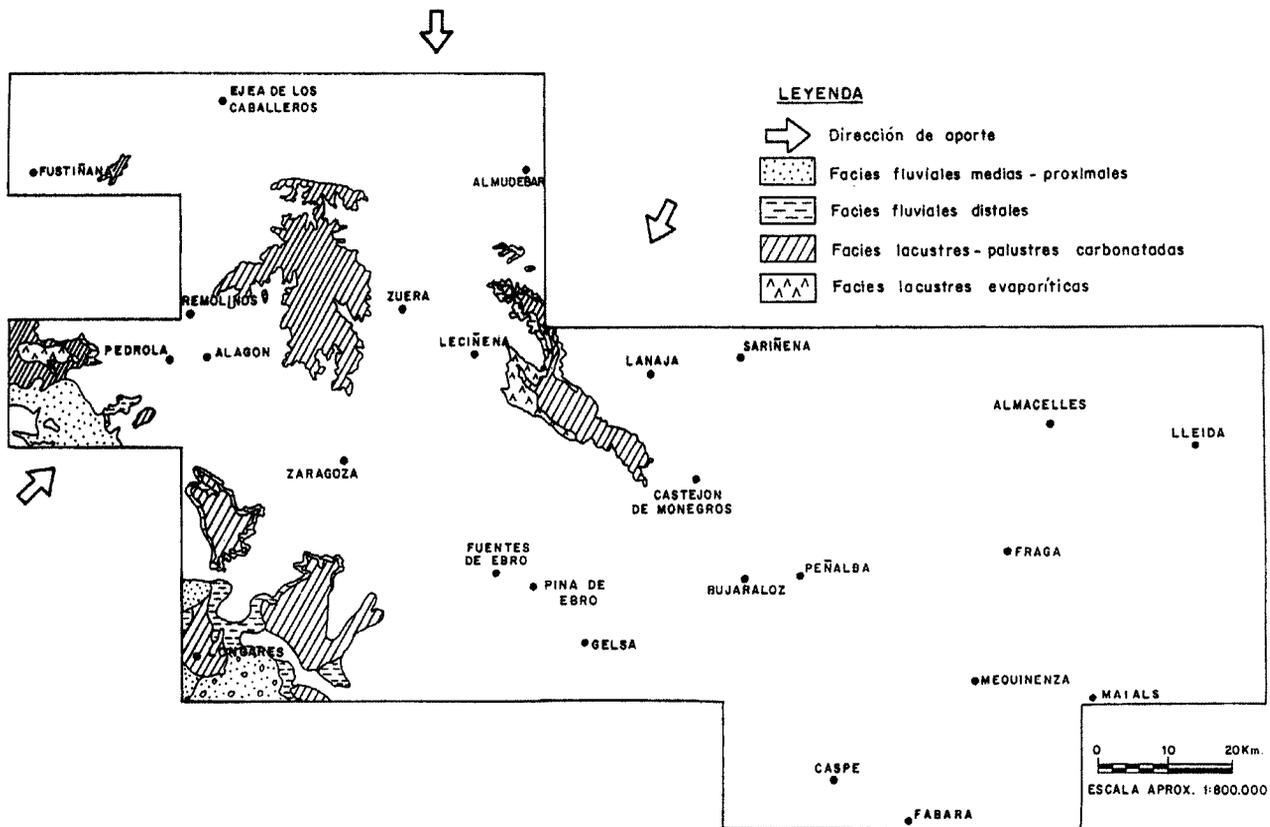
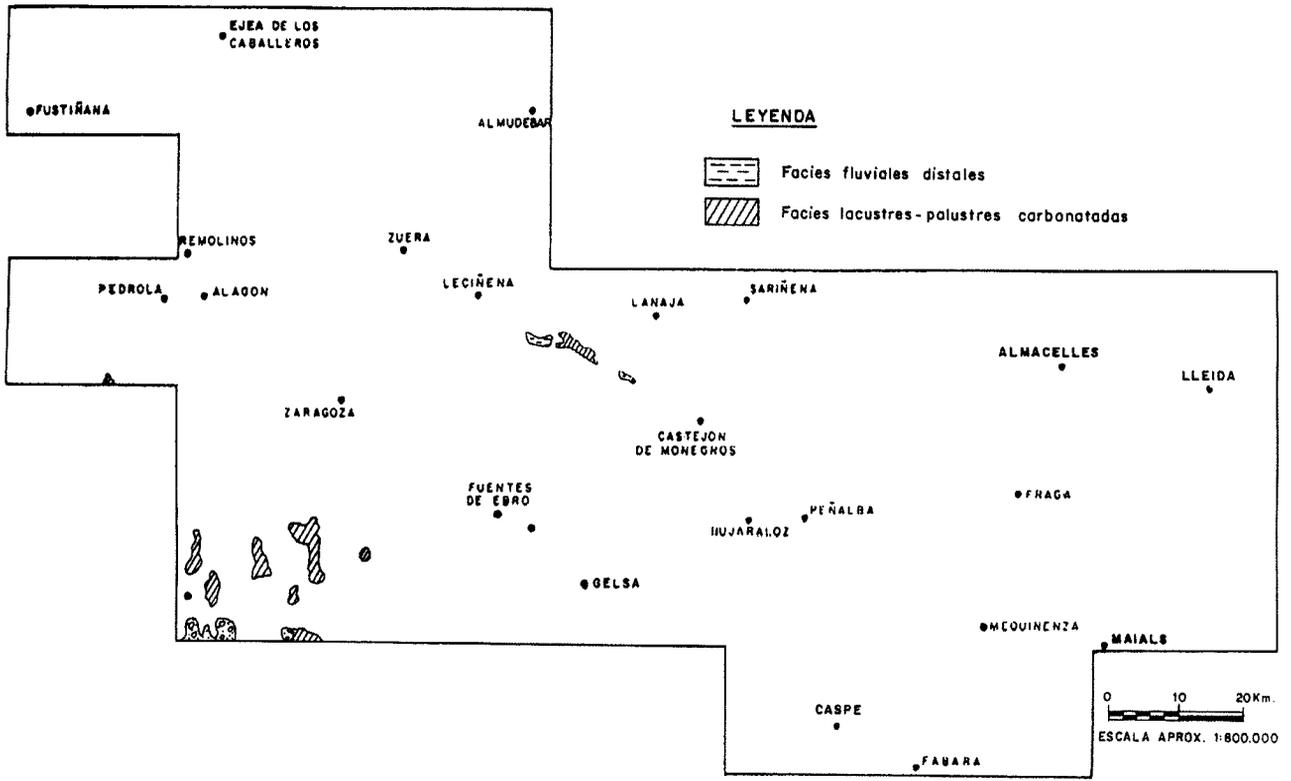


Figura 14. Esquema de distribución de facies de la unidad genético-sedimentaria de San Caprasio.



Estas facies se interpretan como originadas en dentro de un ambiente deposicional lacustre-palustre carbonatado.

Por su posición estratigráfica se le puede atribuir una edad de al menos Aragoniense medio.

1.2.8. Unidad San Caprasio

1.2.8.1. Lutitas ocre y grises intercaladas con areniscas y calizas (25)

El área de afloramiento de este tramo cartográfico es pequeña, y apoyándose sobre la unidad de calizas (24) (véase Figura 14).

Tiene una potencia de 5 m, y litológicamente se caracteriza por presentar lutitas de color ocre y gris, intercaladas con niveles de arenisca de poca continuidad lateral de grano fino a medio y de orden centimétrico, y también intercaladas con niveles de margo-caliza de poca continuidad lateral. Esta unidad termina con un nivel de 1,5 m. de espesor de caliza limosa con intensas perforaciones por raíces.

Representa un ambiente deposicional fluvial distal con frecuentes encharcamientos (calizas y edafizaciones locales).

A esta unidad se le atribuye una edad de Vallesiense.

1.3. CUATERNARIO

1.3.1. Cantos y gravas polimícticas redondeadas (26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 35, 37 y 41). Terrazas. Pleistoceno-Holoceno

Corresponden a los sucesivos niveles de sedimentos fluviales depositados por el Río Ebro y sus afluentes Río Ginel, Barranco de Lopín y Arroyo de Valderranca, situados el primero y tercero en la zona centro-septentrional de la Hoja, y en la esquina SE el segundo.

Presentan espesores entre los 3 y 9 metros. Su composición litológica es de cantos y gravas con centiles de 50 cm y tamaños medios de 4-6 cm, polimícticos (cuarcitas, calizas, pizarras e incluso algún yeso). Los cantos están habitualmente clastosoportados e imbricados. Localmente se intercalan niveles de arenas y limos con laminación cruzada planar y en surco, además de bases erosivas con *lags* de cantos.

Los niveles de terrazas altos (26, 27, 28, 29, 30, 33, y 35) presentan cementaciones de carbonato cálcico que se distribuyen de forma irregular. Forman costras de tipo pulverulento, nodular y laminar.

Siguiendo a ZUIDAM (1976), se asigna a las dos terrazas superiores una edad Pleistoceno Inferior, a las terrazas 28, 29, 30, y 32 una edad Pleistoceno Medio, a las números 33 y 35 una edad Pleistoceno Superior y a las dos inferiores (Unidades 37 y 41) una edad Holoceno.

1.3.2. Gravas y cantos en matriz limo-arcillosa (31, 34, 36, 38, y 40). Glacis y glacis subactual. Pleistoceno-Holoceno

Se localizan en el cuadrante SO de la hoja, ocupando una extensa superficie al E de La Puebla de Albortón y hasta el meridiano de Codo.

Litológicamente están formados por gravas y cantos subangulosos por lo general, y cuyo espectro litológico es de procedencia local, básicamente calizas jurásicas y neógenas, yesos, areniscas y sílex. Estos cantos se presentan desorganizados y envueltos en una matriz de limos pardos y arcillas rojizas sin cementar. El tamaño medio de los cantos suele ser de unos 4-5 cm, aunque aumenta hacia las áreas de raíces de los glacis, donde se observan centiles de hasta 30-40 cm.

Generalmente su espesor es pequeño, no superado los 3 m.

De manera tentativa, se asigna el nivel más alto topográficamente (31) al Pleistoceno Medio, los niveles 34 y 36 al Pleistoceno Superior, y los niveles 38 y 40 al Holoceno, correspondiendo este último a los glacis subactuales.

1.3.3. Limos y arcillas con materia orgánica (39). Zonas endorreicas. Holoceno

Corresponden a los depósitos asociados a diversas depresiones de origen tanto kárstico como eólico situadas en su mayoría en la mitad S de la hoja de Pina de Ebro, así como a ciertas áreas de encharcamiento estacional asociadas al fondo del valle del Barranco de Lopín, al E del pueblo de Codo.

Tienen un espesor difícilmente evaluable, dada la ausencia de cortes sobre el terreno, aunque éste debe ser muy pequeño, en todo caso inferior a los 1-2 m.

Están formados por arcillas y limos de tonos pardos dado su alto contenido en materia orgánica. Eventualmente y principalmente en los situados sobre un sustrato yesífero, presentan cierto contenido en sales solubles, lo cual se evidencia por su colonización por una vegetación de tipo halófito.

Su edad es holocena.

1.3.4. Cantos, gravas, arenas y arcillas (42). Coluviones. Holoceno

Estos depósitos de ladera se distribuyen de forma irregular por todo el ámbito de la hoja, salvo en el cuadrante noroccidental, sometido principalmente a un modelado de tipo denuclativo.

Su composición litológica es muy variable, ligada a la de las laderas donde se sitúan. Generalmente están compuestos por cantos y gravas angulosos de calizas, areniscas y yesos, englobados en una matriz areno-arcilloso de tonos pardos y anaranjados. Cuando provienen de los relieves formados por terrazas, el espectro litológico de los cantos corresponde al de las mismas, esto es, cuarcitas, esquistos, pizarras, e incluso algún sílex y granito de procedencia

extracuenal. El tamaño medio de los cantos es de 4- 6 cm, siendo el centil de 35- 40, cm. Su espesor es de unos 2-4 m.

La edad que se asigna a estas formaciones superficiales es Holoceno.

1.3.5. Gravas, arenas, limos y arcillas (43 y 44). Conos de deyección y aluviales y fondos de vale. Holoceno

Este conjunto de formaciones superficiales engloba tanto los sedimentos de los cauces activos de la zona -barras del río Ebro, aluviales del Barranco de Lopín como a los numerosos fondos de valle plano denominados como vales regionalmente y a los depósitos de conos de deyección situados en las salidas de algunos barrancos.

Los depósitos aluviales del Río Ebro corresponden a gravas polimícticas redondeadas y con matriz arenosa y limo-arcillosa. Localmente pueden englobar niveles arenosos con laminación cruzada que incluyen hiladas de cantos. Los depósitos aluviales del Barranco de Lopín presentan una composición similar, aunque los cantos son mayoritariamente de calizas y areniscas a diferencia de las barras del Ebro, con cantos de cuarcita de procedencia extracuenal mayoritarios. Los fondos de val y conos de deyección están constituidos por cantos subangulosos a subredondeados de naturaleza principalmente calcárea, areniscosa y yesífera, distribuidos de manera irregular dentro de una matriz de limos y arcillas de tonos pardos y ocres.

Se les atribuye una edad Holocena.

2. TECTÓNICA

2.1. MARCO TECTÓNICO REGIONAL

Desde el punto de vista geológico-estructural, el área comprendida en la Hoja de Pina de Ebro (28-16) se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro, próxima al borde de la Cordillera Ibérica.

