



IGME

362

35-14

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CALAF

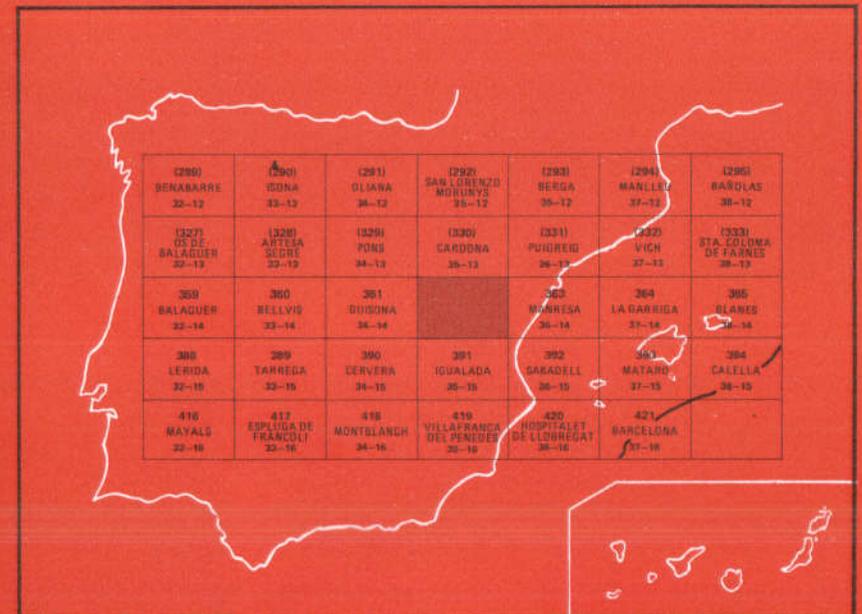
Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3

I.S.S.N.: 0373-2096

 SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CALAF

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas bajo normas, dirección y supervisión del IGME por la Compañía General de Sondeos, S. A., habiendo intervenido en las mismas los siguientes técnicos superiores: J. Ramírez del Pozo, O. Riba Arderiu y A. Maldonado López.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- muestra y sus correspondientes preparaciones,
- informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- columnas estratigráficas de detalle con estudios sedimentológicos.
- fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones — Doctor Fleming, 7 — Madrid-16

Depósito Legal: M - 15734—1982

Imprime ADOSA — Príncipe de Vergara, 210 — Madrid-2

1 INTRODUCCION

El territorio comprendido en la Hoja de Calaf (362), del Mapa Topográfico 1:50.000, está comprendido entre los paralelos 41° 40' y 41° 50' y los meridianos 5° 10' y 5° 30' al este de Madrid, y pertenece en gran parte a la provincia de Barcelona, y en su sector occidental a la de Lérida. Geográficamente engloba parte de las comarcas naturales de Bages, Anoia y Solsonés. El río Cardoner y su principal afluente, la riera de Rajadell, drenan la parte media y oriental de la Hoja. En su sector SO. las aguas vierten al río Anoia, y en el sector de Pinós-Calaf lo hacen hacia Poniente, siendo recogidas por el río Llobregós, de la cuenca del Segre.

Desde el punto de vista geológico los terrenos aflorantes pertenecen al Terciario: el Eoceno marino y su facies de transición asoman en el ángulo SE. de la Hoja, siendo recubierto en todo el resto de la Hoja por el Terciario continental con los pisos del Eoceno Superior (Priaboniense) y el Oligoceno (Sannoisiense y Stampiense). Pequeños recubrimientos cuaternarios se encuentran formando terrazas en los troncos fluviales principales y fondos aluviales. Los mencionados terrenos terciarios están suavemente plegados, destacando el anticlinal de Cardona, volcado y fallado hacia el SE.; el sinclinal de Saló, el anticlinal de Suria y el sinclinal de Callús.

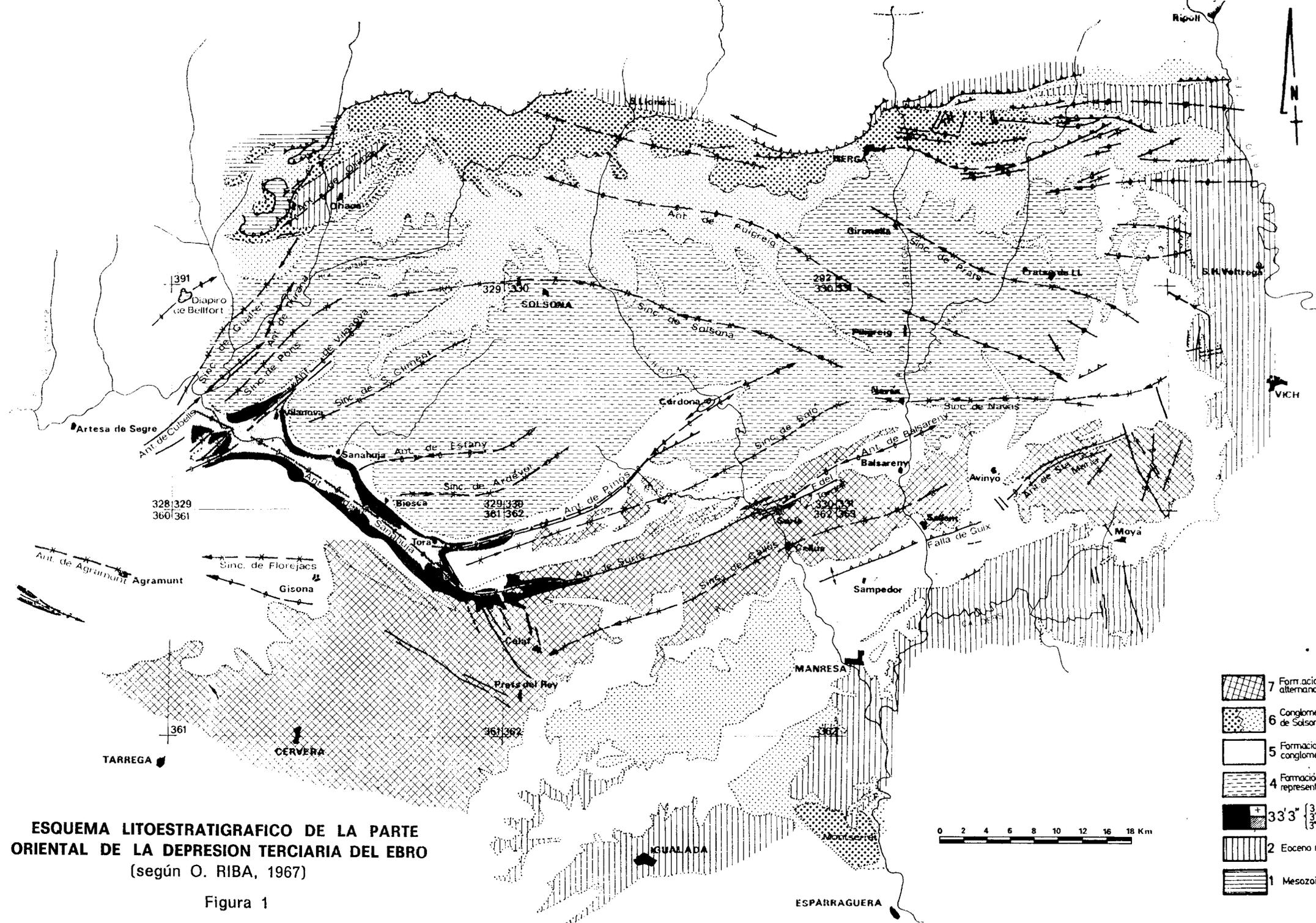
En el ángulo NE. de la Hoja está situada la importante explotación minera de potasas de Suria, con su compleja estructura tectónica. La sal, aunque

no llega a aflorar, se encuentra inmediatamente debajo del fondo aluvial de dicha población. La zona de Calaf fue además, no hace muchos años, asiento de explotaciones ligníferas. Ahora están abandonadas debido a la baja calidad de dicho combustible. Asimismo, en el mismo pueblo se explotan canteras de arcilla para cerámica.

Los primeros bosquejos geológicos referentes al área de la presente Hoja forman parte de los estudios de conjunto de la Península Ibérica y datan de mediados del siglo pasado. Así, aparecen los mapas de EZQUERRA DEL BAYO (1850), VERNEUIL (1850), WILLKOMM (1852), VERNEUIL y COLLOMB (1864-1868), en los que, aparte de ser muy esquemáticos y de pequeña escala, se repiten los mismos datos geológicos obtenidos en los primeros reconocimientos del país. En ellos, el Oligoceno de la Depresión Central Catalana aún queda figurado como Cretácico. Algo más tarde apareció el «Mapa Geológico de España y Portugal», de BOTELLA (1879), en el que se distinguen, en la parte oriental de la Depresión del Ebro, un Eoceno marino de otro lacustre que cubre gran parte del terreno de dicha depresión y, además, un Oligoceno muy reducido. Los límites de los mencionados manchones distan aún mucho de los considerados actualmente.

El primer reconocimiento cartográfico y geológico de la parte barcelonesa de la Depresión Central Catalana se debe a J. MAURETA y S. THOS Y CODINA (1881), con su mapa provincial a escala 1:400.000, que luego aparece incorporado en el mapa de conjunto español, a la misma escala, de la Comisión del Mapa Geológico de España (1892). La Memoria descriptiva de los ingenieros MAURETA y THOS constituye, aún hoy en día, una fuente de datos de gran valor geológico. El estudio detallado de la cuenca lignífera de Calaf y de las salinas de Cardona y Suria es aún de gran valor informativo. En el mencionado mapa se separa un Eoceno nummulítico de un Eoceno Superior continental, y, encima, el sistema «Proiceno», el actual Oligoceno, cuyos límites aún resultan muy imprecisos.

A raíz de los hallazgos de vertebrados fósiles en Calaf y Tárrega por ALMERA, y de los estudios estratigráficos subsiguientes de BOFILL (1897); DEPERET (1897) y DEPERET y VIDAL (1906), se concluye, como más tarde acepta MARIN (1923), que la totalidad de las formaciones continentales estudiadas en esta Hoja, y en general de toda la Cuenca potásica Catalana, son «francamente oligocenas», y desde aquel momento, las cartografías aparecidas, muchas de ellas debidas a la investigación geológica de la Cuenca potásica Catalana (véase particularmente los numerosos trabajos de MARIN y LARRAGAN), representan el Terciario continental como Oligoceno. Véanse también los mapas provinciales de conjunto de Barcelona y Lérida a escala 1:200.000 (MARIN, 1932, y ALMELA y RIOS, 1947, respectivamente) y las primeras ediciones del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, de Puigreig (1950), Cardona (1952), Calaf (1951) y Pons (1949); además del mapa de la Cuenca Potásica Catalana de FAURA y MARIN (1926). Sin embargo,



ESQUEMA LITOESTRATIGRAFICO DE LA PARTE ORIENTAL DE LA DEPRESION TERCIARIA DEL EBRO (según O. RIBA, 1967)

Figura 1

LEYENDA

- 7 Formación calizas de Tarrega (calizas lacustres alternando con margas y alguna arenisca).
- 6 Conglomerados marginales de la Formación molasa de Solsona (amarilla) y de Artés (roja).
- 5 Formación molasa de Artés (roja) con sus conglomerados marginales (6).
- 4 Formación molasa de Solsona (amarilla) con sus representantes detríticos conglomeráticos (6).
- 333' { 3 Yesos de la Formación Barbastró.
3' dem. diapirizados.
3' Sal de la Formación Cardenera.
- 2 Eoceno marino.
- 1 Mesozoico indiferenciado.

los autores de la vecina Hoja de Manresa, LARRAGAN y MASACHS (1956), empezaron a distinguir en su cartografía un Eoceno continental del Oligoceno. En la Memoria de la Hoja mencionada, los propios autores exponen pareceres opuestos en cuanto a dicha distinción estratigráfica se refiere, si bien en el mapa, excelentemente levantado por MASACHS, están separados un Ludiense (Eoceno Superior continental) y un Oligoceno. MASACHS, en varias publicaciones, además de la presente, sustenta la hipótesis de la existencia del mencionado Ludiense, apoyándose en el recientemente descubierto yacimiento de Sampedor, con una fauna del Oligoceno basal o, si se quiere, de la parte culminante del Eoceno, y además una serie de cuñas marinas intercaladas en la serie continental, descubiertas por el mismo autor, que datan como eocenos los depósitos que, indudablemente, recubren la formación salina de Cardona. Los estudios paleontológicos más recientes sobre vertebrados (ver CRUSAFONT) apoyan plenamente la existencia del Eoceno continental. En la presente Hoja dicho piso está avalado, además, por flora de Charofitas.

La edición anterior de la Hoja de Calaf (LARRAGAN, BATALLER y LLOPIS LLADO, 1951) y su Memoria explicativa constituye un modelo cartográfico difícil de superar; mérito preciso de tener en cuenta sobre todo si se consideran las dificultades de la época en que fue levantado. En el Mapa se cartografiaron detalladamente las facies, y ya quedan fijados, con un número elevado de observaciones y mediciones de campo, los principales accidentes tectónicos.

Algunos estudios más recientes se deben a WAGNER, MAUTHE y MENSINK (1971), con una cartografía detallada, aunque muy discutible, del área diapírica de Cardona, así como los datos aportados en la tesis de REILLE (1971) sin cartografías de la zona estudiada.

O. RIBA realizó un estudio estratigráfico y cartográfico de conjunto de la Depresión Central Catalana (C. I. E. P. S. A., 1961-1963, inédito), con cartografía a escala 1:50.000, el cual ha sido base importante para la realización del presente mapa. Dos esquemas de conjunto, cronostratigráfico y litostratigráfico, salieron publicados recientemente (RIBA, 1967). En las nuevas Hojas del mapa geológico a escala 1:200.000 (Síntesis de la cartografía existente, Hoja núm. 34, Hospitalet) (SOLE SABARIS, 1972) se ha tomado para la Depresión Central Catalana la cartografía elaborada por RIBA.

La ejecución de esta Hoja ha corrido a cargo de la Compañía General de Sondeos, S. A., y la Sección de Estratigrafía y Sedimentología del Instituto Jaime Almera de Investigaciones Geológicas (C. S. I. C., Barcelona). Han intervenido en los trabajos cartográficos de campo los Dres. O. RIBA y A. MALDONADO, y en los de Estratigrafía los Dres. J. RAMIREZ DEL POZO, A. MALDONADO y O. RIBA, de los mencionados centros. La redacción de la Memoria ha ido a cargo de los señores RIBA, RAMIREZ DEL POZO y MALDONADO. Los estudios de laboratorio (Sedimentología y Micropaleon-

tología) han sido realizados, respectivamente, por los Dres. M. AGUILAR TOMAS y J. RAMIREZ DEL POZO, de la Compañía General de Sondeos, S. A., Vitoria.

2 ESTRATIGRAFIA

La superficie de esta Hoja está ocupada por depósitos del Eoceno marino (Medio y Superior) y del Eoceno Superior y Oligoceno continentales. Además, existen reducidos recubrimientos de terrenos cuaternarios, aluviales y terrazas.

2.1 ESTRATIGRAFIA DE CONJUNTO DEL TERCIARIO

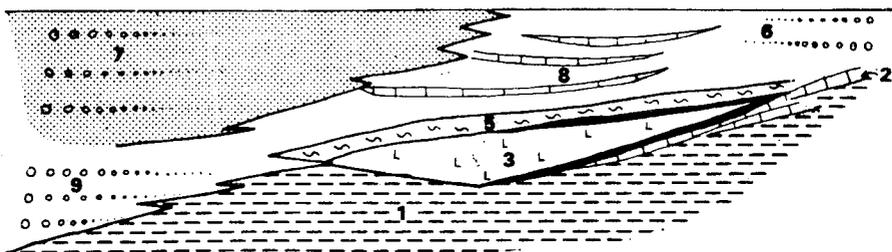
La parte catalana de la Cuenca Terciaria del Ebro, también conocida por Depresión Central Catalana y Cuenca Potásica de Cataluña, presenta las características litoestratigráficas que a continuación se resumen (FERRER, ROSELL y REGUANT, 1968; REGUANT, 1967; FERRER, 1967, y RIBA, 1967) (Figuras 1 y 2):

La regresión marina del Eoceno Superior que sucede al depósito de las *Margas de Igualada*, a través del *Miembro Tossa*, cuando existe, está representada por la potente *Formación salina de Cardona* que se originó en un «lagoon», en conexión aún con el mar, en un área fuertemente subsidente. Dicha formación salina consta de un megaciclotema único (ver 2.2.1). El límite entre las formaciones marinas y continentales es, en general, diácrono; los niveles marinos más altos se encuentran en la zona de Moyá-Colluspina, con descenso hacia el N. (Pirineo) y hacia el SO. (Igalada-Montblanch).

A la formación salina de Cardona le sucede un intervalo lacustre, progresivamente menos salobre y continental hacia la parte superior que denominamos *Formación Complejo lacustre de Sanahuja*. Dentro de este complejo cabe distinguir facies detríticas turbidíticas, calizas lacustres tableadas, margas versicolores e incluso algunos yesos. En sentido vertical, dicha formación lacustre da paso a la colocación de dos molasas (empleando este término en el sentido de una tectofacies) fluviales (paleocanales): una, de origen pirenaico, la *Formación molasa de Solsona*; otra, originada como área fuente en la Cordillera Costera Catalana, es la *Formación molasa de Artés*. De este modo quedó establecida una sedimentación bilateral, con acusada granodrecrescencia hacia el surco central de la cuenca. Obsérvese que en dicho antiguo surco, al O. de Vich, está desprovisto de conglomerados. Hay conglomerados al pie del Pirineo (*Formación Berga*) y de los Catalánides (*Formación Montserrat*). La coloración de la base de ambas formaciones

N—

—S



WSW—

—ENE

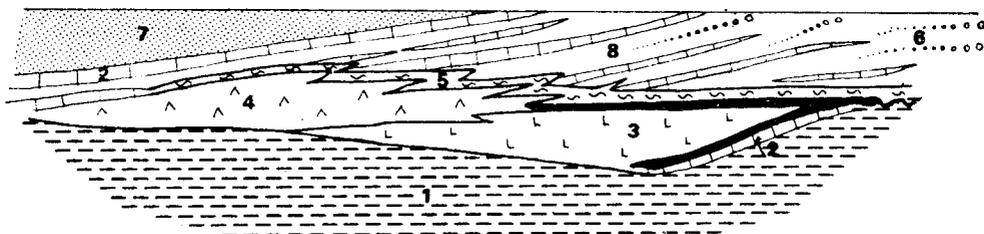


Figura 2

Disposición vertical, de N. a S. y de OSO. a ENE., de las principales formaciones terciarias de la parte oriental de la Depresión del Ebro.

Explicación: 1: Margas de Igualada (Eoceno marino). 2: Miembro Tossa (calizas detríticas y arrecifales). 3: Formación salina de Cardona (potasa). 4: Formación yesos de Barbastro. 5: Formación Complejo lacustre de Sanahuja (areniscas turbidíticas, calizas tableadas, etc.). 6: Formación molasa de Artés (roja) y sus equivalentes conglomeráticos laterales, Formación Montserrat. 7: Formación molasa de Solsona (amarilla) y sus equivalentes conglomeráticos laterales Formación Berga. 8: Formación calizas lacustres de Tárrega. 9: Formación Bellmut (roja).

molásicas es el rojo ladrillo intenso que, hacia arriba, pasa a tonos amarillo-parduscos propios de la molasa de Solsona; mientras que, en la molasa de Artés, el color permanece siempre rojo.

Las paleocorrientes procedentes de los macizos antes mencionados, al llegar al surco central de la cuenca se inflexionan hacia el SO., lo cual determinó una marcada polaridad litoestratigráfica de los depósitos en este sentido; es decir que, tomando una isócrona, de NE. a SO. se pasa de areniscas y conglomerados a calizas lacustres, y de éstas a evaporitas de tipo yeso (eventualmente halita). En la zona catalana que nos incumbe hay una extensa banda de terrenos calcáreos, situada en los límites de ambas molasas, que se extiende desde Moyá hasta Fayón y Los Monegros (es la *Formación calcárea de Tárrega*), que va siendo progresivamente más moderna, pasando del Eoceno Superior al Mioceno. Donde los afloramientos lo permiten (por ejemplo, en el anticlinal de Suria) se puede observar cómo cada banco de calizas lacustres pasa hacia el SO. a los yesos de la *Formación yesos de Barbastro* (que en la zona ocupan los anticlinales de Sanahuja y Pons).

Hacia poniente, la Formación salina de Cardona se adelgaza y parece perder el intervalo potásico al tiempo que va siendo recubierta por los yesos de Barbastro. Verticalmente supone el paso de una alimentación de aguas marinas a aguas continentales más sulfatadas.

La bioestratigrafía del Terciario continental del Ebro se ha basado tradicionalmente en unos escasos yacimientos de vertebrados terrestres.

O —

— E

Fraga y Almatret. Stampiense.

Tárrega. Zona de La Sauvetat. Stampiense.

Calaf. Zona de Ronzón. Sannoisiense Superior.

Sampedor. Zona de Montmartre. Sannoisiense Inferior.

Sant Cugat de Gavadóns. Zona de Montmartre. Sannoisiense Inferior.

A) En *Fraga y Almatret*, en las orillas del Cinca y Ebro, SOLE SABARIS (1972) cita *Elomerys borbonicus* (GERVAIS), del Stampiense.

En posición más baja está el yacimiento de Tárrega (El Talladell), con: *Prolebias aff. oustaleti*, SAUV.; *Hispanochampsia mülleri*, KALIN; *Diplocynodon* (?) *marini*, BATALLER; *Chrysemys astrei*, BERGOUNIOUX; *Chr. iberica*, BERG.; *Chr. elegans*, BERG.; *Plesictis filholi*, DEPERET; *Amphicyon* sp.; *Elomerys cluai*, DEPERET; *Caenotherium gracile*, POMEL, y *Theridomys siderolithicus major*, DEPERET. Hay, además, varias formas de Gasterópodos lacustres y una docena de especies vegetales (según TRUYOLS y CRUSA-FONT, 1961, 1964). A excepción del Caenotérico, las demás especies son

nuevas y, según opinión de los mencionados autores, son típicas del Stampiense.

