



IGME

330

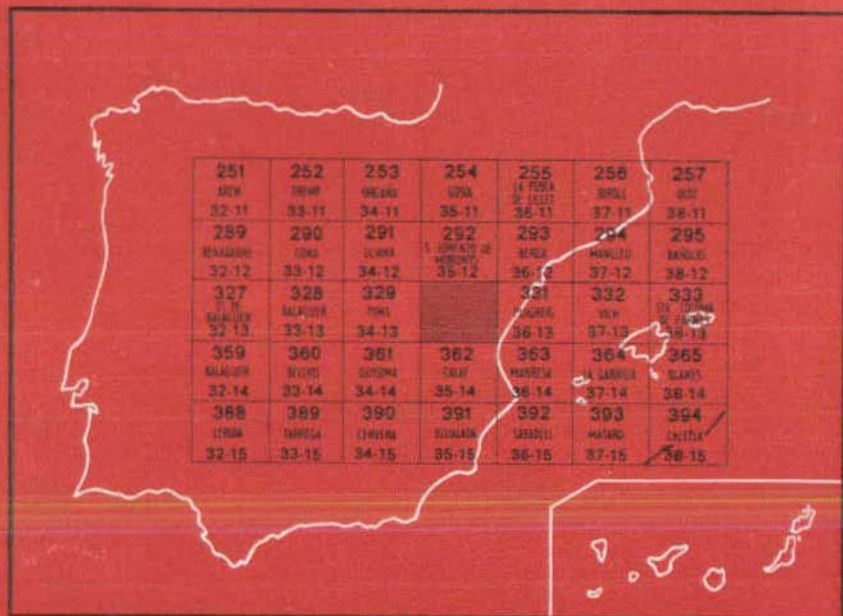
35-13

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CARDONA

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

CARDONA

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 Arderiú 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:

- muestras 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 - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal: M - 13.451 - 1975

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

1 INTRODUCCION

El territorio englobado en la Hoja de Cardona (330), del Mapa Topográfico 1:50.000, está comprendido entre los paralelos 41° 50' y 42°, y los meridianos 5° 10' y 5° 30', y pertenece a las provincias de Barcelona y Lérida. Geográficamente pertenece a la cuenca del río Cardoner en su casi totalidad, salvo el sector SO., que drena hacia el río Segre en los términos de Llanera y Ardevol. Las comarcas naturales del Solsonés y Bagés quedan parcialmente en el marco de la Hoja.

Desde el punto de vista geológico, la totalidad de los terrenos aflorantes pertenecen al Terciario continental: al Eoceno (Priaboniense Superior) y al Oligoceno, con sus pisos Sannoisiense y Stampiense. Pequeños recubrimientos cuaternarios se encuentran formando terrazas y fondos aluviales en los principales valles del Cardoner. Los mencionados terrenos terciarios están suavemente plegados en el sinclinal de Solsona, el anticlinal de Cardona, el sinclinal de Saló y el conjunto anticlinal de Suria.

En este territorio se encuentran las importantes explotaciones mineras de potasas de Cardona y Suria. Cardona, además, desde tiempo inmemorial, fue lugar de explotación de sal gema en el conocidísimo Valle Salado y Montaña Roja.

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, 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 Ludicense (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 Cardona (LARRAGAN, 1952) y su Memoria explicativa no aportan grandes novedades con respecto a cartografías anteriores a menor escala. El aspecto minero de la Memoria es, en cambio, muy interesante, como fuente de datos.

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 Micropaleontología) 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

En esta Hoja se incluyen terrenos pertenecientes al Eoceno Superior (Priaboniense) y Oligoceno (Sannoisiense y Stampiense). Además, existen

pequeños recubrimientos de materiales cuaternarios irregularmente distribuidos.

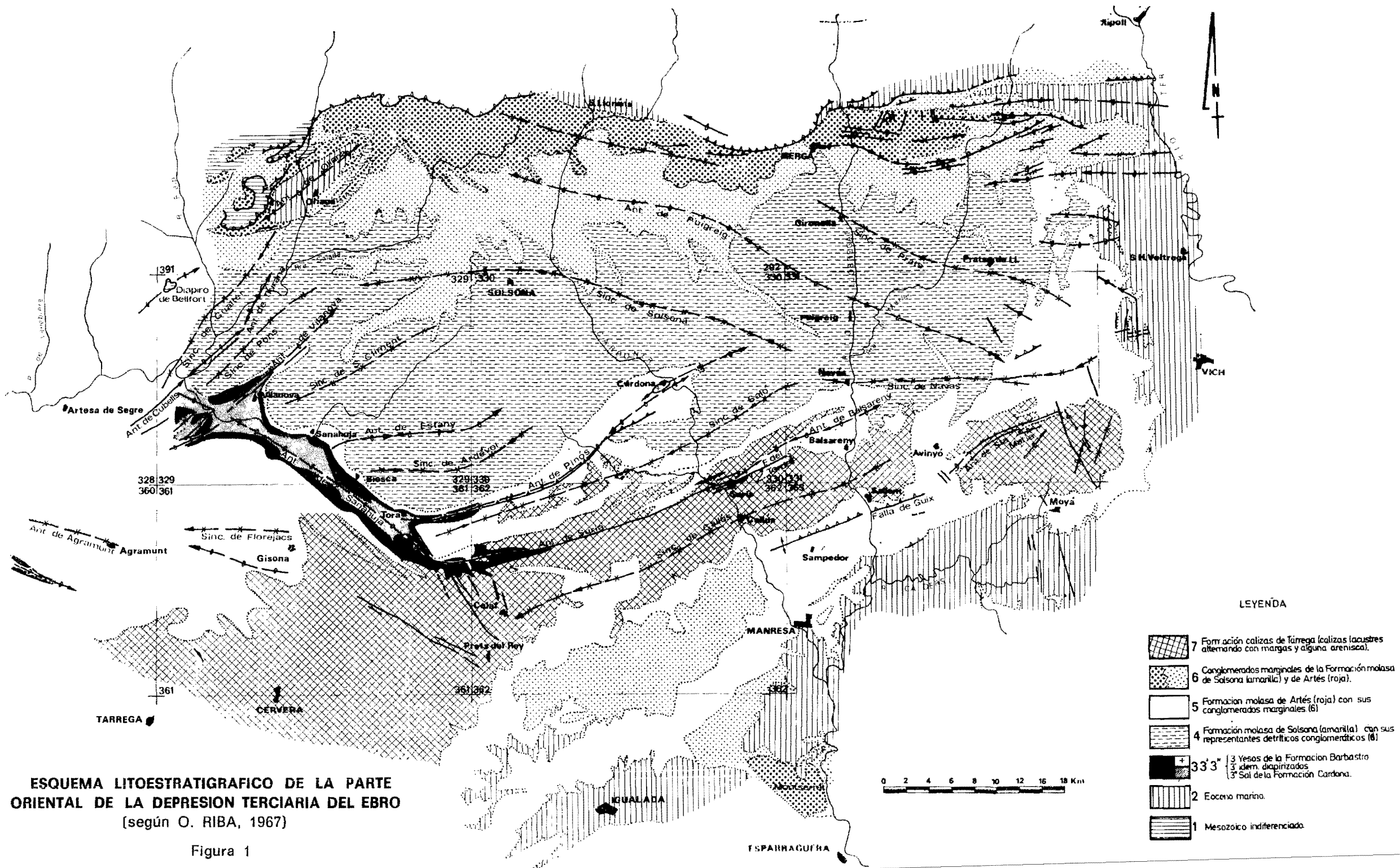
2.1 ESTRATIGRAFIA DE CONJUNTO DEL TERCIARIO

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-Collsupina, 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 granodecrescencia 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 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



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

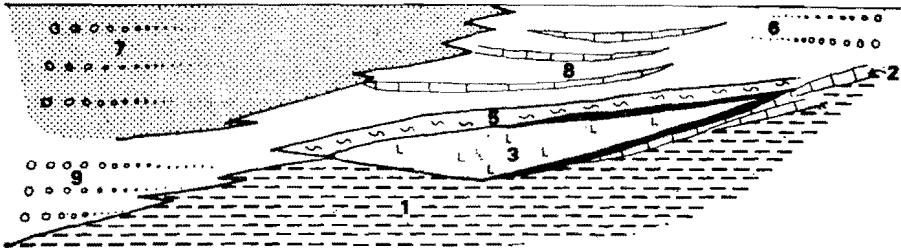
Figura 1

LEYENDA

- 7 Formación calizas de Tárrega (calizas lacustres alternando con margas y alguna arenisca).
- 6 Conglomerados marginales de la Formación molasa de Salsana (amarilla) y de Artés (roja).
- 5 Formación molasa de Artés (roja) con sus conglomerados marginales (6).
- 4 Formación molasa de Salsana (amarilla) con sus representantes detríticos conglomeráticos (6).
- 3 3' 3" { 3 Yesos de la Formación Barbastra
3' glem. diapirizados
3" Sal de la Formación Cardona.
- 2 Eoceno marino.
- 1 Mesozoico indiferenciado.