La Cordillera Ibérica es una cadena intracratónica de directriz general NO-SE, situada entre los dos orógenos alpinos principales de la Península Ibérica: Los Pirineos, al Norte y las Cordilleras Béticas, al Sur. Durante la compresión alpina su comportamiento tectónico se caracterizó por la diferenciación de dos niveles estructurales distintos, mostrando notables diferencias en cuanto a los mecanismos deformacionales que actuaron en el zócalo hercínico y los de la cobertera mesozoico-terciaria (ÁLVARO, *et al.*, 1979; GUIMERA y ÁLVARO, 1990; LIESA y CASAS, 1994). El despegue entre ambos niveles estructurales está situado en las lutitas y yesos del Triásico medio y superior (GUIMERA, 1988; SAN ROMÁN y AURELL, 1992).

Esta cadena representa una extensa zona (unos 500 km de longitud) del interior de la Placa Ibérica, deformada durante el Ciclo Alpino. En primer lugar, la extensión tectónica mesozoica

dio lugar a la formación de una importante cuenca sedimentaria. Con posterioridad, la compresión terciaria originó deformaciones del relleno sedimentario y de la propia cuenca, con desarrollo de pliegues y cabalgamientos de distintas orientaciones, fundamentalmente NO-SE y, en menor grado, E-O y N-S (ÁLVARO, *et al.*, 1979; CAPOTE, 1983; SIMÓN-GÓMEZ, 1982; GUIMERA, 1988; GUIMERA y ÁLVARO, 1990). La fracturación tardía del Orógeno Hercínico (ARTHAUD y MATTE, 1975), con direcciones NO-SE y NE-SO en el dominio de la actual Cordillera Ibérica (CAPOTE, 1983), tuvo una gran repercusión en la evolución alpina de la cadena, ya que estos accidentes preexistentes condicionaron notablemente la localización de la deformación, funcionando como fallas normales durante la distensión mesozoica y como direccionales o inversas en la compresión terciaria.

La cuenca del Ebro constituyó una zona relativamente elevada o sin subsidencia durante la sedimentación mesozoica, y durante la compresión alpina pasó a constituir una fosa de antepaís tanto respecto a la Cordillera Ibérica como respecto al Pirineo. En superficie, sus límites están marcados por ambas cadenas y los Catalánides y en subsuelo su extensión es mayor, ya que está recubierta parcialmente por las unidades alóctonas del 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.

La Hoja de Pina de Ebro está constituida en su práctica totalidad por depósitos terciarios (principalmente miocenos) entre los cuales emergen unos pocos afloramientos de calizas marinas jurásicas de escasa extensión que indican la proximidad del sustrato mesozoico y del borde de la Cordillera Ibérica.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La disposición estructural de los materiales terciarios (principalmente miocenos) en la hoja de Pina de Ebro es muy sencilla, ya que los estratos se hallan sensiblemente horizontales en todo el ámbito de la misma. Sin embargo, se reconoce una débil inclinación (inferior a 1°) hacia el Norte o NNO generalizada en la mayor parte de la hoja.

Esta disposición generalizada se encuentra alterada en varios sectores. Por un lado, los afloramientos jurásicos (concentrados en el cuadrante SO) llevan asociadas, en algunos casos, deformaciones de gran radio en los materiales miocenos que los circundan y fosilizan. Este fenómeno se advierte con claridad tan solo en tres de los afloramientos jurásicos: el de la esquina SO (zona Carbonera), de orientación ibérica, que deforma depósitos aragoneses (unidad Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora), el afloramiento N-S de la Loma Atravesada, que deforma ligeramente las calizas de la Unidad Bujaraloz-Sariñena, y el anticlinal jurásico ONO-ESE que aflora en la carretera Mediana-Belchite y que produce un ligero abombamiento con esa orientación en las arcillas y yesos de la Unidad Bujaraloz-Sariñena (Ageniense-Aragoniense).

La estructura del Mesozoico en la hoja es difícil de determinar con precisión, dado el escaso número y extensión de afloramientos. De todos modos, los afloramientos jurásicos presentan pliegues y estructuras de orientación ibérica (NO-SE y ONO-ESE), a excepción de la Loma Atra-

vesada (N-S), que podría corresponder a la existencia de una falla N-S en la estructura mesozoica, fosilizada completamente por el Mioceno.

Otras alteraciones significativas de la disposición general de las capas terciarias tienen lugar en relación con la presencia de valles rectilíneos NE-SO a los que se asocian ligeros basculamientos anómalos de la serie hacia el SSE. Los más representativos se sitúan en el sector SE de la hoja, donde se ha interpretado la existencia de sendas fracturas subparalelas en los barrancos NE-SO de Lopín y el de la val del Sur de la Balsa del Planerón. La existencia de capturas fluviales relacionadas con estos accidentes sugiere una actividad reciente de los mismos.

El resto de las deformaciones de los depósitos terciarios son fenómenos de carácter local ligados al comportamiento de los abundantes materiales evaporíticos de la hoja, bien por diapirismo, bien por colapso por disolución, llegando a afectar incluso a depósitos cuaternarios. Destaca, sin embargo, la existencia de pliegues muy espectaculares en el sector del vértice Sillero (al NO de la hoja), con orientaciones variadas, si bien predominan las direcciones NO-SE. Estos pliegues llegan a afectar (de forma considerable) a las calizas vallesienses, pero la existencia de un considerable espesor de yesos obliga a pensar en una componente importante de deformación de origen diapírico.

Se observa un importante control estructural de la red de drenaje, que se orienta preferentemente en torno a NO-SE, constituyendo un denso haz de lineamientos de dirección ibérica, que se extiende por un amplio sector de la Cuenca del Ebro al Sur de la Sierra de Alcubierre. En algunas zonas (en hojas próximas) se ha podido constatar la relación de algunos de estos lineamientos con fracturas de salto pequeño o nulo. Esta red de fracturas constituye seguramente el reflejo en superficie del movimiento de una o varias fallas de zócalo con componente normal que habrían articulado los movimientos de reajuste isostático postalpino (ARLEGUI, *et al.*, 1994). Este haz de fracturas NO-SE, muy penetrativo, se encuentra asociado en esta zona a una serie de fracturas NE-SO de espaciado mayor (kilométrico), que se manifiestan por la existencia de tramos rectilíneos de varios kilómetros de longitud en los cursos fluviales y que, en ocasiones (como en el SE de la hoja), originan débiles basculamientos de las capas terciarias.

2.3. EVOLUCIÓN TECTÓNICA

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 molásicos fluviales y lacustres 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.*, 1986) 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 Oligoceno existen dos depocentros, uno en Navarra-La Rioja y otro en Cataluña, separados 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 sedi-

mentación continúa durante gran parte del Mioceno a favor de los surcos sinclinales de Navarra y Rioja (formados a comienzos del Mioceno), 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 (emplazamiento de los mantos del Cotiella y Pedraforca) y Oligoceno (emplazamiento del manto de Gavarnie y reactivación del Pedraforca), aunque la deformación migra hacia el Oeste, de manera que en Cataluña los primeros indicios de deformaciones compresivas del Pirineo son anteriores al Eoceno, e incluso al Paleoceno, y desaparecen antes del Mioceno, mientras que en la zona occidental (Rioja) existen cabalgamientos cuya actividad se prolonga al menos hasta el 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 ANADON, *et al.* (1986) interpretar el contacto entre los Catalánides y la Cuenca del Ebro como el resultado de una tectónica de desgarramiento convergente a lo largo de fallas sinestrales escalonadas que afectan al basamento. Durante el Paleógeno el borde de la cuenca ha sufrido traslaciones, y la última posición del mismo está señalada por una importante sedimentación conglomerática con una o varias discordancias progresivas. Su edad varía, siendo más reciente en el SO y más antigua en el NE (ANADON, *et al.*, 1989). En lo que respecta al borde ibérico, también registra actividad tectónica con repercusiones en la cuenca, sobre todo detectada en los extremos NO (frente de las sierras de Cameros y Demanda) y SE (zona de enlace con los Catalánides). En esta hoja se encuentran depósitos conglomeráticos procedentes del borde ibérico a lo largo del Oligoceno superior (no existen afloramientos anteriores) y Mioceno, hasta el Aragoniense superior.

Durante el Mioceno y Plioceno tiene lugar una etapa de tectónica predominantemente extensional que afecta a la mayor parte del NE 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, etc.). 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). Recientemente, ARLEGUI, *et al.* (1994) sugieren la actividad de estos accidentes de zócalo como respuesta al reajuste isostático postalpino.

2.4. NEOTECTÓNICA

Durante el Neógeno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que se manifiesta en áreas próximas por fallas normales y sistemas de diaclasas bastante homogéneos. Estas estructuras afectan por igual a toda la serie miocena, incluyendo los depósitos más recientes, lo cual indica que este régimen distensivo de esfuerzos se mantuvo al menos durante parte del Mioceno, prolongándose durante el Plioceno y Cuaternario con escasas variaciones. El campo de esfuerzos puede caracterizarse como una distensión tendente a radial con valores muy próximos de s_2 y s_3 y que provocan etapas de intercambio de ambos ejes, etapas que dan lugar a la aparición de sistemas ortogonales de diaclasas extendidos en amplios sectores de la región (SIMÓN, 1989).

Las orientaciones dominantes de las diaclasas, a escala regional, son N-S y E-O, pero en el sector de la Cuenca del Ebro donde se sitúa la hoja de Pina de Ebro es frecuente bien la rotación dextrógira de este sistema hacia posiciones NE-SO y NO-SE, bien la aparición de una familia adicional de diaclasas con orientación NO-SE a ONO-ESE, coincidente con un extenso haz de lineamientos que se manifiesta por la reiterada rectificación de la red de drenaje según esta dirección dominante. Estos lineamientos, desarrollados en un amplio sector de la Cuenca del Ebro al Sur de la Sierra de Alcubierre, están relacionados probablemente con la presencia de fallas normales, aunque sólo se observa este carácter en unos pocos lugares, debido al recubrimiento cuaternario (holoceno) por depósitos de fondo de val.

Las discontinuidades NO-SE se interpretan como reflejo en superficie de accidentes mayores en el sustrato, con orientación similar. El movimiento de una falla normal en el zócalo rígido induciría la propagación de fracturas paralelas en la cobertera que, conforme alcanzaran niveles superiores de la misma, afectarían a una banda cada vez más amplia en la horizontal. ARLEGUI, *et al.* (1994) sugieren que la elevación isostática tardía del Pirineo induce movimientos verticales que se resuelven en estas fracturas de zócalo.

En la hoja de Pina de Ebro las escasas deformaciones que afectan a depósitos cuaternarios se deben, en su mayoría, a fenómenos ligados a la naturaleza evaporítica de gran parte de los sedimentos terciarios, principalmente procesos de colapso por disolución. Sin embargo, ciertos fenómenos de captura fluvial, relacionables con suaves basculamientos de la serie terciaria, articulados por fracturas NE-SO (que constituyen otra familia de lineamientos destacable, aunque secundaria), inducen a pensar en la posibilidad de actividad de estas posibles fracturas en épocas recientes.

3. GEOMORFOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN FISIAGRÁFICA

La hoja de Pina de Ebro se encuentra ubicada en la zona centro-meridional de la gran unidad fisiográfica que constituye la Depresión Terciaria del Ebro. En su territorio tienen representación las siguientes subunidades fisiográficas (QUIRANTES, 1971):

- a) **Cuestas intermedias**, formadas por los relieves tabulares asociados a niveles carbonatados y/o yesíferos litológicamente más resistentes a la erosión que los niveles arcillo-margosos que los incluyen. Están representadas en la mitad oriental de la hoja.

- b) **Terrazas cuaternarias**, ligadas a los cauces del Río Ebro y sus afluentes Barranco de Lopín, Río Ginel y Arroyo de Valderranca.
- c) **Vales**, que constituyen una densa red de barrancos de fondo plano, particularmente numerosos sobre el sustrato yesífero del cuadrante noroccidental de la hoja. Adquieren su máximo desarrollo y anchura en la mitad sur de la misma.
- d) **Cuencas endorreicas**, escasamente representadas en la hoja por las lagunas estacionales existentes, de las cuales la más importante es la Balsa del Planerón, al NE de Codo.

El clima de la región es de tipo mediterráneo, con un marcado carácter continental, al estar alejada de las influencias tanto mediterráneas como atlánticas. La temperatura media anual es de 15 °C y las precipitaciones medias anuales no superan los 400 mm. Estos valores otorgan una marcada semiaridez a la misma, desarrollándose un paisaje vegetal de tipo subdesértico con escasa vegetación arbórea.

La hoja se caracteriza, desde un punto de vista orográfico, por ser relativamente llana. Sólo el cuadrante NE de la misma presenta una orografía relativamente abrupta, con una gran densidad de valles en V separados por agudas aristas. En este sector se encuentra la máxima altura de la hoja, el vértice Sillero con 695 m. Otras cotas de importancia son Balsa Nueva (528 m), Pedriza (414 m), Tomillar (384 m), Patillas (340 m) y Valdecañiz (332 m). El punto topográficamente más bajo de la misma es el Río Ebro, en la esquina NE, con 160 m de altitud.

Este es el principal curso fluvial pese al escaso recorrido que presenta en la hoja de Pina de Ebro, no superior a los 6 km. El resto del área se ve drenada por una red de «vales», o valles de fondo plano, de los cuales y como ya se ha indicado, los más importantes son el Río Ginel, el Barranco de Lopín y el Arroyo de Valderranca, todos ellos tributarios del Ebro.