Otras localidades próximas pueden ser consideradas también como stampienses: *La Curullada* (Lérida), con: *Emys* sp., y *Santa Coloma de Queralt* (Tarragona), con *Elomeryx cluai* (DEPERET) (según CRUSAFONT y TRUYOLS, 1964). La flora de *Cervera*, *Sant Pere dels Arquells* (Lérida) y *Sarreal* (Tarragona) fue estudiada por DEPAPE y FERNANDEZ MARRON, respectivamente.

B) El yacimiento de *Calaf*, descubierto en 1896 por THOS y CODINA, ha añadido, según una revisión del mismo por CRUSAFONT, GOLPE, GIBERT y THALER (1971), a la antigua lista, con: *Bothriodon aymardi* (POMEL) (antiguamente *Ancodus aymardi*) y *Diplobune minor*, FILHOL; un *Theridomys aquatilis* (THALER, 1970) y el marsupial *Peratherium leptognatus* (MEY.). Se han encontrado placas de crocodílidos, y el Gasterópodo tan frecuente *Melanoides albigensis*, NOULET, que, según VILLALTA, es en realidad el *Brothia (Tinnya) albigensis* (NOULET, 1854). Este conspicuo gasterópodo puede extenderse por debajo del Sannoisiense de Calaf, según nosotros mismos hemos comprobado (RIBA, 1967), y quizá los hallados en estos niveles deban ser atribuidos al *Brothia (Tinnya) iberica*, STAIDT-STAADT, hallado en Sant Boi del Lluçanés y Sant Cugat de Gavadóns, según nos informa el Dr. VILLALTA. Edad: Sannoisiense, zona de Ronzón.

C) El yacimiento de *Sampedor* (MASACHS, CRUSAFONT y VILLALTA, 1954), cerca de Manresa, contiene: *Palaeotherium medium*, CUV.; *Plagiolophus annectens* (OWEN); Anoplotérico indet., y *Trionyx* sp. de la zona de Montmartre.

Sant Cugat de Gavadóns (Collsuspina) ha proporcionado: *Trechomys* sp.; *Isoptychus* sp.; *Pseudoltinomys* sp.; *Pairomys crusafonti*, THALER; *Peratherium* sp.; *Cebachocerus* sp.; *Dichodon cervinum*, OWEN; *D. frohnstettensis*, MEY; *Microchoerus ornatus*, WOOD, y *Necrolemur* sp. (según CRUSAFONT y GOLPE, 1968).

Este yacimiento pertenece también a la zona de Montmartre, aunque está en un nivel más bajo que el de Sampedor, según nuestras deducciones y revisión de campo recientemente hechas, con los que corregimos nuestra opinión anteriormente expresada (en CRUSAFONT y GOLPE, 1968, página 10).

Otros yacimientos menores:

- *Artés* (Can Magrans), según CRUSAFONT y GOLPE (1968), hay *Adelomys* sp., y *Melanoides albigensis*, NOUL. Placas de Testudínidos y Trioncicos.
- *Sallent* (pueblo): *Trionyx*.
- *Balsareny* (pueblo) y *Balsareny* (carretera de Fodina): *Paleotherium magnum*, CUV., y un Teridómido. La misma especie fue hallada en la Riera del

Tordell, en la carretera de Balsareny a Suria, junto con placas de Quenios.

Citemos finalmente algunas icnitas o huellas de pasos de vertebrados, señaladas recientemente por CRUSAFONT (*Bol. Inf. Inst. Prov. Paleont. Sabadell*, 1973 a, 1, n.º 1) en la zona de Vilanova de la Aguda, Pons y Cardona (actualmente en estudio).

Todos los yacimientos citados en este apartado C) han sido usualmente atribuidos al Ludiense o Eoceno Superior continental, especialmente por CRUSAFONT. Nosotros mismos (RIBA, 1967) nos servimos del yacimiento de Sampedor para trazar entre éste y el de Calaf un límite Eo-Oligoceno probable en la cronoestratigrafía de esta parte de la cuenca del Ebro. Ahora bien, si las dos zonas de este Ludiense, la de Montmartre y la inferior de Euzet, THALER en 1964 las colocaba en el Eoceno, ahora el mismo autor en 1965, al establecer una escala de zonas biocronológicas para los mamíferos de Europa (*C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, n.º 4, p. 118) propone «subir» la zona de Montmartre al Oligoceno, Sannoisiense basal, dejando la zona de Euzet en el Eoceno más alto. Esta nueva separación es seguida por REILLE (en sus varias publicaciones, especialmente su Tesis, 1971) y sobre todo en la biozonación de Charofitas de GRAMBAST, la cual nos ha servido para establecer la cronoestratigrafía de la presente Hoja. Como dice THALER, «la escala propuesta debe ser considerada como un ensayo provisorio sometido a la crítica de los paleomammalogistas».

El método de trabajo cartográfico de la presente Hoja ha consistido esencialmente en: cartografía de facies litológicas; levantamiento de columnas estratigráficas, con recogida de muestras para el estudio sedimentológico y separación de microfósiles, especialmente Charáceas y Ostrácodos, y trazado fotogeológico de niveles de capa. Los microfósiles han permitido establecer las unidades cronoestratigráficas y los límites; las líneas fotogeológicas (sobre todo cuando se apoyan en niveles calcáreos o yesíferos) han permitido apoyar los límites propuestos de la forma más ajustada a la topografía y a la tectónica.

2.2 EOCENO

2.2.1 Biarritziense (T₂₂^{Ab})

En la presente Hoja, el Eoceno marino solamente tiene un reducido afloramiento en su ángulo SE. Los sedimentos aflorantes pertenecen a la parte alta de la Formación margas de Igualada ya en su fase regresiva detrítica.

La parte del Biarritziense incluida en la Hoja está representada por una serie de unos 200 m. de espesor, estudiada en la columna de Coll d'Arbós Edllet, en la que se pueden separar dos tramos litológicos.

Yacente

- 1.—Conglomerados poligénicos y capas gruesas de areniscas. Los cantos son de naturaleza muy variada, dominando los calcáreos, y las areniscas contienen, además de cuarzo, feldespatos potásicos y plagioclasas en un porcentaje hasta 10 ó 15 y fragmentos diversos de rocas en proporción que puede llegar hasta el 40 por 100. Potencia visible, 40 m.
- 2.—Conjunto de unos 160 m. de margas gris azuladas con delgadas intercalaciones de areniscas, con estructuras sedimentarias primarias que permiten atribuirles a depósitos litorales o de playa, con ligeros episodios de aguas muy someras.

Los niveles margosos son muy ricos en fauna, Lamelibranquios, Gasterópodos y principalmente Foraminíferos, entre los cuales se destaca la presencia de:

Operculina alpina, DOUV.; *Nummulites striatus* (BRUG.); *N. Colomi*, R. de GAONA; *N. aff. garnieri*, DE LA HARPE; *Plectina eocenica*, CUSHMAN; *Karrerella halkyardi*, CUSHMAN; *Textularia recta*, CUSHMAN; *T. adalta*, CUSHMAN; *T. speyeri* (REUSS); *Eponides ouachitaensis*, HOWE y WALL.; *Gyroidina guayabalensis*, COLE; *Siphotextularia olianaensis*, R. de GAONA y COLOM; *Sigmoilina bartoniensis*, R. de GAONA y COLOM; *Marginulina behmi*, REUSS; *Brizalina striatocarinata* (CUSHMAN); *Cibicides pseudoungerianus*, CUSHMAN; *Cibicides praecursorius*, SCHWAG.; *Cibicides granosus* (REUSS); *Almaena epistominoidea* (MARIE); *Globigerina ouachitaensis*, HOWE y WALL.; *G. linaperta*, FINLAY; *Globigerapsis tropicalis*, BLOW y BAUN, y *Truncorotaloidea rohri*, BRONN. y BERMUDEZ.

Las especies de *Nummulites* y de Foraminíferos planctónicos mencionados datan a estos niveles margosos como Biarritzienses, o parte más alta del Eoceno Medio.

2.2.2 Priaboniense Inferior-Medio (T₂₁₋₂₂^{Ac})

Como la unidad anterior, ésta ha sido estudiada en la columna de Coll d'Arbós-Edllet, donde pueden separarse dos tramos de caracteres litológicos diferentes, que de inferior a superior son:

- 1.—88 m. de alternancia de margas gris azuladas a amarillas por meteorización con areniscas, y brechas bioclásticas con *Nummulites*. Localmente hay algunas intercalaciones nodulares de calizas. En conjunto las intercalaciones terrígenas son más frecuentes que en el Biarritziense, representando esta unidad la parte más alta de las margas de Igualada. Hay abundantes «*burrowing*» y figuras de «*slump*» en las margas, y «*ripples*» en las areniscas. La microfauna es muy abundante, presenta una rica

asociación de Foraminíferos, entre los que se destacan, junto a numerosas especies ya mencionadas en el Biarritziense, las siguientes:

Nummulites praefabianii, VARENT y MENNER; *Discocyclina augustae* var. *oliana*, ALMELA; *Operculina canalifera gomezi*, COLOM y BAUZA; *O. alpina*, DOUVILLE, y *Globigerapsis simiinvoluta* (KEIJZER).

2.—15 m. de calizas arrecifales en banco discontinuo, masivas, con abundantes Corales y Algas Rodofíceas. Hacia el techo se intercalan areniscas y brechas sedimentarias bioclásticas ricas en *Nummulites*, con niveles de calizas y margas nodulosas.

Se han reconocido *Nummulites praefabianii*, VARENT. y MENNER; *Sigmoilina bartoniensis*, R. GAONA y COLOM, y *Rotalia armata*, D'ORB.

La edad Priaboniense (Eoceno Superior) de ambos niveles descritos viene corroborada por la presencia de *Nummulites praefabianii* y *Globigerapsis simiinvoluta*.

2.2.3 Priaboniense Medio-Superior (Tnk_{c22-23}^{Ac} y Ts_{c22-23}^{Ac})

Dentro del ámbito de la Hoja este tramo está representado por dos formaciones diferentes. La primera: La Formación salina, constituida por importantes masas de sales sódicas y potásicas (Tnk_{c22-23}^{Ac}), y la segunda unidad litológica (Ts_{c22-23}^{Ac}) es una alternancia de margas y limolitas rojas, verdes y amarillas, con areniscas gruesas y conglomerados.

Esta Formación detrítica representa la evolución lateral hacia los bordes de la Cuenca de la Formación salina. Así, sobre los depósitos francamente marinos del Priaboniense Inferior y Medio, representados en los últimos niveles por arrecifes, se encuentran los depósitos detríticos, litorales de playas, constituidos por microconglomerados de *Nummulites* o las continentales, de «flood plain» o llanura costera, y litorales, de «lagoon» más o menos salobre. La potencia total es del orden de los 100 m.

En los niveles de carácter marino hay, entre otros, los Foraminíferos siguientes:

Nummulites praefabiani, VARENT. y MENNER; *Chapmanina gasinensis* (SILVESTRI); *Sigmoilina bartoniensis*, R. GAONA y COLOM; *Valvulina solei*, FERRER; *Rotalina armata*, D'ORD, y *Elphidium* aff. *subnodosum* (ROEMER). En algunas de las intercalaciones de carácter salobre continental se han reconocido las Charáceas: *Harrisichara vasiformis* (REID y GROVES), y *H. lineata*, GRAMB.

Tanto la fauna marina como la microflora mencionadas datan a esta unidad como Priaboniense Medio a Superior.

La Formación salina de Cardona (Tnk^{AC}_{C22-23}) solamente aflora en Cardona, pero su conocimiento nos viene proporcionado por los numerosos sondeos realizados en la Cuenca potásica Catalana (ver apartado 5) y las labores mineras de Suria, Cardona, Balsareny y Sallent, las cuales dan un conocimiento cabal de la misma. El afloramiento de la Montaña Roja de Cardona ha sido estudiado con detalle por WAGNER et al. (1971), aunque en general la serie es incompleta y algunos términos están muy estirados y replegados, e incluso resbalados o desgajados debido al distinto comportamiento plástico de los diferentes tipos de sales. Igual ocurre dentro de la mina de Cardona (ver apartado 3). Además, en el área de Cardona (consúltense los sondeos realizados) no se ha alcanzado hasta el presente la base de la sal. El análisis de las columnas estratigráficas de los pozos de la mina Nieves, de los sondeos Foraky, Llardella, Victoria-1 y Saló, entre los más próximos a Cardona, así como las secciones verticales de las minas de Cardona, permite establecer para la Formación salina la sucesión e intervalos de la página siguiente.

Techo: Margas grises con anhidrita, del Complejo de Sanahuja, 321-400 m.

G — Margas grises con anhidrita y sal.

F — Sal de techo, algo de anhidrita y pasadas arcillosas.

E — Carnalita en varias capas (de 3 a 6) alternando con halita.

D — Silvinita y halita. De 2 a 4 niveles potásicos conocidos con las letras **A, B, C y D.**

C — Sal «sucia», coloreada, similar a la sal de techo.

B — Sal vieja o de muro. Sal gema gris sin o con pocos insolubles. Muy potente.

A — Anhidrita. Presencia no comprobada en Cardona, pero sí en el área de Suria-Sallent-Balsareny.

E+F=60 a 270 m.

D=12 a 36 m.

En general muy potente, pero mal conocida.

A=5 a 10 m.

Yacente: Margas y calizas del Eoceno marino (Margas de Igualada).

En general la potencia de la Formación salina aumenta de Sur a Norte: así tenemos que «Avinyó-1» y «Avinyó-2» dieron 138 y 140 m. de potencia

total, respectivamente. El sondeo «Sallent-7» dio 144 m., sin corregir el error de buzamiento. En la zona de Suria, el sondeo «Suria-12», que se consideró como «normal» por estar situado muy próximo al eje sinclinal de Saló, dio una potencia total para la formación de 291 m.; «Suria-13», 346 m.; «Suria-11», 409 m. Más al Norte, todos los sondeos realizados se limitaron a atravesar la parte superior de la Formación, que es la que tiene valor económico para la potasa. Téngase en cuenta que, según la prospección sísmica, por debajo del nivel inferior (nivel 1.020 m.) de la mina de Cardona aún quedan otros 1.000 m. más de sal, que como es bien sabido se ha replegado por efecto de la fluxión halocinética. Solamente al sur de la Cuenca Potásica está plenamente demostrado que hay un ciclotema evaporítico único, empezando y terminando por los términos más insolubles, como son las anhidritas. En Cardona, en el techo de la sal no está desarrollada la capa de anhidrita, como ocurre en Suria; sin embargo, está demostrado que las margas grises lacustres del techo de la sal en Cardona pasan lateralmente, hacia el sondeo de Llardella, a una potente masa de yesos de la Formación Barbastro, que son los que afloran en los núcleos anticlinales de Sanahuja y Pons. Tres sondeos de investigación potásica realizados en el anticlinal de Vilanova de la Aguda revelaron la presencia de la Formación salina de Cardona, con potasa. Igual ocurrió en el sondeo de «Castellfullit de Riubregós». Pero, en cambio, los sondeos de Torá (Estado) y Sanahuja (Fodina) no cortaron las potasas, penetrando en una Formación muy potente de anhidrita, margas y alguna sal gema, sin llegar a la base de la misma. El sondeo de Guissona-1 (ESSO) cortó la Formación de yesos de Barbastro con una potencia de 800 m. aproximadamente y una intercalación hacia la parte media de la misma de 160 m. de sal gema. Así pues, todos los datos que se poseen parecen indicar que, al sur del anticlinal de Sanahuja y al SO. de Castellfullit ya no existe la Formación salina de Cardona tal como se acaba de definir.

Los límites norte de la Formación salina no son muy conocidos, pero en los sondeos de Basella-1 (CIEPSA) y Sanahuja-1 (CIEPSA) cortaron sal; pero no así los dos sondeos de Puigreig.

2.2.4 Priaboniense Superior (T_{c23}^{Ac} ; $T_{cg_{c23}}^{Ac}$; $T_{y_{c23}}^{Ac}$; T_{Cc23}^{Ac} y $T_{mC_{c23}}^{Ac}$)

Dentro de esta Hoja, el Priaboniense Superior está representado por cuatro formaciones.

La Formación Artés (T_{c23}^{Ac}) ocupa la generalidad de la parte meridional y oriental de la Hoja. La facies está constituida fundamentalmente por margas y limolitas calcáreas rojas, localmente abigarradas pardas-verdes-amarillas. Presentan bancos de areniscas, con contacto basal erosional y estratificación cruzada de mediana a gran escala del tipo «*trough*»; hacia arriba son

más frecuentes los «ripples» y laminación horizontal, que puede haber sido totalmente destruida por un intenso «burrowing».

Hacia el Sur, la Formación molasa de Artés pasa lateralmente a conglomerados (Tc_{c23}^{Ac}) no masivos; es decir, que alternan conglomerados, areniscas y margas rojas, y frecuentemente los cantos se encuentran en una matriz limoso-arenosa. Los cantos rodados y subangulosos que proceden del Sur están compuestos por un 50 por 100 de calizas, cuarzo+cuarcita+lidita, 35 por 100 y, el resto, está formado por cantos de areniscas del Buntsandstein, pizarras y alguna roca ígnea. Estos conglomerados forman un macizo de relieve sobresaliente entre Prats del Rey y Guardiola.

Hacia el Norte, la Formación Artés se enriquece progresiva y lateralmente con bancos de caliza lacustre, puras o margosas con abundantes restos de Gasterópodos continentales. Aflora al oeste de Suria en el flanco N. del anticlinal (Tc_{c23}^{Ac}). En el núcleo anticlinal de Suria aparece la Formación de yesos de Barbastro (Ty_{c23}^{Ac}), que adquiere un gran desarrollo hacia el anticlinal de Sanahuja. Está constituida por yesos masivos o laminados, localmente pulverulentos, alternando con margas grises salobres. La potencia es extremadamente variable, con fuerte decrecimiento hacia el Este, estando en Suria constituida por un paquete de menos de 20 m. de yeso. En la parte occidental del anticlinal de Cardona, dentro de esta misma Hoja, también está representada esta Formación.

La Formación Complejo lacustre de Sanahuja (Tmc_{c23}^{Ac}) alcanza una gran extensión en los núcleos anticlinales de Cardona y Suria. Se caracteriza por el color gris-azul, amarillo por meteorización, presentando una gran variedad de facies. El término más abundante son las margas grises-azules, en las que se encuentran subordinadas limolitas calcáreas finamente laminadas, calizas, yesos delgados, niveles de lignito, y alguna capita estromatolítica, o de oncolitos. Estos depósitos presentan un marcado carácter somero, tal como lo demuestran las estructuras presentes («mud cracks», huellas de lluvia, volcanes de arena, «ripples» simétricos, etc.) y los niveles de estromatolitos. En esencia, esta Formación debe representar la colmatación del «lagoon» en el cual se había realizado el depósito de las sales. Potencia muy variable, del orden de 50 m. en Suria y aumentando paulatinamente hacia el Oeste. Esta Formación, asimismo indenta lateralmente con la Formación yesos de Barbastro, de la cual representa un cambio lateral de facies.

Los microfósiles encontrados en esta unidad son relativamente abundantes, en especial en las litofacies calcáreo-margosas. Destacándose la presencia de Charáceas y de algunos Ostrácodos de escaso valor cronoestratigráfico. Es obvio, que esta flora es muy escasa e incluso inexistente en las facies yesíferas y conglomerados. Entre las primeras mencionamos la asocia-

ción de: *Raskyella pecki*, GRAMB.; *Harrisichara* aff. *vasiformis* (REID y GROVES); *H. lineata* GRAMB.; *Sphaerochara* aff. *tasnadii*, RASKY; *Grovesichara distorta*, REID y GROVES, y *Gyrogona wrighti*, REID y GROVES.

Esta lista es característica del Eoceno más superior (antiguo Ludense) de la cuenca de París, Languedoc, etc.

2.3 OLIGOCENO

2.3.1 Sannoisiense (T_{c31}^A ; Tc_{c31}^A ; Ts_{c31}^A ; Tc_{c31}^A ; Tmc_{c31}^A ; Ty_{c31}^A y Tcs_{c31}^A)

La Formación Artés (T_{c31}^A), como ya se ha indicado para el Priaboniense, ocupa una gran parte de la zona sur y oriental de la Hoja. La facies está constituida fundamentalmente por margas y limolitas calcáreas rojas, localmente abigarradas, pardas, verdes o amarillas. Presentan bancos de areniscas con contacto basal erosional y estratificación cruzada de mediana a gran escala, del tipo «*trough*», hacia arriba son más frecuentes los «*ripples*» y laminación horizontal, que puede haber sido totalmente destruida por un intenso «*burrowing*».

Hacia el Sur, la Formación molasa de Artés pasa lateralmente a conglomerados (Tc_{c31}^A) no masivos. Es decir, que alternan conglomerados, areniscas y margas rojas, encontrándose los cantos frecuentemente en una matriz limoso-arenosa. Los cantos rodados y muy rodados que proceden del Sur están compuestos por término medio por un 50 por 100 de calizas, cuarzo + cuarcitas + lidita, 35 por 100, y el resto está formado por cantos de areniscas del Buntsandstein, pizarras y alguna roca ígnea. Estos conglomerados forman un macizo de relieve sobresaliente entre Prats del Rey y Guardiola, como los del Priaboniense Superior.

La Formación calizas de Tárrega (Tc_{c31}^A) está constituida por margas calcáreas grises o rojas, localmente abigarradas (pardas, amarillas, moradas, negras, etc.), con intercalaciones de capas gruesas y bancos de calizas lacustres micríticas, fétidas o margosas. Hay intercalaciones de niveles de lignito explotable, con una potencia máxima de 50 cm., muy cargados de pirita y que lateralmente se acuñan. Asimismo, se presentan intercalaciones de capas medianas a bancos de arenisca calcárea que presentan frecuentemente estratificación cruzada de mediana a gran escala del tipo «*trough*» y contacto basal erosional; por lo tanto, atribuible a paleocanales. Esta Formación, lateralmente indenta con la Formación Artés, ya sea en la facies areniscosa o conglomerática de esta última. No obstante, se puede diferenciar la Formación caliza de Tárrega por un mayor contenido calcáreo y frecuencia de los bancos de caliza. Ocupa en la cartografía los dos flancos del anticlinal de Calaf.