N

S



WSW

ENE

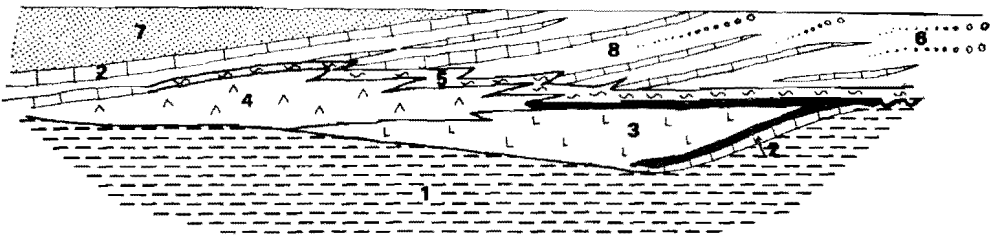


Figura 2

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).

moladas, 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 CRUSAFONT, 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 crocodilidos, 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); Anoplotérido 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 Trionícidos.
- *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 Quelonios.

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 Ludicense 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 Ludienso, 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 bio cronológicas 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 Priaboniense Medio-Superior (Tnk^{Ac}_{C22-23})

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.

La edad de esta Formación se ha fijado (ver MASACHS, 1952) teniendo en cuenta la edad de las formaciones infra y suprayacentes. En los sondeos de investigación de potasa (MARIN, 1932), cuando se ha cortado la Formación salina entera, siempre se ha pasado directamente a las margas marinas azules de Igualada de edad Biarritziense a Priaboniense Inferior-Medio o a las calizas marinas superiores, cuya edad se ha demostrado en los afloramientos al SE. de la Hoja núm. 35-14, Calaf. Por otra parte, encima de las sales, tal como se ha demostrado en las explotaciones mineras de Cardona y Suria, descansa la formación típicamente continental del Priaboniense Superior, con flora de Charáceas características, que en el apartado siguiente se detallan.

2.2.2 Priaboniense Superior (T_{c23}^{AC} ; Tm_{c23}^{AC} y Ty_{c23}^{AC})

En el ámbito de la Hoja, la cartografía presenta tres facies distintas que a continuación se describen:

Los materiales más bajos que asoman en el domo de Suria son unos yesos (Ty_{c23}^{AC}) laminados, pulverulentos, alternando con margas grises. Pueden tener en el afloramiento más de 30 m. de potencia. Asoman en el anticlinal de «Mig-Món», y pueden representar la Formación de yesos de Barbastro que recubre la Formación salina de Cardona, o, si se quiere, es el término superior *G* de la sal.

Sobre los yesos anteriores aparece una alternancia de margas y limolitas calcáreas a caliza (Tm_{c23}^{AC}) azules o localmente abigarradas, rojas, moradas, verdes. Este conjunto mide unos 70 m. de potencia en Suria. Pertenecen a la Formación/Complejo de Sanahuja. Perteneciente a la misma Formación tenemos el potente paquete sedimentario que descansa en Cardona sobre

la Formación salina (T_{c23}^{Ac}). En la base hay margas gris azuladas muy salobres y con yeso (son las capas de transición de los mineros) impermeables y que, por el otro lado, forman el techo de la sal. Afloran más de 30 m., pero en las minas de Cardona poseen una potencia de 116 a 150 m. Encima, la formación progresivamente se enriquece con niveles rojos de capas finas y medianas de areniscas, con abundantes estructuras asociadas a corrientes y de características turbidíticas («*graded bedding*», «*groove casts*», «*brush casts*», «*bounce casts*», laminación convoluta, «*ripples*» de corriente, marcas de sobrecarga, cantos blandos, etc. En algunos casos, la actividad «*burrowing*» ha sido muy intensa, pudiendo borrar parcialmente las estructuras internas precedentes). Hacia arriba, las areniscas se hacen más gruesas a medida que aumenta su porcentaje, y el color rojo es completo. En la parte más alta de la Formación se han encontrado algunas grietas de retracción, marcas de lluvia, etc., que indican el paso a una serie con emersión. En Cardona, la Formación rojo-lacustre del mencionado Complejo, y que está comprendida en el Priaboniense Superior y parte inferior del Sannoisiense, mide de 321 a 400 m. de potencia que, junto con las margas grises de transición, da un espesor total de 510 a 575 m.

Las facies yesíferas y salobres (T_{c23}^{Ac}), tal como es obvio, suelen carecer de fósiles. En cambio, las facies carbonatadas, en particular los niveles de margas y calizas arcillosas (T_{c23}^{Ac}) de la columna de Suria Norte, son prácticamente ricas en Charáceas, destacando la presencia de *Harrisichara* aff. *vasiformis* (REID y GROVES); *Harrisichara lineata*, GRAMB. (en el techo de la unidad); *Raskyella pecki*, GRAMB; *Grovesichara distorta*, REID y GROVES, y *Gyrogona wrighti* (REID y GROVES), acompañadas de otras especies de Charáceas y algunos Ostrácodos de hábitat salobre-lacustre, que caracterizan los niveles altos del Eoceno.

En la columna estratigráfica del Castillo de Cardona, las litofacies arcillo-arenosas (T_{c23}^{Ac}) rojo-grises contienen también algunas Charáceas, siempre menos frecuentes que en las series carbonatadas, de edad Priaboniense Superior, como: *Harrisichara* aff. *vasiformis* (REID y GROVES), y *Sphaerochera* aff. *tasnadii* (RASKY), junto con Ostrácodos de los géneros *Cardona*, *Loxoconcha*, *Metacypris*, *Ilyocypris*, etc.

2.3 OLIGOCENO

2.3.1 Sannoisiense (T_{c31}^A ; $T1_{c31}^A$; Tc_{c31}^A ; Tm_{c31}^A y $Tc9_{c31}^A$)

En la base del Sannoisiense de Cardona tenemos la Formación turbidítica roja (T_{c31}^A), de iguales características faciales que la del Priaboniense Superior (T_{c23}^{Ac}) descrita anteriormente.

La Formación molasa de Solsona (Ts_{c31}^A) está constituida por margas y limolitas calcáreas pardo-amarillas, basalmente abigarradas, rojo o gris, alternando con capas gruesas y bancos de areniscas con algunos microconglomerados, poco continuos lateralmente. Presentan abundantes estructuras sedimentarias, destacando la estratificación cruzada de mediana a gran escala, de tipo «trough» y cantos blandos en la base. Hacia el techo aparecen «ripples» y laminación paralela que puede estar parcialmente perturbada por la actividad «burrowing». El contacto basal de las areniscas es erosional. Hacia la parte NO. de la Hoja y norte de Solsona los bancos detríticos pueden presentarse como conglomerados (Tcg_{c31}^A) de elementos poligénicos de origen pirenaico, con tamaños crecientes hacia el Norte. Las areniscas, en algunos lugares, son verdaderas arcosas. Esporádicamente han sido vistas pequeñas impregnaciones de cobre.

Dentro de la Formación Solsona, en la parte SO. de la Hoja (zona de Pinós), aparecen intercalaciones de niveles margosos gris azulado, que contienen capas gruesas de calizas lacustres, puras o margosas (Tc_{c31}^A ; Tm_{c31}^A).

En el flanco sur del anticlinal de Cardona hemos podido demostrar la existencia de una discordancia progresiva, que pasa a angular, dentro de la molasa sannoisiense. Esta discordancia, que se ha desarrollado en dicho flanco sur, es de tipo intraformacional y está actualmente deformada, pasando hacia el SO. al pliegue falla que limita el anticlinal de Cardona. Este accidente ha sido interpretado, según las observaciones de WAGNER, MAUTE y MENSINK (1971), como una falla normal. Sin embargo, nosotros no hemos encontrado ninguna prueba en el lugar del accidente que denote la existencia de un accidente cortante. La edad de la discordancia es evidentemente intrasannoisiense, pero la deformación sufrida posteriormente puede ser mucho más moderna y muy probablemente está relacionada con la intrusión diapírica del domo salino de Cardona.

El Sannoisiense de la Hoja de Cardona se caracteriza por la presencia de las Charáceas siguientes: *Harriscihara tuberculata* (LYELL); *Rhabdochara stockmansii*, GRAMB., y *Tectochara aff. meriani*, L. y N. GRAMB.