Administrativamente, la hoja pertenece en su práctica totalidad a la Provincia de Zaragoza, salvo una pequeña extensión en la esquina SE que corresponde a la Provincia de Teruel. Sólo cinco núcleos de población existen en la misma: Pina de Ebro, con 2.304 habitantes, es el mayor, siendo los restantes La Puebla de Albortón, Codo, Mediana y Rodén. La economía de la zona está basada en la agricultura, tanto de secano como de regadío, la ganadería principalmente ovina y algunas pequeñas industrias del sector terciario situadas básicamente en el municipio de Pina.

3.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

3.2.1. Estudio morfoestructural

Uno de los factores principales a considerar en el análisis geomorfológico de una región es su estudio morfoestructural, condicionado por elementos intrínsecos al sustrato geológico como son su composición litológica y la disposición geométrica primigenia del mismo, entendiendo como tal su estructura estática. Ambos factores condicionan la actuación de los agentes erosivos externos, y, por tanto, la evolución del modelado.

En este sentido conviene resaltar la existencia en el área de estudio de tres ámbitos morfoestructurales diferenciables.

Por una parte, el tercio meridional de la hoja de Pina de Ebro está situado sobre un sustrato detrítico, areniscas y arcillas principalmente, desarrollándose un modelado de tipo deposicional con predominio de glacis y fondos de vale. En los escasos afloramientos de calizas jurásicas se desarrollan *crestas* (6) y *cuestas* con *chevrons* (9) en el dorso de las mismas.

Algunas *líneas de capa* (8) y pequeñas *superficies estructurales* (1, 2 y 3) se originan a favor de los niveles yesíferos y areniscosos más resistentes.

En la zona centro-oriental de la hoja la constitución litológica es de niveles carbonatados alternantes con arcillas. La erosión diferencial de los mismos permite el desarrollo de extensas *superficies estructurales* (1 y 2) limitadas por pequeños *escarpes* (4 y 5) donde la incisión de los barrancos las limitan.

Por último, el resto del territorio litológicamente esta formado por yesos y margas yesíferas. La naturaleza básicamente lábil del sustrato rocoso permite un modelado estructural de *cerros cónicos* (7) y algunas *líneas de capa* (8).

Hay que señalar la influencia apreciable de la tectónica en el trazado de numerosas vales que con una dirección NO-SE se distribuyen en todo el ámbito de la hoja, cuya génesis está controlada por un campo de fracturas o diaclasas de dicha orientación. La edad de los materiales afectados por las mismas es Aragoniense-Vallesiense (Mioceno Medio-Superior), aunque en la vecina hoja de Longares, situada al O de la de Pina de Ebro, fracturas con la misma orientación llegan a afectar a series estratigráficamente superiores (Vallesiense), por lo que puede considerarse la edad de la fracturación como claramente neotectónica.

3.2.2. Estudio del modelado

3.2.2.1. Laderas

Las laderas constituyen elementos principales en la evolución del paisaje al ser las proveedoras de agua y sedimentos a la red de drenaje.

En la hoja de Pina de Ebro son abundantes las vertientes de perfil cóncavo sometidas a un proceso de regularización. Enlazan sin solución de continuidad con sus niveles de base locales, generalmente fondos de vales. Suelen estar recubiertas por una cobertera detrítica, de escaso espesor por lo general. Se han cartografiado como *coluviones* (10) cuando su espesor y extensión superficial así lo han aconsejado.

Dada la diferencia en la composición litológica de los mismos, se han distinguido en la cartografía geomorfológica los *coluviones* (11) asociados a los distintos niveles de terrazas de la zona.

Otro tipo de laderas frecuentes en la región son las laderas desnudas, asociadas principalmente a las litologías yesíferas.

3.2.2.2. Formas fluviales

Las acumulaciones fluviales de la hoja de Pina de Ebro están ligadas principalmente al Río Ebro, aunque también sus afluentes Río Ginel, Barranco de Lopín y Arroyo de Valderranca presentan algunos retazos de *terrazas* (13).

Un aspecto reseñable que condiciona factores tales como la litología y ordenación sedimentaria de los depósitos fluviales es la procedencia extrazonal del Río Ebro dentro del contexto morfoclimático local, ya que tanto su régimen hídrico como los materiales acarreados a lo largo del Cuaternario son reflejo de condiciones morfoclimáticas más húmedas que las que el actual clima semiárido de la región permite.

El Ebro ha depositado un sistema de terrazas complejo a lo largo de los tiempos cuaternarios. Los niveles más antiguos presentan *escarpes colgados* (23), mientras que los dos más recientes originan *escarpes encajados* (24). Estas últimas dan lugar a replanos de gran extensión superficial, mientras que los niveles superiores originan relieves de tipo tabular y pequeños cerros cónicos.

Como ya se ha señalado, las vertientes de enlace entre sucesivos niveles de terraza se encuentran acolumionadas sin solución de continuidad por el material de la terraza superior, lo cual en ocasiones hace dificultosa la distinción de los distintos niveles. Particularmente la terraza más antigua (nivel b), podría corresponder a dos subniveles distintos con una diferencia de cotas de unos 10-15 m.

Se han cartografiado las siguientes terrazas, con sus respectivas cotas relativas sobre el lecho actual del Ebro:

Nivel	Cota
k	+3-5 m
j	+7-10 m
i	+20-25 m
h	+35-40 m
g	+50-65 m
f	+85-90 m
e	+95-100 m
d	+110 m
c	+135 m
b	+180-200 m

A dichos niveles de terraza habría que añadir el *fondo aluvial* (12,l) formado por las barras de meandro del Río Ebro y el cauce activo del Barranco de Lopín. Asociado a la terraza k pueden reconocerse diversos *meandros abandonados* (14), fruto de la divagación del cauce del río durante la sedimentación de la misma.

Otras acumulaciones de génesis fluvial presentes en la hoja de Pina de Ebro son los *conos de deyección* (16) existentes en la desembocadura de ciertos barrancos. Los mejores ejemplos se desarrollan en el sector central de la hoja, paraje de Campo El Puchero, donde pueden llegar a coalescer.

En la zona SE de la hoja, y ligadas al fondo de valle del Barranco de Lopín, se encuentran *áreas endorreicas* del tipo playa húmeda (15) con cierta extensión superficial. Corresponden a zonas sometidas a encharcamientos estacionales en épocas húmedas. Los depósitos presentan cierto contenido en sales, como lo prueba la vegetación de carácter halófilo que llega a colonizar su superficie.

En las zonas de pendientes elevadas con sustrato yesífero, son los procesos de erosión activa los que adquieren un predominio neto. La *incisión lineal* (17) da lugar a un *acarcavamiento* (18, 19) generalizado en la escarpada margen derecha del valle del Río Ginel. En la esquina NO. de la hoja, en el sector del vértice Sillero, son frecuentes los interfluvios agudos de tipo *arista* (25). Asociados a los depósitos limo-arcillosos de numerosas vales son asimismo muy frecuentes los fenómenos de «subducción» o *piping* (21), particularmente activos dado el ambiente rextásico imperante en la actualidad en toda la Depresión del Ebro. De la misma manera, abundan las *pérdidas de drenaje* (22) por infiltración de los caudales hídricos dada la permeabilidad relativamente elevada de los sedimentos de fondo de val.

Por último, hay que señalar que en la zona de drenaje poco claro que forman el Barranco de Lopín y su red de afluentes al NE. de Codo se ha identificado un *codo de captura* (20) en el cual el Val de la Lomaza ha sido capturado por la Acequia de los Paretones. Sin embargo, y aunque éste es el más evidente, no es el único fenómeno de captura existente en el sector, dado la laberíntica malla de fondos de valle interconectados existente. La interpretación que tentativamente damos a estos fenómenos es cierta actividad neotectónica que pudiera haber originado pequeños basculamientos locales que cambiarían los niveles de base y, por tanto, favorecerían los cambios de curso de la red de incisión lineal.

3.2.2.3. *Formas poligénicas*

En este apartado se incluyen aquellos depósitos y formas en cuya génesis ha intervenido más de un solo proceso formador.

Entre ellos cabe destacar por su importancia en el modelado el relleno de las *vales* (27) o valles de fondo plano según la toponimia local. Presentan forma de artesa, generalmente con un cuello de enlace con las laderas escarpadas. En la mitad septentrional de la hoja, sobre el sustrato yesífero, presentan una morfología en planta de carácter dendrítico, siendo las vales estrechas y bastante numerosas. En la zona meridional, sobre el sustrato detrítico, tienen una gran anchura que puede llegar hasta los 3 km.

En la génesis de los sedimentos de naturaleza limo-arcillosa que las rellenan tienen importancia, tanto los procesos de índole gravitacional, consecuencia de la dinámica de las laderas, como los de índole fluvial, por la escorrentía que discurre longitudinalmente por el valle. También se admite generalmente (GIMÉNEZ, *et al.*, 1984) la aportación eólica en el relleno limoso.

Por otra parte, al ser particularmente aptos para el cultivo, están aterrizados, por lo que indudablemente, el factor antrópico tiene una gran importancia desde el punto de vista de su conservación, al controlar la dinámica de los procesos erosivos.

Se han cartografiado cuatro niveles de *glacis de acumulación* (26) antiguos y un *glacis subactual* (28), situados en el sector al E de La Puebla de Albortón. La correlación entre ellos es difícil, debido entre otras razones a la existencia de una complicada paleotopografía previa al encajamiento de los sucesivos niveles de enrasamiento.

Genéticamente están relacionados con procesos de arroyada difusa y en manto que arrastran los materiales de las laderas, derramándolos por el piedemonte (PELLICER y ECHEVERRÍA, 1989). La existencia de un sustrato detrítico favorece el desarrollo de la peneplanación y la evacuación del material detrítico incorporado.

Al NO de Mediana aparece un extenso nivel de *glacis de erosión* (29) o glacis desnudo, elaborado a favor de un sustrato de naturaleza yesífera por mecanismos genéticos similares a los que actúan con los *glacis de acumulación*.

3.2.2.4. *Formas kársticas*

En todo el cuadrante SE de la hoja, y asociadas a los sucesivos y poco potentes niveles carbonatados intercalados en la serie terciaria, se identifican numerosas *dolinas* (30) de fondo plano.

Presentan morfologías generalmente subcirculares, con diámetros comprendidos entre los 50 y 600 m y profundidades de orden métrico.

Algunas, tienen formas sumamente elongadas y estrechas, con anchuras inferiores a los 50 m y longitudes de hasta 500 m. Estas últimas poseen una marcada orientación NO-SE, idéntica a la del campo de fracturas del que se ha hablado en el epígrafe 3.2.1, por lo que se supone un desarrollo preferente de los procesos de disolución a favor de las zonas de debilidad creadas por diaclasas o fracturas.

3.2.2.5. *Formas eólicas*

Unos 2 km hacia el O de Codo se identifican tres pequeñas depresiones que llegan a desarrollar pequeños fondos endorreicos en su interior.

Dada la litología del sustrato, detrítica tanto en el Terciario como en el nivel de glacis que las soporta, estas depresiones se interpretan como cubetas de deflación eólica (31) debido a la carencia de hipótesis alternativas.

3.2.2.6. *Formas lacustres*

Los depósitos de génesis lacustre, presentes en la hoja de Pina de Ebro, se encuentran ligados a fondos de depresiones de origen tanto kárstico como eólico. Son de tipo playa húmeda y de funcionamiento estacional, esto es, las *zonas endorreicas* (32) permanecen encharcadas sólo tras una época de fuertes precipitaciones.

Por lo general son de pequeño tamaño. La mayor de todas es la Balsa del Planerón, situada unos 7 km al NE de Codo y que constituye un lugar singular desde el punto de vista ornitológico, al ser reserva de grandes aves de tipo estepario como las avutardas.

3.3. FORMACIONES SUPERFICIALES

En capítulos anteriores se ha realizado una descripción detallada de las características litológicas y genéticas de las formaciones superficiales, así como del contexto geomorfológico en que se localizan, con especial referencia a la morfogénesis.

Por ello, aquí haremos referencia al proceso más o menos general de regularización de vertientes que afecta a la superficie de la hoja. Este genera un tapiz de sedimentos irregularmente repartidos y poco potentes, de litología predominantemente arcillo-margosa y que en ningún caso constituye un revestimiento notable. Donde el espesor de los mismos lo ha hecho aconsejable, se han cartografiado como coluviones.

3.4. EVOLUCIÓN DINÁMICA

Una vez terminadas las fases de sedimentación miocenas, las cuales transcurrieron bajo un régimen de tipo endorreico, el establecimiento de la red aluvial del Río Ebro como sistema de erosión y transporte exorreico hacia el Mediterráneo, constituye el punto de partida de la evolución geomorfológica de la región.

Este cambio de régimen provocó el inicio del vaciado erosivo de la Depresión, y debió producirse hacia el tránsito Mioceno-Plioceno (RIBA, *et al.*, 1983) o quizá algo antes, aunque la escasez de dataciones en las facies terminales miocenas dificulta el establecimiento preciso de este momento. Este episodio debió estar acompañado de un levantamiento generalizado de la Cuenca del Ebro.

El comienzo de la exhumación de las series miocenas y oligocenas permite el desarrollo de procesos erosivos diferenciales que paulatinamente y hasta la actualidad van elaborando las distintas morfologías estructurales en forma de mesas o cuevas de bajo buzamiento, ligadas a los niveles litológicos de mayor resistencia a la erosión. Hay que considerar los fenómenos de arroyada como agentes principales de este modelado.