En sentido vertical y también alteral se da el paso de facies entre el

Complejo lacustre de Sanahuja ($T_{cm}^A_{c31}$) y las calizas de Tárrega. Este Complejo lacustre de Sanahuja, en el área de Calaf y Pinós, representa una extensión estratigráfica vertical de la descrita en el anterior apartado del Priaboniense Superior. Presenta la misma facies margosa, limosa y lignitífera.

Asimismo, hacia Poniente hay una pequeña intercalación de la Formación yesos de Barbastro ($T_{y}^A_{c31}$), representada por una pequeña cuña en el área de Calonge de Segarra.

La Formación molasa de Solsona ($T_{s}^A_{c31}$) aflora en el ángulo NO. de la Hoja (zona de Pinós). Está constituida por margas y limolitas calcáreas pardas amarillas, localmente abigarradas rojas, moradas, verdes. Presenta frecuentes intercalaciones de capas medianas a bancos de areniscas, localmente microconglomerados, poco continuas lateralmente. Estos bancos suelen tener una relación potencia/continuidad lateral comprendida entre 1/500 y 1/5.000, presentando contacto basal erosional con cantos blandos y concentración irregular en la base de nidos de microconglomerados. Tienen frecuentes estratificaciones cruzadas de mediana a gran escala y tipo planar o «*trough*». Hacia el techo aparecen «*ripples*» «*convolute bedding*» y laminación paralela, así como un intenso «*burrowing*». En conjunto, estos niveles detríticos son atribuibles a los depósitos fluviales (canal funcional, «*point bars*», «*natural levees*», etc.) originados por acreción, debido a la migración lateral del cauce en la llanura de inundación («*flood plain*»).

Esta Formación molasa de Solsona asimismo presenta intercalaciones de capas medianas a gruesas de calizas lacustres micríticas o limosas y delgados nivelitos de lignito ($T_{cs}^A_{c31}$).

Como en el caso del Priaboniense Superior, son las litofacies calcáreas y margosas las que presentan una asociación más rica en microfósiles, principalmente de Charáceas y Ostrácodos. Entre las primeras se destaca la presencia de *Harrisichara tuberculata* (LYELL); *H. Lineata*, GRAMB.; *Rhabdochara stockmansii*, GRAMB., y *Tectochara meriani*, L. y N. GRAMB. Entre los Ostrácodos se han reconocido varias especies de escaso valor cronoestratigráfico. Destacan «*Cypris*» *tenuistriata*, DOLLFUS; *Ilyocypris boehli*, TRIEBEL, y *Fabarella (Neocyprideis)* sp. Además, en Calaf se ha encontrado la fauna de vertebrados citada anteriormente (2.1), acompañada de la *Brotia (Tinnya) albigensis* (NOULET), de la zona Ronzón.

La asociación de oogonios de Charáceas, citada anteriormente, es característica del Sannoisiense de la cuenca de París y en particular puede compararse con los niveles de Montmartre.

En el vecino yacimiento de vertebrados de Santpedor, próximo al límite E. de esta Hoja (Hoja de Manresa, n.º 36-14), descrito hace tiempo por MASACHS, CRUSAFONT y VILLALTA (1954), se ha realizado un muestreo

detallado para su estudio micropaleontológico y obtener así apoyo estratigráfico. De acuerdo con los resultados del estudio de la microflora, el tramo situado por encima del nivel lignífero de la Costa de la Vila (en el corte de la carretera a San Mateo de Bages) se data como Sannoisiense por contener *Harrisichara tuberculata* (LYELL), y *Rhabdochara stockmansi*, GRAMB., lo que concuerda con la fauna de este yacimiento. En cambio, el tramo inferior a los lignitos debe incluirse en el Eoceno Superior (Priaboniense) por contener *Raskyella pecki*, GRAMB.; *R. cf. vadaszi* (RASKY), y *Harrisichara aff. vasiformis*, REID y GROVES.

2.3.2 Stampiense (Tmc_{c32}^{\wedge} y Tc_{c32}^{\wedge})

El afloramiento de esta unidad, dentro del marco de la Hoja de Calaf, es muy reducido, y se encuentra en la culminación occidental del sinclinal de Calaf. Las dos facies distinguidas en la cartografía (Tmc_{c32}^{\wedge} y Tc_{c32}^{\wedge}) son idénticas a las ya descritas para el Sannoisiense. Son ambas predominantemente calcáreas margosas, con alguna intercalación de areniscas muy feldespáticas (hasta un 30 por 100 de feldespatos potásicos y plagioclasas) y calizas microcristalinas (biomicritas y dismicritas), entre las que se desarrollan margas, arcillas limolíticas de tonos pardo-rojizos o abigarradas.

La facies (Tc_{c32}^{\wedge}) presenta términos margosos rojizos, más abundantes que la (Tmc_{c32}^{\wedge}).

La flora (Charáceas) y fauna (Ostrácodos) encontrada es relativamente abundante, como corresponde a la facies presente en la Hoja. Ha proporcionado la siguiente asociación de Charáceas:

Chara microcera, GRAMB. y PAUL; *Tectochara meriani*, N. y L. GRAMB.; *Rhabdochara major*, GRAMB. y PAUL, y *Psilochara cf. acuta*, GRAMB. y PAUL.

Se trata de una asociación idéntica a la conocida del Stampiense de la cuenca de París.

Con el fin de correlacionar la micropaleontología con la fauna de vertebrados conocida anteriormente y poder establecer las subdivisiones cronoestratigráficas del Oligoceno, se ha realizado un muestreo, además del de Calaf y Sampedor, en el yacimiento de El Talladell (Tárrega), conocido de muy antiguo (ver 2.1) y atribuido al Stampiense. La asociación de especies de Charáceas hallada es idéntica a la que acaba de mencionar en el Stampiense.

2.4 CUATERNARIO

El Cuaternario requiere un estudio estratigráfico especial, si se tiene en cuenta la engorrosa discontinuidad de los materiales que lo constituyen. Dis-

continuidad vertical, debido al escalonamiento en terrazas; discontinuidad horizontal, a causa de la erosión parcial o total de muchos niveles. Para ello se requiere un estudio geomorfológico de la totalidad de la cuenca fluvial para tratar de correlacionar los depósitos de cabecera del río con los fluvio-marinos de la desembocadura. Aunque el Llobregat y sus afluentes no estén estudiados en su conjunto, tiene, en cambio, un interesante estudio del curso inferior, entre Olesa de Montserrat y el Delta, debido a SOLE SABARIS, VIRGILI y ZAMARREÑO (1957, 1964), del cual extrapolamos algunos datos referentes especialmente a los hallazgos paleontológicos y a la edad e interpretación del desarrollo de las terrazas fluviales. Por las razones aducidas se comprende la gran dificultad de realizar un estudio estratigráfico de detalle del Cuaternario en el reducido marco de una Hoja del mapa a escala 1:50.000.

En la cartografía se ha distinguido un Cuaternario indiferenciado (Q), que ha servido para indicar aquellos aluviones, coluviones o eluviones de extensión limitada, aislados, alejados del tronco fluvial principal y que resultan muy difíciles de correlacionar con algún nivel de terraza concreto. Se trata de manchones de terrenos detríticos, arcillas, gravas de origen local, limos, que se acumulan en pequeñas hondonadas o depresiones e impiden observar el substrato terciario. La edad es incierta, ya que se encuentran en la parte alta o cabeceras de los tributarios del Cardoner y otros troncos fluviales principales, que tienen en este sector un perfil convexo, lo cual denota que los interfluvios pertenecen a una morfología de caracteres suaves, o si se quiere a un relieve estructural, sobre Terciario, con tendencia a formar penillanura. En algunos casos son retazos de terrenos de cultivo, con predominio de desarrollo de suelos sobre los demás tipos de depósitos (eluviones); en otros, acumulaciones coluviales de vertiente fijadas en las cabeceras; o depósitos de fondo de valle que, cuando son muy extensos, se han señalado como Cuaternario aluvial holoceno (Q_2^{A1}) de atribución estratigráfica muy incierta.

2.4.1 Pleistoceno (Q_{11}^{T1} ; Q_1^{T2} ; Q_1^{T3} y Q_1^{T4})

Se han distinguido en la cartografía las cuatro terrazas clásicas, ya distinguidas en la edición anterior de la Hoja (LARRAGAN y LLOPIS, 1951) y en la vecina de Manresa (LARRAGAN y MASACHS, 1956) y que siguiendo a SOLE et al. (1957) son:

Q_{11}^{T1} : Terraza alta, 80-90 m.

Q_1^{T2} : Terraza media, 30-40 m.

Q_1^{T3} : Terraza baja, 18-20 m.

Q_1^{T4} : Terraza inferior 2-3 m., lecho mayor del río.

La terraza alta (Q_{11}^{T1}) forma algunos cerros residuales al O. de Sant Joan

de Vilatorrada, y en el arrabal de Manresa (al S. de la línea de Ferrocarril a Lérida). Concretamente, en el cerro Puigberenguer, cota 304 m., de Vilatorrada se encuentra: 12 m. de gravas poligénicas bien rodadas de origen pirenaico; encima, 4-5 m. de limos con costra travertínica bien desarrollada. Los limos, muy calcificados, rojos, son de tipo loésico. Las gravas infra-yacentes presentan alteración química profunda (granitos podridos), intensa gelivación, rubefacción y costras zonales. En dicho nivel (MASACHS y VILALTA, 1953; SOLE SABARIS y MASACHS, 1940; LARRAGAN y MASACHS, 1956) se han encontrado: *Elephas (Archidiskodon) meridionalis*, NESTI; mut. *arcalca*; *Hipopotamus major*; *Equus stenonis*, *Equus* sp.; *Rhinoceros etruscus*, *Canis* (?), y Gasterópodos. Dicha fauna data la terraza como Mindel por lo menos, probablemente Villafranquiense o Donau- Günz, según VILALTA (comunicación oral).

La terraza media (Q_1^{T2}), mucho mejor conservada que la anterior en el Cardoner, consta de dos niveles: unas gravas poligénicas basales bien rodadas con elementos alterados, recubiertas por brechas de origen lateral y limos loésicos, con muñequitas de loess calcificado; ambos conjuntos pueden adquirir bastante potencia. En Martorell se ha encontrado *Elephas antiquus*, por lo que la atribución al Riss es verosímil.

La terraza baja (Q_1^{T3}) tiene un desarrollo poco uniforme; a veces se dobla en otro nivel más bajo. Es la terraza mejor desarrollada y constante en todo el valle del Cardoner. Consta también de gravas basales, de 2 a 3 m., con elementos frescos, sin cemento y encima limos arenosos pardos. En el Llobregat no ha suministrado ningún fósil, pero en el río Besós, en el mismo nivel y en limos análogos, apareció el *Elephas primigenius*, por lo que debe representar el Würm.

La terraza inferior (Q_1^{T4}) representa el cauce de inundación del río, y más arriba de Callús puede ser asimilada a los aluviones del cauce actual (Q_2^{A1}), como ocurre en la Riera de Rajadell. En el núcleo yesífero del anticlinal de Suria, junto a Els Quadrells, se han distinguido dos niveles de terrazas, perteneciente a la cuenca del río Llobregós (Segre), cuya atribución con respecto a los niveles del Cardoner es totalmente informal.

2.4.2 Holoceno (Q_2^{A1} y Q)

Se han señalado como Cuaternario aluvial (Q_2^{A1}) aquellos fondos de valle o rellenos aluviales situados por debajo de la terraza inferior (Q_1^{T4}), o se han marcado como aluvial indiferenciado cuando dicha terraza inferior no es distinguible. Los rellenos de fondos de valle de la Riera de Prats de Rey, y otros tributarios de la Hoja, se han marcado como aluviales (Q_2^{A1}) sin que prejuzgue que se trata de depósitos pleistocenos u holocenos. A escala

menor se han marcado como Cuaternario indiferenciado (Q) depósitos de arrastre breve o formados «in situ», de poca extensión relativa.

3 TECTONICA

3.1 TECTONICA REGIONAL

El Terciario aflorante en esta Hoja presenta una tectónica de plegamiento relativamente suave, adquirida como consecuencia de las últimas fases de plegamiento pirenaicas, cuya edad se discute a continuación. Los pliegues están orientados de acuerdo con dos sistemas que se interfieren. El plegamiento sinsedimentario motiva las grandes diferencias de potencias, en las que también juega un papel importante la tectónica salina y diapírica que a continuación se detalla.

El Terciario correspondiente a la presente Hoja puede dividirse, a efectos tectónicos, en tres pisos estructurales, cada uno de los cuales adquiere unas características peculiares de deformación.

Estos tres pisos son:

3. Terciario continental suprasalino: Priaboniense Superior-Oligoceno.
2. Formación salina de Cardona: Priaboniense Medio-Superior.
1. Eoceno marino.

El Eoceno marino forma el substrato, prácticamente desconocido en la parte interna de la Depresión Central Catalana. Dejando aparte los bordes sur y norte de la cuenca, éste ha sido cortado en algunos sondeos de investigación de potasa y especialmente de petróleo (sondeos de Pinós, Castellfullit de Boix y Guissona, de ESSO; Basella, Sanahuja y Oliana, de CIEPSA; Puigreig y Perafita, del INI). La geofísica (sísmica de reflexión) ha revelado que el reflector situado en el tope de la formación marina/contacto basal de la sal de Cardona presenta una tectónica de plegamiento, o mejor, deformación mucho más suave que la que se observa en superficie. Deformación, además, que no guarda muchas veces relación con las direcciones superficiales del piso tectónico superior, pudiendo incluso haber una inversión tectónica. De ahí, por ejemplo, que se emplazara el sondeo petrolífero de Sanahuja (en el poblado de Sant Climent) en el eje sinclinal del Stampiense, pero que en profundidad existía un suave braquianticlinal.

El piso o etapa intermedia, la sal de Cardona, actuó de nivel de despegue, adquiriendo una estructura diapírica propia por halocinesis o migración salina.

El nivel estructural superior, de material «muerto» continental, tiene una estructura de plegamiento y fractura, de cierta energía, superior a la del Eoceno marino.

Parece demostrado, por medio de la sísmica de reflexión, que el reflector

Eoceno marino/sal descende de una manera general en suave pendiente hacia el Pirineo. Esto significa que la potencia del Terciario continental aumenta hacia el Norte, pasando a espesores de más de 4.000 m. en la zona aragonesa y a unos 2.000 ó 3.000 m. en la zona catalana. Dicho nivel reflector, además, se introduce por debajo del frente de los mantos de corrimiento pirenaicos, especialmente en la zona de Las Nogueras y en Oliana. Esto comporta un recubrimiento tectónico de muchas facies marginales destríticas.

El hecho que acabamos de señalar explica que el punto de aplicación de los esfuerzos tectónicos tangenciales, provocados por la «mise en place» del manto frontal pirenaico, tuviera lugar en el piso tectónico superior 3), señalado anteriormente. La cobertera muerta de material suprasalino continental, empujada de este modo hacia el Sur, se pliega de acuerdo con las direcciones de esfuerzo, y se desliza por encima de la Formación salina de Cardona. Esta, a su vez, conforme a su elevadísima plasticidad, migra (halocinesis) y se repliega disarmonicamente con respecto al techo y muro de la misma, originando así estructuras diapíricas, de tipo intumescencia, dirigidas con ejes paralelos a las del nivel estructural 3. El Eoceno marino actúa de substrato pasivo (piso tectónico 1) poco deformado; sin embargo, la sismica ha revelado la existencia de algunas fallas normales, y otras quizá de desgarré regionales correlativas de la primera fase orogénica pirenaica (es decir, anteriores al Terciario continental) o que hayan vuelto a jugar posteriormente y que hayan condicionado la tectónica diapírica 2) y de plegamiento del piso tectónico superior 3). Una de ellas es la conocida como «falla del Segre»; otras serían las que, en profundidad, han condicionado la colocación de las estructuras de Suria y Cardona.

Los *sistemas de pliegues* de la Depresión Central Catalana son los siguientes: 1.º Sistema SO.-NE. (véase Fig. 1):

O —

— E

Anticlinal del diapiro de Belfort-Montmagastre-Anticlinal de Oliana.

Sinclinal de Gualter.

Anticlinal de Cubells-Tiurana.

Sinclinal de Pons.

Anticlinal de Vilanova de la Aguda.

Sinclinal de Sant Climent.

Anticlinal del Estany.

Sinclinal de Ardevol.

Anticlinal de Pinós-Anticlinal de Cardona.

Sinclinal de Saló.

Anticlinal de Suria-Anticlinal de Balsareny.

Sinclinal de Callús.

Anticlinal de Santa María de Oló.

Este sistema está cortado por otro de dirección ONO.-ESE.; el eje más conspicuo es el del anticlinal de Sanahuja (también llamado del Llobregós), que corta oblicuamente a casi todos los ejes del sistema anterior (salvo los dos primeros y los dos últimos). Los demás ejes son, de norte a sur:

- Anticlinal de San Lorenzo de M.
- Sinclinal de Busa-Prats de Lluçanés.
- Anticlinal de Cap de Pla-Puigreig.
- Sinclinal de Solsona.

El sinclinal de Navás ocupa una posición intermedia entre ambos sistemas. Nótese que el anticlinal de Sanahuja se prolonga hacia el SE., en la zona de Calaf, por un sistema de fallas. Probablemente sea la continuación de la falla de desgarre, e igual dirección, conocida por falla del Llobregat, de tipo dextrógiro.

El primer sistema, de dirección NE.-SO., es paralelo a la supuesta falla del Segre, o, si se quiere, al flanco oriental del manto Gavarnie-Montsec. El segundo es paralelo al frente del manto de la Pedraforca (SEGURET, 1970; REILLE, 1971, y GARRIDO y RIOS, 1972).

El anticlinal de núcleo yesífero de Pons-Cubells flexiona hacia el Oeste, empalmando con el de Barbastro-Tamarite-Balaguer.

Las discordancias y fases de plegamiento es preciso tratarlas también en el cuadro regional. La primera fase pirenaica cuisiense y/o luteciense no afectó evidentemente a las formaciones aflorantes en la zona de nuestro estudio. La segunda fase, según RIBA (1973), puede ser fini-eocena, seguida de otras dos pulsaciones intrasannoisienses (o, si se quiere, pre-stampiense). La tercera fase es fini-oligocena y pre-aquitaniense (CRUSAFONT, RIBA y VILLENA, 1966, y REILLE, 1971). Posteriormente al Oligoceno ha habido otras fases más débiles intramiocenas que no han quedado registradas en las series estratigráficas de la parte oriental de la Depresión del Ebro. Las dos pulsaciones intra-sannoisienses pueden ser correlativas de dos discordancias angulares; una en el flanco sur del anticlinal de Cardona, y otra entre Villanova de la Aguda y Pons.

Tratándose de sedimentación molásica no es de extrañar que existan marcadas *diferencias de potencia* entre dos columnas estratigráficas no demasiado alejadas; las condensaciones y reducciones de niveles se notan al examinar un mapa de líneas fotogeológicas. Podemos pensar que en facies molásica las potencias medidas son mayores en los flancos de un surcosinclinal cuando los aportes son bilaterales que en el centro o eje del mismo, donde las facies son más finas y de sedimentación más tranquila. La pendiente sedimentaria original puede falsear los valores medidos con respecto a la potencia vertical. En algunos surcos-sinclinales amplios, como el sinclinal de Callús o el de Saló, las mayores potencias medidas se encuen-

tran en el corte levantado en el eje sinclinal y en dirección SO., mientras que la potencia es mucho más reducida en un flanco del mismo y hacia la misma dirección. Este fenómeno es debido, como se ha indicado, a la disposición imbricada de las unidades litoestratigráficas con polaridad hacia el SO. y a la formación de intumescencias salinas de los anticlinales semi-diapíricos de Balsareny, Suria, Cardona y El Estany, que se comportaron como áreas estables o en emergencia, en comparación con el carácter subsidente del resto de la depresión. Se trataría de un cierto tipo de megaestratificación oblicua, con «foresets» a la escala kilométrica, recogida a la vez por la tectónica y por la modalidad típica de depósito de una molasa.

3.2 DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES ESTRUCTURAS

En el marco de la Hoja n.º 362, Calaf, tenemos las siguientes estructuras de plegamiento; que de NO. a SE., son:

Anticlinal de Pinós.

Sinclinal de Saló.

Anticlinal de Suria y estructura de Suria.

Sinclinal de Callús-Falla del Guix.

El sinclinal de Pinós es un pliegue-falla, vergente al SE., que es prolongación al SE. de la estructura de Cardona. El plano de falla, visible en las proximidades de Pinós, buza marcadamente hacia el NO. El buzamiento axial es hacia el NE., por lo que, poco antes de llegar a la Ermita de Campués, empiezan a asomar los yesos de la Formación Barbastro, cuyo afloramiento se ensancha rápidamente para que, al mismo tiempo que el eje anticlinal vira hacia el NO., se una en la zona de Torá y se funda con los yesos del núcleo anticlinal de Suria, y constituye el anticlinal de Sanahuja (ver la Hoja vecina n.º 361, Guissona).

El sinclinal de Saló (o Vallmanya, según los autores de la edición anterior de este mapa geológico), de flancos suavemente inclinados, constituye un bonito ejemplo de terminación periclinal de un sinclinal.

Estructura de Suria. Estructura también de interés minero, que se encuentra en el límite entre las Hojas de Calaf y Cardona.

Como ocurre con la estructura de Cardona, la de Suria también se encuentra en el relevo de dos ejes anticlinales. Ha sido estudiada por MARIN (1923, 1926, 1932); LARRAGAN y LLOPIS (1951), MASACHS (1952), RIBA (1967) y WAGNER, et al. (1971) (Fig. 3).