Además, son frecuentes algunos ostrácodos, tales como: «*Cypris*» *tenuistriata*, DOLLFUS; *Ilyocypris boehli*, TRIEBEL, y *Hemicyprideis*, sp., junto a otras formas no determinables específicamente y ya mencionadas en el Priaboniense Superior.

2.3.2 Stampiense (Ts_{c32}^A y Tcg_{c32}^A)

La Formación molasa de Solsona (Tc_{c32}^A), de edad Stampiense, ocupa un extenso manchón en el NO. de la Hoja. Las características faciales son iguales que las descritas para la misma Formación en su tramo sannoisiense.

Lateralmente, y sobre todo en la parte alta de la Formación, dicha molasa

se enriquece en conglomerados, visibles en el collado de la carretera de Solsona a Basella, o en la de San Lorenzo de Morunys (Tcg^A_{c32}).

El Stampiense se ha caracterizado en la Hoja por la presencia de la *Chara microcera*, GRAMB. y PAUL, y *Tectochara meriani*, L. y N. GRAMB. En la Hoja vecina de Pons, el Stampiense de la misma mancha cartográfica ha sido caracterizado, además de por las dos mencionadas especies, por *Rhabdochara major*, GRAMB. y PAUL, y *Gyrogonia medicaginula*, LAMARCK.

2.4 CUATERNARIO

El Cuaternario requiere un estudio estratigráfico especial, si se tiene en cuenta la engorrosa discontinuidad de los materiales que lo constituyen. Discontinuidad 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 se ha utilizado para indicar aquellos aluviones, o depósitos de pequeño arrastre o formados «in situ» (aluviones y coluviones), de extensión limitada, aislados 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 o gravas de origen local, que se acumulan en pequeñas 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, que tienen, en este sector, un perfil convexo, lo cual denota que los interfluvios pertenecen a una antigua morfología de caracteres suaves, o, si se quiere, a un relieve estructural, sobre Terciario, con tendencia a evolucionar a una penillanura, y con rellenos parciales, que se han indicado también bajo la sigla (Q₂^{A1}), sin que esto prejuzgue una edad holocena o pleistocena. En otros casos son acumulaciones coluviales de vertientes fijadas en las cabeceras o depósitos de fondos de valle que, cuando han sido muy extensos, se han indicado con igual sigla.

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

Se han distinguido en la cartografía:

Q_{11} : Terraza alta, 80-100 m.

Q_1^{T1} : Terraza media, 60 m.

Q_1^{T2} : Terraza baja, 20 m.

Q_1^{T3} : Terraza inferior, 4-2 m.

La terraza alta (Q_{11}) forma algunos cerros residuales en el bajo Cardoner, pero sobre todo está representada por la formación detrítica que rodea la Montaña de Sal Roja de Cardona. Alrededor de la extrusión diapírica de la Bofia Gran, como formando un collar, a modo de un «rim syncline», hay un complejo, de unos 20 m. de potencia, constituido por margas gris-verduscas, pardo-amarillentas, algo salobres, con pasadas arenosas y gravas monogénicas, con algunos lentejones de yeso y óxidos de hierro. Por debajo descansa una capa de bloques de areniscas de origen local y con una potencia variable. El conjunto está levantado junto al contacto con la sal, con buzamientos radiales y divergentes. En las capas, WAGNER et al. (1971) encontraron restos de plantas, Charáceas y pequeños Gasterópodos, y una fauna pobre de Ostrácodos con: *Limnocythere* sp., y *Cyprideis torosa* (JONES), típicos de un ambiente mesohalino, correspondiente probablemente al Plioceno Superior y Pleistoceno. (En realidad la primera especie de Ostrácodo se encuentra desde el Eoceno hasta nuestros días; la segunda es común del Neógeno y actual.) Por su posición estratigráfica y morfológica este nivel de aterrazamiento corresponde a un momento de estabilidad del diapiro de la Montaña de Sal, y sería correlativo de la terraza alta del cerro Puigberenguer (Hoja de Calaf, muy próximo a Manresa), que contiene: *Elephas (Archidiskodon) meridionalis*, NESTI, atribuidos a un Villafranquiense s.l. (SOLE SABARIS y MASACHS, 1940; MASACHS y VILLALTA, 1953; LARRAGAN y MASACHS, 1956, y LARRAGAN y LLOPIS LLADO, 1951).

La terraza media (Q_1^{T1}), mucho mejor conservada que la anterior en el Cardoner, consta de dos niveles, unas gravas poligénicas bien rodadas, con elementos alterados, recubiertas por brechas de origen lateral y limos, quizá loésicos, calcificados; ambos conjuntos pueden adquirir bastante potencia. En Martorell se ha encontrado *Elephas antiquus*; por lo que la atribución al Riss es verosímil. Esta terraza está muy bien desarrollada en todo el Cardoner, y en Suria y Riera del Tordell está deformada y fracturada por efecto de los movimientos de las sales (SOLE SABARIS, 1957, 1964).

La terraza baja (Q_1^{T2}), que a veces se desdobra en otro nivel intermedio de carácter poligénico, es la terraza mejor desarrollada y conservada 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 si se atiende al hecho de que en un nivel análogo del río Besós apareció el *Elephas primigenius*, podemos referirla al Würm.

La terraza inferior (O_1^{T3}), que aguas abajo (Hoja de Calaf) estaba destacada, constituye aquí la llanura de inundación, con el río muy poco encajado en los lugares en que el río Cardoner tiene un valle más amplio. Por extrapolación, podría correlacionarse con la terraza del Würm del bajo Llobregat, con *Elephas primigenius*.

En general la terraza alta tiene sus elementos mucho más alterados, rubificados y gelivados que las inferiores, que presentan los elementos detríticos frescos, la terraza superior además presenta costras zonares. Aguas arriba, las alturas relativas de las terrazas disminuyen. Por esta razón, y ante la dificultad de correlacionar las terrazas de los tributarios al tronco del Cardoner, se han indicado los fondos de valle como Cuaternario indiferenciado (Q).

2.4.2 Holoceno (Q_2^{A1})

Se han señalado como Cuaternario aluvial (Q_2^{A1}) aquellas depresiones recubiertas por depósitos detríticos situadas en zonas de interfluvio, como, por ejemplo, el manto detrítico que cubre una extensa planicie cruzada por la carretera de Cardona a El Miracle, en el Hostal de Boix. Los rellenos de fondos de valles se han marcado como Cuaternario indiferenciado, así como pequeños recubrimientos en áreas cultivadas de las zonas de interfluvio.

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 desciende 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 deólicas.

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, dli-

gidas 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 desgarre 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 Bellfort-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 cuiensiense y/o luteclense 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 Vilanova 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 Calús o el de Saló, las mayores potencias medidas se encuentran 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 ámbito de la Hoja de Cardona, de NO. a SE., tenemos las estructuras que se indican en la página siguiente.

1. Sinclinal de Solsona.
2. Estructura de Cardona.
3. Sinclinal de Saló.
4. Estructura de Suria.
5. Anticlinal del Estany.
6. Sinclinal de Ardevol.

El sinclinal de Solsona es de gran radio, con flancos muy extensos y abiertos y buzamiento axial hacia el ONO. Cruza la Hoja de ONO. a ESE., y se funde hacia Navás con el sinclinal de dicho nombre, de la vecina Hoja de Puigreig.

El sinclinal de Saló es igualmente de gran radio, y discurre paralelo a los anticlinales de Cardona y Suria. También tiene buzamiento axial hacia el OSO.

El anticlinal del Estany es un braquipliegue, vergente suavemente al SE., de gran radio, y que, según la sísmica es una estructura de fondo plano, constituido por una enorme intumescencia salina. No se ha perforado nunca.

El sinclinal de Ardevol, al igual que el anticlinal de Estany, se sitúa entre las dos Hojas de Cardona y Pons; también es de gran radio y flancos suaves.

Las dos estructuras de Cardona y Suria, dada su importancia minera y la mayor complicación estructural, merecen un estudio más detallado.

Estructura de Cardona. Dado su interés geológico y minero, la estructura de Cardona ha sido estudiada por MARIN (1923, 1926, 1932), LARRAGAN (1952), WAGNER (et alt. 1971), y en informes inéditos que hemos podido consultar (O. RIBA, 1970, C. G. S., Vitoria), y S. RAMOS (U. E. E., 1963, 1967) (Figs. 4 y 5).