En el territorio correspondiente a la hoja de Pina de Ebro no existen depósitos atribuibles al Plioceno. Los niveles más antiguos corresponden a las terrazas fluviales del Ebro y sus afluentes. Sin embargo, en áreas próximas cercanas al Pídemonte Ibérico, llega a tener representación la superficie de erosión-depósito fundamental de la Cordillera Ibérica, cuya génesis pudo prolongarse hasta época pliocena. También se encuentran en las mismas zonas depósitos de tipo raña atribuibles al intervalo Plioceno-Pleistoceno inferior.

Con posterioridad a estos episodios, la evolución de la red fluvial regional va modelando el relieve en sucesivas etapas de encajamiento con el desarrollo de los distintos niveles de terrazas asociados al curso del Ebro y sus afluentes principales. De forma correlativa a la sedimen-

tación de las mismas, se generan sucesivos sistemas de glacis de acumulación bien representados en el cuadrante SO de la hoja de Pina de Ebro.

La alternancia de etapas de acumulación y encajamiento fluvial que forma distintas secuencias de glacis y terrazas demuestra la alternancia de momentos climáticos cálidos y fríos durante el Pleistoceno, correspondiendo las acumulaciones a climas fríos y húmedos y los encajamientos a climas cálidos y secos, similares al existente en la actualidad.

Durante el Holoceno se desarrollan las últimas acumulaciones, representadas por los depósitos de relleno de las vales, aluviales y terrazas bajas del río Ebro, conos de deyección, coluviones y depósitos poligénicos del tipo glacis subactual. También se produce una sedimentación endorreica salina en los fondos de las lagunas estacionales situadas en las dolinas del cuadrante SE de la hoja. Todos estos depósitos son más o menos coetáneos y su desarrollo corresponde al Cuaternario reciente.

En la actualidad, algunas de estas acumulaciones recientes aparecen localmente disectadas por procesos de arroyada como consecuencia de un cambio climático hacia la aridez de menor entidad que los que se interpretan para los sistemas glacis-terrazas.

3.5. MORFOLOGÍA ACTUAL Y SUBACTUAL Y TENDENCIAS FUTURAS

La morfogénesis actual en el sector de la cuenca del Ebro ocupado por la hoja de Pina de Ebro está dominada, como ya se ha dicho, por la tendencia a la semiaridez del clima de la región.

Por tanto, los procesos generadores de morfología más funcionales en la actualidad son de carácter fluvial, tanto de tipo acumulativo-aluvionamientos del río Ebro y conos de deyección en las salidas de los barrancos, arroyada en regueros, acarcavamientos. Estos últimos tienen particular importancia en el escarpe meridional del valle disimétrico del río Ginel, donde el gradiente de pendiente es mayor.

Los procesos de *piping* son también muy funcionales. Generalmente se producen en los fondos de las vales, significando un proceso de relleno no activo, o bien un estado de equilibrio acumulación-erosión inestable, en el que pequeñas variaciones del entorno pueden modificar la dinámica de las vales.

Cara al futuro, debe considerarse la acción antrópica como el factor principal de cambios potenciales en las condiciones morfodinámicas actuales. Las actuaciones humanas, sobre todo respecto al uso de recursos naturales como agua, suelo y vegetación, pueden modificar de forma rápida el delicado equilibrio entre los procesos de erosión y sedimentación.

4. HISTORIA GEOLÓGICA

La hoja de Pina de Ebro está situada en el sector centro meridional de la cuenca del Ebro, en el límite de la Cordillera Ibérica, de la que afloran como testigos, pequeñas estructuras antiforales.

La Cordillera ibérica, como se ha indicado en el capítulo de tectónica, es una cadena intracratónica de dirección NO-SE. Durante la compresión alpina su comportamiento tectónico se caracterizó por la diferenciación de dos niveles estructurales distintos, mostrando notables diferencias en cuanto a los mecanismos de deformacionales que actuaron en el zócalo hercínico y los de la cobertera mesozoico-terciaria (ÁLVARO, *et al.*, 1979; GUIMERA y ÁLVARO, 1990; LIESA y CASAS, 1994). El despegue entre ambos niveles estructurales, está situado en las lutitas y yesos del Triásico medio y superior (GUIMERA, 1988; SAN ROMÁN y AURELL, 1992).

Aunque los materiales más antiguos existentes en la hoja, corresponden al Jurásico superior, iniciaremos los comentarios desde la instalación de la extensa plataforma carbonatada que cubrió la región, durante el límite Triásico-Jurásico, y que va unido a una subsidencia generalizada, aunque con breves períodos de tectónica sinsedimentaria que provoca la ruptura de la rampa triásica y la formación de una serie de subcuencas de semigraben (originadas por fallas lítricas normales), que provocan localmente discordancias angulares y/o erosivas (SAN ROMÁN y AURELL, 1992). Así, se origina una potente serie de brechas sedimentarias, reconocibles en todo el sector de la Ibérica (Fm. Carniolas de Cortes de Tajuña) y atribuidas tradicionalmente a brechas de colapso, generadas por la disolución diagenética de los niveles evaporíticos intercalados entre las dolomías y depositadas en ambientes supramareales.

Durante el Sinemuriense y Pliensbachiense la plataforma carbonatada se estabilizó, depositándose sedimentos correspondientes a una llanura de mareas, con episodios inter y submareales, con el depósito de calizas laminadas, oolíticas y bioclásticas (Fm. Cuevas Labradas) hasta depósitos de rampa externa con ammonites y braquiópodos. Posteriormente se produciría un basculamiento de la plataforma que marcaría una discontinuidad de carácter general en toda la Cordillera, instalándose en la zona un ambiente de lagoon, donde se deposita la Fm. Margas grises de Cerro del Pez, iniciándose un nuevo ciclo sedimentario transgresivo con la sedimentación de calizas bioclásticas (Fm. Calizas bioclásticas de Barahona) en condiciones submareales, margas y calizas con fauna pelágica que reflejan ambientes de plataforma externa (Fm. Margas de Turmiel), para finalizar el ciclo con el Mb Casinos (parte inferior de la Fm. Carbonatada de Chelva), cuyos materiales se hacen progresivamente más restringidos, quedando marcada en su techo una discontinuidad, por un nivel de oolitos ferruginosos, perforaciones y removilizaciones.

Se inicia un nuevo ciclo sedimentario (el del Jurásico medio), durante el cual la plataforma jurásica sufre una nueva reestructuración, interrumpida únicamente por breves episodios de inestabilidad que quedarán reflejadas en los sedimentos por superficies de removilización. Es, durante esta etapa, cuando pueden diferenciarse unos cinturones de facies bien definidos. Así, pueden distinguirse facies de plataforma somera de alta energía (representadas por *grainstones* oolíticos), facies de rampa externa de baja energía (representadas por facies micríticas).

Al finalizar el Dogger se cierra el ciclo sedimentario del Jurásico medio con el nivel de oolitos ferruginosos de Arroyofrío, que marca una nueva discontinuidad en la columna estratigráfica.

La sedimentación se reanuda en el Oxfordiense con el desarrollo de calizas con esponjas (Fm. Calizas con esponjas de Yátova), Esta sedimentación carbonatada da paso en el Oxfordiense

sup.-Kimmeridgiense a una litofacies detrítico-margosa (Fm. Margas de Sot de Chera). Estos materiales pasan, tanto lateralmente como en la vertical, a la Fm. Ritmita calcárea de Loriguilla, que representan una sedimentación tranquila en medios submareales. A continuación se instala una plataforma somera (Fm. Calizas con oncolitos de Higuieruelas), mediante una discontinuidad de carácter regional. En esta plataforma, recién creada, se originarían una serie de subambientes, de los que, en este sector, predomina los de isla barrera-lagoon. Tras un breve episodio transgresivo se sucede una colmatación generalizada de la cuenca que marca el inicio de una fase regresiva. Los depósitos detríticos de la F. Purbeck, en el límite Jurásico-Cretácico, que afloran en la vecina hoja de Longares, reflejan una renovada actividad tectónica.

Los materiales siguientes en edad a los del Jurásico superior que afloran en la hoja de Pina de Ebro, corresponden al Oligoceno superior. Sin embargo, por los datos que se tienen en hojas próximas a ésta, se puede continuar con cierta aproximación la historia durante el Cretácico.

Al comienzo de este período, los movimientos neokiméricos estructuran la cuenca en una serie de surcos y umbrales (nueva fase de *rifting*), por la que se produce una descarga de terrígenos de origen continental, que está representada en este sector de la Cordillera Ibérica por la sedimentación del tramo inferior de la F. Weald. Posteriormente se inicia una etapa transgresiva que queda remarcada con la sedimentación carbonatada del tramo superior de la misma facies.

El siguiente proceso viene marcado por los movimientos aústricos que crean nuevos episodios de horst y graben, controlados por fallas de zócalo. En sectores próximos se llegan a diferenciar tres secuencias deposicionales, durante el Cretácico superior, la primera durante el Cenomaniense, la segunda durante el Turoniense y la tercera durante gran parte del Senoniense, para finalizar con una etapa regresiva, que viene remarcada por la sedimentación de tipo continental, lacustre.

En el terciario se inicia una nueva configuración de la cuenca, pasando esta de ser un surco sedimentario complejo, subsidente, en un régimen extensional, a configurarse como un área emergida sometida a compresión, mediante pliegues y cabalgamientos. Las sucesivas fases tectónicas de distinta intensidad de la compresión alpina, va a provocar una sedimentación de tipo continental, entre el Paleoceno y el Mioceno, en cubetas individualizadas, que quedarán cubiertas de este tipo de depósitos.

El relleno de la cuenca se organizará en secuencias deposicionales, a partir de entonces controladas por la evolución de las cordilleras que las circundan. En líneas generales, en la Cuenca del Ebro, la deformación es más joven progresivamente en sentido E-O.

En esta nueva disposición se desarrollarían extensos sistemas de abanicos aluviales y redes fluviales, distributivas desde los márgenes de la cuenca hacia los sectores más interiores. Relacionados con las partes distales y marginales de los mismos, se formaron importantes depósitos lacustres y evaporíticos, bajo condiciones climáticas que favorecieron el endorreísmo de la cuenca. Por otra parte, durante todo el Oligoceno y Mioceno se produce la migración de los depocentros lacustres hacia el O, desde el sector catalán de la Depresión, hasta situarse en el

area de los Monegros, relacionada con el desplazamiento, en el mismo sentido, de la deformación tectónica en el borde pirenaico.

Los sedimentos más antiguos del Terciario, aflorantes en la hoja de Pina de Ebro, pertenecen al Oligoceno superior (Chattiense). Corresponden a la unidad genético-sedimentaria de Mequinenza-Ballobar, de la que, en esta zona, los depósitos corresponden a ambientes distales de abanicos aluviales de procedencia meridional, alternando con ambientes lacustres-palustres carbonatados y evaporíticos.

Las mismas condiciones se repiten, en la hoja de Pina de Ebro, en la siguiente unidad genético sedimentaria (U. Alcolea de Cinca-Torrente de Cinca), aunque en áreas próximas (hoja de Gelsa) sobre los depósitos de la unidad anterior, de estas características sedimentológicas, se apoyan facies fluviales de mayor proximidad, marcando una ruptura en la sedimentación.

La sedimentación durante la siguiente U.G.S. a partir del Ageniense y durante el Aragoniense inferior (U. de Galocha-Ontiñena, U. de Bujaraloz-Sariñena, U. Remolinos-Lanaja y U. Sierra de Pallaruelo-Monte de la Sora), se desarrollaría con una distribución de facies similares, con depósitos conglomeráticos, representativos de zonas apicales de abanicos aluviales en la zona meridional y facies lacustres, fundamentalmente evaporíticas, en la septentrional, con términos intermedios de facies fluvial-distal y margen de lago salino, ocupando las zonas centrales de la hoja.

Las dos unidades genético-sedimentarias restantes (U. Sierra de Lanaja-Montes de Castejon y U. San Caprasio) pertenecientes al Aragoniense superior y vallesiense, de las cuales de la segunda solamente queda en la hoja de Pina un pequeño cerro testigo (cerro Sillero), representan, básicamente, ambientes lacustres carbonatados.

En el tránsito Mioceno-Plioceno, se produce un fuerte cambio en las condiciones de sedimentación de la cuenca. Tras la apertura, por parte del río Ebro, de una salida a través de la Cordillera Costero Catalana, se modifica el régimen endorreico, dominante hasta entonces, siendo posible el desague exorreico de la misma hacia el Mediterráneo.

Desde este momento y durante todo el Cuaternario, se produce una alternancia de etapas denudativas y acumulativas 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 acumulativas permiten la formación de sucesivos niveles de glaciares y terrazas, asociados a los cauces fluviales principales.

Regionalmente hay constancia de una moderada actividad neotectónica en la cuenca, relacionada principalmente con el régimen distensivo y con los procesos asociados a la peculiar mecánica de los materiales evaporíticos presentes en diversos sectores de la cuenca.

5. GEOLOGÍA ECONÓMICA

5.1. RECURSOS MINERALES

5.1.1. Minerales metálicos y no metálicos

5.1.1.1. Aspectos generales e historia minera

No hay constancia de que existan explotaciones o indicios de minerales metálicos en el ámbito de la hoja.