En la zona de Suria se produce el relevo del Anticlinal de Balsareny con el Anticlinal de Suria. Ambos están arrumbados de ENE. a OSO. y se encuentran separados por un sinclinal difícil de apreciar, ya que está enmascarado por una falla inversa, cabalgante y empujada hacia el Norte, conocida

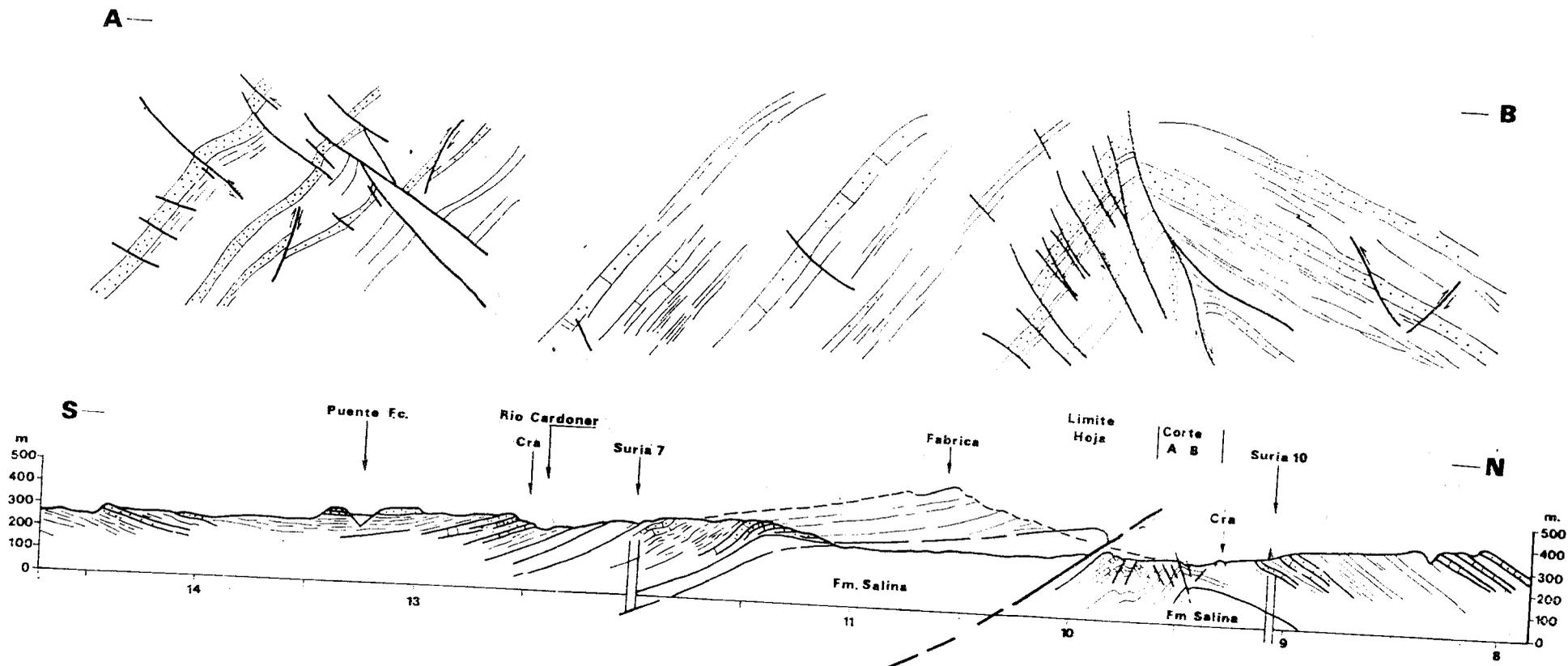


Figura 3

Corte tectónico a través de la estructura de Suria. El corte A-B está reproducido arriba a mayor escala.

con el nombre de Falla del Tordell, porque sigue la Riera de dicho nombre. En la orilla derecha del Cardoner se puede observar muy bien el contacto cabalgante bastante tendido (unos 20° SE.). El anticlinal de Suria, forma, al sur de dicha localidad y en el eje del río, una amplia terminación a modo de semi-domo fallado al Norte por la falla del Tordell. Este domo ha sido decapitado por la erosión, y por esta abertura fluyó diapíricamente la sal de la Formación Salina. Actualmente está recubierta por la terraza de inundación; y no es extraño que, de vez en cuando, se produzcan «bofies» u hoyos de disolución. El pozo de la Casa El Salí, donde se descubrieron las sales potásicas, fue abierto en esta estructura. El pozo maestro de Potasas de Suria también está abierto en la misma.

El anticlinal de Balsareny termina periclinalmente poco después de cruzar el río Cardoner. Este anticlinal, conocido localmente con el nombre de «Mig-Món» (en castellano «medio mundo», debido a la disposición de los dos flancos), después de cruzar la carretera y el río se abre a modo de ojal diapírico por el que asoman las margas grises suprasalíferas, visible en un impresionante corte de la orilla izquierda del Cardoner, y al pie de la terraza media del km. 16,5 de la carretera a Cardona. Más al Oeste se cierra nuevamente y termina periclinalmente como se ha indicado ya. La vergencia es netamente hacia el Sureste, cosa que contrasta con el labio volcado al NO. de la falla del Tordell. Otro pozo de explotación de potasas está situado justo encima de la charnela del anticlinal de Balsareny.

Un tercer eje anticlinal, el «anticlinal Norte», de breve extensión y asimétrico, vergente hacia el Sureste, se coloca paralelamente a las demás estructuras. Termina periclinalmente y no tiene una extensión superior a 2 km.

Al sur del semi-domo de Suria hay algunas fallas de acomodación, debidas probablemente a la migración salina. Asimismo, en el flanco sur del anticlinal de Suria, entre Boixadors y Sant Mateu de Bages hay algunos repliegues de la cobertera detritica terciaria atribuibles a pliegues de arrastre por despegue gravitatorio; en el flanco norte también se han observado algunos.

La sal del conjunto estructural de Suria también ha sufrido migraciones y acumulaciones debidas a la halocinesis y a los empujes tectónicos. Como ya se ha indicado, la potencia de la formación salina y la carga litoestática del material «muerto» suprasalino son más reducidas en Suria que en Cardona. La base de la sal, comprobada por sondeos y sísmica de reflexión, está más próxima de la superficie y forma una rampa plana de suave descenso hacia el Norte.

Como en Cardona, dichos efectos se han dejado sentir, produciéndose pliegues de segundo orden, acumulaciones o hinchamiento de mena explotable en las charnelas de tales pliegues, etc. Bajo el semi-domo de Suria, como dicen LARRAGAN y LLOPIS (1951) «...los pliegues de los minerales salinos presentan vergencia norte en la mitad NE., y vergencia oeste en la mitad SO.» del semi-domo.

El anticlinal de Suria, que forma un relieve alomado, llamado Sierra del Pal, muy probablemente tiene la charnela fallada; aunque no hemos encontrado buenos afloramientos para afirmarlo. El plano de falla buzará hacia el NO. todo a lo largo de la cresta anticlinal; el cual, según LLOPIS, daría un giro de casi 90° para pasar al cabalgamiento de la estructura en semidomo de Suria, que, como se ha visto, está empujado hacia el NO. Al OSO. de Boixadors el buzamiento axial del pliegue de Suria es hacia el ENE. y permite que afloren los yesos de Barbastro, para quedar profundamente abiertos en la zona de Els Quadrells e irse a unir, ya en la Hoja de Guissona, con los yesos del núcleo del anticlinal de Pinós y formar así el anticlinal transversal ONO.-ESE. de Sanahuja.

El sinclinal de Callús es otra estructura, alineada de ENE. a OSO., paralela a las precedentemente descritas. En su largo recorrido por la Hoja presenta un fuerte buzamiento axial hacia el ESE.; es decir, hacia los altillanos de Calaf. Es algo asimétrico, siendo el flanco NO., que se une con la estructura de Suria más inclinado que el flanco sur, casi horizontal y que forma los relieves estructurales, en cuesta, del área ocupada por los conglomerados marginales de cuenca situados entre la depresión de Igualada y la Riera de Rajadell. Este relieve estructural, en cuesta, es muy visible en toda la zona al norte de Guardiola y Castellfullit de Boix y Callús. Únicamente hacia el borde E. de la Hoja está señalado un pequeño domo, de menos de 5 km. de longitud, entre Callús y San Martín de Torruella. Esta estructura creemos representa el extremo occidental de la Falla del Guix, accidente vergente al SE., bien conocido por los mineros de Sallent.

Restan solamente algunas consideraciones sobre el sistema de fallas NNO.SSE. visibles en la zona al oeste de Calaf. Se trata de un sistema de fracturas que se sitúa en la prolongación al SE. del anticlinal de Sanahuja. Como ya se ha hecho notar anteriormente, estas fallas pueden ser la repercusión en superficie de la falla de desgarre del Bajo Llobregat, que sigue por Hospitalet-Martorell-Els-Brucs-Calaf-Pons. Alguna falla es de salto bastante considerable y ha permitido, a su través, la emisión de aguas mineralizadas (por ejemplo, las del Bañerío de Mirambell, o de Boixadors).

Los yesos que afloran en Els Quadrells pronto se mueven diapíricamente, lo cual es ostensible antes de alcanzar el pueblo de Castellfullit de Riubregós. Estos yesos se intercalan, por inyección diapírica, a través de algunas de las fallas que cruzan la zona de Calonge de Segarra.

4 HISTORIA GEOLOGICA

La Historia Geológica de una región debe establecerse teniendo en cuenta el mayor número de datos posibles. Por otra parte, el área ocupada por una Hoja resulta extremadamente pequeña para conocer los principales hechos

ocurridos en el transcurso de los tiempos geológicos. Por todo ello, la Historia Geológica se basará en los datos obtenidos de los trabajos cartográficos del bloque 12-12, que comprende las Hojas de Pons, Cardona, Puigreig y Calaf, que en el presente año ha realizado Compañía General de Sondeos, Sociedad Anónima. La Historia Geológica es, por tanto, la misma para las cuatro Hojas que integran el citado bloque.

El Eoceno marino (Biarritziense y Priaboniense Inferior) corresponde a un ambiente nerítico de plataforma (FERRER, 1967, 1971), aunque en algunas de las muestras se encuentren foraminíferos planctónicos; además, según REGUANT (1967), dicho Eoceno representa una facies de un medio de baja energía, en aguas cálidas y tranquilas; con las áreas vecinas distributivas en estado de biostasia (zona de Vich); salinidad normal, aunque hacia los bordes de la cuenca se pase a medios hipohalinos. Esta baja energía del medio se pone de manifiesto por el carácter micrítico de las intercalaciones de calizas.

A este Eoceno, en el borde de la Cordillera Prelitoral Catalana, vertían ríos muy cargados de material clástico grueso que formarían conos de deyección costeros que progradarían hacia el centro de la cuenca del Ebro (Montserrat, Sant Lloréns del Munt, etc.). Lateralmente se pasaría a cuñas marinas de la Formación margas de Igualada. Otro tanto ocurriría en el borde opuesto pirenaico con los conglomerados de Berga.

Este mar biarritziense-priaboniense se fue desplazando hacia el SE. de la cuenca, correlativamente con la primera fase orogénica pirenaica. Esto dio lugar a un contacto diacrónico de las facies continentales con las marinas. Las capas marinas más altas se encuentran en el sector comprendido entre Collsuspina y Manresa.

El tránsito marino a continental tiene lugar en el sector Calaf-Manresa, en el Priaboniense Medio y Superior, que es, en la zona de Guardiola (perfil de Arbós-Edllet), muy detrítico, con facies de playa y continentales de llanura de inundación. En cambio, en la zona de Igualada se realiza a través de una serie calcáreo-organógena (Miembro Tossa), incluso arrecifal, que se enriquece en grava, para pasar lateralmente a los conglomerados de Montserrat. En Moyá-Collsuspina el tránsito se realiza con depósitos litorales de arenas, arrecifes y lignitos. Hacia el norte de Igualada, por otra parte, las calizas del Miembro Tossa pasan a un medio restringido de «lagoon», con el depósito de evaporitas de la Formación salina de Cardona.

Así pues, las facies marinas típicas en el Priaboniense Medio y Superior desaparecen, y la mayor parte de la cuenca catalana del Ebro queda ocupada por un «lagoon» con alimentación de aguas marinas. Ahora bien, los caracteres geométricos de la cuenca y los depósitos aflorantes en la actualidad no permiten deducir si existió la clásica barra litoral, o fue un cordón de arrecifes lo que lo aisló del mar abierto; o, por el contrario, según la teoría de BUSSON, sería una extensa plataforma marina sin barras, de aguas muy

someras, en la que por evaporación se produciría una masa densa de agua hipersalina, con depósito selectivo de sales, sin necesidad de llegar a la sequedad y de acuerdo con el reparto geográfico de sales de la teoría de BRIGGS.

Es de esperar que, para que esta cuenca evaporítica no se colmatara durante el Priaboniense, fuese necesaria una subsidencia bastante continua. Así, la potencia de sales, aunque algo arriesgada de evaluar, sería del orden de los 100 m. (Sallent, Callús), mientras que en la parte de Cardona, más al Norte, ésta debería de ser doble o triple. Por desgracia, las investigaciones de potasa no han cortado nunca la base de la sal, y la sísmica de reflexión acusa, bajo la mina de Cardona, una base posible algo más allá de los 2.000 m. de profundidad. Este depósito salino constituye un megaciclo sedimentario, casi simétrico: anhidrita-sal-silvinita-carnalita-sal-anhidrita.

Aun dentro del Priaboniense Superior, desaparecida la influencia marina, y con ella el depósito de las menas de potasa, se pasa ya a un régimen sedimentario continental endorreico, con suministro de aguas fluviales más sulfatadas y carbonatadas, ricas en calcio y sodio. Los aportes detríticos son bilaterales, unos proceden del Pirineo, otros de la Cordillera Costera Catalana. Los más groseros quedaron en el borde, formando un fanglomerado, mientras que los más finos se transportaron al centro de la cuenca, donde antes de terminar el Priaboniense queda ocupada por una laguna central de aguas bastante permanentes. En los bordes de estos sectores se han registrado algunas erosiones (disconformidades) debidas a levantamientos locales o a descenso del nivel de base local endorreico. Durante este episodio lacustre el depósito detrítico denotaba un transporte en corrientes turbidíticas y, hacia la parte más céntrica de la cuenca (zona de Calaf-Suria), era asiento de calizas lacustres en plaquetas y margas, y sobre todo de importantes masas de yesos acompañadas de intervalos de halita (Formación yesos de Barbastro).

A propósito de estas facies correspondientes al Complejo lacustre, como se ha indicado en el apartado de Estratigrafía, son las litofacies calcáreas (calizas y margas) las que presentan una asociación más abundante de microfauna (Ostrácodos) y microflora (Charáceas) tanto en el Priaboniense Superior como en el Sannoisiense y Stampiense.

La presencia de Ostrácodos pertenecientes a los géneros *Loxoconcha*, *Fabanelia* (*Neocyprideis*), «*Cypris*», *Ilyocypris*, *Eocytheropteron* y *Hemicyprideis*, en las tres unidades separadas del Terciario continental, demuestra que se trata de sedimentos de agua salobre, de salinidad comprendida entre oligohalina a polihalina, predominando el medio mesohalino en la mayor parte de la región estudiada. En determinados momentos, los aportes fluviales adquirieron gran importancia (series de arcillas rojas con areniscas y/o conglomerados en paleocanales), lo que daba lugar a que la salinidad de la cuenca disminuyese, en cuyos niveles predominan los Ostrácodos de

los géneros «*Cypris*», *Darwinula*, etc., característicos de medios oligohalinos. Por el contrario, en los tramos más calcáreos, sin niveles de areniscas, las facies son de tipo polihalino, con predominio de Ostrácodos pertenecientes a los géneros *Eocytheropteron*, *Loxoconcha*, etc. Los depósitos yesíferos han tenido lugar, muy probablemente, en un medio polihalino.

Al entrar en el Oligoceno (Sannoisiense), el depósito de las molasas adquiere gran desarrollo en la cuenca intramontañosa. Hacia los bordes predominan los conglomerados (Formaciones de Montserrat y de Berga), que pasan lateralmente hacia el centro a molasas que cubrieron las llanuras de inundación y las «bajadas», surcadas por una red fluvial no jerarquizada de cauces, que luego se rellenan (paleocanales) a medida que el nivel de base del centro de la cuenca va ascendiendo por la sedimentación. Hacia el centro, el ambiente sedimentario pasa a ser lacustre-salobre (como ya se ha dicho anteriormente), con precipitación de calizas, lignitos y margas (Calaf) (Formación Tárrega), y hacia la parte más profunda se precipitan los depósitos químicos más solubles, como son los yesos e incluso halita (cartografiados en las Hojas de Pons y Calaf) (Formación yesos de Barbastró). Nótese que en este esquema paleogeográfico, en el surco-eje de la cuenca sedimentaria, no hay conglomerados, ni siquiera en la zona al oeste de Vich. Dicho surco fue levantándose por el lado oriental, de modo que la umbilicación, o zona de mayor profundidad, y por tanto, de sedimentación de evaporitas, fue desplazándose durante todo el Oligoceno hacia el Oeste, para quedar ubicado en el área de Los Monegros, ya en el Mioceno. Este hecho explica por qué las calizas de la Formación Tárrega van siendo cada vez más modernas a medida que nos desplazamos del área del Estany-Moyá hacia Maials, Fraga y Mequinzenza. Lateralmente, cada capa de caliza lacustre pasa hacia el Oeste a los yesos (con algo de halita). Hay pues una imbricación de ambientes sedimentarios en los que se da siempre, en cada isocrona, la sucesión molasa-caliza lacustre-yesos.

La distribución del colorido de las facies es un hecho que merece un comentario. Durante el Priaboniense Superior y parte del Sannoisiense el color de los depósitos continentales, especialmente los arcillosos, es predominantemente el rojo. Sin embargo, ya antes de terminar el Eoceno empezan, por lo menos en la parte oriental de la cuenca (zona de Avinyó-Puig-reig), a depositarse sedimentos de facies claras, amarillentas, de origen pirenaico (se trata de la Formación molasa de Solsona-arenoso), que alcanza el Stampiense y que indenta hacia el Sur con las facies permanentemente rojas, procedentes de las Cordilleras Costeras Catalanas y de la Ibérica. El color de los sedimentos es indudablemente heredado de las áreas distributivas (ya que hay verdaderos «pasos laterales de color»), y éstos son transportados a la Depresión del Ebro sin alterar sustancialmente, salvo cuando se asocian a evaporitas, blanqueándose. Así pues, el colorido de los sedimentos es de origen edáfico, y si éste cambia, a partir del Priabo-

niense Superior y Sannosiense, para los depósitos de origen pirenaico, ello implica un paso en los Pirineos a un clima más húmedo y fresco, probablemente debido al levantamiento orogénico de los mismos. Esto no se dejó sentir apenas para la Ibérica y Catalánides.

Sobre el clima dominante durante el Eoceno Superior y el Oligoceno tenemos valiosos datos paleobotánicos proporcionados por los yacimientos de Cervera, Sarreal, Ribesalbes, Sossís, etc., estudiados por DEPAPE (1950), FLICHE (1906), MADERN (1966, 1969), FERNANDEZ MARRON (1967, 1971, 1973) y DE SITTER (1961), que denotan la existencia de especies que crecerían bajo un clima intertropical cálido húmedo, agresivo y laterizante, con marcadas variaciones estacionales, con una estación seca acusada, lo cual permitiría la rubefacción de los suelos (PINILLA y RIBA, 1972). Ahora bien, no tenemos que imaginar un clima terciario homogéneo para todo el territorio. Las diferencias altitudinales, provocadas por unos Pirineos en surrección, y una depresión cerrada, como continúa siéndolo hoy en día la del Ebro, provocadora de un mínimo pluviométrico y de sequedad ambiental, pudieron dar lugar a la diferenciación de sedimentos aludida en el párrafo anterior.

Considérense otros aspectos de la sedimentación durante el Oligoceno Inferior. La fuerte subsidencia iniciada al establecerse el régimen de deposición continental prosiguió intensamente durante el Priaboniense Superior y el Oligoceno. Este depósito, además, como ya se ha hecho notar en el apartado anterior, quedó fuertemente influenciado por la actividad tectónica.

Durante el Sannosiense se dejaron sentir en el Ebro las fases de plegamiento del Pirineo. RIBA (1973) cita dos discordancias posteocenas y pre-stampienses en el alto Cardoner, que pueden ser correlativas a las dos registradas dentro de la cuenca durante el Sannosiense (la del sur del anticlinal de Cardona y la de Pons-Vilanova de la Aguda) (Hojas de Pons y Cardona). Son discordancias angulares asociadas a progresivas. La colocación de los mantos de corrimiento pirenaicos (SEURET, 1970) y sus últimos empujes hacia el Sur, hicieron que éstos se aplicaran directamente a la cobertera de la sal (Priaboniense Superior-Oligoceno), lo cual se traduciría por un empuje hacia el Sur en dicho nivel estructural y el consabido plegamiento de la misma. Se trata, pues, de un plegamiento cuticular utilizando las evaporitas terciarias como nivel de despegue, y en éstas además se cebaría la halocinesis orientada según los sistemas de ejes descritos en el apartado anterior (pliegues semi-diapíricos). El momento de máxima deformación quedó registrado en las dos discordancias mencionadas. El efecto halocinético, una vez cebado, pudo desarrollarse con cierta autonomía, prolongando la duración del plegamiento de la cobertera continental. A esta misma fase diástrófica se debe la inyección del diapiro de Bellfort (Hoja de Pons), fosilizado por las últimas bancadas del Stampiense.

Durante el Stampiense prosiguen los procesos de desarrollo y colmata-

ción de la cuenca intramontañosa descritos para el Sannoisiense anteriormente. Los aportes groseros pirenaicos de la molasa de Solsona van llegando más hacia el centro de la cuenca sedimentaria, cuya umbilicación o surco más deprimido se situaría en la zona Calaf-Mayals con pocos o sin depósitos de evaporitas. Esto puede implicar una humidificación del clima con más aportes fluviales y menor evaporación.

En el Oligoceno Superior y antes del Aquitaniense se registra la última fase del plegamiento alpino (CRUSAFONT, RIBA y VILLENA, 1967; REILLE, 1971). Con ella se refuerza el plegamiento esbozado en las fases anteriores: la discordancia de Cardona se deforma (es decir, se incurva el plano de discordancia) y la sal del anticlinal de Cardona se inyecta diapíricamente, creando el diapiro actual.