La estructura de Cardona consta de varios ejes de plegamiento orientados de NE. a SO. Dos ejes anticlinales se relevan precisamente en Cardona:

- Anticlinal de Cardona;
- Sinclinal Intermedio;
- Anticlinal de Pinós,

y están separados, en la zona del relevo, por el llamado «sinclinal intermedio» por S. RAMOS. El anticlinal de Cardona se inicia en la terminación periclinal de la Bofia Gran, cruza el diapíro de Cardona, y sigue, en dirección NE., hacia Serrateix, donde termina por aplanamiento de su chamela. El anticlinal de Pinós, también llamado «anticlinal Sur» por S. RAMOS, viene del SO., de la zona de Torá (Hoja núm. 361, Guissona), convertido en un visible pliegue-falla, vergente al SE., en el que, en las cercanías de Llardella la falla cabalgante desaparece para pasar hacia el NE. a un anticlinal, también vergente al SE. y de flanco S. vertical o subvertical. Localmente llega a invertirse, o a presentar suaves ondulaciones, a modo de pliegues de

arrastré. Este hecho, al parecer, ha inducido a WAGNER, MAUTHE y MEN-SINK (1971) a interpretar dicho flanco como si fuera un repliegamiento isoclinal, imposible dado el enorme espesor de la serie suprasalina. Asimismo, los mencionados autores colocan una falla axial, de carácter normal a lo largo de dicho eje anticlinal. Aunque es probable exista, no ha sido marcada en el mapa, pues, a pocos metros de profundidad esta falla coincide con la base de la serie suprasalina llevada a la casi verticalidad (véase la Fig. 3). El eje del anticlinal de Pinós, hacia el SO. evoluciona a un pliegue falla, cabalgante hacia el SE.; es posible, pues, que la falla axial de WAGNER sufra un giro, invirtiéndose en dicha dirección. Al mismo tiempo, dicho anticlinal de Pinós presenta un buzamiento axial hacia el SO.

En el flanco SE. del anticlinal de Pinós, los repetidos autores alemanes colocan otra falla normal que separa un paquete subvertical de otro menos inclinado. Según nuestras observaciones (O. RIBA, 1971) se trata en realidad de una discordancia angular deformada. El contacto entre ambos terrenos no presenta rotura de ninguna clase.

El «sinclinal Intermedio», entre el de Cardona y el de Pinós solamente existe, como es lógico, en corto espacio en que se verifica el relevo (es decir, unos 3,5 km.). Hacia el NE., el eje del sinclinal se endereza (con un «plunge» hacia el SO.), con lo cual el anticlinal de Pinós se convierte en una doble flexura o terraza tectónica (visible desde La Coromina), desplegándose más al E. para formar el flanco S. del anticlinal de Cardona, ya en la orilla izquierda del Cardoner. Por el otro extremo, el sinclinal intermedio sufre una evolución parecida, visible en las inmediaciones de la Casa Valsegura.

Los dos anticlinales están netamente vergentes al SE. El flanco NO. del anticlinal de Cardona buza solamente unos 25-35° al NO.

Si se tiene en cuenta la estratigrafía de detalle del braquianticlinal de Cardona (estratigrafía que se tiene completa con los datos de minería y del perfil del flanco S. del cerro del Castillo), se pueden observar algunas fallas que afectan los rebordes del mismo. La más destacable es la «falla de Cardona», de dirección NE.-SO., que aparenta un desgarré levógiro, pero en realidad es una falla en tecla de piano erosionada. Otras fallas del mismo estilo se han observado en el cerro del Castillo, NNO.-SSE.; y otras que además cortan los derrubios cuaternarios que recubren la sal aflorante en la vertiente sur del Valle Salado, debidos a fenómenos de asentamiento salino causados por disolución y colapso.

El contacto Terciario detrítico con la sal no es normal en todo el contorno del braquianticlinal salino de Cardona. Numerosas perforaciones oblicuas y los sondeos realizados así lo atestiguan. En el pozo «María Teresa» y la galería de 80 m. se corta el contacto mecánico de la sal con las margas grises de la base del Terciario suprayacente. El plano tiene una inclinación de 45° hacia el Sur; y la sal cobija a dichas margas. Es decir, la disposición

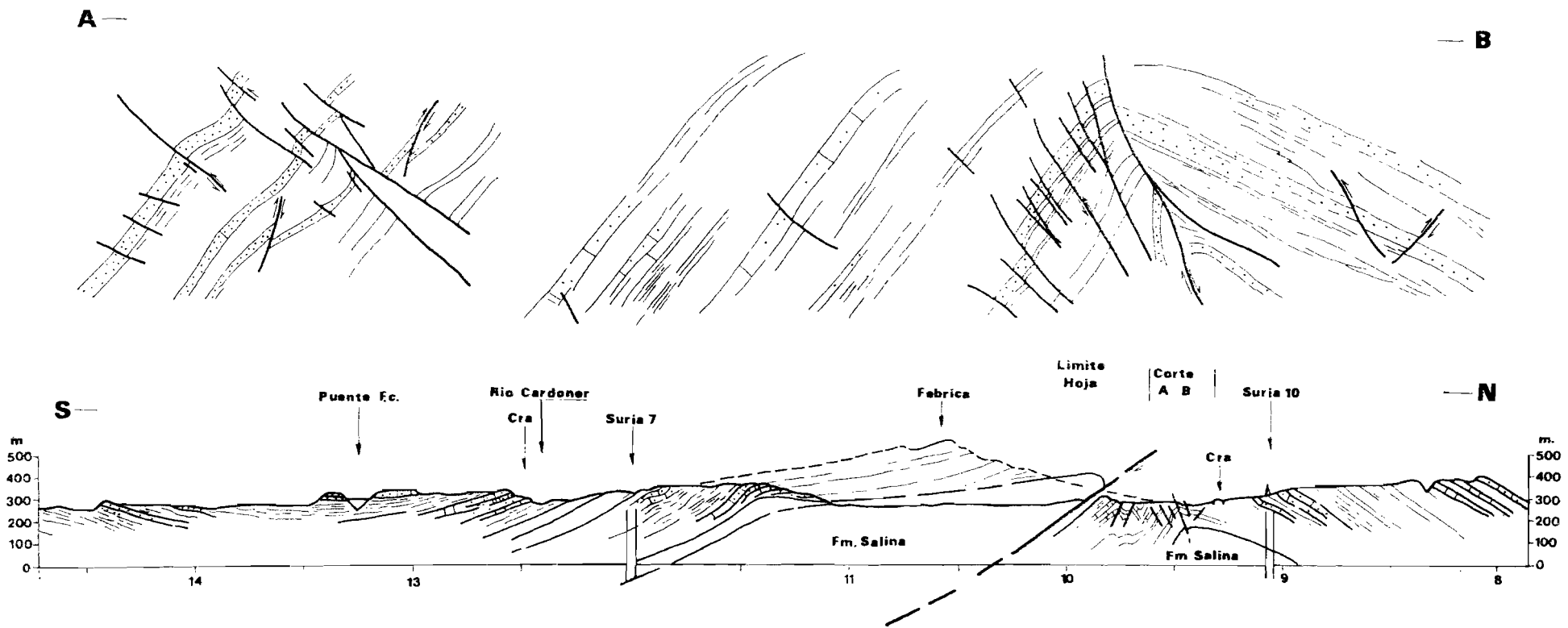


Figura 3

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

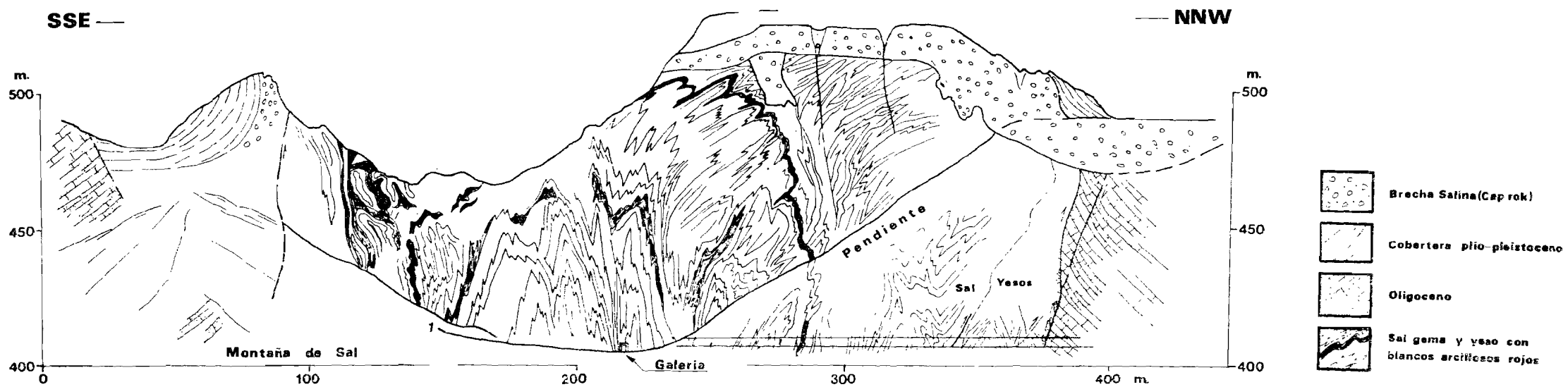


Figura 4

Corte esquemático del afloramiento de la montaña de sal roja de Cardona, según WAGNER, MAUTHE y MENSİK (1971).