Como minerales no metálicos o industriales, deben incluirse 3 explotaciones de calizas (números 44, 45 y 46) que por su alto contenido en CO_3Ca y escasas impurezas vienen siendo utilizadas desde hace bastante tiempo para la fabricación de vidrio y cargas para pinturas.

Se trata de calizas del Malm, de colores blancos o blanco-beiges, bastante puras, con contenidos superiores al 98% de CO_3Ca y menos del 0,7% de Fe. Se presentan bien estratificadas y en ocasiones muy fracturadas, con buzamientos muy suaves. Las potencias explotadas oscilan entre 25 y 40 m.

Existen instalaciones de preparación (machaqueo, molienda y clasificación) próximas a las canteras. En la primera de las canteras citadas (n.º 44), parte de la producción es utilizada por Metalurgia del Ebro de La Zaida para la fabricación de carburos, el resto se emplea como áridos. La producción de las otras dos canteras (n.º 45 y 46) es vendida íntegramente por la empresa J. ANDREU, S. A., para piensos compuestos, industria del vidrio y fabricación de pinturas, esencialmente en Cataluña.

5.1.2. Minerales energéticos

No existen indicios ni explotaciones, antiguas o actuales, de este tipo de minerales dentro de la hoja.

5.1.3. Rocas industriales

5.1.3.1. Aspectos generales e historia minera

Se han inventariado 47 explotaciones (entre activas y abandonadas) de rocas industriales dentro de la hoja, lo que indica una importante actividad extractiva, especialmente si se compara con la escasa densidad de población y el bajo desarrollo industrial de la misma.

Entre las sustancias tradicionalmente más explotadas destacan el alabastro y las arcillas.

De alabastro se han reseñado 17 explotaciones de las cuales 8 tienen algún tipo de actividad, aunque sea intermitente. En general suelen explotar 1 ó 2 niveles de «bolos» de alabastro, que extraen mediante palas. Las canteras son a cielo abierto y en ladera, con frentes de gran longitud (hasta 3 km) y escasa anchura (20-80 m), con un gran movimiento de estériles debido al recubrimiento, que puede rebasar los 20 m de potencia. La mayoría de las explotacio-

nes se encuentran dentro del término municipal de Fuentes de Ebro, y el resto en Quinto de Ebro y Mediana. La producción total anual puede estar próxima a las 30.000 t.

La explotación industrial del alabastro natural, con fines ornamentales o decorativos, consta de los siguientes procesos:

- a) En cantera:
Desmonte, extracción, clasificación, descascarillado o «pelado».
- b) En taller:
Aserrado, corte, torneado, tallado, lijado, barnizado y aplicaciones de ácido para colorear.

En menor proporción los alabastros se emplean también para la fabricación de escayolas especiales, después de molienda y calcinación.

Con el alabastro se fabrican objetos decorativos de forma y tamaño muy variados, así como paneles de recubrimiento de luz natural o artificial. Su producción va disminuyendo, debido a los costes de extracción, la baja demanda y la sustitución por otros materiales. Una parte del alabastro elaborado es exportada a los países asiáticos, sobretudo figuras de polvo de alabastro moldeadas con resinas que admiten una más fácil coloración. También se exporta alabastro sin elaborar a Italia, directamente desde cantera.

Las arcillas constituyen otras de las sustancias tradicionalmente explotadas en la zona. Se han inventariado 23 explotaciones, siete de las cuales mantienen actividad extractiva actualmente. La mayoría de las explotaciones se encuentran dentro del término municipal de Fuentes de Ebro, y en menor medida en Belchite. La producción total anual de arcillas rebasa ampliamente las 200.000 que se consumen fundamentalmente en cerámicas de la zona para la fabricación de elementos estructurales (ladrillos, tejas, bovedillas, etc.).

Se han señalado también 5 graveras, todas ellas localizadas en las proximidades del río Ebro. Actualmente están en activo una cerca de Pina de Ebro (estación n.º 5), que obtiene gravas y arenas de los márgenes del río, y otra más al sur (estación n.º 26) que extrae intermitentemente estos materiales de una terraza más antigua del Ebro. En la primera existe instalación de machaqueo y clasificación mientras que en la segunda gravera sólo se realiza una somera clasificación del material.

Por último cabe citar dos explotaciones de calizas para áridos. La cantera n.º 40 está en activo y tiene instalación de machaqueo, mientras la otra (n.º 43) está abandonada hace bastante tiempo.

5.1.3.2. Descripción de los materiales

Alabastro

El alabastro es una variedad de yeso que suele presentarse formando «bolos o buñuelos», esferoidales o arriñonados, de diámetro variable, generalmente menor de 1 m. Aparecen

entre margas y/o arcillas, conformando en conjunto capas subhorizontales de 0,5 a 3 m de potencia. La calidad y cantidad de «bolos» varía lateral y verticalmente.

Estratigráficamente los niveles de alabastro que se benefician o han sido objeto de laboreo, se distribuyen dentro de las siguientes formaciones o tramos.

Por sus características físicas se pueden diferenciar los siguientes tipos de alabastro:

- Alabastro blanco de grano fino, traslúcido.
- Alabastro blanco de grano fino a medio, con pequeñas vetas o manchas de tonos rosáceos, traslúcido.
- Alabastro blanco con pequeños nódulos milimétricos de cuarzo.
- Alabastro sacaroideo.

Arcillas

Las arcillas explotadas pertenecen al Mioceno inferior y medio. Son arcillas de tonos rojizos que aparecen estratificadas junto con yesos y margas. Su composición fundamental es illítica, con proporciones variables de esmectitas y cloritas y escasa caolinita. Estos componentes arcillosos van acompañados de carbonatos, cuarzo y feldespatos en cantidades que oscilan de 5 al 25% y ocasionalmente de yeso.

Son arcillas bajas en sílice total, con moderados contenidos en alúmina y altos en hierro. Poseen plasticidad suficiente, y posiblemente necesiten «desgrasantes» síliceos, para su utilización en cerámica estructural, que es para lo que se usan. Las intercalaciones de yeso constituyen uno de los mayores inconvenientes en las explotaciones, ya que producen esconchamientos y «eflorescencia» en las piezas cocidas.

Gravas y arenas

Los únicos materiales de estas características explotados en la hoja pertenecen al río Ebro. En la mayoría de los casos pertenecen a terrazas más o menos antiguas y son, por tanto, materiales poligénicos, mal clasificados y con abundante matriz limo-arcillosa. Sólo en un caso (estación n.º 5) se explota el aluvial reciente, constituido por gravas y arenas más limpias.

Calizas

Las calizas explotadas pertenecen todas al Malm. Suelen ser de colores blancos o blanco-beige, generalmente bien estratificadas, compactas y, a veces, fosilíferas. Poseen buenas características para áridos de machaquito y por su pureza son, incluso, explotadas para diversos usos industriales, ya mencionados al principio de este capítulo.

Cuadro resumen de los minerales metálicos y no metálicos

Número	Coordenadas UTM	Sustancia	Término municipal y provincial	Morfología y/o tipo	
44 (115)	682500 / 4583400	Caliza	Puebla de Alborton (Zaragoza)	Estratiforme	
45 (112)	686900 / 4583850	Caliza	Belchite (Zaragoza)	Estratiforme	
46 (111)	686950 / 4583530	Caliza	Belchite (Zaragoza)	Estratiforme	

Cuadro resumen de minerales energéticos y rocas industriales

Número	Coordenadas UTM	Sustancia	Término municipal y provincial	
1	694750 / 4596500	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
2	695900 / 4596100	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
3	696950 / 4596300	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
4	696900 / 4596250	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
5	705450 / 4596800	Arena y grava	Pina de Ebro (Zaragoza)	
6 (169)	693900 / 4595150	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
7	698400 / 4595400	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
8	699900 / 4595750	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
9	699800 / 4595550	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
10	702700 / 4595700	Grava	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
11	698000 / 4594400	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	

Mineralogía	Observaciones
CO ₃ Ca (98%)	Cantera en activo, denominada «María» de calizas para fabricación de carburos y áridos de machaqueo. Producción de 30.000 t/año.
CO ₃ Ca (98%)	Cantera en activos denominada «El Pueyo». Explota calizas blancas muy fracturadas que, después de molienda y clasificación en las instalaciones anejas, son utilizadas en la fabricación de piensos compuestos, pinturas y vidrio. Produce 20.000 t/año.
CO ₃ Ca (98%)	Cantera en activo denominada «Margarita». Explota calizas blancas que son molidas y clasificadas en instalaciones anejas a la cantera. Se utilizan para la fabricación de piensos compuestos, pinturas y vidrio. Produce 100.000 t/año.

	Observaciones
	Explotación con actividad intermitente, denominada «Dehesa Carnicera» de bolos de alabastro para usos decorativos. Produce unas 3.000 t al año.
	Explotación con actividad discontinua, denominada «Incanal-Roden», de bolos de alabastro blanco para usos decorativos, y, ocasionalmente, para fabricación de escayolas y yeso de construcción. Produce del orden de 5.000 m ³ al año.
	Explotación abandonada de alabastro blanco en «buñuelos» de posibles usos en decoración y para fabricación de yesos.
	Explotación en activo, denominada «Incanal» de alabastro en bolos para usos decorativos. Los recortes se utilizan para fabricar escayolas y yeso de obras. Produce 2.500 t al año.
	Explotación en activo, denominada «Aridos Caranza», de arenas y gravas del aluvial del Ebro, para áridos de machaqueo. Produce 125.000 t al año.
	Explotación con actividad discontinua, denominada «Blanca», de alabastro blanco para uso decorativo y ornamental. En las proximidades existen otros tres frentes dentro del mismo yacimiento.
	Explotación en activo de «Cerámica Artajona», que extrae arcillas para cerámica estructural. Produce 20.000 t al año.
	Explotación en activo denominada «Cantera Saralegui» que extrae arcillas para cerámica estructural. produce 30.000 t al año.
	Explotación en activo «Cantera Artajona» que extrae arcillas para cerámica estructural. Produce 20.000 M ³ /año.
	Explotación abandonada en una terraza del río Ebro de gravas para áridos de machaqueo.
	Explotación en activo, denominada «Patillas», de alabastro blanco para usos decorativos y ornamentales.

Cuadro resumen de minerales energéticos y rocas industriales (continuación)

Número	Coordenadas UTM	Sustancia	Término municipal y provincial	
12	700850 / 4594750	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
13	701200 / 4594500	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
14 (180)	697500 / 4593550	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
15	689950 / 4593550	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
16 (179)	698550 / 4593200	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
17	703900 / 4593600	Arcilla	Quinto de Ebro (Zaragoza)	
18	705000 / 4593730	Grava y arena	Quinto de Ebro (Zaragoza)	
19	705250 / 4593000	Grava y arena	Quinto de Ebro (Zaragoza)	
20	696300 / 4592150	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
21	700700 / 4592800	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
22	700400 / 4592650	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
23 (181)	700500 / 4592150	Alabastro	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
24	704450 / 4592700	Alabastro	Quinto de Ebro (Zaragoza)	
25	705350 / 4592300	Alabastro	Quinto de Ebro (Zaragoza)	
26	705800 / 4502450	Grava y arena	Quinto de Ebro (Zaragoza)	
27	690550 / 4591200	Alabastro	Mediana (Zaragoza)	
28	697100 / 4591650	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
29	696900 / 4591200	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
30	704450 / 4591500	Alabastro	Quinto de Ebro (Zaragoza)	
31	690300 / 4590650	Alabastro	Mediana (Zaragoza)	
32	691200 / 4590500	Alabastro	Mediana (Zaragoza)	

	Observaciones
	Explotación abandonada de arcillas rojas para cerámica estructural.
	Explotación abandonada de arcillas rojas usadas en cerámica estructural.
*	Explotación en activo, de nombre «Incanal» de alabastro para usos decorativos esencialmente. Los residuos se utilizan para fabricación escayolas y yeso para obras. Produce 3.000 m ³ /año.
*	Explotación abandonada, denominada «Blanca» de alabastro para usos decorativos.
	Explotación en activo, denominada «Joan» de alabastro en bolos para usos decorativos. Produce 10.000 t/año.
	Explotación en activo, denominada «Segovia» de arcillas rojas para cerámica estructural. Produce 15.00 t/año.
	Gravera abandonada en una terraza del río Ebro que se utilizó como árido natural.
	Gravera abandonada en una terraza del río Ebro que debió utilizarse para áridos natural y/o de machaqueo.
	Explotación abandonada de arcillas rojas que debieron utilizarse en cerámica estructural.
	Explotación abandonada de arcillas rojas para uso en cerámica estructural.
	Explotación abandonada de arcillas rojizas para usos en cerámicas estructurales.
	Explotación abandonada de alabastro blanco en «bolos» para usos decorativos.
	Labor abandonada para investigación de alabastro. El material tiene impurezas.
	Explotación en activo, de nombre «Clara» de alabastro blanco para usos decorativos. Produce 4.000 t/año. En las proximidades se han realizado labores de investigación.
*	Gravera con actividad intermitente en una terraza del Ebro. El material, después de un cribado elemental, se utiliza como árido natural.
*	Explotación abandonada de alabastro para usos decorativos.
	Explotación abandonada de arcillas rojas para cerámica estructural.
	Explotación abandonada de arcillas rojas para cerámica estructural.
	Explotación abandonada de un pequeño nivel de alabastro para usos decorativos y posiblemente para escayola y yeso de obras.
	Explotación abandonada de alabastro blanco en «bolos» para usos decorativos.
	Explotación abandonada de un pequeño nivel de alabastro para usos decorativos.