En el área catalana de la Depresión del Ebro, a partir del Oligoceno, ya no se registran depósitos más modernos. El conjunto del Terciario continental queda sometido a erosión y formación de un relieve estructural, con cuestras y relieves invertidos, pero sin llegar a formarse una penillanura. Solamente existen algunos recubrimientos de piedemonte en los glaciais plio-cuaternarios del N. de Lérida. La red fluvial se encaja epigenéticamente sin respetar las alineaciones tectónicas, por lo menos en lo que atañe a los troncos principales. Otros, en cambio, se adaptan a los ejes estructurales, como ocurre con el río Llobregós en los anticlinales de Sanahuja y Vilanova de la Aguda. La terraza más alta (Villafranesense) se sitúa en el tránsito plio-cuaternario.

En el Cuaternario se registra la profundización de los valles, con la formación de los episodios de aterramiento de los cuatro niveles descritos en el apartado 2 de Estratigrafía.

Algunos movimientos tectónicos recientes, de poco alcance, se han dejado sentir durante el Pleistoceno, que se han cebado en la sal, renovándose la actividad halocinética. Así, tenemos las deformaciones de la terraza alta de Cardona alrededor de la Montaña de Sal, las deformaciones de la terraza del Tordell, en Suria, y el abovedamiento de las terrazas pre-wurmienses del anticlinal de Pons y Balaguer (SOLE SABARIS, 1955).

5 MINERÍA Y CANTERAS

En la Hoja de Calaf las sustancias útiles conocidas que han merecido explotación, o que siguen teniéndola, son las siguientes:

1. Sales sódicas y potásicas.
2. Lignitos.
3. Arcillas y gravas.

5.1 SALES SODICAS Y POTASICAS

La zona comprendida en esta Hoja de Calaf está emplazada en la llamada Cuenca Potásica de Cataluña, perteneciente a la depresión del Ebro, en su parte oriental. Tanto la explotación como la investigación minera, en la actualidad están en pleno auge, dado que el mercado de la potasa se incrementa apreciablemente, como queda demostrado por las extensas campañas de prospección en curso de realización, tanto por las empresas privadas como por parte de las gubernamentales (Unión Explosivos Río Tinto; Adaro-I. N. I., etc.).

En Suria, junto a la margen izquierda del Cardoner, existió otro criadero de sal gema, que se trabajó en pequeña escala durante la guerra civil de los Siete Años, quedando más tarde prohibida su explotación por un veto interpuesto de Hacienda, y fue abandonada antes de 1880. Dicho lugar, conocido por el nombre de la Casa Salí (a 1 km. al sur de Suria, y al nivel del lecho de inundación del río), fue el lugar en el que, en 1912, tuvo lugar el descubrimiento de la potasa. Los señores Macari y Viader, al poner en explotación mediante un pozo de 60 m. una antigua mina abandonada, para proseguir la fabricación de bolas de sal, utilizadas para la alimentación del ganado, se dieron cuenta con sorpresa que algunas de ellas eran rechazadas por los animales. Al querer averiguar cuáles podían ser las «impurezas» que dichas bolas pudieran encerrar, se procedió a realizar un taladro horizontal y otro vertical y a una serie de análisis químicos que dieron por resultado la presencia de una importante masa de potasa de excelente ley. Este descubrimiento dio lugar a una impetuosa avalancha de solicitudes de concesiones mineras, muchas de las cuales eran de extensión poco frecuente en la minería española. Aunque de forma encubierta, dichas peticiones eran realizadas por entidades extranjeras que, en un principio, quizá lo que más les interesaba era retener la explotación española en beneficio de la competencia extranjera. Por dicha razón el Estado obligó a dichos peticionarios, mediante disposiciones concretas al respecto (1914), para que realizaran las prospecciones adecuadas, y al mismo tiempo se hizo una reserva estatal de toda la zona aún no solicitada que abarcaba la totalidad de lo que podemos considerar la cuenca potásica catalana, tal como ha sido reconocida en la actualidad. El polígono tenía por vértices: Isona-Berga-Vich-Manresa-Igualada-Tárrega-Balaguer-Isona, y una extensión de 472.000 hectáreas.

En 1914 empezaron los primeros sondeos en Suria, pero la Primera Guerra Mundial perturbó las investigaciones en curso. En 1914 apareció la primera Memoria sobre las sales potásicas de Cataluña, debida a RUBIO y MARIN. Tres sociedades emprendieron trabajos: La Sociedad Solvay empezó en Suria el primer pozo maestro, aunque la explotación no se inició hasta 1925. Se trata en la actualidad de la empresa conocida por Minas de

Potasa de Suria, S. A., la cual perforó trece pozos de investigación en el área de Suria. La Sociedad Fodina prospectó el área de Vilanova de la Aguda y terrenos comprendidos entre el Llobregós y el Cardoner, mediante siete pozos que revelaron la existencia de cierta proporción de potasa dentro de la masa salina y yesífera. Una tercera compañía, la entonces Sociedad de Industria y Comercio, filial de la Unión Española de Explosivos, ejecutó sondeos de reconocimiento en la zona de Cardona (tres pozos de pequeño diámetro), así como varios taladros en la Montaña Roja de Cardona, que revelaron la presencia de silvinita en masas de importante riqueza.

En Cardona, los pozos se iniciaron en 1925, y la puesta en explotación quedó diferida hasta 1931. Los dos pozos y contrapozos alcanzan en la actualidad la profundidad de 1.020 metros.

La Sociedad Potasas Ibéricas descubrió, en la región de Sallent, mediante seis sondeos, un yacimiento potásico particularmente rico, e inicia la explotación en 1932, en el valle del Llobregat. Poco después, en 1934, Explotaciones Potásicas inició la perforación de un pozo de 529 m. en Balsareny, en el mismo valle, pero su explotación no se inicia hasta 1954.

En la actualidad, Cardona, Balsareny y Sallent han pasado a depender de Unión Española Río Tinto.

Resumiendo, en 1932 (MARIN, 1923) ya se habían realizado cincuenta sondeos en la cuenca potásica catalana. Las sales potásicas fueron reconocidas en 39 sondeos (RIOS, 1962). Los datos geológicos de superficie y los geofísicos (GARCIA SIÑERIZ, 1933) han permitido reconocer los niveles potásicos en una extensión superficial de unos 160 Km², y con un espesor medio de 2 m. las reservas estimadas de K₂O son de 500×10⁶ de Tm. y con seguridad de 4,5×10⁶ (según el Mapa Metalogénico de España, I. G. M. E. «Potasas-Sal Común», 1972). La ley en K₂O es del 19 por 100 en Suria, 16,5 por 100 en Cardona, y de 22,5 por 100 en Sallent, como contenido promedio, y un intervalo de ley del 15 al 23 por 100. La producción anual es de 380.000 Tm. de K₂O, lo cual representa el 62 por 100 del total español, y solamente el 2,5 por 100 de la producción mundial según la fuente antes mencionada. Por otra parte, según E. PINEDA (en RIOS, 1962), estima una reserva de 9×10⁹ Tm. de silvinita con el 20 por 100 de K₂O y 1,8×10⁹ Tm. de K₂O, sin considerar el K₂O incluido en la carnalita. Para el cálculo de las sales recuperables, las anteriores cifras deben ser en gran manera reducidas.

Los niveles de silvinita, según los mineros, son dos (ver apartado de Estratigrafía): el nivel A inferior y el nivel B superior, separados por un intervalo de halita; éstos son laborables cuando tienen un espesor superior a 2 m. La mena principal, desde luego, es la silvinita, siendo por el momento la única mena beneficiada. El origen del banco basal de silvinita (RIOS, 1962) probablemente sea debido a precipitación directa, mientras que las capas superiores de interestratificación silvinita-carnalita pueden ser debidas a recristalizaciones, estimuladas por la presión que favorece el proceso. Se

debe destacar la presencia de *estériles* en las menas de silvinita. Dichos estériles de forma ovoidea están integrados principalmente por halita y algo de silvinita, con muy baja ley en conjunto. En estos estériles los minerales están fuertemente recristalizados y con algunos restos de arcillas diseminados. Es probable que en conjunto los estériles sean debidos a fenómenos de recristalización favorecidos por los esfuerzos tectónicos y la presión litoestática. En la Formación salina de Cardona es característica la ausencia de sulfato magnésico.

La cuenca potásica catalana es muy similar en cuanto a la paragénesis de minerales, características geológicas y edad a la cuenca de Alsacia, aunque difieran en el aspecto tectónico. De acuerdo con RIOS (1962), ésta es diferente del yacimiento del NE. de Alemania no solamente en cuanto a edad se refiere, sino además por la falta de sulfatos. La paragénesis mineral de la cuenca catalana, en contraste con la germana, está caracterizada por una interstratificación de halita en la carnalita, y otra en la silvinita, al mismo tiempo que esta última suele presentar tonos más claros.

Tal como ha sido descrito en los párrafos precedentes, fue dentro del perímetro de esta Hoja donde se descubrió por primera vez la existencia de las sales potásicas en el Terciario catalán. Como consecuencia de ello, se realizaron una serie de sondeos de investigación por parte de las sociedades que obtuvieron concesiones en el área. Una de las primeras empresas en iniciar los estudios geológicos y perforaciones dentro de la Hoja fue la casa Solvay, de Bélgica, propietaria actual de las Minas de Potasa de Suria, S. A.

El número total de sondeos inicialmente realizados fue de diez: los llamados Suria del 1 al 9 y el de Boixadors, este último efectuado por Fodina, S. A. Se describen resumidamente a continuación los materiales cortados en estos sondeos, detalladamente descritos por MARIN (1932).

Todos los sondeos Suria, excepto el S.5, se perforaron en el ramal sur del anticlinal de Suria y falla del Tordell. El sondeo S.5 se perforó en el ramal sur del sinclinal de Callús. El sondeo Boixadors también fue perforado en el ramal sur del anticlinal de Suria, pero a la altura de aquella localidad y, por tanto, muy desplazado hacia el OSO. con respecto a los anteriores. La localización de estos sondeos se representa sobre el mapa.

En el *sondeo Suria-1* (S.1) se llegó a 370 m. de profundidad, cortándose la formación salina a la cota de 33 m., después de atravesar margas grises, con yeso y sal en la base. Se encontraron tres niveles de silvinita a las cotas de 56, 107,5 y 120,5 m., con una potencia respectiva de 2,5, 3 y 4 m. Alternando con la silvinita se cortaron niveles de carnalita y de halita. El sondeo se terminó aun dentro de la sal de muro, «sal vieja», de la Formación salina.

El *sondeo Suria-2* (S.2) cortó 25 m. de aluviones en el techo, seguidos de margas rojas con bancos de areniscas hasta los 75 metros, margas gri-

ses con bancos de calizas hasta los 160 m. y margas grises con yeso y sal hasta los 200 m. A continuación se perforó, siempre dentro de la Formación salina, hasta la cota de 300 m., en la que se concluyó el sondeo dentro de la «sal vieja». Se cortaron dos niveles de silvinita, con una potencia total de 10,7 m. entre las cotas de 289 y 300 m. y tres capas de carnalita a diferentes cotas y una potencia total de 35 m.

El *sondeo Suria-3* (S.3) después de cortar 20 m. de aluviones, perforó las margas grises con calizas en el techo y yeso o sal en el muro, hasta la cota de 121 m., donde se entró en la Formación salina. Se terminó a 400 m. dentro de la sal, no encontrándose ningún nivel de silvinita, aunque se perforaron tres potentes capas de carnalita a las cotas de 184, 246 y 282 m., con potencias de 21, 11,2 y 7,8 m., respectivamente. La ausencia de silvinita puede ser debida a un fenómeno tectónico de migración de ésta por su mayor plasticidad, o bien a haberse perforado un «estéril».

El *sondeo Suria-4* (S.4) presenta análogas características que los anteriores, entrándose en la Formación salina a partir de los 207 m. En el techo, después de los aluviones, se cortó el nivel de yesos aflorantes en superficie y no presentes en los anteriores sondeos, por haberse emplazado a cota estratigráfica inferior. Se cortaron tres capas de silvinita a 338,7, 375 y 387 metros, con potencias de 2, 3,3 y 4 m., respectivamente, así como numerosos niveles de carnalita. Se terminó el sondeo a 590 m. dentro de la «sal vieja».

El *sondeo Suria-5* (S.5) se ubicó sobre el ramal norte del suave anticlinal de Callús, prolongación oriental de la falla del Guix antes de amortiguarse y perderse ésta. Hasta la cota de 458 m. se perforaron los depósitos continentales constituidos por margas abigarradas y calizas alternantes en los niveles superiores y margas grises en la base que se cargan progresivamente de sal hacia abajo. O sea, una serie análoga a la establecida en el perfil estratigráfico Suria Sur, aunque con mayor proporción de la fracción arcillosa por cambio lateral de facies hacia el Sur a términos más detríticos, debido a la proximidad al borde de la cuenca. La Formación salina se cortó entre los 458 y 549 metros, sin silvinita y con un solo nivel de carnalita de 4 m. en la parte superior. Esta potencia, asimismo, demuestra el notable acuñamiento de la sal hacia los bordes de la cuenca, junto con la desaparición de los niveles potásicos. A partir del muro de la sal se perforaron yesos, calizas y margas grises con trozos carbonosos, seguidos de las margas y calizas fosilíferas del Eoceno. Estos niveles basales son, asimismo, análogos a las series de tránsito marino-continental aflorantes en el área de Sant Cugat de Gavadons-Colluspina, fuera del perímetro de esta Hoja, en la que están presentes los indicados niveles carbonosos y los yesos marcando dicho tránsito.

El *sondeo Suria-6* (S.6), equidistante del S.4 y S.5, presenta características intermedias entre ambos. Se cortó el Terciario continental hasta la

cota de 533 m. y a continuación la Formación salina hasta la de 799 m., cortándose seguidamente 5 m. de yeso y debajo las margas y calizas del Eoceno marino. En la Formación salina se cortaron dos capas de silvinita a 585 y 596 m. con 3,2 y 5,2 m., respectivamente. También se cortaron dos capas importantes de carnalita y varios lechos finos.

El *sondeo Suria-7* (S.7) cortó a las capas con fuerte inclinación, que llegaba a los 60°. Se perforaron hasta los 295 m. margas abigarradas y calizas, seguidas de yeso y margas abigarradas con yeso hasta los 362 m.; a continuación, margas grises con areniscas y sal en la base hasta los 398 m. Debajo se perforó la Formación salina hasta los 868 m., seguida de 1 m. de yeso y de 9 m. de margas grises con carnalita, terminándose el sondeo a los 878 m. Se cortaron dos niveles de silvinita a 472 y 513 m., con potencias respectivas de 3,5 y 5,4 m. Asimismo fueron perforados tres bancos y varios nivelitos de carnalita.

El *sondeo Suria-8* (S.8) se ubicó unos 500 m. al sur de la falla del Tordell, por lo que, debido al bajo buzamiento de ésta, se perforó dos veces la Formación salina. Esta fue cortada entre 379 y 548 m., encontrándose silvinita a los 438 y 501 m. Sobre la Formación salina se cortó una serie análoga a la descrita para los sondeos de esta área, y debajo de la Formación salina se volvió a perforar el Terciario continental de margas, calizas y areniscas. Se terminó el sondeo a 658 m.

En el *sondeo Suria-9* (S.9) se cortaron calizas y margas abigarradas o grises hasta los 419 m., seguidas de margas grises con yesos y sal, más abundante hacia la base, hasta los 540 m. A continuación, la Formación salina se cortó hasta los 942,30 m., perforándose en la base 8 m. de anhidrita antes de terminarse el sondeo. Se cortaron dos niveles de silvinita a 659,60 y 673,60 m. con 4,2 y 4,7 m., respectivamente.

El *sondeo Boixadors* dio un perfil estratigráfico completamente diferente a los descritos, debido a los cambios de facies que se efectúan hacia el OSO. con paso lateral a yesos, tal como ha sido cartografiado en superficie. Todo el sondeo cortó una alternancia irregular de margas, grises o abigarradas, yeso, anhidrita y sal, con predominio de los términos evaporíticos hacia la base. Entre los 787 y 858 m. se cortó sal con indicios de potasa y un nivel de carnalita de 2 m. a 819 m. No se continuó el sondeo más profundamente.

Mina de Suria. Las capas de mineral que se explotan en Suria presentan como muro la «sal vieja», que es utilizada para las galerías generales e instalaciones de mucha duración, al comportarse como una masa homogénea y con poco peligro de desprendimiento de bloques de capas del techo, denominadas «lisos».

Las capas explotables están constituidas por una alternancia de silvinita, carnalita y halita que recibe las denominaciones de A, B, C y D de muro a

techo, siendo fácilmente reconocibles. La capa A está formada por dos paquetes de láminas separados por 0,5 m. de sal (LARRAGAN et al., 1951). El paquete del muro está formado por 6-7 láminas y una potencia total de 0,5-0,8 m., mientras que el del techo tiene 15 láminas con 1,2 a 1,5 m. Estos dos paquetes de láminas son íntegramente de silvinita.

La capa B es una capa mixta de 0,8 m. de silvinita en el muro y carnalita, de potencia muy variable, aunque superior a 2 m. en el techo.

La capa C es poco potente y está constituida por carnalita, al igual que la D, que es la más potente de todas las capas. Estas dos capas no se explotan, salvo en algunos puntos conocidos en que la capa D está transformada en silvinita.

El conjunto de las capas presentan unos pliegues secundarios en los que hay fuertes engrosamientos de silvinita en las charnelas anticlinales, entre el vértice del techo y el muro, y unas capas estrechas inexplotables a un lado y otro del pliegue en cuestión. Esto condiciona las especiales características del método de laboreo, en el que se trata de explotar únicamente los engrosamientos de las charnelas anticlinales. Este tipo de explotación dificulta la mecanización del laboreo, lo cual constituye un agravante para la rentabilidad de la mina.

La producción anual de Suria, según el Mapa Metalogénico de España, mineralizaciones de Potasas-Sal común (1972), representa el 26 por 100 de la producción en España, que equivale a 159.640 Tm. de K_2O .

5.2 LIGNITOS

Los lignitos constituyen un término carbonoso que casi siempre está ligado a las formaciones carbonatadas lacustres del Terciario continental del Ebro, formando un ciclotema característico. Dicho término, en algunos lugares, se hace particularmente potente, lo cual ha permitido en algunas ocasiones una explotación. Particularmente interesante ha sido la llamada «cuenca carbonífera de Calaf» (MAURETA y THOS, 1881), aunque CLOSAS (1948) la denomine «Cuenca del Alto Anoia».

Los terrenos carboníferos de Calaf pertenecen al Sannoisiense, en los que las capas de lignito alternan con calizas, margas y areniscas. Tectónicamente forman un sinclinal de gran radio cuyo eje pasa por el pueblo de Calaf, y hacia el Este cierra periclinalmente. Los buzamientos son débiles, pero aumentan rápidamente hacia el anticlinal de Suria.

Según MAURETA y THOS, existen por lo menos 11 capas superpuestas de carbón, y el estudio realizado por los mismos, hace casi ya un siglo, continúa siendo el mejor reconocimiento que se posee. El combustible que se obtuvo en estos criaderos puede considerarse en dos clases de distinta calidad: una de color negro mate, algo grisáceo, que arde con llama rojo-oscura y da mucho humo, dejando por residuo, después de su combustión,

cenizas violáceas y escorias ferruginosas, procedentes de la pirita que contiene en cantidad considerable, con algo de sulfato cálcico. La otra clase de lignito es de color negro azabache y brillo craso, que arde fácilmente con llama larga y blanca y desprende menos humo que el anterior y deja menos cenizas y escorias. Dichas cenizas representan más del 20 por 100. La potencia calorífica media es de unas 4.933 calorías. Dichos lignitos, debido al alto contenido en pirita, entran en combustión espontánea después de haber estado algún tiempo en contacto con el aire. La alteración meteórica de la pirita origina yesos secundarios muy bien desarrollados y visibles en las escombreras de las minas abandonadas.

Dos análisis realizados por CLOSAS (1948) de muestras de dicha cuenca han dado los siguientes resultados:

	%	%
Humedad	—	11,95
Materias volátiles	46,20	35,10
Carbono fijo	33,80	16,35
Cenizas	20,—	20,—
Azufre	5,98	7,60
Calorías	—	4116,—

La extensión superficial de dicha cuenca, aunque difícil de valorar, no es inferior a 130 km², y teniendo en cuenta las potencias de las capas explotadas, CLOSAS calcula que las reservas mínimas son de unos 245 × 10⁶ Tm. de combustible.

MAURETA y THOS citan cuatro fajas carboníferas explotadas que se denominan de arriba a abajo: «La Guardia», «Vulcano» (próxima a San Martín de Sasgayolas), capa de la mina «Valentina» y «Sant Passalás».

La cuenca lignitifera de Calaf ha sufrido en su producción fuertes altibajos con largos períodos de abandono. La última explotación tuvo lugar, debido a la carestía de combustibles, durante el período de la guerra, y años subsiguientes (1936 a 1945). La mala calidad del carbón, el alto contenido en sulfuros y las capas de poco espesor han motivado el abandono en que se encuentran.

Como datos informativos se mencionan a continuación algunas localidades en las que han tenido lugar labores mineras de reconocimiento o de explotación lignitifera.

Sant Passalás: varias capas de 0,12 a 0,46 m. Es indudablemente una de las mejores.

Castelltallat: dos capas de 0,2 a 0,4 m.

Castellnou de Bages: una capa de 0,1 m.

Callús: una capa de 0,4 m.

Aguilar de Segarra: capa de 0,01 a 0,16 m.
Aleny: capas de 0,04 a 0,5 m.
Castellar y Quadres: una capa de 0,2 m.
Claret dels Cavallers: una capa de 0,25 m.
Dusfort: capas de 0,04 a 0,30 m.
Fonollosa: reconocidas algunas capas.
Mirambell: capas de 0,05 a 0,40 m.
Prats de Rey: varias capas de 0,05 a 0,20 m.
San Martín de Sasgayolas: varias capas de 0,05 a 0,40 m.
San Mateo de Bages: algunas capas.
San Pedro Salavina: varias capas de 0,07 a 0,40 m.