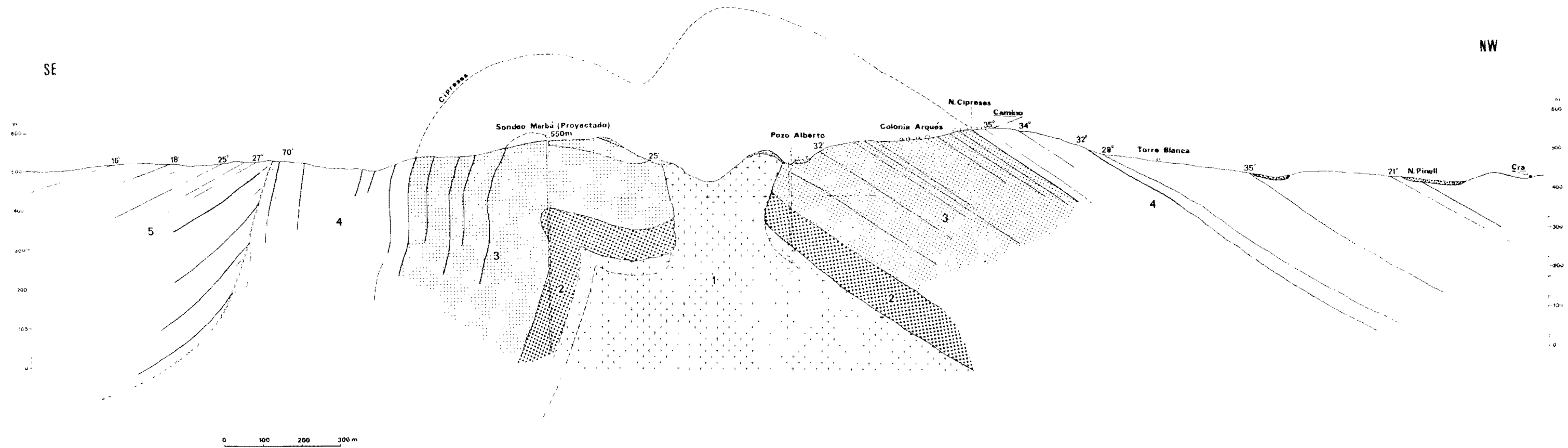


Figura 5

Corte por el anticlinal y diapiro de Cardona (según O. RIBA, 1970, CGS. Inédito). 1: Formación salina de Cardona. 2: Capas margosas de transición. 3: Complejo lacustre de Sanahuja; margas y areniscas turbidíticas. 4: Priabonense Superior y Sannoisiense Inferior en facies molasa de Solsona. 5: Sannoisiense discordante, en discordancia angular deformada.

del afloramiento salino es fungiforme; la sal desborda los contactos de la formación suprayacente; y a menudo ésta se frunce e invierte en dicho contacto y se brechifica. El corte de WAGNER (et al., 1971) y los estudios de microtectónica realizados por él, especialmente de medición estadística de los buzamientos axiales de micropliegues, atestiguan tal estructura. Así pues, tenemos que el afloramiento de sal de Cardona tiene todos los caracteres de un diápiro.

Las labores mineras de U. E. E. (hoy U. E. R. T.) se han desarrollado a bastante profundidad y apartándose, hacia el NO., de la vertical del afloramiento diápirico. Los numerosos cortes seriados, orientados de N. a S. y separados de 20 en 20 metros, son un documento científico de un valor extraordinario que D. SANTIAGO RAMOS nos ha dejado consultar. La estructura halocinética adquirida por la Formación salina ha dado lugar a la formación de pliegues de tipo similar (véase el estudio de S. W. CAREY) de varios órdenes. Si llamamos al anticlinal de la cobertera suprasalina «pliegue de primer orden», en dichas minas se observan otros pliegues anticlinales de «segundo orden», más de cinco visibles, formados por núcleos de sal vieja o de muro y separados por silvina y carnalita en los sinclinales estirados y pinzados hacia abajo, lo cual indica un desenraizamiento con respecto al substrato de la sal, y una migración del conjunto y una vergencia hacia el SE. Los ejes de plegamiento de segundo orden guardan paralelismo con el de primer orden, es decir, van orientados de SO. a NE.; aunque el buzamiento axial es fuerte en algunas de esas estructuras. Las deformaciones geológicas salinas y el comportamiento plástico diferencial de la silvinita, o carnalita, con respecto a la halita, han dado lugar a «hinchamientos» muy buscados para la explotación de la mena, o a «enclaves» totalmente desgajados de la formación, o también a estiramientos, con anulación de las capas potásicas. La altura de estos pliegues de segundo orden (a escala hectométrica) disminuye a medida que nos alejamos de la charnela del anticlinal de Cardona; en sentido opuesto, cuando se llega a la vertical del afloramiento diápirico, la formación salina parece que ha sido «succionada» hacia arriba por efecto de la inyección diápirica. En fin, dentro de los pliegues de «segundo orden», pueden observarse otros de «tercer orden», a la escala métrica o decamétrica, en disposición isoclinal, cuyos ejes guardan paralelismo con los anteriores.

En resumen, desde el punto de vista evolutivo el estudio profundo del piso tectónico 2, o salino, permite deducir cómo se ha realizado la migración salina para rellenar los núcleos de los anticlinales «semidiápiricos» (así los llama el Prof. J. M. RIOS). Paquetes de la Formación salina, que responden a anticlinales de segundo orden, son arrastrados y estirados hacia el eje anticlinal. Esta migración tuvo lugar durante la fase orogénica intrasannoisiense, como lo atestigua la discordancia angular del flanco sureste de la estructura de Cardona; pero sin perforar el techo. La inyección diápi-

rica salina se iniciaría más tarde probablemente en la fase pirenaica tercera (la pre-aquitaniense-oligocena superior) a través de un ojal. Esta inyección salina, que aún prosigue en la actualidad, provocó el hundimiento del flanco sur y formación del sinclinal intermedio; así como la deformación de la discordancia angular antes mencionada.

La subida diapírica de la sal aún es activa, tal como lo demuestra el «collar» de materiales «villafraquienses» deformado alrededor de la Gran Bofia.

Estructura de Suria. Estructura también de interés minero, que se encuentra en el límite entre las Hojas de Calaf y Cardona (Fig. 3).

Como ocurre con la estructura de Cardona, la de Suria también se localiza 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 alt., 1971).

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 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 es-

estructuras. Termina periclinalmente y no tiene una extensión superior a los 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 Bagés, hay algunos repliegues de la cobertera detrítica 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

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 biarritzense-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 continuada. 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 microfaua (Ostrácodos) y microflora (Charáceas) tanto en el Priaboniense Superior como en el Sannoisiense y Stampiense.

La presencia de Ostrácodos pertenecientes a los géneros *Loxococoncha*, *Fabanella* (*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*, *Loxococoncha*, 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 depó-

sitos químicos más solubles, como son los yesos e incluso halita (cartografiados en las Hojas de Pons y Calaf) (Formación yesos de Barbastro). 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 Mequinenza. 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 Sannosiense el color de los depósitos continentales, especialmente los arcillosos, es predominantemente el rojo. Sin embargo, ya antes de terminar el Eoceno empiezan, por lo menos en la parte oriental de la cuenca (zona de Avinyó-Puigreig), 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 Priaboniense 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 Sannoisiense 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 Sannoisiense (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 (SEGURET, 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 halocénico, una vez cebado, pudo desarrollarse con cierta autonomía, prolongando la duración del plegamiento de la cobertera continental. A esta misma fase diastrófica 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 colmatación 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 cues-

tas 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 (Villafranquiense) se sitúa en el tránsito plio-cuaternario.