Cuadro resumen de minerales energéticos y rocas industriales (continuación)

Número	Coordenadas UTM	Sustancia	Término municipal y provincial	
33	696650 / 4590675	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
34	697500 / 4590000	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
35 (214)	697700 / 4589700	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
36	698400 / 4589400	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
37 (159)	698150 / 4589200	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
38	698300 / 4587650	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
39 (178)	698100 / 4587100	Arcilla	Fuentes de Ebro (Zaragoza)	
40 (113)	690400 / 4586400	Caliza	Belchite (Zaragoza)	
41 (114)	690650 / 4586050	Arcilla	Belchite (Zaragoza)	
42	701800 / 4584850	Alabastro	Quinto de Ebro (Zaragoza)	
43 (108)	681350 / 4584000	Caliza	Puebla de Alborton (Zaragoza)	
47	700900 / 74581900	Arcilla	Belchite (Zaragoza)	
48	700550 / 4581700	Arcilla	Belchite (Zaragoza)	
49	698550 / 4580900	Arcilla	Belchite (Zaragoza)	
50	681400 / 4578600	Arcilla	Belchite (Zaragoza)	

	Observaciones
	Explotación abandonada de arcillas rojas para cerámica estructural.
	Explotación abandonada de arcillas para cerámica estructural.
•	Explotación en activo de arcillas rojas denominada «Sorolla». Se utilizan en cerámica estructural. Tiene una importante producción de 100.000 t/año.
•	Explotación en activo de arcillas rojizas denominada «Sorolla». Se utiliza para cerámica estructural y tiene una producción de 15.000 t/año.
	Explotación abandonada de arcillas rojizas para cerámica de construcción.
	Explotación, posiblemente abandonada, de arcillas rojizas para cerámica de construcción, denominada «La Pedriza».
	Explotación abandonada de arcillas rojizas para uso en cerámica estructural.
	Cantera en activo denominada «El Focino». Explora calizas fracturadas para áridos de machaqueo que trata en instalaciones anejas. Produce 40.000 t/año.
	Explotación abandonada de arcillas, para cerámica estructural, denominada «Focino».
	Explotación abandonada de «bolos» de alabastro, denominada «La Atalaya», de posible utilización en usos ornamentales y marginalmente en escayolas y yeso de obra.
	Cantera «Pueyo Bajo» abandonada, de calizas blancas fracturadas, con posibles usos para áridos de machaqueo, industria química y agricultura.
	Explotación abandonada de arcillas, pertenecientes a Cerámicas Casans, S. A., que se utilizaron para cerámica estructural.
	Explotación abandonada de arcillas, perteneciente a Cerámicas Casans, S. A., utilizadas para cerámica estructural.
	Explotación en activo de arcillas rojas de Cerámicas Casans, S. A., para fabricación de elementos estructurales cerámicas. Produce 10.000 t/año.
•	Explotación abandonada de arcillas rojas para cerámica estructural.

5.2. HIDROGEOLOGÍA

5.2.1. Climatología-Hidrología

El Instituto Nacional de Meteorología controla dos estaciones de tipo pluviométrico en la zona:

Código estación	Denominación
9503I	Mediana de Aragón
9510	Pina de Ebro (Plano Bajo)

Según datos editados por el M.A.P.A. (1987), y considerando un período básico entre 1940-1980, los valores medios de precipitación en Pina de Ebro son los siguientes:

Estación 9510. Precipitaciones medias mensuales

MES	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
MEDIA	38,1	28,7	29,6	26,3	22,2	28,9	23,3	46,2	36,3	20,7	20,0	29,7	350,7

La distribución de las precipitaciones a lo largo del año es bastante uniforme, con un máximo a final de la primavera. El valor total anual en torno a 350 mm es característico de la árida zona central de la cuenca del Ebro.

A pesar de que no existen estaciones de control térmico, se ha establecido a nivel provincial (MAPA, 1987) la correlación entre la temperatura media y altitud de todas las estaciones termopluviométricas y completas, y se ha utilizado la ecuación de la recta de regresión para extrapolar los datos a las de tipo pluviométrico.

Estación 9510. Temperaturas medias mensuales

MES	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media
MEDIA	16,0	10,1	6,8	6,1	7,9	11,4	14,1	18,1	22,0	25,0	24,5	21,5	15,3

La temperatura media anual es del orden de 15 °C, presentando valores máximos en julio (25 °C) y mínimos en enero (aprox. 6 °C). La oscilación térmica anual es elevada, del orden de 19 °C. En invierno es frecuente que se produzcan fenómenos de inversión térmica dando lugar a nieblas persistentes.

La evapotranspiración potencial calculada según el método de Thornthwaite es del orden de 940 mm/año, lo que conlleva unos fuertes déficits, especialmente en el período más cálido.

La clasificación agroclimática de Papadakis considera como características fundamentales del clima el régimen térmico y el régimen de humedad, traduciéndolos al tipo de cultivo que puede vegetar en estas condiciones. Según esto, la Hoja de Longares pertenece a una zona agro-

climática Av,O;Me (invierno avena cálido, verano arroz y régimen de humedad mediterráneo seco).

La red hidrográfica está compuesta por cauces de funcionamiento esporádico. Únicamente en la mitad septentrional de la Hoja se distinguen 2 ríos de carácter permanente: el río Ginel, afluente directo del Ebro, que nace en el manantial de Mediana, y, el propio río Ebro que aparece en un breve tramo en el vértice nororiental de la Hoja.

Es característica de esta zona la existencia de numerosas balsas, ubicadas en depresiones endorreicas y frecuentemente acondicionadas por el hombre, que se utilizan para aprovechamientos agrícolas y ganaderos. Por sus dimensiones merece ser destacada la Balsa del Planeación, al NE de Codo.

5.2.2. Inventario y usos del agua

El inventario total existente en la Hoja consta de 41 puntos, cuya distribución por octantes figura en la siguiente tabla.

Octante	Número de puntos				Total
	Manantiales	Pozos	Sondeos		
1					
2	1		3		4
3					
4		2	4	1	7
5			6		6
6	4	12	7		23
7					
8		1			1
Total	5	15	20	1	41

Los sondeos, con profundidades entre 50 y 200 m, son las obras de captación de agua más extendidas. Aquellos perforados en las formaciones terciarias han resultado en su mayoría negativos. Un factor añadido a la escasa o nula productividad de estos es la mala calidad de las aguas subterráneas, que son muy salinas lo que limita su uso tanto en regadío como abastecimiento. Algunos de los sondeos ubicados en los octantes 5 y 6 de la Hoja han alcanzado el sustrato jurásico no aflorante y han resultado surgentes, aunque también sus aguas presentan grados elevados de mineralización asociados a la circulación profunda del agua subterránea y su interacción con niveles de anhidritas y sales.

Los pozos excavados afectan a los depósitos más superficiales (aluviales, fondos de valle, glaciares, etc.), y en su mayor parte no están instalados, reduciéndose su explotación a abastecimiento de ganadería y pequeños regadíos.

Entre los manantiales cabe destacar el 271620001, fuente de la Virgen de la Magdalena o de Mediana. Este punto se considera como geotérmico y se utiliza en el abastecimiento a la población de Mediana. Tiene un caudal constante del orden de 150-200 l/s, y junto al manantial de Muel en la vecina Hoja de Longares constituyen el drenaje de la unidad acuífera de Muel-Belchite. A pesar de surgir a través de materiales terciarios, el origen de sus aguas está asociado a las formaciones jurásicas subyacentes, como demuestran los sondeos surgentes anteriormente mencionados.

El resto de surgencias en la Hoja son de escasa importancia y constituyen drenajes de las formaciones superficiales.

5.2.3. Caracterización hidrogeológica

En la Hoja de Pina se pueden distinguir según su comportamiento hidrogeológico 3 grupos:

5.2.3.1. Acuífero carbonatado de Muel-Belchite

Esta unidad hidrogeológica (n.º 38 según la codificación del S.G.) pertenece a la zona Jalón-Aguasvivas, dentro del sistema acuífero 58 «Mesozoico ibérico de la depresión del Ebro». Se incluyen dentro de esta unidad los materiales pertenecientes al Jurásico superior de naturaleza calcárea, que en esta zona permanecen subyacentes al recubrimiento terciario. Es precisamente este recubrimiento el que dificulta la investigación de las conexiones en profundidad de este acuífero con sus supuestas áreas de recarga en la Cordillera Ibérica.

El límite inferior de este acuífero viene dado por los niveles margosos del Malm y salinos del Keuper, y se encuentra confinado por los niveles de baja permeabilidad cretácicos y terciarios.

La permeabilidad de los materiales carbonatados jurásicos es bastante elevada y presentan un alto grado de karstificación. Su recarga se produce fundamentalmente por infiltración directa en los afloramientos carbonatados de la Cordillera Ibérica, así como de forma localizada en los ríos (por ejemplo, río Huerva entre Villanueva y Mezalocha en la vecina hoja de Longares). La circulación del agua subterránea sigue la disposición de los materiales liásicos en profundidad, y las descargas se realizan a favor del contacto con el terciario (manantial de la Virgen de Muel, La Ginebrosa, Virgen de Los Arcos) o a través de las propias formaciones terciarias (Pontil, Toroñel, Mediana). Existen también descargas de forma difusa hacia humedales e incluso lagunas, como es por ejemplo La Salada de Mediana, situada al NO de la población del mismo nombre, aunque fuera de la hoja que nos ocupa.

Estos manantiales se caracterizan por no presentar variación temporal en los caudales de surgencia, características termales (22-26 °C) y mineralización elevada. Asimismo en estudios

específicos se ha comprobado la práctica ausencia de tritio, indicando un elevado tiempo de residencia de las aguas en el acuífero.

La naturaleza química de las aguas de estas descargas es fundamentalmente sulfatada-clorurada sódico-cálcica con alta mineralización. Esta abundancia de sales viene condicionada por la presencia de anhidritas en el Lías, por el Keuper salino, y también por la naturaleza de los materiales suprayacentes del Terciario.

5.3.3.2. *Depósitos aluviales del río Ebro y Ginel, y resto de formaciones cuaternarias de alta permeabilidad*

Los depósitos fluviales de los ríos Ginel y Ebro se incluyen dentro del sistema acuífero 62 «Aluvial del Ebro y afluentes». Su desarrollo se corresponde con los tramos de los ríos y por tanto sus afloramientos se sitúan en la zona centroseptentrional.

Presentan espesores de 3-9 m y se incluyen tanto los fondos aluviales como la terrazas (hasta 10 niveles en el río Ebro). En general presentan alta permeabilidad por su composición de cantos y gravas.

Su aprovechamiento se realiza mediante pozos excavados de escasa profundidad (hasta alcanzar el sustrato) y en el contacto entre los distintos niveles de terrazas pueden aparecer pequeñas surgencias si los materiales impermeables de base llegan a aflorar.

Existen otras formaciones de menor extensión como son glacis, coluviones y fondos de vales, constituidas por sedimentos de menor tamaño de grano, lo que disminuye su permeabilidad. Asociados a los depósitos limo-arcillosos de las vales son frecuentes los fenómenos de *piping*, surgencias procedentes de circulación subsuperficial de agua.

5.3.3.3. *Formaciones terciarias de permeabilidad media-baja*

Tal como se ha descrito en el capítulo de estratigrafía, existe una gradación entre los materiales detríticos más groseros del SO de la hoja hacia los más finos que incluyen depósitos carbonáticos y yesíferos de NE y techo de la serie.

Esta alternancia de niveles poco potentes dispuestos subhorizontalmente y cuya litología no resulta favorable a la circulación de aguas subterráneas, motiva el escaso interés hidrogeológico de las mismas.

Los sondeos existentes han dado resultados negativos y únicamente se pueden localizar surgencias de escaso interés por su reducido caudal y estacionalidad asociadas a los niveles más groseros.

En el cuadrante SE se identifican numerosas dolinas de fondo plano asociadas a los niveles carbonatados intercalados en la serie terciaria que han sufrido una cierta karstificación.

5.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES

En la hoja de Pina de Ebro pueden diferenciarse, atendiendo a los aspectos litológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos de los materiales que la constituyen, dos áreas de comportamiento 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.

Área I: Comprende los depósitos terciarios con predominio de facies yesíferas, margoso-carbonatadas, arcilloso-arenosas y conglomeráticas que no constituyen relieves de importancia. En este apartado se han incluido los afloramientos de calizas jurásicas que por sus reducidas dimensiones no precisan su diferenciación.

Dentro de este área podemos distinguir las siguientes zonas:

Zona I₁: A ella pertenecen las unidades cartográficas: (7), (11), (17) y (20).

Está constituida por conglomerados, areniscas y lutitas arcillas y areniscas en capas de escasa potencia. La disposición es subhorizontal con suaves pendientes hacia el NO.

Aunque la cementación de las areniscas no es muy fuerte, sin embargo, esta unidad puede presentar cierta resistencia al ripado.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.

Zona I₂: A ella pertenecen las unidades cartográficas: (4), (6), (14), (16), (23) y (24).

Está formada por calizas y margas con intercalaciones de arcillas y areniscas distribuidas en capas de potencias variables, entre varios centímetros y 1 m. Su disposición es subhorizontal.

Puede presentar problemas de ripabilidad en los niveles competentes, cuando estos alcanzan espesores próximos a 1 m.

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

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

Zona I₃: A ella pertenecen las unidades cartográficas: (9), (13), (15), (19) y (22).