5.3 CANTERAS

En el momento presente está adquiriendo un fuerte impulso la explotación de canteras para la obtención de arcillas destinadas a la industria cerámica. La mejor localidad a estos fines es la de Calaf, en donde se arrancan mecánicamente arcillas destinadas a varias ladrillerías e industrias cerámicas sitas en el mismo Calaf; otras, en cambio, son transportadas por carretera a las cerámicas de Igualada. Otra importante fábrica de cerámicas con dos canteras de arcilla está situada en la carretera de Callús a Sant Mateu de Bages, a unos 2 Km. del puente del Cardener.

Otras canteras con explotación irregular son las de gravas y arenas para áridos, situadas generalmente en las terrazas fluviales.

En la región se explotaron asimismo las calizas lacustres terciarias para la obtención de cal hidráulica. El yeso fue explotado también, de manera rudimentaria en el término de Suria y en el de Pinós, en el eje del anticlinal de Suria.

6 HIDROGEOLOGIA

Hasta el presente no se ha realizado un estudio extensivo y sistemático de las características hidrogeológicas de la Depresión Central Catalana.

En general, podemos dejar sentado que la Depresión del Ebro no constituye una cuenca hidrogeológica apta para el alumbramiento de grandes caudales de agua. Los acuíferos son muy reducidos, locales, y sus aguas de mala calidad. Los sondeos realizados hasta el presente no han acusado la existencia de acuíferos de cierta importancia.

Los sondeos perforados recientemente por Obras Públicas (ver FAYAS, 1972) en Callús y al norte de Cardona, no encontraron rocas porosas y permeables lo suficientemente adecuadas como para instalar en ambos pozos una planta de inyección de los vertidos industriales. Especialmente se

trataba de inyectar las salmueras procedentes de las minas de Cardona y Suria, y las aguas de la Riera Salada de Cardona, que hoy van íntegramente al Cardoner, dándole una salinidad muy superior a la tolerable, en lo que a las normas contra la polución se refiere. Según el mencionado autor, la salinidad media en Martorell es de las 450 Tm./día de cloruros (expresadas en ion cloro).

La falta de porosidad-permeabilidad de las facies detríticas del Terciario continental se debe a la matriz arcillosa que rellena los espacios intergranulares, así como al cemento carbonatado. Este alto contenido arcilloso, no lavado, de las fracciones granulométricas superiores, es atribuido a ambientes de poca energía, especialmente lacustres.

El carácter lacustre endorreico se revela por el alto contenido de los sedimentos en sales solubles. Véanse, como información, los mapas de salinidad realizados por PINILLA (1972). Esta salinidad supera mucho los 100 meqv. de semisuma, medidos en 100 g. de material y disolución a 0,5 l. En material arcilloso de facies evaporíticas de yesos dominan, en general, los cloruros sobre los sulfatos, y el Na^+ con mucho sobre el K^+ , siendo, asimismo, abundante el Mg^{++} . Los carbonatos solubles se hallan principalmente en el reborde pirenaico, en áreas poco salobres o en zonas de calizas lacustres relativamente poco ricas en evaporitas.

Los acuíferos susceptibles de ser explotados se suelen encontrar en la Depresión del Ebro, en:

- 1.—Antiguos conos de deyección, paleocanales, o capas de areniscas o conglomerados sedimentados en un medio de alta energía que permitiera una clasificación y separación de los materiales gruesos de los finos. Ello es posible especialmente en los bordes de cuenca, aunque, en nuestro caso, es difícil encontrar dichas facies, dado que la mayor parte de las formaciones pertenecen al centro de la misma.
- 2.—En calizas lacustres fisuradas, algo disueltas por la circulación subterránea, pueden hallarse caudales muy modestos.
- 3.—En zonas fracturadas.
- 4.—En formaciones yesíferas permeables por disolución, con aguas casi impotables.
- 5.—En los aluviones y materiales cuaternarios.

Los factores que determinan la existencia de niveles permeables pueden combinarse, dándose condiciones óptimas para que se formen acuíferos y, por consiguiente, de forma eventual, manantiales.

Sin embargo, dada la escasez de fuentes y la dificultad de encontrar acuíferos por medio de pozos, las masías aisladas han optado, en general, por la solución de recogida de aguas pluviales y el empleo de cisternas.

Observando el mapa se nota que una gran parte de los pozos existentes están abiertos en terrenos cuaternarios, lo que significa que es en estos

terrenos donde se ubican los mejores acuíferos y donde existen además las aguas menos duras.

Dentro de la Hoja de Calaf merece la pena citar los siguientes manantiales o acuíferos:

En el barranco de Puig de Llivol, cerca de can Bastardes, hay un nivel acuífero en un tramo calcáreo.

En la Solana, al S. del vértice de Boixadors, existe un acuífero en las calizas lacustres que se cortan en el barranco que fluye a la Riera de Rajadell.

Un pequeño manto acuífero se encuentra junto a la estación de San Martín de Sasgayolas, con un buen número de pozos destinados al regadío.

Suria se abastece de aguas subálveas del Cardoner.

Calaf hasta hace poco se ha surtido de algunos pozos de aguas de infiltración que atraviesan bancos margosos calcáreos muy selenitosos.

Como manantiales minero-medicinales cabe mencionar la Font Puda, sita en el barranco de Boixadors, que contiene: ClNa: 16,12 g/l.; ClK: 0,1 g/l.; SO₄Mg: 1,34 g/l., y SO₄Ca: 2,71 g/l.

En el término Mirambell, al O. de Calaf y en el fondo de un barranco seguido por la carretera de Calaf a Pons, existe un gran pozo con aguas sulfurosas que manan de calizas oligocenas fracturadas, las cuales se quiso aprovechar en un balneario.

En Prats de Rey se abrió hace unos años un pozo, con varias galerías a 8 m. de profundidad, que cortaba calizas fisuradas alternando con margas calcáreas y yeso. El caudal del pozo era escaso para una comercialización como aguas minero-medicinales; esta explotación ha sido abandonada.

7 BIBLIOGRAFIA

- ALMELA, A., y RIOS, J. M. (1947).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Explicación del Mapa Geológico de la provincia de Lérida». *Inst. Geol. Min. España*, 106 págs., 11 figs., 20 láms., Madrid.
- ALMELA, A., y LLOPIS LLADO, N. (1947).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 396, Sabadell». *Inst. Geol. Min. España*, 106 págs., 11 figs., 20 láms., 1 corte geol. pleg. col., Madrid.
- ALMELA, A. (1948).—«El Eoceno de San Lorenzo de Morunys (Lérida)». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 18, pp. 41-65, 2 figs., 2 láms., Madrid.
- ALMELA, A., y RIOS, J. M. (1949).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Explicación de la Hoja n.º 329, Pons». *Inst. Geol. Min. España*, 31 págs., 14 fotos, 2 figs., Madrid.
- (1953).—«El Eoceno al sur de Montserrat». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 65, pp. 3-25, 2 figs., 4 láms., 1 mapa geol. Escala 1:200.000, Madrid.

- (1954).—«La terminación meridional del Eoceno catalán». *C. R. Congr. Géol. Int. XIX Sess. Alger, 1952. Section 13. Questions diverses de Géologie Générale*, fasc. 13, pp. 77-88, 1 fig., Alger.
- ALMELA, A.; RIOS, J. M., y SOLE SABARIS, L. (1956).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Memoria Explicativa de la Hoja n.º 418, Montblanch». *Inst. Geol. Min. España*, 91 págs., 13 figs., 16 láms., Madrid.
- ALMELA, A. (1958).—«La vertiente sur-pirenaica desde el punto de vista de la investigación petrolífera». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, t. 50, n.º 2, pp. 241-281, 3 figs., Madrid.
- (1962).—«Structure d'ensemble des Pyrénées aragonaises et découvertes récentes dans cette région». *Mém. Soc. Géol. France. Livre à la Mém. du Prof. P. Fallot*, t. 1, pp. 313-331, 3 figs., París.
- (1965).—«Tectónica yesífera de la cuenca del Ebro». *Com. I. Col. Obras Públicas en Terrenos Yesíferos*, t. 3, pp. 5-12.
- ALMERA, J. (1912).—«Historia natural relativa al sitio en que brotan las aguas mineromedicinales de Vallfogona de Riucorp». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. 32, pp. 55-100, Madrid.
- ALVARADO, A. de; SAN MIGUEL, M., y BATALLER, J. R. (1947).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Explicación de la Hoja n.º 391, Igualada». *Inst. Geol. Min. España*, 113 págs., 10 figs., 37 láms., Madrid.
- ALVAREZ PEREZ, A., y MONTORIOL, J. (1972).—«Nota referente a la bibliografía sobre los sulfuros metálicos de Cataluña». *Acta Geol. Hisp.*, t. 7, n.º 6, pp. 187-192, Inst. Nac. Geología, Barcelona.
- ANONIMO (1860).—«Explotación del carbón de piedra en Calaf y San Juan de las Abadesas». *Rev. Min.*, t. II, Madrid.
- ARANEGUI, P. (1929).—«Formaciones cuaternarias en la cuenca del Cardener». *Asoc. Esp. Prog. Cienc. Congreso de Barcelona*, t. VI, pp. 67-70, Madrid.
- ASHAUER, H. (1934).—«Die östliche Endigung der Pyrenäen». *Beitr. Geol. West. Mediterragebiet*, n.º 11, *Abh. Ges. Wiss. Göttingen. Math-Phys.*, t. III, n.º 10, Berlín. Trad. *Publ. Alem. Geol. España*, t. 2, pp. 201-336, 23 figs., 3 mapas geol. color, Madrid.
- ASHAUER, H., y TEICHMULLER, R. (1935).—«Die Variscische und Alpidische Gebirgsbildung Kataloniens». *Abh. Gess. Wiss. Göttingen. Math-Phys.*, t. III Folge, heft 16, 78 págs., 7 láms., 48 figs. Trad. *Publ. Extr. Geol. España*, t. 3, C. S. I. C., Madrid.
- BARANDICA, M.; GARCIA SIÑERIZ, J.; MILANS DEL BOSCH, J.; GIL, R., y SANS HUELIN, G. (1926).—«Investigaciones geofísicas de la cuenca potásica de Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 47, pp. 351-380, 4 figs., 12 fotos, 1 mapa, Madrid.
- BATALLER, J. R. (1917).—«Riqueza mineralógica de España». *Revista Social*, año XVI, n.º 202, Barcelona.

- (1929).—«Sobre el Oligoceno Inferior de Santa Coloma de Queralt». *Asoc. Esp. Prog. Cienc. Congreso de Barcelona*, t. 5, sec. IV, pp. 21-24, 2 figs., Madrid.
- (1933).—«Condiciones geológicas de las aguas minerales de Cataluña». *Publ. Lab. de Geol. Seminario de Barcelona*, Publ. 428, 90 págs., Barcelona.
- (1934).—«Estudios geológicos sobre las aguas minerales de Cataluña». *Ibérica*, n.º 1.008, pág. 40, n.º 1.015, pág. 56, n.º 1.016, pág. 156, figs., Barcelona.
- (1937).—«Nota sobre uns deposits detrítics del Pla d'Urgell». *Arxius Esc. Sup. d'Agricultura*. Nov. Ser., t. III, fasc. 3, pp. 621-633, figs., cortes geol., 1 mapa. Barcelona.
- BATALLER, J. R., y DEPAPE, G. (1950).—«Flore Oligocène de Cervera (Catalogne)». *Anal. Esc. Perit. Agric. y Espec. Agropec. Serv. Tec. de Agricultura*, vol. IX, 60 págs., 16 figs., III láms., Barcelona.
- BATALLER, J. R. (1951).—«Las fanerógamas fósiles de España». *Anal. Esc. Perit. Agricol.*, t. 10, pp. 129-149, Barcelona.
- (1954-1955).—«Enumeración de las especies nuevas del Eocénico de España». *Anal. Esc. Perit. Agricol. Esp. Agropec. Serv. Tec. de Agricultura*, vol. 13, Secc. orig., 50 págs., Barcelona.
- (1956-1960).—«Mamíferos fósiles cuaternarios de Cataluña». *Not. Estrat. y Paleontol.*, n.º 8. *Anal. Esc. Tec. Perit. Agric.*, t. 14, pp. 6-9, 1 lám., Barcelona.
- BAUZA, F. (1876).—«Breve reseña geológica de las provincias de Tarragona y Lérida». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. 3, pp. 94-114, Madrid.
- BERGOUNIOUX, F. M. (1958).—«Les reptiles fossiles du Tertiaire de Catalogne». *Est. Geol.*, t. 14, n.º 39, pp. 129-219, 30 figs., 44 láms., Madrid.
- BIROT, P. (1937).—«Recherches sur la morphologie des Pyrénées Orientales Franco-Espagnoles. Thèse». *Baillière et Fils. Ed.*, París.
- BOFILL, A. (1897).—«Notas sobre la presencia del "Anchodus Aymardi" en los lignitos de Calaf, provincia de Barcelona, su significación bajo los puntos de vista paleontológico y estratigráfico». *Mem. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona*, 3.ª época, t. 1, pp. 332-337, 1 lám., Barcelona.
- BORN, A. (1917).—«Zur Geologie der spanischen Kalisalzlagerstätten». *Zeits. für Praktische Geologie*, año 25, pp. 159-163, Berlín.
- (1919).—«Das Ebrobecken. Eine skizze seiner Entstehung und seines geologischen Aufbaus». *N. Jahrb. Min., Geol. und Paläontol.*, Beil Bd. 42, pp. 610-727, 18 figs., 2 mapas tec., 2 láms.
- (1924).—«Investigaciones geológicas en los distritos salinos de las provincias de Lérida, Huesca y Zaragoza». (Inédito), 5 cortes geol., Franckfurt.
- CALDERON, S. (1910).—«Los minerales de España», 2 tomos, I, 414 págs.; II, 559 págs., Madrid.

- CAMPS, C. de (1898).—«Influencia de la cuenca del Llobregat en el desarrollo de la agricultura e industria catalana». *Mem. R. Ac. Cienc. Art. Barcelona*, t. 2, págs. 336, Barcelona.
- CAREZ, L. (1881).—«Etudes des terrains crétacés et tertiaires du Nord de l'Espagne». Thèse, 327 págs., 72 figs., 8 láms., 2 mapas, París.
- CLOSAS MIRALLES, J. (1948).—«Los carbones minerales de Cataluña». *Miscelánea Almera*, 2.ª parte. *Mem. Com. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, n.º 7, pp. 61-193, 30 figs., 8 láms.
- COLOM, G.; VIA, L., y REGUANT, S. (1970).—«Hallazgo de *Harrisichara lineata*, GRAMBAST, en el yacimiento del Parés (Sant Boi del Lluçanes, Vich)». *Acta Geol. Hisp.*, t. V, n.º 3, pp. 65-66, 2 figs. Inst. Nac. de Geol., Barcelona.
- COMISION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA (1892).—«Mapa Geológico de España. Hoja n.º 23. Escala 1:400.000», Madrid.
- CRUSAFONT, M. (1954).—«La zona pirenaica como filtro-barrera paleobiológico». *Pirineos*, t. 10, n.º 33-34, Inst. Est. Pir., Zaragoza.
- CRUSAFONT, M.; VILLALTA, J. F. de, y TRUYOLS, J. (1956).—«Caracterización del Eoceno continental en la cuenca de Tremp y edad de la orogénesis pirenaica». *Act. II Congr. Inst. Etud. Pyrénéennes*, Luchon-Pau, 1953, t. 2, Sect. I, pp. 39-53, 3 figs., 3 láms., Toulouse.
- CRUSAFONT, M. (1958).—«Endemism and Paneuropeism in Spanish fossil mammalian faunas, with special regard to the Miocene». *Societas Scientiarum Fennica. Commentationes Biologicae*, XVIII (1), pp. 3-30, 5 figs., Helsingfors.
- CRUSAFONT, M., y TRUYOLS, J. (1964).—«Les mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogène continental du bassin de l'Ebre (Espagne). Coll. sur le Paléogène (Bordeaux, Sept. 1962)». *Mém. Bur. Rech. Géol. et Min.*, n.º 28, vol. II, pp. 735-740, París.
- CRUSAFONT, M. (1965).—«Nuevos yacimientos del tránsito Eoceno-Oligoceno de la cuenca del Ebro (Bagés)». *Fossilia. Rev. Cat. Paleon. Univ.*, n.º 1, p. 12, Barcelona.
- CRUSAFONT, M.; RIBA, O., y VILLENA, J. (1966).—«Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanienses en Santa Cilia (río Formiga, prov. de Huesca) y sus consecuencias geológicas». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 83, pp. 7-14, 1 mapa, Madrid.
- CRUSAFONT, M., y GOLPE, J. M. (1968).—«Los nuevos yacimientos de mamíferos del Eoceno español». *Bol. Geol. y Min.*, t. 79, n.º 4, pp. 341-353, Inst. Geol. Min. España, Madrid.
- CRUSAFONT, M.; GOLPE, J. M.; GIBERT, J., y THALER, L. (1971).—«El yacimiento sannoisiense de Calaf, tres cuartos de siglo después». *Paleontología y Evolución*, vol. III, pp. 63-65, Inst. Prov. de Paleontología de Sabadell.

- CRUSAFONT, M., y GOLPE, J. M. (1971).—«Biozonation des Mammifères tertiaires d'Espagne». *Congr. du Néogène Méditerranéen*, Sept. 1971, Lyon.
- CHEVALIER, M. (1931).—«Tectonique de la Catalogne». *Géol. Médit. Occidentale*, vol. 2.
- DEPAPE, G., y BATALLER, J. R. (1931).—«Note sur quelques plantes fossiles de la Catalogne». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, 2.^a época, vol. 31, pp. 194-208, 6 figs., 2 láms., Barcelona.
- DEPAPE G. (1950).—«Sur une flore d'âge oligocène de Cervera (Catalogne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 230, pp. 673-675, Paris.
- DEPAPE, G., y BRICE, D. (1964).—«Sur la présence du genre *Rhus* (SUMAC) dans la flore oligocène de Cervera (Catalogne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 259, pp. 2.484-2.486, Paris.
- (1965).—«La flore oligocène de Cervera (Catalogne). Données complémentaires». *Ann. Soc. Géol. du Nord. Lille*, vol. 85, pp. 3-8, 2 hoj. fotos, Lille.
- DEPERET, Ch. (1897).—«Sur l'existence de l'horizon de Ronzon à "Ancodus Aymardi" dans la province de Barcelone». *Bull. Soc. Géol. France*, 3.^a sér., t. 26, p. 233, y *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, p. 75, Paris.
- (1898).—«Aperçu général sur la bordure nummulitique du Massif ancien de Barcelone, et étude de la faune oligocène de Calaf». *Bull. Soc. Géol. France*, 3.^a sér., t. 26, pp. 713-724, 1 fig. (reunión en Barcelona), Paris, y *Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. 27, Madrid, 1903.
- (1899).—«Etude de la faune oligocène de Calaf». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. 27, Madrid.
- DEPERET, Ch., y VIDAL, L. M. (1906).—«Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña». *Mem. R. Acad. Cienc. Art. de Barcelona*, t. 5, n.^o 19, pp. 311-345, Barcelona.
- DEPERET, Ch. (1906).—«Los vertebrados del Oligoceno Inferior de Tárrega (prov. Lérida)». *Mem. R. Acad. Cienc. Art. de Barcelona*, 3.^a época, t. V, n.^o 21, pp. 401-451, 14 figs., 4 láms., Barcelona.
- DOLLFUS (1924).—«Comunicación sobre el trabajo "Investigaciones en la cuenca potásica de Cataluña"». *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, Séance 23 juin 1924, Paris.
- DOUVILLE, R. (1911).—«La Peninsula Ibérique: A. Espagne». *Hand. d. Reg. Geol.*, III Band, 3 heft, pp. 1-175, 112 figs., 1 mapa, Heidelberg.
- ELIAS MARCHAL, U. (1854).—«El criadero de sal gema de Cardona». Barcelona.
- ENADIMSA (1968).—«Programa General de Investigación de las reservas de Potasa». *Instituto Nacional de Industria. Empresa Nacional «Adaro» de Investigaciones Mineras*, 85 págs., 4 planos, Madrid.
- (1972).—«Mapa Metalog. de España. Escala 1:500.000. Mapa predictor de mineralizaciones de potasas-sal común». *Dep. de Public. del Inst. Geol. Min. España. Ministerio de Industria*, 36 págs., 14+3 figs. pleg., Madrid.