En el Cuaternario se registra la profundización de los valles, con la formación de los episodios de aterrazamiento 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 MINERIA Y CANTERAS

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

1. Sales sódicas y potásicas.
2. Lignitos.
3. Gravas, arcillas y yesos.

5.1 SALES SODICAS Y POTASICAS

La sal gema ha sido explotada desde tiempo inmemorial en la llamada Montaña de Sal o Montaña Roja. En el Valle de las Salinas se ha encontrado una relativa abundancia de instrumentos neolíticos que parecen demostrar que el laboreo de estas minas ya se realizaba en aquella época. Plinio habla de la explotación de las salinas, y Auto Gello, del siglo II, también las menciona. Desde entonces las explotaciones salinas puede decirse que se han continuado hasta la actualidad sin interrupción alguna. Hay referencias de minería durante la dominación árabe y visigótica. Numerosos privilegios fueron otorgados a Cardona y a sus duques, y su plaza fuerte ha desempeñado un importante papel en el transcurso de la historia moderna. De 1715 a 1859 se estableció el estanco de la sal, quedándose los vecinos de Cardona sin poder recibir la sal que les correspondía.

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 interestratificación de halita en la carnalita, y otra en la silvinita, al mismo tiempo que esta última suele presentar tonos más claros.

La investigación de la cuenca potásica catalana, como es normal en la prospección de sales sódicas y potásicas, tuvo que hacerse mediante sondeos y perforaciones, ya que las aguas meteóricas disuelven la sal de los afloramientos. La mal llamada «Montaña» de Sal Roja de Cardona es una excepción y constituye el único afloramiento salino existente en Europa occidental. En realidad, no es una montaña, o relieve sobresaliente, sino todo lo contrario: la sal asoma en Cardona en el fondo de un valle, la Riera Salada, parcialmente recubierto por arcillas y gravas coluviales. La sal aflora en los paredones verticales y en los embudos de disolución o «bòfies» (en el país); algunos enormes como la Bòfia Gran, en cuya pared occidental se puede observar en un gran afloramiento salino, replegado y versicolor que, desde abajo, aparenta ser una montaña; es la montaña de sal tantas veces fotografiada y que ha sido estudiada en detalle por WAGNER, MAUTHE y MENSINK (1971). En general los afloramientos salinos se «autoprotegen» de la disolución meteórica debido a que los «insolubles» o arcillas formando bandas muy finas (menos de 3 mm. en general) interestratificadas, permanecen «in situ» al ser lixiviadas las sales y dan lugar a un manto impermeable. Ahora bien, en el caso concreto de Cardona, el hecho de que el afloramiento no se haya concluido se debe al carácter diapírico del mismo (véase el apartado 3 de Tectónica): la disolución progresiva del afloramiento es compensada por la ascensión halocinética salina. La existencia del Cardoner, cortando por el Este el afloramiento de sal, mantiene una erosión muy activa que favorece el abarrancamiento en general y provoca un fuerte gradiente hidrogeológico con evacuación rápida de las salmueras de la Riera Salada. En la actualidad, parte del valle salado, que debería de preservarse como un monumento de la naturaleza, va siendo recubierto por las escombreras de la mina y los vertidos residuales de la fábrica, formando conos de más de 100 m. de altura o mantos de sal inaprovechables, con lo que, en definitiva, se consigue un aumento notable de la salinidad del río Cardoner, ya de por sí nada despreciable aguas abajo de Cardona.

Los sondeos y pozos que se abrieron después del descubrimiento de la potasa en Suria tuvieron distintas finalidades. El Estado, a partir de 1919 perforó ocho sondeos, dentro del perímetro de la reserva, con el fin de explorar la cuenca, delimitar en lo posible la extensión y valorar la potencia de los horizontes potásicos, así como el espesor del recubrimiento oligoceno. Las empresas particulares, en cambio, realizaron los sondeos dentro de sus concesiones mineras con fines de reconocimiento e investigación de los respectivos yacimientos.

A) En Cardona, la Sociedad de Industria y Comercio adquirió las minas

que rodeaban las antiguas salinas del Duque de Tarifa, con el fin de reconocer rápidamente el yacimiento salino. Se ubicó un pozo en la mina «Manuela», junto a la fábrica actual de U. E. R. T., en la orilla izquierda del Cardoner, que, sin rebasar mucho los 100 m. de profundidad, no alcanzaron la sal que aflora a tan poca distancia; vías de agua y una falla tangente fueron la causa del abandono. El pozo «Nieves», situado detrás de las salinas, tampoco fue afortunado. En la «Mina Romana» se abrieron dos pozos paralelos, sin cortar la sal, ya que los ubicaron en el flanco sur vertical del diapiro, a pesar de la poca distancia del afloramiento salino. La Unión Española de Explosivos, que absorbió a la sociedad antes citada, puso en marcha un plan de reconocimiento detallado dentro del diapiro de Cardona, practicando una serie de perforaciones en la Montaña Roja de Cardona que dieron por resultado poner de manifiesto una importante riqueza potásica, especialmente en silvinita.

La galería situada al pie mismo de la Montaña Roja, ofrecida por UERT a observación de los numerosos visitantes que acuden a aquel lugar, presenta afloramientos muy buenos de sal de distintos tipos, replegada y brechificada; sin embargo, hay capas que conservan todas las características externas de la silvinita, pero que ha sido sustituida por cloruro sódico.

B) El Estado abrió dos pozos de exploración dentro del marco de la presente Hoja (para mayor detalle, consúltese MARIN, 1923; MARIN, 1932, y LARRAGAN, 1952).

El sondeo *Cardona-1*, o mejor conocido por *sondeo de Llardella* (1920), se situó a unos 8 Km. de Cardona, y cerca de la Casa Llardella, y a 350 m. del eje anticlinal de Cardona, con buzamientos muy fuertes, 75-82°/SE. Se cortaron:

- 0- 720 m. De areniscas y margas rojizas.
- 720- 948 m. Margas con areniscas y yesos.
- 948-1.309 m. Margas abigarradas, con algunas areniscas, calizas y anhídrita.
- 1.309-1.334 m. Margas con areniscas grises.
- 1.334-1.428 m. Sal, anhídrita y alguna marga.
- 1.428-1.477 m. Margas con arenisca, anhídrita y sal.
- 1.477-1.514 m. Sal y margas.
- 1.514-1.573 m. Sal y carnalita (anhídrita en la parte alta, por debajo halita y carnalita).
- 1.573-1.583 m. Silvinita.
- 1.583-1.643 m. Halita blanca cristalina.

A pesar de no ser explotable la potasa descubierta, debido a la gran profundidad, se demostró la extensión de la cuenca potásica, ya que la potasa aún no se había descubierto en Cardona.

El *Sondeo Cardona II* quedó situado al norte de Cardona, junto al río y a la carretera de Solsona, km. 35,5, cerca del límite provincial. Se alcanzaron los 1.200 m. de profundidad, abandonándose sin alcanzar la Formación salina.

Muy próximo al emplazamiento de este sondeo, Obras Públicas abrió recientemente (1970) otro sondeo (*M. O. P.-2*), unos 200 m. al E. del anterior, con el fin de investigar la existencia de posibles acuíferos para la inyección de salmueras. Tampoco se alcanzó el techo de la sal.

C) En la mina «Nieves» de UERT, de Cardona, la Sociedad Unión Española de Explosivos emprendió en 1925 la excavación de los dos pozos: «*Alberto*» y «*María Teresa*», iniciándose la explotación hacia 1929. El pozo «*Alberto*» alcanza el nivel de 780 m. y es prolongado por un contrapozo hasta el nivel de 1.020 m. Ambos pozos geológicamente fueron emplazados sobre las margas rojas y areniscas del flanco NO. de la Bòfia Gran, buzando 32° NO. Se entra en la sal masiva a partir de los 247 m., y las primeras capas replegadas de silvinita se encuentran por debajo de la cota 484 m. En el nivel de 80 m. hay una interesante galería dirigida hacia la Montaña Roja, que corta una falla inversa poniendo en contacto anormal la sal encima de las margas salobres con anhidrita perteneciente al techo de la misma. Se han explotado muchos niveles, trabajándose en la actualidad en los más profundos (920 y 1.020 m.), donde la temperatura de la sal alcanza los 45° C. Enormes cavidades o salas han sido excavadas durante el laboreo de la potasa, en los cuales tienen alturas de más de 80 m., y pueden servir para rellenos. Hasta hace poco la explotación se hacía remontando la mena triturada mediante los «*skips*» hasta la boca, y de allí a la fábrica mediante un cable aéreo. Este método ha sido sustituido por cintas transportadoras instaladas en varias galerías en rampa que emboquillan en la antigua mina de Sant Onofre, y de este punto a la fábrica mediante otra cinta que cruza la carretera y el Cardoner.

La misma empresa abrió varios sondeos más en el área de Cardona:

El *sondeo Foraky* (a unos 600 m. al E. de la fábrica «*Manuela*»), atravesó 500 m. de margas y areniscas rojas de la formación lacustre; luego margas grises con anhidrita, hasta 600 m., margas con anhidrita y sal hasta 650 m., cortándose la primera capa de carnalita alternando con halita hasta 1.020 m., en que se entra en la silvinita en capas muy inclinadas, para entrar a los 1.080 m. en la sal vieja de muro. Alcanzó los 1.200 m. de profundidad.