Está formada por yesos tabulares, en ocasiones con capas de caliza. Presentan un aspecto masivo o tabular.

No son ripables, y en conjunto se comportan como impermeables, aunque la acción de la escorrentía puede originar problemas de disolución.

Admite taludes subverticales estables.

Estos materiales pueden presentar agresividad a los hormigones, por la acción de los sulfatos.

Zona I₄: A ella pertenecen las unidades cartográficas: (1) y (2).

Está constituida por calizas desde aspecto masivo a tableadas, de edad jurásica. Están estructuradas formando anticlinales y sinclinales, generalmente con buzamientos próximos a los 45°.

Esta formación no es ripable y presenta una capacidad de carga elevada. El drenaje tanto superficial como profundo es elevado. La estabilidad de los desmontes es elevada, existiendo riesgos de desprendimientos de bloques cuando el corte del talud sea a favor de la estratificación y con un ángulo mayor al del buzamiento.

Zona I₅: A ella pertenecen las unidades cartográficas: (3), (5), (8), (10), (12), (18), (21) y (25).

Está constituida por arcillas y margas con intercalaciones centimétricas de calizas y yesos.

Estos materiales pueden presentar agresividad a los hormigones por la acción de los sulfatos.

Es una formación ripable.

El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.

Área II: Comprende los depósitos cuaternarios, formados por gravas, arenas, limos y arcillas generalmente.

Se han distinguido las siguientes zonas:

Zona II₁: Está formada por las unidades cartográficas: (26), (27), (28), (29), (30), (32), (33) (35) (37) y (41).

Está constituida por bloques y cantos redondeados de naturaleza predominantemente calcárea y arenas. Presentan morfología de Terrazas.

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

Cuadro resumen de las características geotécnicas de los materiales de la hoja de Pina

Área	Zonas	Unidades cartográficas	Litología
I	I ₁	(7), (11), (17) y (20)	Conglomerados, areniscas y lutitas en capas de escasa potencia.
	I ₂	(4), (6), (14), (16), (23) y (24)	Alternancia de calizas y margas con intercalaciones de arcillas y areniscas.
	I ₃	(9), (13), (15), (19) y (22)	Yesos tabulares.
	I ₄	(1) y (2)	Calizas y margocalizas.
	I ₅	(3), (5), (8), (19), (12), (18), (21) y (25)	Margas y arcillas con intercalaciones de calizas y yesos.
II	II ₁	(26), (27), (28), (29), (30), (32), (33), (35), (37) y (41)	Bloques y cantos redondeados y arenas.
	II ₂	(31), (34), (36), (38) y (40)	Limos, arcillas y gravas angulosas.
	II ₃	(42) y (43)	Cantos, gravas, arenas y limos.
	II ₄	(44)	Limos, arcillas, arenas y gravas.
	II ₅	(39)	Arcillas y limos con salez.

Estructura	Características geotécnicas
Disposición subhorizontal.	Formación ripable a excepción de algunas capas de areniscas muy cementadas. Drenaje superficial y profundo deficiente.
Disposición subhorizontal.	Problemas de ripabilidad en los niveles carbonatados potentes. Posibles desprendimientos de bloques por descalce de niveles margosos subyacentes. Buen drenaje superficial.
Aspecto masivo o tabular.	No ripables. Impermeables. Admite taludes subverticales estables. Problemas de agresividad a los hormigones.
Buzamientos próximos a 45°.	Formación no ripable. Capacidad de carga elevada. Drenaje superficial elevado. Estabilidad de desmontes elevada, con riesgos de desprendimiento de bloques.
Aspecto masivo.	Problemas de agresividad a los hormigones. Formación ripable. El drenaje tanto superficial como profundo es deficiente.
Morfología de terrazas.	Formación ripable. Materiales aptos para la obtención de gravas y préstamos. Admite taludes verticales. Permeabilidad elevada.
Estructura de Glacis.	Taludes inestables por erosionabilidad. Ripabilidad elevada. Permeabilidad muy baja.
	Ripabilidad elevada. Permeabilidad de media a alta. No presenta problemas de drenaje. Taludes naturales bajos.
Relleno de pequeños cauces fluviales.	Ripabilidad elevada. Permeabilidad media a alta, sin problemas de drenaje. Taludes naturales bajos.
Zonas endorreicas.	Zona inundable y con mal drenaje superficial. Puede presentar problemas de asentamientos y de agresividad a los hormigones.

Los taludes se mantienen prácticamente verticales.

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

Zona II₂: Está formada por las unidades cartográficas: (31), (34), (36) (38) y (40).

Está constituida por limos, arcillas y gravas angulosas.

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

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

La ripabilidad es alta, mientras que la permeabilidad es muy baja.

Zona II₃: Está formada por la unidades cartográficas: (42) y (43).

Está constituida por cantos, gravas, arenas y limos.

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.

Zona II₄: Está formada por las unidad cartográfica: (44).

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 materiales 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.

Zona II₅: Está formada por la unidad cartográfica: (39).

Está constituida por arcillas y limos con sales. Corresponden a fondos de origen endorreico, en disposición horizontal.

Representa una zona inundable debido a su baja permeabilidad y mal drenaje superficial.

Puede presentar problemas de asentamientos y de agresividad a los hormigones por la presencia de yesos.

6. PATRIMONIO NATURAL GEOLÓGICO. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO (PIG)

La hoja de Pina de Ebro se sitúa en el sector central de la Cuenca del Ebro.

Orográficamente se caracteriza por su gran planitud. La litología representada, pertenece a unos materiales de edad terciaria formados por alternancia de materiales detrítico-carbonatados dominantes en la mitad meridional de la hoja, y evaporitas dominando en la mitad septentrional de la misma. Además de diversos depósitos de edad cuaternaria. La estructura sedimentaria es sencilla estando los materiales en disposición subhorizontal.

Teniendo en cuenta estas características generales de la hoja, además de un conocimiento más amplio de la geología de la hoja por parte de los técnicos que han participado en su elaboración, se ha establecido una selección de posibles PIG, siempre usando un método directo de subjetividad aceptado por todos (CLAVER, *et al.*, 1984).

Resultado de esta selección se han obtenido un total de 3 PIG, con un interés variado: estratigráfico, geomorfológico, tectónico, etc., cuya utilización principal es de tipo científico y divulgativo en un ámbito local o regional.

PIG 1: Superficie de morfología planar que corresponde al techo del ciclo de la Unidad Galocha-Ontiñena. Esta tabla está formada por bancos de yeso alabastrino y niveles arcillosos edafizados.

PIG 2: En las inmediaciones de Mediana, el río Ginel ha excavado un valle cuyo escarpe SE es abrupto, presentando un fenómeno de deslizamiento por descalce de la parte inferior de la ladera. Posiblemente esté relacionado con la existencia de una falla a lo largo del valle del río.

PIG 3: Deformaciones en depósitos de terraza, formando una pequeña fosa. Se relaciona con la presencia de un potente tramo yesífero en el sustrato. Estos fenómenos de colapso asociados a los yesos son frecuentes en este sector de la Cuenca del Ebro.

7. BIBLIOGRAFÍA

AGUSTI, J.; CABRERA, L.; ANADON, P. y ARBIOL, S. (1988). A late Oligocene-Early Miocene rodent biozonation from the S.E. Ebro Basin (NE Spain): A potencial mammal stage stratotype. *Newsl. Stratigr.* 18 (2) pp. 81-97, 5 fig. Berlin-Stuttgart.

ALLEN, J. R. L. (1965). A review of the origin and characteristics of Recent alluvial sediments. *Sedimentology*, v. 5, pp. 89-191.

ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M. J.; MACHIN, J.; PEÑA, J. L.; POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ 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*. Zaragoza, 217, pp. 2 mapas.

ÁLVARO, M.; CAPOTE, R. y VEGAS, R. (1978). Un modelo de evolución geotectónica para la Cadena Celtibérica. *Acta. Geol. Hisp., Libro. Hom. Prof. Solé Sabaris*, N.º 14, pp. 174-177.

- ANADON, P.; CABRERA, L.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O. (1986a). Syntectonic intradeformational unconformities in alluvial fan deposits. Eastern Ebro Basin margins (NE Spain). En: Ph. Allen y P. Homewood (eds.). *Foreland basins*. Spec. Publ. I.A.S., 8: 33-45.
- ANADON, P.; CABRERA, L.; GUIMERA, J., y SANTANACH, P. (1986b). Paleogene strike-slip deformation and sedimentation along the Southeastern margin of the Ebro basin. *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, spec. publ. 37, pp. 303-318. Tulsa.
- ANADON, P.; VIANEY-LIAUD, M.; CABRERA, L. 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*, T. 21, pp. 117-131.
- ANADON, P.; CABRERA, L. L.; COLLDEFORNIS, B. y SÁEZ, A. (1989). Los Sistemas Lacustres del Eoceno Superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *Acta geológica Hispánica*, v. 24, n.º 314, pp. 205-230.
- ARENAS, C. y PARDO, G. (1991). Significado de la ruptura entre las unidades Tectosedimentarias N₂-N₃ es el centro de la cuenca del Ebro. *Geogaceta*, 9. 67-70 p.
- ARLEGUI, I. (1992). Métodos de investigación aplicables a diaclasas. Ejemplos de Los Monegros, Cuenca del Ebro. *III. Congr. Geol. España*. Salamanca. Actas t. 1, pp. 259-263.
- ARTHAUD, F. y MATTE, PH. (1975). Les deschoments Tardi-Hercyniens du Sud-Ouest de l'Europe. Geometrie et essai de reconstitui des conditions de la deformation *Tectonophysics*, 25. 134-171 p.
- AURELL, M. y MELÉNDEZ, A. (1986-87). Sedimentología de la Formación Calizas con oncolitos de Higuieruelas (Malm en la región de Muel-Belchite (prov. de Zaragoza). *Acta Geológica Hispánica*, T. 21-22, pp. 307-312.
- 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, v. 1, pp. 261-264.
- BÁDENAS, B.; AURELL, M. y MELÉNDEZ, A. (1993). características sedimentológicas, zonación y evolución de una rampa carbonatada dominada por tormentas (Kimmeridgiense, Cordillera Ibérica Septentrional). *Rev. Soc. Geol. España*, N.º 6 (3-4).
- BULARD, P. F. (1.972). *Le Jurassique moyen et supérieur de la Chaîne Ibérique sur la bordure du bassin de l'Ebre (Espagne)*. Thèse. Fac. Sciences, Univ. Nice: 1-702 pp.
- CABRERA, L. (1983). *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligo-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*. Tesis doctoral, Univ. Barcelona, 443 pp.
- CANUDO, J. I.; CUENCA, G., ODIN, G. S.; LAGO, M.; ARRANZ, E. y COSTA, M. (1994). Primeros datos radiométricos de la base del Rambliese (Mioceno inferior) en la Cuenca del Ebro. *II. Congreso del G.E.T.* Jaca Comunicaciones, 73-76.

- CAPOTE, R. y GONZÁLEZ, F. (1983). La estructura Herencia de los afloramientos paleozoicos de la Cordillera Ibérica. En: *Geología de España*, Libro Jubilar J. M. Ríos I. 513-529 p. IGME, Madrid.
- CASAS, A. y BENITO, G. (1988). Deformaciones cuaternarias debidas a procesos diapíricos en la Depresión del Ebro (prov. de Zaragoza, Navarra y La Rioja). *II Congreso Geol. de España, Granada. Comunicaciones*, vol. 1, pp. 375-378.
- CLAVER, I.; ANGUILO, M.; ARAMBURU, M. P.; AYUSO, E.; BLANCO, A.; CALATAYUD, T.; CEÑAL, M. A.; CIFUENTES, P.; ESCRIBANO, R.; FRANCES, E.; GLARIA, G.; GONZALEZ, S.; LACOMA, E.; MUÑOZ, C.; ORTEGA, C.; OTERO, S.; RAMO, A. y SAIZ DE OMEÑALA, M. G. (1984). Guías para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. *Manuales CEOTMA*, n.º 3, MOPU. Madrid, 572 p.
- COLOMBO, F. (1980). *Estratigrafía y sedimentológica del Terciario inferior continental de las Catalanides*. Tesis Doctoral. Univ. Barcelona, 609 p (ined.)
- CORTÉS, A. L. (1994). *Geometría y cinemática de las estructuras alpinas en el sector de Cariñena-Belchite (borde Norte de la cordillera Ibérica)*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Zaragoza, 171.
- CORTÉS, A. L. y CASAS, A. (1996). Deformación alpina de zocalo y cobertera en el borde norte de la cordillera ibérica. (Cubeta de Azuara-Sierra de Herrera). *Rev. Soc. Geol. España*, 9 (1-2), 51-56 p.
- CORTÉS, A. L. y CASAS, A. (1996). Aplicación del análisis de Paleoesfuerzos a regiones plegadas; la compresión terciaria en el sector de Cariñena-Belchite (borde Norte de la Cordillera Ibérica). *Estudios Geológicos*, 52 (5-6): 243-257.
- CUENCA, G. (1991a). Nuevos datos bioestratigraficos del sector oriental de la cuenca del Ebro. *I Congreso del Grupo Español del Terciario, CONGET'91*. Vic, pp. 97-100.
- CUENCA, G. (1991b). Nuevos datos bioestratigráficos del Mioceno del sector central de la cuenca del Ebro. *I Congreso del Grupo Español del Terciario. CONGET'91*. Vic, pp. 101-104.
- CUENCA, G.; AZANZA, B., CANUDO, J. I. y FUERTES, V. (1989). Los micromamíferos del Mioceno inferior de Peñalba (Huesca). Implicaciones bioestratigráficas. *Geogaceta*, n.º 6, pp. 75-77.
- CUENCA, G.; CANUDO, J. I.; LAPLANA, C. y ANDRÉS, J. A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geologica Hispanica*, vol. 27, n.ºs 1-2, pp. 127-143.
- CUENCA, G.; DAAMS, R.; FREUDENTHAL, M.; GABALDON, V.; LACOMBA, J. L.; LOPEZ-MARTINEZ, N.; SACRISTAN, M. A. y VEGA, C. (1983). La sucesión de micromamíferos en el Mioceno inferior de España. El proyecto «Ramblense». *Publ. del Dep. de Paleontología de la Univ. Compl. de Madrid*, pp. 7-12.