- FAURA Y SANS, M. (1908).—«Mamifères fossils descoberts a Catalunya». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Natural*, vol. VIII, Barcelona.
- FAURA Y SANS, M., y MARIN, A. (1926).—«Cuenca potásica de Cataluña y Pirineo Central. Guía Geológica. Excursión C-3». *XIV Congr. Geol. Int. Madrid*, 213 págs., 5 figs., 3 mapas, XLVIII láms., 1 mapa, Escala 1:300.000, Madrid.
- FAURA Y SANS, M. (1929).—«Precisions sur l'existence du Tongrien dans l'Oligocène de Catalogne». *Bull. Soc. Géol. France*, 4.^a sér., t. 29, pp. 285-300, 2 figs., y *C. R. Somm.*, págs. 33, París.
- FAYAS JANER, J. A. (1972).—«Inyección profunda de vertidos industriales». *Agua*, n.º 73, Jul.-Agos., 1972, pp. 26-41, 6 figs., Barcelona.
- FERNANDEZ MARRON, M. T. (1967).—«Variaciones paleoclimáticas del Terciario, en relación con las Gimnospermas fósiles». *Col. Pa. Col. de la Cat. de Paleontol.*, Fac. Cienc., n.º 12, pp. 3-4, Madrid.
- (1971).—«Descripción de dos nuevas especies pertenecientes a la flora del Oligoceno de Cataluña». *Acta Geol. Hisp.*, t. 6, n.º 2, pp. 58-60, 3 figs., Inst. Nacional de Geología, Barcelona.
- (1971).—«Estudio paleoecológico y revisión sistemática de la flora fósil del Oligoceno español». *Publ. Fac. Cienc. Sec. Biológicas. Univ. Complutense*, Ser. A, n.º 152, 177 págs., 7 láms., Madrid.
- FERRER, J. (1967).—«La Paléocène et l'Eocène des Cordillères côtières de la Catalogne (Espagne)». *Eclogae Geol. Helvetiae*, vol. 60, n.º 2, pp. 567-576, 2 figs., 4 láms.
- FERRER, J.; ROSELL, J., y REGUANT, S. (1968).—«Síntesis litoestratigráfica del borde oriental de la depresión del Ebro». *Acta Geol. Hisp.*, t. 3, n.º 3, pp. 54-56, Inst. Nacional de Geología, Barcelona.
- FERRER, J. (1971).—«El Paleoceno y el Eoceno del borde sur-oriental de la Depresión del Ebro (Cataluña)». *Schweizerische Paläont. Abhand.*, vol. 90, 70 págs., 50 figs., 8 láms., 6 cuadr., 1 mapa geol., Basilea.
- (1971).—«Presencia de microforaminíferos priabonienses en el Eoceno de Igualada». *Acta Geol. Hisp.*, t. 6, pp. 4-7, 2 figs., Inst. Nacional de Geología, Barcelona.
- FLICHE, P. (1906).—«Note sur quelques végétaux fossiles de la Catalogne». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, t. 6, 2.^a época, n.º 8-9, pp. 115-133, 2 figs., 1 lám., Barcelona. *Reprod. Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. 28, pp. 153-166, 2 figs., Madrid.
- (1906).—«Nota sobre algunos vegetales terciarios de Cataluña». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. 28, pp. 153-166, 2 figs., 1 lám., Madrid.
- (1906).—«Note sur quelques végétaux tertiaires de la Catalogne». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, vol. 6, n.º 8-9, pp. 115-133, 2 figs., 1 lám., Barcelona.
- (1908).—«Nouvelle note sur quelques végétaux fossiles de la Catalogne». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, vol. 8, pp. 77-87, 2 figs., 1 lám., Barcelona.

- FOLCH GIRONA, J. (1914).—«Les sals potàssiques de Suria». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, 2.ª época, año XI, n.º 8, p. 148, Barcelona.
- FONT ALTABA, M., y MONTORIOL POUS, J. (1968).—«Contribución al conocimiento de los yacimientos de la cuenca potásica catalana (Barcelona, España)». *Reindiconti Soc. Ital. Miner e Petrología*, t. 24, pp. 1-18.
- FONT I SAGUE, N. (1926).—«Curs de geología dinámica i estratigráfica aplicada a Catalunya». 2.ª ed. 370+16 pp., 306 figs., Barcelona.
- «Carta Geológica de Catalunya. Geografía de Catalunya. Escala 1:300.000», p. 73, Barcelona.
- FONTBOTE, J. M. (1954).—«Las relaciones tectónicas de la depresión del Vallés-Penedés con la cordillera prelitoral catalana y con la depresión del Ebro». *Vol. Homenaje a D. Eduardo Hernández-Pacheco. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, pp. 287-350, 5 figs., Madrid.
- GARCIA SIÑERIZ, J. (1933).—«Investigación sísmica en la zona potásica de Callús». *Intp. Geol. Medic. Geofis. Memoria Inst. Geol. Min. España*, t. 1, pp. 79-125, 6 extensibles, Madrid.
- (1933).—«Investigación sísmica en la zona potásica de Suria». *Intp. Geol. Medic. Memoria Inst. Geol. Min. España*, t. 1, pp. 125-164, 6 extensibles. Madrid.
- GIMENO CONCHILLOS, A. (1922).—«Estado en que hoy se encuentra el estudio de los criaderos sódicos y potásicos en la depresión del Ebro». *Publ. Acad. Cienc. Zaragoza. Curso de Conf. dedicado a la Ciudad de Zaragoza*, pp. 45-66, 12 figs., Zaragoza.
- GOLPE POSSE, J. M. (1971).—«Datos sobre el yacimiento estampiense de "El Talladell", cerca de Tárrega». *Paleontología y Evolución*, t. III, pp. 58-62, Publ. Inst. Prov. Paleontol., Sabadell.
- (1971).—«Suiformes del Terciario español y de sus yacimientos». Tesis Doctoral, 639 págs., *Facultad de Ciencias, Universidad Barcelona*.
- (1971).—«Suiformes del Terciario español y de sus yacimientos. Resumen de la Tesis presentada para aspirar al grado de Doctor en Ciencias». *Secretariado de Publicaciones*, 14 págs., Barcelona.
- GOMEZ LLUECA, F. (1944).—«Mamíferos fósiles del Terciario». *Trab. Inst. Cienc. "José Acosta". Ser. Geol.*, t. I, n.º 2, Madrid.
- GUTZWILLER, O. (1918).—«Les sals potàssiques a Catalunya». *Economía i Finances*, n.º 10, Barcelona.
- HARBORT, E. (1914).—«Diskussion zu dem Vortrag des Herr Schmidt», *Basel Zeits. d. Deutch. Geol. Gess.*, Band 66, Monasb., n.º 7, Berlín.
- (1926-1931).—«Kurzer überblick über die Salzlagerstätten Spaniens». *Géol. de la Médit. Occ.*, t. II, part. II, n.º 5, 9 págs., 1 fig., 1 lám., Barcelona, 1931, y en *Internat. Bergwirtschaft*, Leipzig, 1926.
- HASELDOCKX, P. (1972).—«The presence of *Nypa* palms in Europe: A solved problem». *Geol. en Mijnbouw*, vol. 51, n.º 6, pp. 645-650, 2 láms., 2 tabl., Leiden.

- HERNANDEZ-PACHECO, F. (1929).—«Pistas de aves fósiles en el Oligoceno de Peralta de la Sal (Lérida)». *Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 15, pp. 379-382, 3 láms., Madrid.
- HERNANDEZ-SAMPELAYO, P., y BATALLER, J. R. (1944).—«Trionyx Marini: Tortuga nueva del Oligoceno leridano». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 13, pp. 7-10, 1 lám., Madrid.
- HOTTINGER, L. (1960).—«Recherches sur les Alvéolines du Paléocène et de l'Eocène». *Mém. Suisses de Paléontol.*, t. 75-76, 243 págs., 117 figs., 1 tabl., 18 láms., Basilea.
- HOTTINGER, L., y SHAUB, H. (1960).—«Zur Stafeneintilung des Paleocaenus und des Eocaenus. Einführung des Ilerdien und des Biarritzien». *Eclogae Geol. Helvetiae*, t. 53, pp. 453-479, Basilea.
- HOYT, A. G. (1920).—«Potash deposits in Spain». *U. S. Geol. Survey*, n.º 715 a, pp. 1-16, 3 figs., 3 láms., Washington.
- JULIVERT, M. (1954).—«Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno entre el Francolí y el Anoiá». *Mem. y Com. Inst. Geol. Dip. Prov.*, n.º 11, pp. 5-22, 1 figs., 1 mapa escala 1:250.000 col., Barcelona.
- JULIVERT, M.; FONTBOTE, J. M.; RIBEIRO, A., y CONDE, L. (1972).—«Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. Escala 1:1.000.000». *Inst. Geol. Min. España*, Madrid.
- JUNG, J. (1931).—«Comparaison entre les massifs de sel de la Catalogne, du Hanovre et de la Roumanie». *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, n.º 7, pp. 1-2, Barcelone.
- (1931).—«Le bassin potassique de la Catalogne». *Géol. Méd. Occidentale*, t. 2, part. 2, n.º 5, pp. 3-12, 4 figs., Barcelona.
- KAISER, E. (1927).—«Über Fonglomerate, besonders im Ebrobecken». *Sitzungsberichte Bayerischen Ak. Math-Natur. Wiss.* Abt. 16 januar, pp. 17-28, 4 figs., 2 tabl.
- KALIN, J. (1936).—«Über einen neuen Crocodilidae aus den Oligocäen von Tárrega (Katalonien)». *Eclogae Geol. Helvetiae*, t. 29, pp. 578-579, Basilea.
- (1936).—«Hispanochampsia mülleri nov. gen. sp. ein neuer Crocodilide aus dem unteren Oligocäen von Tárrega (Katalonien)». *Abh. der Schweiz, Paläontol. Gessell.*, t. 58, Basilea.
- KEYES, Ch. (1931).—«Grand Canyon of Spain». *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, n.º 8, pp. 3-10, 2 figs., 2 láms., Barcelone.
- (1931).—«World's great potash reserves». *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, part 2, n.º 9, pp. 1-12, 3 figs., 2 láms., Barcelone.
- KROMM, F. (1966).—«La sédimentation éocène entre la zone prépyrénéenne et la cordillère pré littorale catalane (prov. de Gérone et de Barcelone, Espagne)». *Actes Soc. Linn. Bordeaux*, sér. B., t. 106, n.º 1, 6 págs., 3 láms., Bordeaux.
- (1967).—«Stratigraphie de l'Eocène entre Montblanch et Igualada (prov. de

- Barcelone et Tarragone, Espagne)». *Actes Soc. Linn. Bordeaux*, sér. B, t. 104, n.º 2, 7 págs., 1 tabl., 1 lám. (résumé thèse 3e cycle, Bordeaux, 1961).
- KUKUK, P. (1931).—«Das Katalonische Kalisalzvorkommen». *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, part. 2, n.º 10, pp. 1-17, 10 figs., 3 láms., Barcelone.
- LARRAGAN, A. de (1923).—«Datos acerca de los sondeos realizados en la cuenca potásica de Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 64, 3.ª ser., pp. 103-210, 7 figs., Madrid.
- (1923).—«Datos acerca de los sondeos realizados en la cuenca potásica de Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. XLIV, 110 págs., 4 láms., Madrid.
- LARRAGAN, A. de; BATALLER, J. R., y MASACHS, V. (1950).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 361, Guissona». *Inst. Geol. Min. España*, 56 págs., 10 figs., 5 láms., Madrid.
- LARRAGAN, A. de, y BATALLER, J. R. (1950).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 331, Puigreig». *Inst. Geol. Min. España*, 56 págs., 9 láms., 1 sondeo, 1 mapa geol. col., Madrid.
- LARRAGAN, A. de; BATALLER, J. R., y LLOPIS LLADO, N. (1951).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 362, Calaf». *Inst. Geol. Min. España*, 99 págs., 22 figs., 10 láms., Madrid.
- LARRAGAN, A. de (1952).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 330, Cardona». *Inst. Geol. Min. España*, 76 págs., 18 figs., 12 fotos, 3 láms., Madrid.
- LARRAGAN, A. de, y MASACHS ALAVEDRA, V. (1956).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 363, Manresa». *Inst. Geol. Min. España*, 108 págs., 28 figs., 1 corte geol. col., 1 mapa geol. col., Madrid.
- LEVAIVILLE, J. (1921).—«Les gisements de potasse en Catalogne». *Ann. de Géographie*, t. XXX, pp. 396-399, París.
- LLOPIS LLADO, N., y MASACHS ALAVEDRA, V. (1943).—«El problema de los conglomerados del margen meridional de la depresión del Ebro». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 11, pp. 63-108, 5 fotos, 2 cortes, Madrid.
- LLOPIS LLADO, N. (1945).—«Morfología de los relieves de pudingas de Sant Lloréns del Munt-Serrat de l'Obac (Barcelona)». *Est. Geog.*, t. 17, pp. 687-814, Madrid.
- (1946).—«La paleogeografía y el paisaje fósil de la provincia de Lérida». *Ilerda*, a IV, n.º 7, pp. 7-27, 5 figs., Lérida.
- (1947).—«Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los Catalánides». Estudio Geológico. Premio Juan de la Cierva 1944. Tesis Doctoral. *Inst. Lucas Mallada, C. S. I. C.*, 372 págs., 40 figs., 22 láms., 4 mapas geol., 4 mapas aparte. Escala 1:200.000, Barcelona.
- LOPEZ DE AZCONA, J. M. (1965).—«Estudio geoquímico de los yesos de España peninsular». *Com. I. Col. sobre O. P. en terrenos yesíferos*, t. 5, pp. 59-60, 1 fig.

- LOZANO CALVO, L. (1948).—«Las anomalías isostáticas en España según la teoría de Airy. *Rev. de Geofísica*, n.º 27, pp. 254-273, 1 lám., Madrid.
- MACAU, F., y RIBA ARDERIU, O. (1965).—«Situación, características y extensión de los terrenos yesíferos en España». *Com. I Col. Int. sobre la O. P. en terrenos yesíferos*, t. 5, pp. 157-184, 1 fig.
- MADERN, M. (1966).—«Nova aportació a la flora de l'Oligocèn de Cervera (Lleida)». *Bol. Sec. Est. Centr. Exc. «Puig Castellar»*, 2.º ép., pp. 76-77, 1 fig., Santa Coloma de Gramanet (Barcelona).
- MADERN I CARRERAS M. (1969).—«Algunes observacions de parasits vegetals en la flora oligocènica de Cervera». *Bull. Sec. Est. Centre Exc. «Puig Castellar»*, 2.º ép., pág. 212, Santa Coloma de Gramanet.
- MALLADA, L. (1907).—«Explicación del Mapa Geológico de España», t. VI. *Sistemas Eoceno, Oligoceno y Mioceno. Mem. y Com. Mapa Geol. España*, t. 6, 686 págs.
- (1889).—«Reconocimiento geográfico y geológico de la provincia de Tarragona». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, t. 16, pp. 3-174, 1 mapa, Madrid.
- (1892).—«Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, 254 págs., XI láms., Madrid.
- MANGIN, J. Ph. (1962).—«La phase tectogénique pyrénéenne dans les Pyrénées et les conglomérats de la Poble de Segur (Lérida, Espagne)». *C. R. Soc. Géol. France*, pp. 13-14, París.
- MARCET RIBA, J. (1930).—«Las terrazas del NE. de España». *Mem. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona*, 3.º época, vol. XXII, n.º 7, pp. 129-174, Barcelona.
- MARIN, A., y RUBIO, C. (1914 y 1918).—«Sales potásicas de Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 34, pp. 173-230, y t. 39, pp. 349-384, 5 láms., 1 mapa escala 1:50.000, Madrid.
- MARIN, A. (1922).—«Le bassin potassique espagnol». *C. R. XII Congr. Géol. Int. Bruxelles*.
- (1922).—«Los yacimientos potásicos de Cataluña». *Conferencia en el Ateneo de Madrid*. Folleto de 33 págs., Madrid.
- (1923).—«Investigaciones en la cuenca potásica de Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 44, pp. 3-78, 12 figs., 14 láms., 5 mapas, 1 mapa geol. escala 1:50.000, Madrid.
- (1923).—«Nuevas investigaciones en la cuenca potásica de Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. XLIV, pp. 3-78, 12 figs., 12 fotos, cortes, planos, láms., Madrid.
- MARIN, A.; SAN MIGUEL, M.; BATALLER, J. R.; MARCET, J., y LARRAGAN, A. (1926).—«Guía C-4 del 14 Congreso Geológico Internacional "Cataluña". Cuenca potásica, Cretáceo de Berga. Región volcánica de Olot». *Inst. Geol. Min. España*, 216 págs., 30+20 láms., figs., mapas cortes, 1 mapa escala 1:300.000, Barcelona.
- MARIN, A. (1926).—«Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro». *Congr. Géol. Int. C. R. XIV Sess. en Espagne*, 4.º fasc., pp. 1.943-

- 1.955, 5 figs., 1 corte geol., 1 mapa. Reproducido en el *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. XLVII, pp. 111-127, Madrid.
- (1926).—«Algunas notas estatigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 47, 2.ª parte, pp. 113-127, 3 láms., 5 figs., 1 mapa geol. esq. de Fayón, 1 lám. col., Madrid.
- (1926-1927).—«La potasa». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 48, partes 1926 y 1927, n.º 1-2, pp. 1-415, 34 figs., 29 láms., 8 láms. Col. y pp. 1-355, 49 figs., 9 láms., 1 mapa escala 1:300.000, Madrid.
- (1928).—«Algunas consideraciones acerca de la intervención del Estado en el asunto de las sales potásicas de Cataluña». *Publ. del Primer Congr. Nac. de Ingeniería. Revista Minera*.
- (1929 y 1931).—«Plan de Investigación de la cuenca potásica del Nordeste de España». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 69, pp. 73-86, 1 lám. 1929, y *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, 2.ª parte, n.º 10, pp. 1-10, 1 lám., Barcelona.
- (1930).—«Riqueza minera del Pirineo». Conferencia en la Academia de Ciencias de Zaragoza, 32 págs.
- (1932).—«Allocution à la Société Géologique de France, le mai 1932». *Bull. Soc. Géol. France*.
- (1932).—«Bassin potassique. Introduction». *Géol. Médit. Occidentale*, t. II, Part II, pp. 1-3, Barcelona.
- (1932).—«Sondeos de investigación de sales potásicas. Sondeos en la cuenca potásica española». *Bol. de Sondeos*, t. 3, fasc. 1, pp. 29-99, 12 cuadr. de sondeos, Madrid.
- (1933).—«Estado actual de la minería de sales potásicas en España». *Asoc. de Ingenieros de Minas de España*, 46 págs., Madrid.
- «Bosquejo geológico de la provincia de Barcelona, escala 1:200.00». *Inst. Geol. Min. España*, Madrid (sin fecha), anejo a una Memoria físico-geológica (en publ.).
- MARIN, A., y PIÑA, S. (1935).—«Aplicaciones del espectro al estudio de las menas potásicas». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, t. 6, pp. 77-89, 5 figs., Madrid.
- MARIN, A. (1936).—«Importance scientifique et industrielle d'une grande ride du socle pyrénéen». *Congr. Int. des Mines et de la Géologie Appliquée de 1935*, t. 1, p. 320, París.
- MARIN, A.; MANDULEY, M. L., y BATALLER, J. R. (1941).—«Mapa Geológico de España, escala 1:50.000. Hoja n.º 389, Tárrega». *Inst. Geol. Min. España*, 47 págs., 9 figs., 16 láms., Madrid.
- MARIN, A.; BATALLER, J. R., y MANDULEY, M. L. (1944).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 390, Cervera». *Inst. Geol. Min. España*, 43 págs., 10 láms., Madrid.
- MARIN, A. (1944).—«La depresión del Ebro. La tectónica y los yacimientos minerales». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 57, pp. 7-57, Madrid.

- (1950).—«Minería de la Potasa». *Potasas Españolas*, S. A., 206 págs., 28 láms., Madrid.
- MARTI NARBONA, C. (1967).—«Ensayo de mecanización en potasa en la cuenca del Llobregat». *III Jornadas Nacionales y I Internacionales Minero-Metalúrgicas*. Gijón, 15-20 mayo 1967. *Actas*, t. 1, Secc. 1.ª, pp. 643-654, Gijón, y en *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 97-98, pp. 395-410, 7 figs., pleg., Madrid.
- MARTINEZ ABAD, J. L. (1970).—«Geología del Petróleo del Valle del Ebro y Sector Pirenaico Meridional». *Industria Minera*, n.º 128, pp. 3-11, 2 figs.
- MARTINEZ ABAD, J. L.; RACERO GIL, C., y RODRIGUEZ PARADINAS, A. (1971).—«Síntesis de las investigaciones petrolíferas realizadas en el territorio español». *I Congr. Hispano-Luso-Americano de Geol. Económica*. Madrid-Lisboa, Sep. 1971, 2.ª Secc., pp. 21-40, 8 figs.
- MASACHS ALAVEDRA, V. (1942).—«El Eoceno entre Monistrol y Manresa. Determinación de su estratigrafía por los Nummulites». *Las Ciencias*, año 8, n.º 2, pp. 317-332, 3 figs., Madrid.
- (1945).—«Observaciones geomorfológicas sobre la Segarra». *Ilerda*, año 3, n.º 4, pp. 137-151, 3 láms., Lérida.
- (1952).—«La edad, el origen y los movimientos de las sales paleógenas de la cuenca del Ebro». *Mem. y Com. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, t. 9, pp. 51-65, 3 figs., Barcelona.
- MASACHS ALAVEDRA, V., y VILLALTA COMELLA, J. F. (1953).—«Aportación al conocimiento de la cronología de las terrazas fluviales del NE. de España. Un valioso documento paleontológico». *Mem. y Com. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, n.º 10, pp. 73-77, 2 láms., Barcelona.
- MASACHS, V. (1954).—«Edad del horizonte de tránsito entre el Eoceno marino y las calizas con *Melanoides albigensis* NOUL en una parte del sector catalán de la depresión del Ebro». *Vol. Extraordinario Homenaje a Eduardo Hernández-Pacheco*, pp. 453-457. *R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Madrid.
- MASACHS, V.; CRUSAFONT, M., y VILLALTA, J. F. de (1945).—«Sur l'âge du gisement potassique de la Catalogne». *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, n.º 13, pp. 304-305, París.
- MASACHS, V., y LARRAGAN, A. (1956).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 363, Manresa». *Inst. Geol. Min. España*, 108 págs., 28 figs., 3 láms., Madrid.
- MASRIERA GONZALEZ, A. (1971).—«Sobre la composición mineralógica y génesis de las arcillas interestratificadas en las evaporitas de los yacimientos de Sallent y Balsareny (Barcelona)». *Publ. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 26, p. 35, Barcelona.
- (1972).—«Contribución al estudio de la composición mineralógica de la fracción arcillosa del Terciario de la Depresión Central Catalana (Barcelona)». *Com. VI reunión grupo Esp. Sedimentología*. Granada, abril, 1972.

- (1973).—«Contribución al estudio petrológico y sedimentológico del Paleógeno de la Depresión Central Catalana, límite al curso medio del Llobregat (Barcelona)». *Tesis Fac. Ciencias Dept. de Petrología, Barcelona*, 2 vols., 194 págs., 61 figs., 30 láms., Barcelona.
- MAURETA, J., y THOS, S. (1881).—«Descripción física, geológica y minera de la provincia de Barcelona». *Mem. Com. Mapa Geol. España*, 487 págs., 8 láms., mapas y cortes geol., 1 mapa geol. prov. Barcelona. Escala 1:400.000. Plano geol. cuenca carbonífera de Calaf. Escala 1:50.000. Madrid.
- MELGAR, J. (1967).—«Consideración sobre el origen de los yacimientos potásicos y su aplicación a la investigación de la zona reservada al sur de los Pirineos». *III Jornadas Nacionales y primeras Internacionales Minerometalúrgicas*, pp. 709-738, Gijón.
- MENENDEZ AMOR, J. (1950).—«Flora fanerogámica del Terciario y su extensión en la Península». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 48, n.º 2, pp. 155-166. Madrid.
- MENENDEZ PUGET, L. (1923).—«Trabajos en investigaciones de laboratorio referentes a las sales potásicas de Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. XLIV, pp. 79-99, 3 gráfs., Madrid.
- MIR, J. (1943).—«Tres métodos rápidos de análisis de sales potásicas». *Afinidad*, 3.ª época, n.º 1-2, pp. 12-16, Barcelona.
- (1946).—«Sobre el contenido en bromo de las sales potásicas de la cuenca del Llobregat (Barcelona)». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 16, pp. 267-287, 2 láms., Madrid.
- (1964).—«La potasa al día». *Mem. R. Ac. Cienc. Art. Barcelona*, vol. XXXV, n.º 7, pp. 253-325 (03-75), 1 plano topográfico, 1 corte geol., Barcelona.
- MONTORIOL POUS, J., y FONT ALTABA, M. (1968).—«Sobre la movilidad de la halita, la silvinita y las arcillas durante las deformaciones tectónicas». *Acta Geol. Hisp.*, t. 3, n.º 4, pp. 108-110, *Inst. Nac. de Geología*, Barcelona.
- MONTORIOL POUS, J., y FONT ALTABA, M. (1969).—«Contribución al conocimiento mineralógico de los yacimientos potásicos de Suria y Balsareny (Barcelona), mediante su estudio decrepitolométrico». *Est. Geol.*, vol. 25, pp. 101-105, 2 tabl., 2 figs., Madrid.
- MONTORIOL POUS, J., y TRAVERIA CROS, A. (1969).—«Estudio de la paragénesis de los yacimientos de Cardona, Suria y Balsareny (Barcelona)». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., Secc. Geol.*, t. 67, pp. 169-199, 16 figs., Madrid.
- PANZER, W. (1926).—«Geomorphologische Beobachtung in Nordost-Sapnien». *Geol. Rundschau*, Bd. XVII, h. 3, pp. 229-232, 2 figs.
- (1927).—«Neogene Strandterrassen im Ebrobecken». *Sitzb. Bayr. Ak. Math. Nat. Kl.*
- (1928).—«Neogene Strandterrassen im Ebrobecken». *Zeitschr. f. Geomorph.*, t. 3, pp. 308-310, Berlín.

- (1926).—«Talentwicklung und Eiszeitklima im Nordöstlichen Spanien». *Abh. der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, t. 39, heft. 2, pp. 141-182, 20 figs., Frankfurt a. M.
- (1933).—«Die Entwicklung der Täler Kataloniens». *Assoc. Etude Géol. Médit. Occidentale*, t. 3, 3.^a parte, n.º 21, 36 págs., 8 figs., 4 láms., Barcelona.
- PINEDA, E.—«Cuenca potásica de Cataluña». *Temas Profesionales. Dirección General Minas y Combustibles*, n.º 3, p. 51, cortes geol.
- PONS, J. (1913).—«Agua mineromedicinal antidiabética de Prats de Rey». 63 págs., Barcelona.
- POPESCU-VOLTESI, I. (1931).—«Sur le bassin tertiaire catalan». *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, part 2, n.º 12, pp. 1-6, 2 láms., Barcelona.
- POWERS, S. (1931).—«Origin of the red color of the potash salts at Cardona and Suria, Spain». *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, 2.^a part, n.º 13, pp. 1-4, 2 láms., Barcelona.
- QUIRANTES, J. (1969).—«Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros». *Edic. Depto. Sedimentología y Sueños*. Tesis Doctoral. Univ. de Granada, 11+101+16 págs., 75 figs., 6 cortes geol., mapas geol., Zaragoza.
- (1971).—«Las calizas en el Terciario continental de Los Monegros». *Est. Geol.*, t. 27, pp. 355-362, 4 figs., Madrid.
- RAAF, J. F. M. de; BEET, C. V., y SLUIJS, G. K. (1965).—«Lower Oligocene bird-tracks from Northern Spain». *Nature*, t. 207, pp. 146-148.
- REGUANT, S. (1964).—«L'Eocène marin de l'Est et du Sudest de Vich (Barcelone). Colloque sur le Paléogène. Bordeaux 1962». *Mém. B. R. G. M.*, n.º 28, 2, pp. 727-734, 2 figs.
- (1966).—«Las intercalaciones rojas del Eoceno marino de Vich (Barcelona)». *Acta Geol. Hisp.*, t. 1, n.º 1, pp. 6-8, 1 fig., Barcelona.
- (1967).—«El Eoceno marino de Vich (Barcelona)». Tesis Doct. Fac. Cienc. Oviedo, 2 vols., 617 págs., 26 láms. *Mem. y Com. Inst. Geol. Min. España*, t. 68, 350 págs., 64 figs., 1 mapa geol. Escala 1:100.000, Oviedo.
- REGUANT, S.; ROMAN, J., y VILLATTE, J. (1970).—«Echinides de l'Eocène Moyen de la région de Vich (Barcelona)». *Bull. Soc. Géol. France*, 7.^e sér., t. XII, pp. 894-912, 5 figs., 2 láms., París.
- REILLE, J. L. (1967).—«Sur l'importance des Charophytes dans l'étude des formations continentales tertiaires du versant méridional des Pyrénées». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 265, pp. 778-780, París.
- (1967).—«Sur l'évolution de la sédimentation détritique postérieure à la phase pyrénéenne, dans la partie orientale du Montsec (prov. de Lérida, versant Sud des Pyrénées)». *C. R. Soc. Géol. France*, 6 nov. 1967, pp. 279-280, 1 fig., París.
- (1967).—«Subdivisions stratigraphiques et phases de plissement dans le

- Paléogène continental sud-pyrénéen (région de Barbastro, prov. de Huesca). *C. R. Ac. Sc. Paris*, sér. D., t. 265, pp. 852-854, Paris.
- (1971).—«Les relations entre tectogénèse et sédimentation sur le versant sud des Pyrénées centrales. D'après l'étude des formations tertiaires essentiellement continentales». Thèse. *Univ. Montpellier*, 330 págs., 109 figs.
- RIBA, O., y MACAU, F. (1962).—«Situación, características y extensión de los terrenos yesíferos en España». *I Col. Int. sobre O. P. en los terrenos yesíferos. Serv. Geol. O. P.*, 33 págs., 1 fig., 1 mapa geol. col., Madrid.
- RIBA, O. (1967).—«Resultados de un estudio sobre el Terciario continental de la parte este de la Depresión Central Catalana». *Acta Geol. Hisp.*, t. 2, n.º 1, pp. 3-8, 2 figs., Inst. Nac. de Geología, Barcelona.
- RIBA, O.; VILLENA, J., y QUIRANTES, J. (1967).—«Nota preliminar sobre la sedimentación en paleocanales terciarios de la zona Caspe-Chiprana (prov. de Zaragoza)». *Anal. Edad. y Agrob.*, t. 28, pp. 617-634, 7 figs., 2 tabl., 12 fotos, Madrid.
- RIBA, O. (1972).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Hoja n.º 33, Lérida». 1.ª edición, 31 págs., 2 figs., 1 mapa col. *Inst. Geol. Min. España*, Madrid.
- RIBERA, J. M., y FONTBOTE, J. M. (1945).—«Estudio geomorfológico de la hoya de erosión de San Vicente de Castellet». *Est. Geol.*, n.º 2, pp. 85-112, 9 figs., 15 fotos, Madrid.
- RIOS, J. M.; ALMELA, A., y GARRIDO, J. (1943).—«Contribución al conocimiento de la zona sub-pirenaica catalana. 1.ª parte: Observaciones geológicas sobre el borde sur de los Pirineos Orientales». *Bo. Inst. Geol. Min. España*, t. 56, pp. 337-389, 4 figs., 5 láms., pleg. con 5 mapas y cortes, 7 láms., Madrid.
- RIOS, J. M., y ALMELA, A. (1953).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 328, Artesa de Segre». *Inst. Geol. Min. España*, 123 págs., 43 figs., Madrid.
- RIOS, J. M. (1958).—«Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo en España», n.º 50, 1.ª fasc., pp. 49-73, 1 mapa, Madrid.
- RIOS, J. M. (1958-1963).—«Relación de los principales sondeos para investigación de petróleo llevados a cabo en España desde 1939». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 50, 1.ª aportación 1958; n.º 59, 2.ª aportación 1959-60; n.º 63, 3.ª aportación 1960; n.º 66, 4.ª aportación 1961; n.º 70, 5.ª aportación 1962; n.º 75, 6.ª aportación 1963, Madrid.
- (1959).—«Algunas consideraciones acerca del enjuiciamiento del valle del Ebro en sus posibilidades petrolíferas». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 53, pp. 107-148, Madrid.
- (1959).—«Materiales salinos del suelo español». *Mem. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 64, 166 págs., 76 figs., Madrid.

- (1960).—«Relación de los principales sondeos para investigación de petróleo llevados a cabo desde 1939 hasta mayo de 1960». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 59, pp. 133-166, Madrid.
- (1962).—«Saline deposits of Spain». *Papers from the Int. Conf. of Saline Deposits*. Houston, Texas, 1962, Geol. Soc. of Am. Sp. Paper, n.º 88, pp. 59-74.
- ROJAS TAPIA, B. J.; LATORRE VILLAMIL, F., y FERNANDEZ VARGAS, E. (1971).—«Contribución al conocimiento de la última fase de los movimientos meso-alpinos en las provincias de Navarra-Zaragoza-Huesca». *I Congr. Hispano-Luso-Americano de Geol. Económica*, Madrid-Lisboa, sept. 1971, la Secc., t. 1, pp. 377-385, figs.
- ROSELL, J. (1965).—«Estudio geológico del sector del Prepirineo comprendido entre los ríos Segre y Nogueira Ribagorzana (Prov. de Lérida)». *Pirineos*, año 21, n.º 75-78, pp. 5-127, Inst. Est. Pirinaicos, Jaca.
- ROSELL, J.; JULIA, R., y FERRER, J. (1966).—«Nota sobre la estratigrafía de unos niveles con carófitas existentes en el tramo rojo de la base del Eoceno al S. de los Catalánides». *Acta Geol. Hisp.*, año I, n.º 5, pp. 17-20, 1 mapa, 1 cort., 1 ser. estrat. Inst. Nac. de Geología, Barcelona.
- ROYO GOMEZ, J. (1922).—«El Mioceno continental Ibérico y su fauna malacológica». *Com. de Inv. Paleontol. y Prehist.*, Memoria n.º 30, ser. Paleont., n.º 5, 230 págs., 54 figs., 13 láms., 1 mapa col., Madrid.
- (1926).—«Tectónica del Terciario continental Ibérico». *Congrès Géol. Int. C. R. XIVe Sess.*, pp. 593-623, y en *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 47, pp. 131-163, 13 láms., 7 figs., Madrid.
- (1926).—«Edad de las formaciones yesíferas del Terciario Ibérico». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. 26, pp. 259-279, 8 figs., Madrid.
- RUBIO, C., y MARIN, A. (1914).—«Sales potásicas en Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 34, pp. 173-230, 3 láms., t. 39, pp. 349-384, Madrid.
- RUIZ DE GAONA, P. M. (1952).—«Resultado del estudio de los foraminíferos del Nummulítico de Montserrat y regiones limítrofes». *Est. Geol.*, n.º 15, pp. 21-28, Madrid.
- RUHL, A. (1909).—«Geomorphologische Studien aus Katalonien». *Zeitschrift Ges. Erdkunde*, n.º 4-5, 53 págs., 57 figs., Berlín.
- SAENZ GARCIA, C. (1917).—«Sales potásicas en Cataluña». *Ibérica*, vol. VII, n.º 202, pp. 306-307, Tortosa.
- (1931).—«Notas acerca de la distribución estratigráfica del Terciario lacustre en la parte septentrional del territorio español». *Conf. Sindical Hidrográfica del Ebro*, n.º 36, pp. 3-29, 14 fotos, 1 mapa, Zaragoza.
- (1942).—«Estructura general de la cuenca del Ebro». *Est. Geog.*, año III, n.º 7, pp. 249-269, 1 fig., 1 mapa col., Madrid.
- (1954).—«Nouvelle synthèse stratigraphique et tectonique du Tertiaire continental espagnol (résumé)». *Congr. Géol. Int. Alger, 1952. Sect. 13*, n.º 13, pp. 287-288, Argel.

- SAMPELAYO, P. H., y BATALLER, J. R. (1944).—«*Trionyx marini*, tortuga nueva del Oligoceno leridano». *Not. y Com. Inst. Geol. y Min. España*, n.º 13, pp. 3-11, 2 figs., 1 lám., Madrid.
- SAN MIGUEL, A., y PUEYO, J. (1971).—«Observaciones petrológicas y petroestructurales de los yacimientos salinos de Sallent y Balsareny (Barcelona)». *Publ. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, n.º 26, pp. 5-20, Barcelona.
- SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M., y MARCET RIBA, J. (1928).—«Contribución al estudio de las terrazas del NE. de España». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, vol. 8, n.º 3-4, 11 págs., 14 figs., 5 láms.
- SCHMIDT, C., y TOBLER, A. (1913).—«Estudios geológicos de la región salina de Cataluña».
- SCHMIDT, C. (1914).—«Recherches géologiques dans la région entre Calaf, Pont, Cervera et Copons». Con mapas, cortes geol., planos de las concesiones mineras. Bâle.
- SCHMIDT, C. (1915).—«Sondages profonds Segués et Semis. Sondages I sur la concession B près de Suria. Con cortes geol., planos de la concesión minera. Bâle».
- (1922).—«Mitteilungen über die Kalisalzagerstätten in Katalonien». *Eclogae Geol. Helvetiae*, vol. 16, n.º 3.
- (1922).—«Rapports sur les gisements de potasse de Catalogne». *Eclogae Geol. Helvetiae*, vol. 16, n.º 3, Bâsel.
- SCHRIEL, W. (1929).—«Der Geologische Bau der Katalonischen Küstengebirges zwischen Ebromündung und Ampurdan». *Beitr. Geol. West. Medit. Gebiet. 2 Abh. Ges. Wiss. Gött., Math. Phys. Kl.*, t. 14, n.º 1, 79 págs., 29 figs., 11 láms., Berlín.
- SEGURET, M. (1970).—«Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Caractère synsédimentaire, rôle de la compression et de la gravité». Tesis, *Fac. Sciences Montpellier*, 1970, 224 págs., 73 figs., 3 láms.
- SOLANS HUGUET, S., y MONTORIOL POUS, J. (1968).—«Estudio termoquímico de la zona potásica de los yacimientos de Suria y Balsareny (Barcelona)». *Acta Geol. Hisp.*, t. 3, pp. 102-104, 1 fig., 2 tabl., Barcelona.
- SOLE SABARIS, L., y MASACHS ALAVEDRA, V. (1940).—«Edad de las terrazas del río Cardoner en Manresa». *Asoc. Est. Geol. Med. Occidental*, t. 6, n.º 5, 5 págs., Barcelona.
- SOLE SABARIS, L. (1945).—«El Mapa Geológico de la provincia de Barcelona. Miscelánea Almera». *Publ. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 1.ª parte, pp. 43-62, 5 figs., t. VIII, Barcelona.
- SOLE SABARIS, L., y LLOPIS LLADO, N. (1946).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja n.º 360, Bellvís». *Inst. Geol. Min. España*, 55 págs., 8 figs., 5 láms., Madrid.
- (1946).—«Problemas morfológicos del llano de Lérida». *Ilerda*, a IV, n.º 6,

- pp. 7-22, 2 láms., 1 mapa morfológico, 1 bloque diagr. Inst. Est. Ilerdenses. Lérida.
- SOLE SABARIS, L., y MASACHS, V. (1946).—«Itinerario V. Barcelona-Suria-Cardona». En: *Geología de los alrededores de Barcelona*. Ministerio de Educ. Nac. «La nueva Geografía». Dir. Gen. Ens. Med. Madrid, pp. 87-97, 1 lám.
- SOLE SABARIS, L. (1958).—«Geografía de Catalunya. Geografía Física». *El Relleu*, pp. 23-160. Editorial Aedos, Barcelona, t. 1, 646 págs., Barcelona.
- SOLE SABARIS, L., y LLOPIS LLADO, N. (1951).—«Geografía Física. 1.ª parte de la Geografía de la Península Ibérica». *Geografía Universal de Vidal de La Blache y L. Gallois*, t. IX, 500 págs., 186 figs., 96 láms., Barcelona.
- SOLE SABARIS, L. (1953).—«Terrazas cuaternarias deformadas del Nordeste de España». *Act. IV Congr. Int. I. N. Q. U. A. Roma-Pisa*, pp. 3-11, 2 figs., Roma.
- SOLE SABARIS, L.; VIRGILI, C., y RIPOLL PERELLO, E. (1957).—«I. N. Q. U. A. Congrès International. Livret Guide de l'Excursion B1 environs de Barcelone et Montserrat (16 sept. 1957)». Madrid-Barcelona, 25 págs., 9 figs., 2 mapas geol. col., Gráficas Marina, Barcelona.
- SOLE SABARIS, L. (1972).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente. Hoja n.º 34, Hospitalet». *Inst. Geol. Min. España*, 38 págs., 1 mapa col., Madrid.
- SOLE SUGRAÑES, L. (1970).—«Estudio geológico del Prepirineo Español entre los ríos Segre y Llobregat». *Tesis Doctoral Univ. de Barcelona*, 495 páginas, 60 figs., 7 láms., 1 mapa geol. col. E. 1:50.000. Barcelona.
- (1972).—«Nota sobre una discordancia en el Eoceno medio del Prepirineo Oriental». *Acta Geol. Hisp.*, t. 7, n.º 1, pp. 1-6, 1 fig. Inst. Nac. de Geol., Barcelona.
- STUART MENTEATH, P. W. (1904).—«The salt deposits of Dax and the Pyrenees». *Geol. Magazine*, N. S., decade V, vol. I, pp. 265-272, London.
- THALER, L. (1965).—«Une échelle de zones biochronologiques pour les mammifères du Tertiaire d'Europe». *C. R. Soc. Géol. France*, n.º 4, p. 118, París.
- (1966).—«Les rongeurs fossiles du Bas-Languedoc dans leurs rapports avec l'histoire de faunes et la Stratigraphie du Tertiaire d'Europe». *Mem. Mus. Hist. Nat.*, Ser. C., t. 17, pp. 1-295, 25 figs., 27 láms.
- (1969).—«Rongeurs nouveaux de l'Oligocène moyen d'Espagne». *Palaeovertebrata*, t. 2, pp. 191-207, 9 figs. Annexe: «Les Rongeurs de Tárrega», pp. 204-206.
- TOMAS, LL., y FOLCH, S. (1914).—«Les sals de potassi de Suria. La Almeraita, nov. sp.». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, 2.ª época, a. XI, n.º 4, pp. 11-13, Barcelona.
- TRUYOLS SANTONJA, J., y CRUSAFONT PAIRO, M. (1961).—«Consideracio-

- nes sobre la edad del yacimiento de vertebrados de Tárrega». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 61, pp. 99-108, Madrid.
- VERNEUIL, E., y COLOMB, E. (1868).—«Carte Géologique de l'Espagne et du Portugal. Escala 1:250.000». 1.ª ed. 2.ª ed. 1868, París.
- VEZIAN, A. (1856).—«Du terrain post-pyrénéen des environs de Barcelone et de ses rapports avec les formations correspondantes de la Méditerranée». *Thèse Univ. de Montpellier*, 116 págs., 1 mapa geol. Escala 1:80.000.
- VICENTE CASTELLS, J. (1965).—«Algunos yacimientos fósiles de la provincia de Lérida». *Bol. Sec. Est. Cent. Exc.*, 2.ª época, n.º 1, pp. 7-8. Santa Coloma de Gramanet (Barcelona).
- VIA BOADA, L. (1969).—«Aportación paleontológica a la síntesis estratigráfica y cronoestratigráfica del Eoceno marino de Cataluña». *Actas V Congr. Int. Est. Pirenaicos. Jaca-Pamplona, 1966*, C.S.I.C., pp. 5-60.
- (1969).—«Crustáceos decápodos del Eoceno Español». *Pirineos*, a 25, n.º 91-94, 479 págs., 42 figs., 12 cuadros, 39 lám. Inst. Estudios Pirenaicos, C.S.I.C. Jaca.
- VIDAL, L. M. (1900).—«La tectónica y los ríos principales de Cataluña». *Mem. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona*, 3.ª época, t. 2, n.º 26, 12 págs., 1 mapa escala 1:900.000, Barcelona.
- VIDAL, L. M., y DEPERET, Ch. (1906).—«Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña». *Mem. R. Acad. Cienc. y Art. Barcelona*, 3.ª época, t. V., pp. 311-345, 6 figs. (con versión francesa), Barcelona.
- VIDAL, L. M. (1909).—«Ressenya Mineral». *Geol. Gen. Cat.*, t. V, 2e., pp. 227-246, Barcelona.
- (1916).—«La faz de la tierra en Cataluña durante varias épocas geológicas». *Mem. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona*, 3.ª época, t. 13, pp. 61-74, Barcelona.
- WAGNER, G.; MAUTHE, F., y MENSİK, H. (1917).—«Der Salzstock von Cardona in Nordöspanien». *Geol. Rundschau*, vol. 60, n.º 3, pp. 970-996, 12 figs., Stuttgart.
- WOLFF, W. (1913).—«Das Katalonische Kaligebiet, die Südöstlichen Pyrenäen und das Vulkangebiet von Olot». *Géol. Médit. Occid.*, t. 2, 2.ª part, n.º 14, pp. 1-6, 1 fig., 1 lám., Barcelona.
- YEGROS, S. (1852).—«Apuntes sobre salinas». *Revista Minera*, t. III, pp. 104, 129, 162, 197, 225, 257, 289, Madrid.