El *sondeo Marbá*, ubicado al S. de la Bòfia Gran, cerca de la casa de este nombre, y sobre el eje del anticlinal sur, no llegó a alcanzar la formación salina, ya que, a partir de los 100 m. de profundidad, entró en capas muy inclinadas del miembro lacustre de transición.

D) La Sociedad Fodina ejecutó dos sondeos. Uno, llamado *sondeo de Semís*, situado muy próximo al borde S. de la presente Hoja, cerca del

Torrente Coaner, en la mina «Alfa», cortándose sal con indicios de potasa a los 655 m., suspendiéndose a los 726 m.

El sondeo de Saló, muy próximo al anterior, junto a la riera de dicho nombre y cerca del eje sinclinal, fue más fructífero:

Las unidades atravesadas fueron:

- 0- 822 m. Margas rojas y grises alternando con areniscas.
- 822- 884 m. Margas grises y anhidrita.
- 884- 980 m. Anhidrita, alguna marga e hiladas de sal.
- 980-1.112 m. Sal común y alguna marga.
- 1.112-1.191 m. Halita y carnalita.
- 1.191-1.196 m. Silvinita.
- 1.196-1.243 m. Halita.

E) La Sociedad Salinas Victoria realizó tres interesantes sondeos entre Suria, Castelladral y Cardona.

El sondeo de Salinas Victoria-1 (S. V. 1). Se situó junto al puente de la carretera Suria-Cardona, en la margen derecha del Cardoner.

- 0- 924 m. Areniscas rojas y margas.
- 924-1.018 m. Margas grises del miembro de transición, con nódulos de anhidrita y capitas de sal.
- 1.018-1.112 m. Halita y carnalita.
- 1.112-1.207 m. Halita y carnalita, con algo de silvinita (hasta 1.180 m.), y debajo cuatro capas de silvinita alternando con halita.
- 1.207-1.256 m. Sal vieja.

Sondeo de Salinas de Victoria-2 (S.V. 2). Sitio en el término de Castelladral, en el fondo de la Riera de Hortons, cerca de la confluencia del Torrente de Can Canel de Baix, y en el eje sinclinal de Callús. Estratigrafía similar al anterior; alcanzó la formación salina a los 1.092 m., entrando en una alternancia de halita y carnalita, muy trastornadas, de 77 m. lineales; luego cortó tres capas de silvinita separadas por halita, de 11 m. y finalmente penetró en la sal común de muro.

Sondeo de Salinas de Victoria-3 (S.V.3). Ubicado en la misma Riera, pero más al Sur, próximo al Torrente de Taulet. Se profundizó hasta los 1.371 m., cortando la sal de techo con carnalita entre 1.185 y 1.256 m., luego tres capas de silvinita, hasta 1.268 m., y el resto representa la sal vieja o de muro.

F) En la zona inmediata a Suria, la Sociedad Minas de Potasa de Suria realizó varios sondeos, de los cuales cuatro quedan dentro de la Hoja de Cardona.

Sondeo Suria-10 (S. 10). Fue emplazado al N. de Suria y del eje anticlinal de Balsareny, junto al Cardoner y en el paraje llamado Mig-Món. Se cortaron margas abigarradas con dos bancos de yeso que se hacen progresivamente más salobres hacia abajo, hasta 145 m. De 145 a 233 m. se atravesó una

potente formación de margas grises, algo yesíferas y con algunas intercalaciones de halita. A partir de esta cota y hasta que se abandonó el sondeo, a los 1.023 m., se cortaron tres capas de carnalita y luego otras tres de silvinita, repitiéndose la silvinita a los 944-952 m. El enorme espesor de la sal común y la repetición del horizonte potásico infrayacente a la sal gris, hicieron suponer, y con razón, a LARRAGAN (1952), que se trataba de un repliegue importante de la Formación salina; mientras que MARIN (1932) opinaba que existiría una segunda capa potásica en la base del yacimiento salino, cosa que no se ha demostrado.

Sondeo Suria-11 (S. 11). Fue situado entre el eje del anticlinal de Balsareny y la carretera Suria-Balsareny, próximo al N. del Km. 55. Se cortaron:

- 0- 162 m. Margas rojas y calizas.
- 162- 259 m. Margas abigarradas y yeso.
- 259- 313 m. Margas abigarradas y calizas.
- 313- 432 m. Margas gris, calizas margosas y yeso.
- 432- 438 m. Sal con anhídrita y arenisca.
- 438- 639 m. Margas abigarradas en la parte alta que pasan progresivamente a gris en la base, con yeso, calizas margosas y algo de sal.
- 639- 678 m. Sal de techo.
- 678- 756 m. Halita y tres bancos de carnalita.
- 756- 793 m. Halita y tres bancos de silvinita.
- 793-1.040 m. Halita. Sal gris de muro o sal vieja.
- 1.040-1.048 m. Halita con algo de carnalita.
- 1.048-1.061 m. Yeso (¿anhídrita?) y calizas.
- 1.061-1.069 m. Margas y caliza (¿marinas?). Probablemente de la Formación Igualada.

Sondeo Suria 12 (S. 12). Fue emplazado sobre la terraza del Cardoner, y cerca del Km. 19,8 de la carretera Suria-Cardona, entre la Colonia Valls y El Palà de Torroella. Este fue un sondeo que, como el anterior, alcanzó las margas y calizas de la Formación Igualada (Eoceno marino) a los 1.165 m. Cortó en primer lugar, capas subhorizontales de margas rojas, calizas y alguna arenisca, hasta 664 m. A continuación se entró en la formación lacustre, primero con un banco de 16 m. de sal con margas grises; luego margas abigarradas que pasan hacia abajo a margas grises yesíferas que se van cargando en sal; para penetrar en la Formación salina a los 874 m. Esta se descompone en el término de carnalita, con dos capas hasta 947 m. y en el término silvinitico con dos capas hasta 978 m. La sal gris o sal vieja hasta 1.160 m. y, tras el intervalo de 5 m. de yesos, se pasa a la Formación marina. Este perfil, creemos poco deformado por la halocinesis, se puede considerar bastante normal, en cuanto a potencias y distribución vertical de los términos estratigráficos.

Sondeo Suria-13 (S. 13). Situado junto al eje del anticlinal de Balsareny, unos 200 m. al O. del km. 50 de la carretera de Suria a Balsareny y en la misma divisoria del Cardoner con el Llobregat.

- 0- 619 m. Margas rojas, a veces yesíferas, con areniscas y alguna caliza lacustre. Un banco de lignito de 0,5 a 91 m. de profundidad.
- 619- 826 m. Margas abigarradas yesíferas y alguna caliza margosa (166 m.), un potente banco de 22 m. de areniscas y 19 m. de margas grises con algo de sal.
- 826-1.172 m. Formación salina; con un banco de carnalita de 5 m. a la cota de 848 m. y dos de silvinita de 6,5 y 7,1 m., respectivamente, a 873 y 909 m. de profundidad.
- 1.172-1.176 m. Yesos (4 m.).
- 1.176-1.185 m. Marga calcárea eocena. Formación Igualada.

MARIN (1932) estima que la formación potásica de 90 m. reducida a su verdadera potencia serán unos 70 ó 75 m.

Según el Mapa Metalogenético de España, Mineralizaciones de Potasas-Sal Común (IGME, 1972), la producción de las minas de Cardona representa para el año (se supone que de 1971) el 22 por 100 con respecto a la producción nacional, que equivale a unas 135.000 toneladas de K_2O .

5.2 LIGNITOS

MAURETA y THOS (1881) citan en Saló (junto al borde sur de la Hoja de Cardona) una capa de lignito de 0,20 m. de potencia en los parajes de dicha localidad, llamados El Couren y La Serra de Cenís. Como es sabido, esas formaciones ligníferas van ligadas a las facies calcáreas lacustres, muy extensas y bien desarrolladas en la Hoja vecina de Calaf. Por otra parte, y citemos como curiosidad, la capa de lignito que se atravesó en el *Sondeo Suria-13*, de 0,50 m. de espesor y a 91 m. de profundidad, precisamente en una alternancia de calizas y margas (MARIN, 1932).

5.3 GRAVAS, ARCILLAS Y YESOS

Las sustancias explotadas en canteras no tienen, por el momento, gran importancia en la zona de la Hoja de Cardona. Algunas canteras para áridos, especialmente en las terrazas fluviales, se explotan de modo intermitente, y según las necesidades de los constructores. Ha habido muchas ladrillerías de carácter artesano en la mayor parte de las poblaciones de la Hoja.