- DAAMS, R. y VAN DER MEULEN, A. J. (1983). Paleocological interpretation of micromammal faunal successions in the Upper Oligocene and Miocene of Spain. En *Mediterranean Neogene continental paleoenvironments and paleoclimatic evolution*. RCMNS. Interim. Colloquium, Montpellier.
- DIÁZ, M.; ANADON, P. y DABRIO, C. J. *Ciclo de seminarios de sedimentología*. Vol. 1, IGME, pp. 194.
- ELÍAS CASTILLO, F. y RUIZ BELTRÁN, L. (1973). *Clasificación agroclimática de España*. Servicio Meteorológico Nacional.
- 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).
- GALLART GALLEGO, F. (1977). Los glaciares: problemas de nomenclatura, clasificación y génesis (Estudio Bibliográfico). *Acta Geológica Hispánica*, T. XII, M 1/3, pp. 12-17.
- GÓMEZ, J. J. (1979). *El Jurásico en facies carbonatadas del sector levantino de la Cordillera Ibérica*. Tesis Doctoral. Seminario de Estratigrafía, Serie Monografías, 4, 683 pp.
- GÓMEZ, J. J. y GOY, A. (1979). Las Unidades Litoestratigráficas del Jurásico medio y superior, en facies carbonatadas del sector levantino de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 35, pp. 596-598.
- GONZÁLEZ, A. (1989). *Análisis Tectosedimentario del Terciario del borde SE de la depresión del Ebro (sector bajoaragones) y cadenas ibérica marginales*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 507 p.
- GOY, A., GÓMEZ, J. J. y YÉBENES, A. (1976). El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Mitad Norte) I. Unidad litoestratigráfica. *Est. Geológicos*, 32, 391-423.
- GUIMERA, J. (1984). Paleogene evolution of deformation in the Northeastern Iberian Peninsula. *Geol. Mag.*, 121 (5), pp. 413-420.
- GUIMERA, J. (1988). *Estudi estructural de l'ence de la Serralada Ibérica y la Serralada Costanera Catalana*. Tesis Doctoral. Univ. de Barcelona. T. I, 600 pp
- GUIMERA, J. y ÁLVARO, M. (1990). Structure et évolution de la compression alpine dans la Chaîne ibérique et la Chaîne côtière catalane (Espagne). *Bull. Soc. Géol. France*, 1990, n.º 2, pp. 339-348.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M.; MÉLENDEZ, A. y SORIANO, A. (1982). Las series terminales neógenas en el sector centro meridional de la Depresión del Ebro y su relación con la morfogénesis. *Boletín Geológico y Minero*, T. XIII-VI, pp. 465-469.

- GUTIÉRREZ, M.; SIMÓN, J. L. y SORIANO, A. (1986). Algunos aspectos de la tectónica neógeno y cuaternaria en el sector central de la Depresión del Ebro. *Boletín Geológico y Minero*, T. XCVIII-I, pp. 9-21.
- IAS (1978). *Modern and Ancient Lake Sediments*. Special publication n.º 2. Matter, A. y Tucker, M. E. (editores). Blackwell Scientific Publications.
- IAS (1988). *Lacustrine facies models in rift systems and related natural resources. Abstracts*. Inst. de Geología «Jaume Almera». CSIC Barcelona.
- IBÁÑEZ, M. J. (1975). El endorreísmo del sector central de la Depresión del Ebro. *Cuad. Inv. Geogr.*, T. I, pp. 35-48.
- IBÁÑEZ, M. J. (1976). *El piedemonte ibérico bajo-aragonés. Estudio geomorfológico*. CSIC, Madrid, 523 p.
- IBÁÑEZ, M. J. y MENSUA, S. (1976). Contribución al estudio de vertiente en condiciones semiáridas. Tipos de vertientes sobre yesos en el valle del Ebro. *Bol. R. Soc. Geográfica*, T. CXII, pp. 381-394. Madrid.
- IBÁÑEZ, M. J. y MENSUA, S. (1977). Los valles asimétricos de la orilla derecha del Ebro. *II Reunión Nac. del Grupo Español de Trab. del Cuatern. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 6, pp. 113-122.
- IGME (1975a). Estudio geológico y minero del área lignitífera de Calaf (inédito).
- IGME (1975b). Proyecto de investigación de radioactivos del área lignitífera y uranífera de Santa Coloma del Queralt (Barcelona-Tarragona) (inédito).
- IGME (1976). Área lignitífera y uranífera de Mequinenza (Lérida-Tarragona, Huesca y Zaragoza) (inédito).
- IGME (1981a). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario de Pamplona-Zaragoza (inédito).
- IGME (1981a). Exploración de pizarras bituminosas en el Terciario del sector Benabarre-Igualada (inédito).
- IGME (1985). Prospección previa de lignitos en el área de Pinós-Molsosa (Lérida-Barcelona) (inédito).
- IGME (1986). Prospección previa en el área de Bages-Moianes (Barcelona) (inédito).
- IGME (1987). Síntesis Geológico-Minera de los carbones del noroeste peninsular (inédito).
- ITGE (1989a). *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000*. Serie MAGNA. Hoja N.º 439, Azuara.

- ITGE (1989b). *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000*. Serie MAGNA. Hoja N.º 440, Belchite.
- M.A.P.A. (1986). *Atlas Agroclimático de España*.
- MEIN, P. (1975). Report on Activity. *RCMNS Working groups*. Bratislava, pp. 78-81.
- MEIN, P. (1975). Biozonation de Négène Méditerranéen á partir des Mammifères. IUGS. RCMNS. *Report on the Activity of the RCMNS working groups: 78-81*, Bratislava.
- J.E.N. (1977a). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferos de la Zona de Huesca-Estella (inédito).
- J.E.N. (1977a). Estudio geológico, litológico, estructural y de posibilidades uraníferos de la Zona de Solsona-Olot (inédito).
- J.E.N. (1979-1981). Estudio estratigráfico y sedimentológico del borde meridional de la Depresión del Ebro entre Alcañiz y Borges Blanques (Provincias de Teruel, Zaragoza, Lerida y Tarragona) (inédito).
- MÉLENDEZ, G. (1989). *El Oxfordiense en el Sector Central de la Cordillera Ibérica (provincias de Zaragoza y Teruel)*. Instituto de Estudios Turolenses, Zaragoza-Teruel: 418 pp.
- MÉLENDEZ, G. y BROCHWICZ-LEWINSKI, W. (1983). El Oxfordiense inferior en el Sector Central de la Cordillera Ibérica (S. Zaragoza - N. Teruel). *Teruel*, 69: pp. 211-226.
- MENSUA, S. y IBAÑEZ, M. J. (1977). Terrazas y Glacis del Centro de la Depresión del Ebro. *III Reunión Nacional Grupo Trabajo Cuaternario*, Zaragoza, pp. 3-18, 5 mapas enrollados.
- MITCHUM, R. M.; VAIL P. R. y THOMPSON III, S. (1977).- Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 2: the depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. C.E. Payton ed, *seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration: AAPG Memoir 26*, pp. 53-62.
- MUÑOZ, A. (1992). *Análisis tectosedimentario del Terciario del sector occidental de la Cuenca del Ebro (Comunidad de La Rioja)*. Tesis Doctoral. Univ. Zaragoza. Inst. Est. Riojanos. Logroño, 347 pp.
- NEVA, S.; AURELL, M. y MÉLENDEZ, A. (1986-87). El Jurásico superior en el sector central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. *Sedimentología y Paleogeografía. Acta Geológica Hispanica*, T. 21-31, pp- 373-380.
- ORTI, F.; ROSELL, L.; SALVANY, J. M.; PERMANYER, A. y GARCÍA VEIGAS, J. (1989). Sedimentología y diagénesis como criterios de prospección de recursos en el Terciario evaporítico de la Cuenca del Ebro. *XII Congreso Español de Sedimentología*, Bilbao, Simposios, pp. 253-262.
- PELLICER, F. y ECHEVARRÍA, M. T. (1989). *Formas de Relieve del centro de la depresión del Ebro*. Inst. Fernando el Católico, 216 p, Zaragoza.

- PÉREZ, A. (1989). *Estratigrafía y Sedimentología del Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (Sector Riojano-Aragonés) y Cubetas de Muniesa y Montalbán*. Tesis Doctoral. Dpto. de Ciencias de La Tierra, Univ. de Zaragoza, 525 pp.
- PÉREZ, A.; AZANZA, B.; CUENCA, G.; PARDO, G. y VILLENA, J. (1985). Nuevos datos estratigráficos y paleontológicos sobre el Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (provincia de Zaragoza). *Estudios geológicos*, 41, pp. 405-411.
- 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 Campo III. Reunión Grupo Especial de Trabajo*. PICG 219: 7-20.
- PÉREZ DEL CAMPO, P. y LANZAROTE, A. (1988). La problemática de los «colapsos kársticos» en las infraestructuras de la Depresión del Ebro. *II Congr. Geol. de España, Granada. Comunicaciones*, Vol. 2, pp. 333-336.
- QUIRANTES, J. (1965). Nota sobre las lagunas de Bujaraloz-Sástago. *Geographica*, año 12, pp. 30-34, Zaragoza.
- QUIRANTES, J. (1966). Estudio sedimentológico de las calizas del Terciario continental del Ebro. *Mem. y Com. de la IV Reun. Grupo Español de Sed.*, Oviedo, T. III, pp. 109-115.
- QUIRANTES, J. (1969). *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros*. Univ. Granada. Institución «Fernando El Católico» (CSIC), Diputación Provincial de Zaragoza, 1978, 200 p.
- RIBA, O. (1955). El Terciario continental de la Rioja alta y de la Bureba. Informe n.º 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. (1983). La Cuenca del Ebro. Evolución geológica postalpina y neotectónica. En Libro Jubilar J. M.ª Ríos. *Geología de España*, T. 2, tema IV.1.3, p. 921. IGME.
- RIBA, O.; REGUANT SERRA, S. y VILLENA MORALES, J. (1983). Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca terciaria del Ebro. En Libro Jubilar J. M.ª Ríos. *Geología de España*, T. 2, IGME, pp. 131-159.
- SAN ROMÁN, J. y AURELL, M. (1992). Palaeogeographical significance of the Triassic-Jurassic unconformity in the north Iberian basin (Sierra del Moncayo, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, pp 101-117.

- SALVANY, J. M. (1989). *Las formaciones evaporíticas del terciario continental de la cuenca del Ebro en Navarra y la Rioja. Litoestratigrafía, petrología y sedimentología*. Univ. de Barcelona, 397 pp.
- SIMÓN, J. L. (1982). *Compresión y distensión alpina en la cadena Ibérica Oriental*. Tesis Doctoral. Universidad Zaragoza. 301 p.
- SIMÓN, J. L. (1986). Analysis of gradual change in stress regime (example from the eastern Iberian Chain, Spain). *Tectonophysics*, 124; 37-53.
- SIMÓN, J. L. y PARICIO, J. (1988). Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 44, pp. 271-283.
- SIMÓN, J. L.; GIL PEÑA, I. y CASAS, A. (1989). La fracturación distensiva cuaternaria en el sector occidental de la Cuenca del Ebro. *II Reunión Cuaternario Ibérico*, Madrid. Resúmenes, pp. 56.
- SIMÓN, J. L. (1989). Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). *Journal of Structural Geology*, vol. 11, n.º 3, pp. 285-294.
- SORIANO, A. y GUTIÉRREZ-ELORZA (1983). Notas geomorfológicas de la región de Muel y Fuendetodos Prov. Zaragoza. *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol)*, 81, 94-110.
- VAIL, P. R.; MITCHUM, R. M. y THOMPSON III, S. (1977). Seismic Stratigraphy and global changes of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap. En C. W. Payton (ed.). *Seismic Stratigraphy applications to hydrocarbon exploration*. AAPG Memoir 26, pp. 63-97.
- VAN WAGONER, J. C. (1985). Reservoir facies distribution as controlled by sea level change, abstract. *Society of Economic paleontologist and mineralogist mid-year Meeting*. Golden, Colorado, August 11-14, p. 91-92.
- VAN WAGONER, J. C.; MITCHUM, R. M.; CAMPION, K. M. y RAHMANIAN, V. D. (1990). Siliciclastic Sequence. Stratigraphy in well logs, cores, and outcrops. *AAPG Methods in Exploration Series*, N.º 7, 55 pp.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1976). Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. *Int. Inst. of Aerial Survey and Earth Sc. (ITC)*, Enschede, 211 p.
- ZUIDAM, R. A. VAN (1980). Un levantamiento geomorfológico de la región de Zaragoza. *Geographicalia*, n.º 6, pp. 103-134, 4 figs., Zaragoza.