El yeso se ha explotado en las inmediaciones de Suria, donde aflora, tratándose en los clásicos hornos de leña.

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.

7 BIBLIOGRAFIA

- ALMELA, A. (1943).—«Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Memoria explicativa de la Hoja n.º 294, Manlléu». *Inst. Geol. Min. España*, 52 págs., 9 láms., Madrid.
- ALMELA, A., y RIOS, J. M. (1943).—«Contribución al conocimiento de la zona subpirenaica catalana. 2.ª parte. Las edades de los yesos del Eoceno catalán y algunas observaciones sobre la estratigrafía del mismo». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 56, pp. 391-452, 1 fig., 3 láms., 1 mapa, Madrid.
- (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.
- 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.
- 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 TEICHMÜLLER, 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.
- BARRERA, E. (1967).—«Estudio sobre innovaciones y tendencias en la minería de potasa de Europa Occidental». *III Jorn. Nac. y I Int. Minero-Metalúrgicas, Gijón 15-20 mayo de 1967. Actas*, t. 1, pp. 655-787, Gijón.
- 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.

- [1931].—«La sal gema», t. VI, p. 19, Ed. Salvat, Barcelona.
- [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.
- 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. Agrícola*, t. 10, pp. 129-149, Barcelona.
- (1954-1955).—«Enumeración de las especies nuevas del Eocénico de España». *Anal. Esc. Perit. Agrícola. 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.*, Paris.
- 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 Kalisalzlagertstätten». *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., Frankfurt.
- 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, Paris.

- CASADES I. GRAMATXES, P. [1897].—«Lo Lluçanés. Excursions a dita comarca». *Trab. Centr. Exc. Catalunya*, Barcelona.
- CLOSAS MIRALLES, J. [1948].—«Los carbonos 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.
- COMES, J. (1786).—«Memoria sobre las salinas de Cardona». *Discurso leído en la sesión del 20 de diciembre en la Real Academia de Cienc. Art. Barcelona* (inédito, en el Archivo de la R. Acad.), Barcelona
- (1787).—«Disertación sobre el modo cómo se produce la sal en la montaña de Cardona». *Discurso leído en la sesión del 17 de diciembre en la R. Acad. Cienc. Art. Barcelona* (inédito, en el Archivo de la R. Acad.), Barcelona.
- COMISION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA (1892).—«Mapa Geológico de España. Hoja n.º 23. Escala 1:400.000», Madrid.
- CORDIER (1817).—«Mémoire sur les mines de sel gemme de Cardone». *Ann. des Mines*, t. II, p. 179, y *Jour. de Physique*, vol. LXXXII, p. 343, París.
- 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 ma-

- míferos 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.
- (1933).—«Structure orogénique du versant méridional des Pyrénées orientales et centrales». *Bull. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, vol. 33, n.º 4-5, Barcelona.
- DALLONI, M. (1930).—«Etude Géologique des Pyrénées Catalanes». *Ann. Fac. Sc. Marseille*, t. 26, Fasc. 3, 373 págs., 65 figs., 12 láms., 3 mapas, Alger.
- 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. Geol. 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).—«Mamífers fòssils 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.^o 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.
- (1973).—«Nuevas aportaciones a la sistemática y paleoecología de la flora oligocena de Sarreal (Tarragona)». *Est. Geol.*, t. 29, pp. 157-169, 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., Madrid.
- (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 Petrologia*, 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.; COLOM, G., y LINARES, A. (1957).—«Sobre la estratigrafía del Eoceno del Alto Llobregat (Pirineo Catalán)». *Cursillos y Conf. del Inst. "Lucas Mallada"*, fasc. 4, pp. 94-103, 2 figs., 1 lám., 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. 287-310, 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.
- 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. 1, n.º 2, Madrid.
- GUERIN-DESJARDINS, B., y LATREILLE, M. (1961).—«Etude géologique dans les Pyrénées espagnoles entre les ríos Segre et Llobregat». *Rev. Inst. Franç. du Pétrole*, t. 16, n.º 9, pp. 922-940, 1 lám., 1 mapa Geol.
- GUTZWILLER, O. (1918).—«Les sals potassiques 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.
- (1931).—«Kurzer überblick über die Salzlagerstätten Spaniens». *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, 2.ª parte, n.º 5, pp. 3-9, 1 fig., 2 láms., Barcelona.
- 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.
- HOYT, A. G. (1920).—«Potash deposits in Spain». *U. S. Geol. Survey*, n.º 715 a, pp. 1-16, 3 figs., 3 láms., Washington.
- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.—«División de Geología (1971). Mapa Geológico de España. Escala 1:200.000. Síntesis de la Cartografía Existente. Hoja n.º 24, Berga, *Inst. Geol. Min. España*, 31 págs., 1 mapa col., Madrid.
- JULIVERT, M. (1954).—«Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno entre el Francolí y el Anoia». *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. (1909).—«Das Stesalzvorkommen von Cardona in Katalonien». *Neues Jahrbuch für Min. Geol. u. Pal. I.*
- (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. (résumée thèse 3e cycle, Bordeaux, 1961).
- (1968).—«Stratigraphie résumée de l'Eocène du versant sud des Pyrénées orientales de la zone prépyrénéenne (prov. de Gérone et de Barcelone, Espagne)». *C. R. Somm. S. Soc. Géol. France*, fasc. 7, pp. 224-226, Paris.
- KUKUK, P. (1931).—«Das Katalonische Kalisalzvorkommen». *Géol. Médit. Occidentale*, t. 2, part. 2, n.º 10, pp. 1-17, 10 figs., 3 láms., Barcelona.
- LARRAGAN, A. de (1923).—«Datos acerca de los sondeos realizados en la cuenca potásica de Cataluña». *Bol. Inst. Geol. Min. España*, t. 64, 3.º ser., pp. 103-210, 7 figs., 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.ª 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.ª 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.ª 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.
- MARTEL, E. A. (1902).—«Montagne de sel et grottes de Cardone». *Nature*, n.º 1, 512, París.
- MARTI NARBONA, C. (1967).—«Ensayo de mecanización en potasa en la cuenca del Llobregat». *III Jornadas Nacionales y I Internacionales Minerometalúrgicas. 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». *Iherda*, 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, limítrofe 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. (1942).—«Análisis de sales potásicas». *Afinidad*, n.º 14, pp. 365-308, y n.º 18, pp. 463-468, Barcelona.
- (1942).—«Determinación mineralógica de las sales potásicas». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, n.º 10, pp. 125-137, 14 figs., 1 gráf., Madrid.

- (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. (1968).—«Técnica seguida en la toma de muestras para la formación de una colección monográfica sobre la cuenca potásica catalana». *Bol. Geol. Min.*, t. 79, fasc. 2, pp. 82-93, Madrid.
- MONTORIOL POUS, J., y FONT ALTABA, M. (1969).—«Contribución al conocimiento mineralógico de los yacimientos potásicos de Suria y Balsareny (Barcelona), mediante su estudio decrepitológico». *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.
- (1926).—«Talentswicklung und Eiszeitklima im Nordöstlichen Spanien». *Abh. der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, t. 39, heft. 2, pp. 141-182, 20 figs., Frankfurt a. M.
- (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.
- (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.
- PINILLA NAVARRO, A. (1966).—«Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Ebro». *Mem. Doct. Fac. Farm. Univ. Madrid*, 330 págs., 23 figs., 10 fotos, Madrid.
- PINILLA NAVARRO, A., y RIBA ARDERIU, O. (1972).—«Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Valle del Ebro. VII resumen y visión sedimentológica de conjunto». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., Secc. Geol.*, t. 70, n.º 1-2, pp. 97-106, Madrid.
- 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 Suelos*. 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 (Barcelona). 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.^a 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 plisement dans le Paléogène continental sud-pyrénéen (région de Barbastro, prov. de Huesca)». *C. R. Ac. Sc. Paris*, sér. D., t. 265, pp. 852-854, París.
- (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». *Bol. 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. (1958-1963).—«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.
- (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 1, 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». *Zeitschriſt 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 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. (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 Kalisalzlagerstätten 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 Küstengebierges 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, Bellvis». *Inst. Geol. Min. España*, 55 págs., 8 figs., 5 láms., Madrid.
- 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.
- 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, Paris.

- (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.
- (1966).—«*Pairomys crusafonti* nov. gen. nov. sp., rongeur énigmatique de l'Oligocène Inférieur d'Espagne». *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, número 4, pp. 164-166, 1 fig., París.
- (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.
- TRUYOLS SANTONJA, J., y CRUSAFONT PAIRO, M. (1961).—«Consideraciones 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.
- 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 láms. *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.

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



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA