

R.16529

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

CARTOTECA
BIBLIOTECA
Instituto Geológico y
Minero de España

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

EXPLICACIÓN

DE LA

HOJA N.º 541

SANTA EULALIA

(TERUEL)

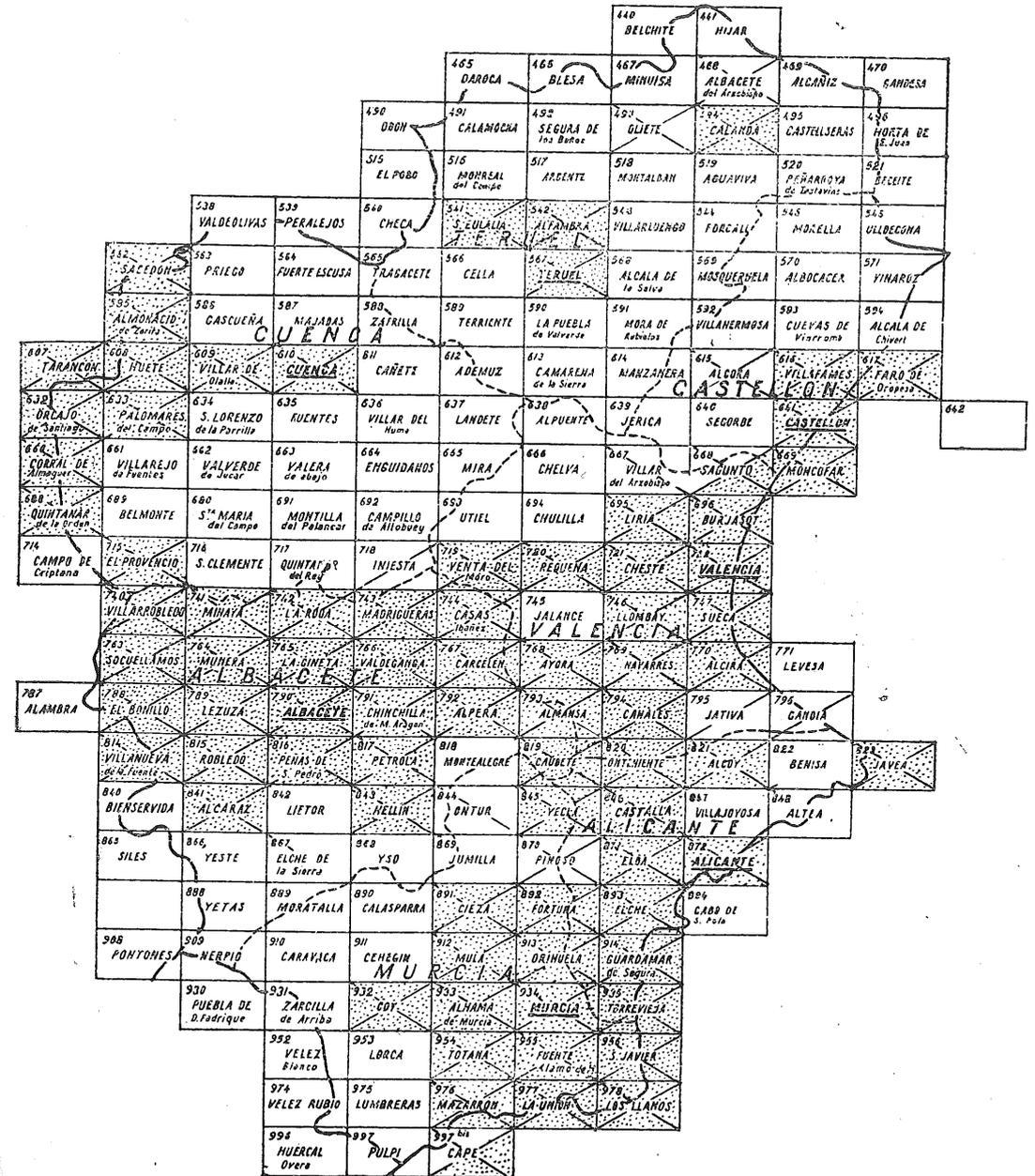
MADRID
TIP. - LIT. COULLAUT
MANTUANO, 49
1959

SEXTA REGIÓN GEOLÓGICA
SITUACIÓN DE LA HOJA DE SANTA EULALIA, NÚMERO 541

Esta Memoria explicativa ha sido estudiada y redactada por los ingenieros de Minas D. CARLOS VILLALÓN DÁVILA, D. EMILIO TRIGUEROS MOLINA y D. AGUSTÍN NAVARRO ALVARGONZÁLEZ.

El Instituto Geológico y Minero de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus Publicaciones son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.

Depósito legal: M. 6.225.—1958.



 Publicada  En prensa  En campo

PERSONAL DE LA SEXTA REGIÓN GEOLÓGICA

Jefe: D. José Mesguer Pardo; subjefe, D. José M.^a Fernández Becerril.
Ingenieros: D. Enrique Dupuy de Lôme y D. Emilio Trigueros Molina.

INDICE

	<u>Páginas</u>
I. Antecedentes y rasgos geológicos.....	5
II. Rasgos de geografía física y humana	37
III. Estratigrafía.....	45
IV. Tectónica.....	77
V. Historia geológica.....	101
VI. Hidrología subterránea.....	125
VII. Minería y canteras.....	133
VIII. Bibliografía	135

ANTECEDENTES Y RASGOS GEOLÓGICOS

1.—ANTECEDENTES

La Hoja de Santa Eulalia está situada en su totalidad en la provincia de Teruel.

Por ser ésta nuestra primera Hoja sobre la región, nos extenderemos en el estudio de antecedentes, incluso cuando rebasen el marco exclusivo de la Hoja.

La región, que geográficamente pertenece al sur de Aragón, ha sido estudiada desde antiguo por muchos autores. Los trabajos se orientaron en principio sobre geografía y descripción de la zona, pasando luego al detalle de sus puntos más interesantes, notables o pintorescos.

Entre estos últimos llamó principalmente la atención el yacimiento fosilífero de Concud, cerca de Teruel, y nuevos autores, españoles y extranjeros, se ocuparon de él, así como de ciertas localidades mineras (azufre de Libros y distrito minero de Albarracín). Eran los tiempos en que comenzaba la geología como ciencia, y no tarda en utilizarse como instrumento de comprensión e interpretación de estos yacimientos paleontológicos y mineros.

En la segunda etapa del estudio de la región, se comienza a clasificar los terrenos, según sus edades, dando cortes locales y finalmente bosquejos y mapas de alcance y precisión variables, sobre las extensiones de los afloramientos y edades de las formaciones que constituyen la zona. Es una etapa fundamentalmente paleontológica y estratigráfica que cul-

mina, conforme va habiendo suficientes datos, en ensayos de síntesis regionales y cartografías provinciales.

La tercera etapa importante se basa en la inclusión de la tectogénesis o paleogeografía, estudiadas especialmente por la escuela alemana de Stille.

A los datos paleontológicos y estratigráficos existentes se superponen los tectónicos en un intento de explicar, ya desde una perspectiva histórica, no sólo cómo están, sino cuándo y por qué se encuentran estas estructuras.

Por último, lo que podría llamarse cuarta etapa actual pretende llevar la máxima exactitud al conocimiento de la región. Cuenta para ello con excelentes mapas topográficos (una de las dificultades de las primeras experiencias) y todo el bagaje de interpretaciones generales y descripciones de los autores anteriores.

En los párrafos que siguen se da un bosquejo cronológico de autores y trabajos que han hecho posible llegar a esta etapa, así como un breve comentario de sus más significativas aportaciones al conocimiento geológico de la zona.

En sus "Introducción a la Historia de España", Torrubia (48), en 1774, y después Bowles (2), en 1775, señalan el yacimiento fosilífero de Concud, cerca de Teruel, el cual ha servido posteriormente para fijar con exactitud la edad pontiense de la formación.

En 1837 redactó Ezquerria del Bayo (9) un trabajo, publicado en 1845, de gran interés sobre las formaciones terciarias españolas. Aunque la edad terciaria la fija el autor solamente por la horizontalidad de las capas, señala ya grandes cuencas españolas, y las divide en la del Duero, Tajo, Ebro y Guadiana. Para la del Duero da el siguiente corte esquemático:

Grupo superior calizo: 50-60 pies.	<p>Caliza en la mayor parte. A veces, con sílex y pedernal.</p> <p>En la caliza, <i>Limnaea</i>, <i>Planorbis</i> y <i>Paludina</i>.</p> <p>En la base, las calizas alternan con arenas, margas y arcillas.</p>
Grupo intermedio margoso-yesoso: 200 pies.	<p>Margas y arcillas con yesos.</p> <p>En la base, caliza, menos compacta y silíceas que la anterior.</p> <p>También con <i>Planorbis</i> y <i>Limnaea</i>.</p>

Grupo inferior: 250 pies mínimo.	Conglomerados (Nagel flue).
	Arcillas.
	Arenas y margas.
	Calizas margosas, con abundancia de moluscos.
	Arenas.
	Conglomerados.

En las cuencas del Tajo, Ebro y Guadiana cita ligeras variantes:

Coloraciones más rojas y, en el Ebro, el grupo yesoso intermedio tiene un grupo *salino* potente.

Es digna de atención la presencia de varios niveles de calizas con parecida fauna lacustre, hecho que hemos podido comprobar en la cuenca de Calatayud-Teruel.

Aunque Ezquerria no hable del Paleógeno plegado, su visión de síntesis del Terciario resulta sorprendente para un trabajo de aquella época.

En 1845, Maestre (34) estudia los yacimientos terciarios de azufre de Teruel y da unos cortes locales muy detallados, pero, por desgracia, excesivamente reducidos en altura estratigráfica.

Maestre atribuye asimismo al Terciario los lignitos albenses de Utrillas, y al Cretáceo muchas de las zonas jurásicas de la región.

La descripción geológica del distrito de Albarracín, por Santiago Rodríguez (41), en 1851, es el primer trabajo geológico importante publicado sobre la región. El eminente ingeniero da una descripción excelente de los alrededores de Albarracín, de Torres y de toda la Sierra Alta; estudia cuidadosamente las cuarcitas y esquistos primarios de Orihuela y Noguera, el Triásico y las calizas dolomíticas de Torres, el Lias fosilífero, el Oolítico y el Oxfordiense de los alrededores de Albarracín. Casi todas las conclusiones de este trabajo han sido confirmadas en ulteriores observaciones, y la nota de J. Rodríguez resulta de todo punto notable para el pasado siglo.

De 1851 a 1868, Verneuil y sus colaboradores Collomb, Lorie y Lartet (50), (51), (52) y (53), efectúan una serie de trabajos geológicos y geográficos en España, con importantísimas aportaciones y síntesis en la zona que nos ocupa. En muchos de sus más importantes recorridos fueron guiados por el ilustre Casiano de Prado, cuyas indicaciones facilitaron enormemente los valiosos hallazgos e interpretaciones de estos autores.

Como consecuencia de un primer viaje, Verneuil y Collomb (50) se-

fialan las cuarcitas silurianas, el Triás en sus tres tramos (con dudas sobre su inclusión en el Triásico o el Permiano), el Lías, Oxfordiense y el Cenomanense. Asimismo, basándose en los trabajos de Ezquerria, atacan los problemas del Terciario, y observan:

- 1) Diferente altura actual de las cuencas del Duero, Tajo y Ebro.
- 2) Individualidad de la cuenca de Calatayud-Teruel y otras.
- 3) Edad miocena de dichas cuencas.
- 4) Comunicaciones entre ellas.

Igualmente inician, con el estudio de las discordancias, unos rudimentos de tectónica, y encuentran movimientos (sin distinguir los de tipo orogénico y epirogénico) entre:

- 1) Triás y Paleozoico.
- 2) Triás margoso y Jurásico (?).
- 3) Mioceno y nummulítico, precedidos por regresión del Cretáceo superior.
- 4) Mioceno y Plioceno.

El año siguiente (53), recorren la cadena Ibérica y la meseta de Teruel. Encuentran cadenas silurianas bordeando el valle terciario del Jiloca y describen rápidamente los contrafuertes secundarios de la cadena Ibérica y las capas terciarias que las recubren. Se indican especialmente la meseta de Teruel, con las aristas jurásicas de Sierra Palomera y San Jaime, la región cretácea de Aliaga y San Justo y las láminas miocenas a más de 1.500 m.

Diez años más tarde, Verneuil y Lorient (53) estudian de nuevo la extremidad de la cadena Ibérica, y en particular los alrededores de Segura.

Quedan así fijados los rasgos principales de la cadena Hespérica y sirven de base a los trabajos posteriores de comprobación, ampliación y fijación de detalles.

El primer trabajo de conjunto sobre la provincia de Teruel es un ensayo de descripción geognóstica, debido a Vilanova (54). En este trabajo se encuentran reseñados con especial detalle los aspectos geográfico, meteorológico y agronómico, pero la parte dedicada a geología sólo aporta recopilaciones de los trabajos anteriores, con largas listas de fósiles y descripciones petrográficas.

Mucha mayor importancia tienen los trabajos de los miembros de la Comisión del Mapa Geológico.

Los ingenieros Donaire y Palacios estudian el sur de Zaragoza y en particular la región de Daroca. Son dignos de notar los estudios sobre el Paleozoico de esta región.

El "Bosquejo físico-geológico y minero de la provincia de Teruel", por Daniel de Cortázar (5), es uno de los trabajos más interesantes que ha publicado la Comisión del Mapa Geológico de España; Verneuil había trazado solamente, a grandes rasgos, la constitución geológica, Cortázar precisa la extensión de los diferentes terrenos e indica claramente las diversas facies y da a conocer la fauna de numerosas localidades fosilíferas. Las excursiones hechas por Cortázar no le permitieron estudiar en detalle los diferentes pisos y distinguir los numerosos tramos jurásicos y cretáceos, pero los horizontes más fosilíferos están precisados con toda claridad. Cortázar se había propuesto "resumir rápidamente la geología y la geografía de la provincia", pero su memoria es mucho más que un resumen y su mapa mucho mejor que un boceto (fig. 1).

La serie estratigráfica general que describe Cortázar detalladamente es, a grandes rasgos, la siguiente:

Cambriano:

- 1.º Pizarras arcillosas y grauwackas, con *Paradoxides*, *Conocephalites*, etc.
- 2.º Pizarras micáceas con *Paleophicus*, *Scolithus*, etc.

Siluriano:

- 1.º Cuarcitas con *Cruziana*, *Vexillum*, *Scolithus dufrenoyi*.
- 2.º Pizarras ferruginosas, algunas calizas y dolomías con fósiles de la segunda fauna de Barrande.
- 3.º Pizarras negras y satinadas con *Graptolites*.

Devoniano:

Facies muy variables; pizarras, grauwackas, calizas con *Spirifer*, *Atrypa*, etc.

Cortázar nota por primera vez el hecho extraño de la altura topográfica notable de los cerros paleozoicos y la atribuye (acertadamente por cierto, pero sin precisar más) a elevaciones y hundimientos de di-

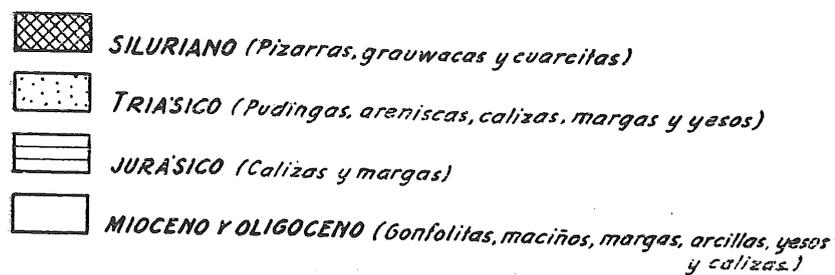
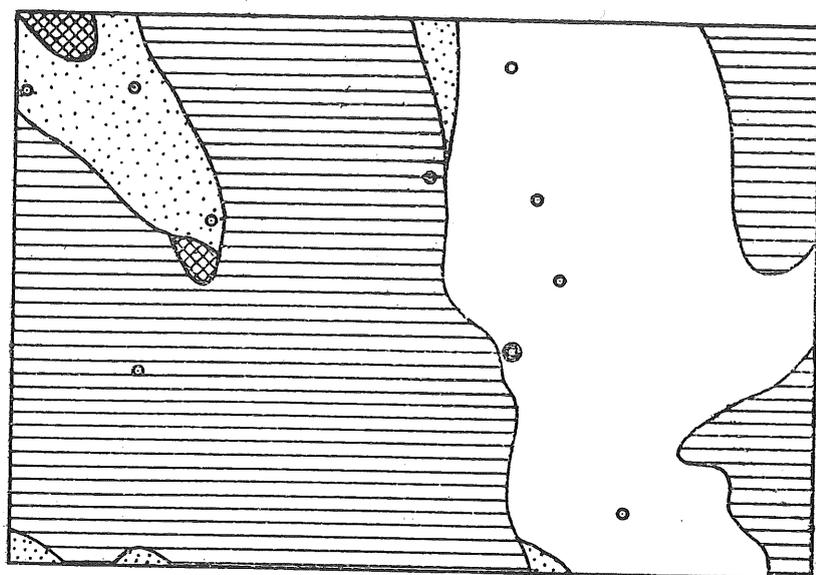


Fig. 1.—Representación de la hoja de Sta. Eulalia, según Cortázar (1885).

versos parajes. Para Cambriano y Siluriano conjuntamente da una potencia de 400 metros.

Triásico:

Areniscas rojas (400 m.).

Calizas (Muschelkalk; 40-50 m.).

Margas (Keuper; 150 m.).

Cañiolas (Suprakeuper; 100 m.).

Jurásico:

Liásico. Falta el tramo inferior, incluso Sinemuriense.

Margas del Charmutiense-Toarciense.

Oolítico. Calizas del Bajociense y Oxfordiense. Es dudoso el Oolítico superior (Malm superior?).

Cretáceo:

Falta el Neocomiense marino.

Areniscas y margas abigarradas, continental.

Urgo-aptense, marino.

Cenomanense, marino.

Danés, lacustre.

Dentro del Cretáceo, subdivide varios tramos:

Urgonense, Albense, Rotomagense, Carantonense, Campanense, Garumnés.

Terciario:

Maciños.

Tramo arcilloso-calcífero.

Calizas fosilíferas.

Del terciario dice expresamente: "una potente formación de conglomerados alternantes con areniscas y margas y hasta con calizas, cuyas relaciones estratigráficas con las demás rocas terciarias no aparecen bien determinadas", y renuncia a describirlo en tramos, como las series anteriores, dando en su lugar varias descripciones de cortes locales.

Del Plioceno-Cuaternario señala los rellenos diluviales, y las rañas de algunos sitios de la región.

El autor, tras las anteriores excelentes descripciones y hallazgos estratigráficos, renuncia a un ensayo de interpretación tectónica, como el señalado anteriormente, al comentar los trabajos de Verneuil.

En 1893, Calvo (4) publica un estudio sobre los alrededores de Albaracín, dando una excelente descripción petrográfica y una detallada sucesión de cortes, donde aparecen claramente las diferentes faunas del Liás, del Jurásico medio y de la base del Jurásico superior. En su trabajo, Leandro Calvo cita todo el Jurásico superior y Cretáceo inferior en la zona, pero sus conclusiones se apoyan insuficientemente en fósiles y

los autores posteriores han discutido y rechazado la idea de la existencia de los tramos más altos del Jurásico y los inferiores del Eocretáceo. Sin embargo, nuestros últimos trabajos en la región parecen confirmar las ideas de dicho autor.

Merece la pena citarse el trabajo de Calderón (3), en 1896, aunque no sea propiamente geológico, en que intenta explicar la abundancia de sales y yesos del Terciario por aportación y erosión de los sedimentos del Keuper, muy abundante en la zona, y, en efecto, existen aportaciones del Keuper a estos sedimentos, pero limitados y no excesivamente notables.

Como resultado de tres viajes a España, publica Dereims, en 1898 (8), un trabajo fundamental, que hasta hoy ha servido de base para el estudio estratigráfico de la zona.

Estudia Dereims una amplia región, que se extiende por el sur de las cadenas Ibérica y Hespérica, con Embid, Daroca, Montalbán, Ojos Negros, Alfambra, Teruel, etc. Se caracteriza la monografía por una serie muy completa y detallada de cortes locales de afloramientos perfectamente consignados. La representación cartográfica adolece del defecto de falta de buenos mapas, pero sus descripciones de los diversos tramos y capas de cada piso son sumamente claros y significativos.

Dereims estudia las series completas desde el Paleozoico al Cuartario, tratando con especial cuidado el Mesozoico. Señala multitud de nuevos afloramientos y compara las facies del Bajo Aragón con los restantes de España y de Europa, con los que encuentra numerosos puntos de coincidencia.

En la época de este autor francés, la tectónica apenas existía como tal especialidad. Dereims no la utiliza ni maneja en cuanto tal, y sólo señala los movimientos regionales cuando influyen en la estratigrafía como hiatos sedimentarios, facies continentales o marinas, es decir, se refiere en su mayor parte a movimientos eustáquicos positivos y negativos y undaciones epirogénicas. Los problemas tectónicos fundamentales de la Hoja, los que llevan finalmente a representaciones paleogeográficas, ocupan un lugar sumamente restringido en su extenso trabajo. A continuación damos un esbozo de la serie sedimentaria que encuentra Dereims, su interpretación paleogeográfica y tectónica y, en la figura 2, la cartografía de la Hoja de Santa Eulalia, según dicho autor.

La serie que reproducimos es sólo la que afecta a nuestra Hoja, o a regiones muy próximas:

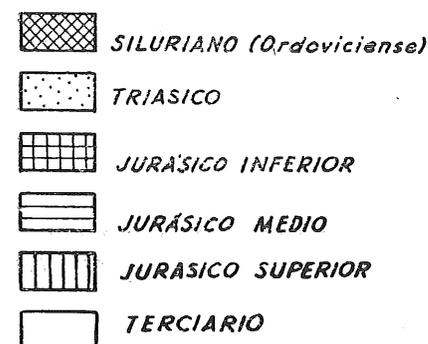
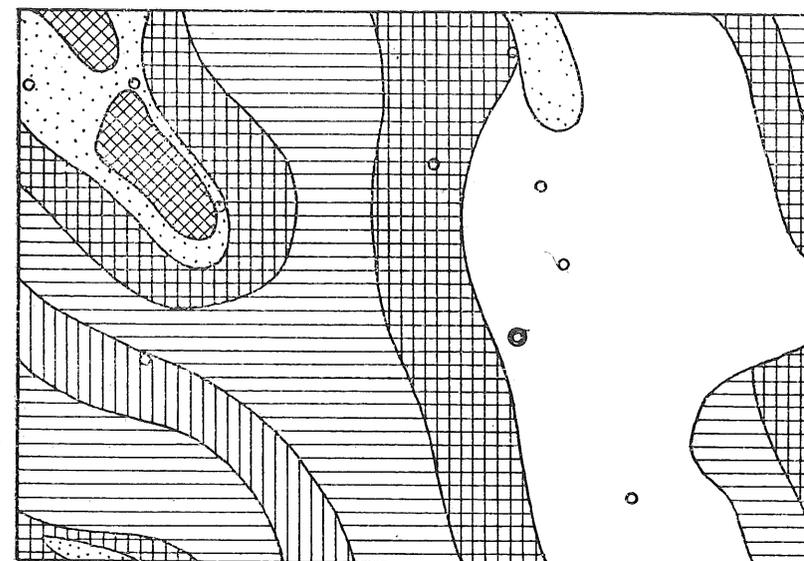


Fig. 2.—Representación de la hoja de Sta. Eulalia, según Dereims (1898).

Cambriano:

No hay afloramientos anteriores al Cambriano medio.
Existen: Acadiense, Potsdamiense.

Siluriano:

Existen: Ordoviciense, Gotlandés.

En general, es poco completo en la Cadena Hespérica. En el cerro de San Ginés cita las cuarcitas y los esquistos.

Devoniano:

No se han encontrado en la región terrenos más modernos que el Cobleciense.

Triásico:

Buntsandstein (discordante con el Paleozoico).
Muschelkalk (a veces de poco espesor e incluso inexistente).
Keuper.

Jurásico:

Inferior. { Carniolas.
Caliza dolomítica no fosilífera (100-150 m.).
Caliza areniscosa con algunas margas con braquiópodos y lamelibranquios del Lias Medio y quizá Lias Inferior.
Margas y calizas margosas del Charmutiense Superior y Toarciense.

Medio. { Bajociense (80 m.) { Caliza compacta (15 m.) siliciosa.
Caliza menos siliciosa y más fosilífera (20 m.).
Caliza en bancos más gruesos y separados por lechos margosos (16 m.).

Bathonien- se (10 m.) { Caliza areniscosa no fosilífera.
Caliza con Perisphinctes y Stephanoceras.

Superior. { Caloviense { Caliza oolítica.
Oxfordiense { Caliza blanquecina algo margosa.
Margas (12 m.) con ammonites ferruginosos.

Rauraciense: Caliza margosa tableada (12 m.).

Sequanense: Caliza con radiolas de *Cidaris*.

Kimmeridgense: Caliza compacta y areniscosa.

Cretáceo:

Gault: Arenas y margas con *Ostrea flabellata*.

Cenomanense: Areniscas y arenas con ostreas.

Terciario:

(Discordantes con el jurásico y cretáceo.)	} Conglomerados, areniscas y margas rojas (100 m.).	
Mioceno superior.		} Margas.
		} Margas yesosas y bituminosas.
	} Calizas.	

Plio-Cuaternario:

Pudingas y tobas calizas.
Aluviones, etc.

Según Dereims, durante el Cambriano los depósitos presentan la misma forma que los contemporáneos de Montagne Noire y Cerdeña, y la región pertenecía a la misma provincia geológica que el sur de Francia y que ha sido designada como "provincia cambriana meridional".

El Ordoviciense y Gothlandés, que reposan en concordancia sobre el Cambriano y que muestran la sucesión clásica, presentan en general los mismos caracteres que en Pirineos, Asturias y Galicia, habiendo, sin embargo, en la región, algunas diferencias secundarias de facies: el Ordoviciense de las bandas de Murero presenta una facies flysch clara, mientras que el de la banda de Badules es menos areniscoso y más fosilífero. Los mares ordoviciense y gothlandés debían de cubrir toda la meseta, y es probable que todos los niveles de estos dos pisos se encuentren allí representados.

Al principio del Gedinense se produjeron en la región probablemente algunos movimientos locales, pero en general la sedimentación parece ser continua entre Siluriano y Devoniano, y el mar Devoniano inferior debió ocupar todo el sur de Aragón. El Cobleciense es muy fosilífero, pero no se han encontrado en la región sedimentos posteriores al Cobleciense.

En la época westfaliense emergió probablemente todo el norte de España, formando un vasto continente con pequeñas cuencas hulleras. Esta emersión de parte de la meseta continuó durante todo el Estefaniense y Permiano.

Al principio del Trias, el mar tomó posesión del borde de la meseta, mediante un gran movimiento de transgresión, general en toda la Península. Los depósitos triásicos empiezan por sedimentos detríticos (conglomerados y areniscas). Posteriormente se producen en la región diferenciaciones, debidas probablemente a pequeños domos locales. En algunos

puntos se establece un régimen lagunar; en otros, persiste el régimen marino con sedimentación de depósitos calcáreos; finalmente, toda la región fue invadida, al final del Triás, por una facies lagunar, bien caracterizada por la formación de margas irisadas yesosas.

Al régimen lagunar sucede un régimen marino que invade todo el borde de la meseta. En la región, las calizas dolomíticas pasan insensiblemente en el techo a las calizas areniscosas fosilíferas del Sinemuriense superior. El Charmutiense presenta una facies calcáreo-areniscosa, sin ammonites, mientras que el Toarciense tiene mayor uniformidad, calcárea-margoso y rico en ammonites.

Esta uniformidad persiste durante el Jurásico medio y superior, desde el Bajociense inferior hasta el Sequanense superior, bien representados y con ammonites.

En la Hespérica, el Sequanense es más arenoso, con braquiópodos y equinidos, es decir, de facies más litoral.

Faltan los depósitos terminales del Jurásico y los primeros del Cretáceo. Probablemente durante el Kimmeridgense hubo movimientos que produjeron la emersión del borde de la meseta.

Las primeras capas fosilíferas del Cretáceo pertenecen al Gault.

Hacia el fin del Cretáceo se produce una completa emersión en la cadena Hespérica, hacia el Turonense.

La primera señal de invasión marina en la época terciaria data del Eoceno medio y superior. El mar ocupó una gran parte de las cuencas terciarias del Ebro, Duero y Tajo. La región muestra claramente la traza de grandes movimientos, que hacia el fin del Eoceno dieron nacimiento a los Pirineos. La comunicación de cuencas del Ebro y Duero con el mar estaba ya interrumpida desde el principio del Oligoceno.

Al principio del Mioceno estaba ya completamente suprimida toda comunicación de las tres grandes cuencas terciarias con el mar, y establecido definitivamente el régimen lagunar-salobre, que poco a poco pasa a régimen laguno-lacustre caracterizado por *Planorbis* y *Lymnaeas*.

Finalmente, el Pleistoceno está representado por tobas calizas y derrubios de poca extensión.

La orografía general de la región queda constituida de manera definitiva al final del Pontense. La formación de los grandes anticlinales que constituyen las cadenas Ibérica y Hespérica está, con toda verosimilitud, en relación con el hundimiento, más o menos lento, de las depresiones terciarias vecinas. De esta época son las numerosas fallas visibles en todo el sur de Aragón, paralelas a los ejes de las dos cordi-

lleras; la única realmente importante jalona el valle terciario de Iduleda (cuenca Calatayud-Teruel-Ademuz) y está hoy oculta por los sedimentos miocenos que unen la cuenca del Ebro con el reino de Valencia.

Vemos, en resumen, que para Dereims:

- 1.º Faltan desde el Devoniano medio hasta el Permiano inclusive.
- 2.º En el Westfaliense hay un movimiento de elevación epirogénico (lo que hoy se considera como plegamientos hercinianos).
- 3.º Hay un hiato sedimentario, también de carácter epirogénico, entre el Jurásico superior y el Cretáceo inferior, estando el Albense (Gault) sobre Sequanense.
- 4.º Al final del Cretáceo (Turonense en la cadena Hespérica) se produce una emersión.
- 5.º Entre Eoceno medio y superior vuelve a haber una transgresión. La región muestra señal de grandes movimientos orogénicos.
- 6.º Al principio del Oligoceno quedan delimitadas las cuencas internas terciarias de sedimentación. Hay un lento hundimiento y colmatación de dichas cuencas y se producen las fallas paralelas a las cordilleras.
- 7.º El Mioceno cubre muchas de tales fallas y acaba de rellenar las cuencas. Al final del Pontense queda establecida la orografía general de la región (red hidrográfica semejante a la actual).

Como se ve, el trabajo de síntesis de Dereims, aunque en muchos puntos es inexacto, resulta formidable para la época de su realización, y su labor estratigráfica apenas ha podido ser mejorada. Más adelante veremos que los tramos jurásico superior y cretáceo inferior, y los terciarios, difieren en algunos puntos de las afirmaciones de Dereims, cuyas críticas a este respecto sobre los autores Vilanova y Calvo no son totalmente afortunadas.

En 1907, Mallada (35), en la "Explicación del mapa geológico de España", resume y sintetiza las aportaciones anteriores, en un gran trabajo enciclopédico que representa un cierre brillante a esta etapa del estudio de la región que hemos llamado anteriormente (en conjunto) estratigráfica.

En el intervalo que discurre entre los años 1907 y 1922 no hay trabajos geológicos fundamentales sobre la región. Los estudios que se realizan son de tipo minero, como el de Kindelán y Ranz (29), que describen cuidadosamente la minería y canteras de la provincia de Teruel, acompañando cada explotación de unos bosquejos geológicos de la zona afec-

tada, o bien de tipo geomorfológico, como el de Hernández-Pacheco (F.) (18), sobre la fisiografía del Mioceno aragonés.

De 1922 a 1933, numerosos investigadores reemprenden el estudio de la zona. Españoles, franceses y sobre todo alemanes, discípulos de Stille, viajan por la Ibérica y tratan de completar el conocimiento de aquellos puntos que antes no se habían estudiado suficientemente. Son, por ejemplo, trabajos sobre el Terciario, sobre el Paleozoico o sobre la tectónica regional.

De 1922 data el estudio fundamental de Royo y Gómez (42), acerca del Terciario continental ibérico. Royo distingue para la cuenca de Calatayud-Teruel la siguiente serie estratigráfica, que el autor compara con la de las restantes cuencas ibéricas (comparación que omitimos):

Suprapontiense:

Conglomerados.

Pontiense:

Calizas con moluscos.

Calizas de Concud y Aljezares con moluscos, *Leuciscus*, *Hipparion*, etcétera.

Margas con azufre y *Planorbis Matheroni* var. *sulfureus* (Libros).

Sarmatiense:

Margas y arcillas con *Rhinoceros* aff. *simorreensis*, *Anchitherium*, etcétera (Mas del Olmo, en el Rincón de Ademuz).

Tortoniense:

Arcillas rojas, areniscas y conglomerados.

Según Royo y Gómez, la cuenca de Calatayud-Teruel constituye un escalón entre la del Ebro y las del Duero y Tajo (Meseta). No cita en esta cuenca el Paleógeno plegado, que sin duda le pasó desapercibido por la escasez de afloramientos y difícil acceso, aunque lo señala en otras cuencas españolas.

Así pues, en tectónica indica la subhorizontabilidad, salvo accidentes locales, de las capas de la cuenca, pero, dentro de esta subhorizontabilidad, encuentra pequeños buzamientos que indican la presencia de movimientos postpontieneses, que provocan amplios pliegues (5º de buzamiento) de ejes NW.-SE.

Al hablar, en general, de las cuencas terciarias, señala Royo dos principales movimientos orogénicos, uno premioceno, que plegó conjuntamente Cretáceo y Paleogeno, y otro postpontiese, que trastornó las capas miocenas, particularmente en los bordes de las cuencas. Este movimiento postpontiese es el principal causante también de las distintas elevaciones de las cuencas terciarias españolas.

Si el trabajo de Royo y Gómez es muy interesante desde el punto de vista de tectónica terciaria, lo es todavía más por lo que respecta a la estratigrafía y paleontología terciaria. El autor da unas series muy completas de fósiles característicos de los distintos pisos en toda España. Su trabajo se utiliza hoy como base para la clasificación de fósiles lacustres españoles.

El mismo año 1922 comienza a publicar Joly (23), (24), (25) y (26) los resultados de diversos estudios sobre la Cadena Ibérica.

En el primero de ellos (23) estudia un corte citado ya por Cortázar y Dereims, indicando:

1.º Presencia de una especie de horst siluriano.

2.º Concordancia entre Paleogeno y Cretáceo, es decir, la edad de los movimientos tectónicos es posterior al Paleogeno (Joly no conocía las publicaciones de Royo).

3.º Entre Cretáceo y Terciario no hay traza de plegamiento.

4.º Estos plegamientos postpaleógenos han producido en las capas blandas o plásticas (Keuper, margas toarcienses) fallas inversas que ofrecen aspecto de cabalgamiento.

En el segundo viaje (24) describe varios cortes donde el fenómeno 4.º aparece más complejo y de mayor amplitud, dando lugar a pequeños imbricaciones y cabalgamientos.

En otro de estos estudios (25) extiende estas consideraciones al borde de la cuenca del Ebro, y estudia las vergencias generales de los plegamientos.

Como resumen de ellos, deduce en otro artículo (26) una serie de interesantes conclusiones tectónicas que por primera vez se plantean con personalidad propia. Los más importantes son los siguientes:

1.º Más que una cadena montañosa, la cordillera Ibérica se compone de una serie de sierras paralelas separadas por plataformas o depresiones. En general las sierras altas están formadas por bandas

NO.-SE. más antiguas (muchas paleozoicas), y las depresiones por terrenos más recientes (Triásico, Jurásico, Cretáceo, Terciario). Se pueden distinguir, "grosso modo", las siguientes:

- a) Anticlinal de Ateca, de eje Cambriano-Siluriano, que hacia el Sur se hunde bajo el Secundario.
- b) Depresión del Jiloca, miocena y postmiocena, con bordes complejos de todas las edades.
- c) Anticlinal de Sierra de Vicor.
- d) Depresión de Morés, estrecha y confusa.
- e) Anticlinal de Sierra de Algairon. El Jurásico aplastado por el Siluriano.
- f) Ondulaciones suaves, ya cerca de la cuenca del Ebro.
- g) Una de estas ondulaciones, más importante, deja aflorar entre el Terciario la Sierra de Tabuenca, siluriana.

2.º Los pliegues paleozoicos son hercinianos. Deben ser poco acentuados, como largas ondulaciones de estructura simple y tendida. En estos sinclinales el Triás reposa, con o sin discordancia angular, sobre terrenos mucho más antiguos.

3.º Triásico, Jurásico y Cretáceo son concordantes, a pesar de que puedan presentar lagunas de sedimentación.

4.º Durante el plegamiento terciario se han mantenido las ondulaciones hercinianas, pero bajo el impulso se han volcado hacia el Norte por falla y cobijadura.

5.º Los plegamientos terciarios se desarrollan en dos principales fases, una al final del Eoceno y otra entre Oligoceno-Mioceno medio.

El trabajo de Joly, aunque disperso y breve, y basado en insuficientes observaciones, es en conjunto acertado y tiene la particularidad, como ya hemos indicado anteriormente, de ser el primer intento de interpretación tectónica global de la región.

Naturalmente, éste y los trabajos que le siguen no hubieran podido realizarse sin las pacientes investigaciones estratigráficas y paleontológicas de todos los autores anteriores.

El año 1926, publica Royo y Gómez (43) una ampliación a su trabajo anterior de 1922 (42), ya comentado. La escala estratigráfica de la cuenca de Calatayud-Teruel la prolonga inferiormente con los siguientes niveles:

Estampiense:

Yesos de Utrillas con *Cainotherium commune*.
Calizas de Montalbán con *Hydrobia dubuissoni*, etc.

Eoceno:

Margas grises con yesos y sales solubles de Calatayud.

Sobre la tectónica de dicha cuenca, amplía: "El conjunto de la cuenca forma una cubeta alargada de NNW.-SSE., cuyas capas buzcan hacia su eje, presentándose plegadas hacia Teruel, en donde el valle se estrecha. En Calatayud, las margas yesíferas paleogenas buzcan claramente hacia el eje de la cuenca. En Concud y en Teruel, en el cerro de Santa Bárbara, barranco de Salobral y a todo lo largo de la carretera de Valencia, las capas con *Hipparion gracile* y las inferiores a ellas, forman pliegues unas veces suaves y otras muy fuertes, dirigidos de NW. a SE. En el valle del Turia, hacia el Rincón de Ademuz, los conglomerados rojos se ven en discordancia completa con las calizas cretácicas y las margas irisadas del Triás. En Libros, las capas miocenas forman una cubeta con pliegues orientados de NE. a SW., es decir, perpendicularmente a los anteriores."

Royo y Gómez, en este trabajo, analiza también el Paleogeno y comprueba que su extensión e intensidad de plegamiento es muy amplia, y que está plegado en todos los sitios en que se ven afloramientos. Lo cita ya en la cuenca de Calatayud-Teruel, en Calatayud, Utrillas y Montalbán.

Sugiere la posibilidad de que todo el Terciario plegado (Paleogeno-Eoceno y Oligoceno) estuviera en parte unido cuando se depositó. Al ocurrir el plegamiento, actuaron principalmente como pliegues de cobertura, mientras las calizas mesozoicas subyacentes lo hacían como pliegues de fondo.

Para las edades de los plegamientos, sugiere entre estampiense-torroniense para el principal impulso, y rodánicas para el segundo, de mucha menos intensidad.

La tectónica de bloques producidos por este último impulso no aparece esbozada en su trabajo, pero ya indica que a ella deben atribuirse las altitudes diferentes del Terciario no plegado.

Dentro del mismo año 1926, publican Fallot y Bataller (10) otro trabajo de síntesis tectónica sobre el Bajo Aragón y el Maestrazgo. Las conclusiones que dedican estos autores pueden resumirse como sigue:

1.º En el Paleogeno plegado de Montalbán y Utrillas citan fósiles estampienses, de donde se sigue que la edad de la orogénesis terciaria es post-oligocena y pre-tortoniense. Los autores conocían ya los trabajos de Royo y sus hallazgos los confirman.

2.º La dirección de los pliegues es, en la región que nos afecta, ONO.-SSE., producidos por un impulso hacia el ENE.

3.º Las dislocaciones son del tipo de pliegues de cobertera, correspondiendo al Triásico el papel de base de despegue. Los pliegues volcados y cobijaduras no alcanzan intensidad suficiente para poder denominarlos cabalgamientos.

4.º Al impulso principal, de edad alpina, le sigue otro postpontiense y de menor intensidad.

Vemos, en resumen, que resulta una confirmación de las teorías de Royo, con varias aportaciones de novedad en lo que a nuestra región se refiere.

Del mismo año y autores es el "Itinerario geológico a través del Bajo Aragón y Maestrazgo" (11), del que interesa hacer notar el hallazgo de unas calizas en el barranco del río Manlleó, en Benafigos, y en el río Palomar, cerca de Escucha, que atribuyen con dudas al Neocomiense.

También del año 1926 es la nota de Hernández-Pacheco (F.) (20) sobre la estratigrafía del Mioceno de Nombrevilla, donde el autor da un corte detallado del Terciario de dicha localidad, que en resumen coincide (sobre los nuevos espacios citados por el autor) con el dado por Royo en la cuenca de Calatayud-Teruel.

Joly vuelve de nuevo a publicar, en 1926, otra síntesis de sus estudios sobre la Cadena Celtibérica. Los principales puntos que merecen destacarse son los siguientes:

1.º Las margas con ammonites ferruginosas que Dereims (8) refería al Oxfordiense, pertenecen al Lusitaniense.

2.º Existen probablemente en la zona el Sequanense y el Kimmeridgense. La extensión del Jurásico superior en Aragón debe ser mayor de lo que se pensó hasta ahora.

3.º No hay discordancia en el paso del Jurásico al Cretáceo. El tránsito se hace por intermedio de unas zonas margosas areniscosas sin fósiles, por lo que no puede medirse la edad del último piso jurásico.

4.º La base del Cretáceo, en Torrelapaja, ha proporcionado fósiles, en las areniscas y arcillas, que permiten referirla al Hauteriviense.

5.º En la misma localidad de Venta de Torrelapaja (carretera de Calatayud a Soria) determina los siguientes pisos:

Hauteriviense superior, marino.

Hauteriviense inferior, litoral o de estuario.

Portlandés (al menos Portlandés inferior).

Kimmeridgense.

En cuanto a tectónica, Joly da también unas síntesis importantes que, en conjunto, son las anteriormente comentadas del mismo autor. Sin embargo, Joly sigue ignorando la tectónica postpontiense que apunta Royo en sus trabajos y que posteriormente encontraría amplia justificación.

Hemos visto cómo apunta y empieza a fijarse la interpretación tectónica de la región. En los años siguientes corresponden a la escuela de Stille los principales trabajos de conjunto sobre el país.

Durante los años 1927 y 1928, Hahne (16) efectúa investigaciones en las provincias de Teruel, Castellón y Tarragona, que le sirven de base para su tesis doctoral, presentada en Göttingen el año 1930.

Comienza el trabajo con una descripción del Cretáceo, desde el Wealdense al Danés, y que omitimos comentar aquí por no interesar a nuestra región. Baste decir que, según Hahne, los depósitos de facies wealdense no llegaron a nuestra zona, ni tampoco los urgoaptenses, ni las capas de Utrillas.

Respecto a la estratigrafía terciaria, no aporta más novedad de interés para nosotros que el citar el considerable espesor que alcanza el Paleogeno plegado en la cuenca de Calatayud-Teruel. Su trabajo se basa esencialmente en los estudios de Royo y Hernández-Pacheco, por una parte, y en los de Fallot y Bataller, por otra. Tiene, sin embargo, una aportación de interés, aunque sea de índole más de conjunto que local, y es el haber señalado los cambios laterales de facies que presentan las formaciones terciarias, sobre todo en los bordes de las cuencas extensas o en las cuencas menores interiores. Por ello apunta su desconfianza a extender asignaciones cronológicas a los sedimentos terciarios basadas sólo en simples analogías litológicas.

Para las fases orogénicas señala una principal postludiense-premioceno superior, y otra, de importancia relativa, postmiocena—indica hasta cabalgamientos del Mesozoico sobre el Terciario superior (?)—. Los plegamientos de edad pirenaica (Cretáceo-Oligoceno) le parecen como

ligeramente probables y los paleoquiméricos como inexistentes en la región. El plegamiento principal, postludiense-premioceno, provoca, según el autor, una tectónica de carácter intermedio entre el tipo germano y el plegamiento del Jura.

En resumen, el primer trabajo de Hahne no aporta más ideas nuevas que las de los cambios laterales de facies del Terciario.

De mayor envergadura es el estudio de Lotze (31) sobre la estratigrafía y tectónica de las cadenas paleozoicas celtibéricas, realizado durante el año 1928 y publicado el año siguiente. Aunque la mayor parte de la memoria esté dedicada al Paleozoico, el texto se ocupa también de otros problemas.

Los esquemas estratigráficos y descripción de los tramos paleozoicos.

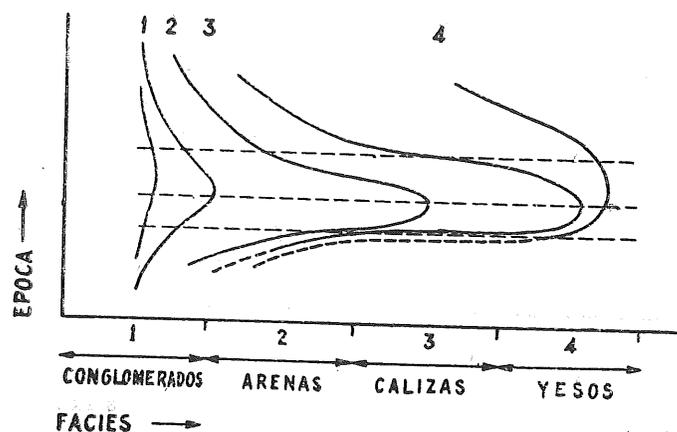


Fig. 3.—Representación gráfica del desarrollo de las facies en el Terciario más reciente de la cuenca de Calatayud, según Lotze.

difficilmente pueden mejorarse. Damos únicamente la descripción del tramo que aparece en nuestra Hoja, correspondiente al Siluriano inferior.

Ordoviciense:

- | | | |
|---------------------------|----|--|
| Ashgillium | 5. | Calizas con cistideos. |
| Caradocium... .. | 4. | Grauwacas y areniscas con
brizoos y orthidos. |
| Llandellium... .. | 3. | Pizarras con <i>Calymene tristani</i>
Brong. |
| Skiddawium (Arenig)... .. | 2. | Cuarcita armoricana. |
| Tremadocium | | |

Lotze se extiende ampliamente sobre cada uno de los tramos y afloramientos, comprobando, y cuando es preciso corrigiendo, observaciones de autores anteriores.

Lotze no estudia el Mesozoico, y sobre el Terciario tan sólo recalca con extensión la variación lateral de facies que hace imposible las comparaciones entre horizontes de idéntica litología distanciados. El autor representa la secuencia litológica del Terciario superior en distintos puntos de la cuenca de Calatayud-Teruel (fig. 3)). La curva 1 se refiere al borde externo de la cuenca. Las 2 y 3, a zonas cada vez más al interior. La 4 corresponde a las zonas centrales de la cuenca.

Lotze indica que por lo menos se han producido en el Terciario dos de estos ciclos.

Las ideas de Lotze sobre las fases orogénicas y epirogénicas se encuentran resumidas más adelante (ver capítulo V, figs. 25 y 26). Respecto a las edades de los plegamientos terciarios, admite dos fases distintas entre Cretáceo y Mioceno superior, y una muy débil postpontienne.

Lotze estudia detalladamente el tipo de tectónica que constituye cada una de las orogenias, en particular la herciniana y la alpina, y su influencia mutua. Según el autor, la tectónica paleozoica se caracteriza en la zona occidental por pliegues suaves, mientras que en la oriental ocurren pliegues-falla y cobijaduras, es decir, una tectónica de imbricación (capas de Bambola, Badules y Daroca, y valle del Jalón). Esta última apreciación de Lotze ha sido discutida posteriormente por varios autores (38), (39) y (28).

La tectónica reciente es, según Lotze, fundamentalmente tabular, producida por rotura de los estratos y movimientos de los bloques, unos con relación a otros. Los plegamientos fuertes parecen estar limitados a ciertas zonas. Lotze no precisa (ni entraba tampoco en el plan de su trabajo) la extensión ni límites de estos bloques, ni tampoco su edad, que parece atribuir a una de las fases entre Cretáceo y Mioceno superior.

Del año 1930 es el trabajo de Schröder (45), que estudia una zona más occidental que la nuestra, y del cual, sin embargo, merecen destacarse aquí el estudio paleontológico del Paleogeno, que llega desde el Eoceno superior al Oligoceno medio, y del Neogeno con sus tramos Tortonense, Sarmatiense y Pontiense. Respecto a las edades y distinción de orogenias, señala las fases astúrica principal y saálica más débil para el Paleozoico. En el Mesozoico indica el autor señales de plegamientos kimméricos por hiatos regionales de sedimentación. En el Ter-

ciario indica un débil plegamiento larámico o pirenaico, seguido de otro principal sáxico o estaírico y otro posterior rodánico, que no estudia.

También durante el año 1930 estudia Richter (38) las cadenas Ibéricas, entre el Jalón y la Sierra de la Demanda. De entre las consideraciones de dicho autor, que puedan aplicarse a nuestra zona, hemos extractado las siguientes:

1.º La serie estratigráfica de Dereims, que Joly extendió hasta el Kimmeridgense en Torrelapaja, es todavía ampliada hasta comprender todo el Kimmeridgense y Portlandés.

2.º El autor encuentra en ciertas zonas hiatos entre Liásico y Malm.

3.º La tectónica paleozoica carece de verdaderas imbricaciones. Estas se han producido por la acción de la orogénesis terciaria sobre las formas plegadas antiguas.

4.º El autor se ocupa por primera vez en serio de las grandes fallas marginales que bordean las cadenas ibéricas, asignándoles un papel tectónico importante, y concluyendo que las zonas axiales de las cadenas ibéricas al noroeste del Jalón son unas "semihorsts" y otras "horsts" anticlinales. Su núcleo paleozoico se ha desplazado a lo largo de una cobijadura marginal de rumbo NO. contra su "sinclinal adyacente", cuya rama o flanco NE. yace normalmente sobre el "semihorsts" contiguo.

5.º Señala ya típicas fosas tectónicas o dovelas hundidas, como la de Morés.

6.º Estas fallas se originaron en época pre-oligocena, pero se intensificaron y alcanzaron su importancia actual en época pre-miocena y post-oligocena.

Durante estas mismas fechas, vuelve Hahne (17) a proseguir sus estudios en la Cadena Celtibérica, al E. de la línea Cuenca-Teruel-Alfambra. Indica abundantes cortes de los sistemas de pliegues de rumbo NO. y de rumbo NE., estudiando sus interferencias, todos ellos al E. de la zona de nuestro estudio. El autor confunde a veces el Wealdense con las capas de Utrillas, y otras veces da como probable Oligoceno al Mioceno superior. La aportación más interesante de su trabajo es un intento de delimitación del Wealdense, del Urgoaptense y del Albense de Utrillas, que (salvo pequeños detalles) se acepta hasta la fecha como acertado.

Como colofón a los anteriores viajes de los discípulos de Stille,

publican en 1923 Richter y Teichmüller (39) un trabajo de gran interés, en el que se recopilan las observaciones estratigráficas y tectónicas anteriores, propias y ajenas. Es una gran obra de conjunto, que no ha sido superada, aunque localmente se le hayan hecho correcciones.

Richter y Teichmüller aceptan la descripción estratigráfica y paleogeográfica del Paleozoico estudiado por Lotze (31), y se centran en el Mesozoico y Terciario. Su estudio está enfocado para una visión global de la historia geológica de las Cadenas Ibéricas y consta de tres partes bien distintas:

La primera, estratigráfica, nos aporta las modernas nociones de sedimentología aplicada. Para el estudio de las cuencas de sedimentación se recurre a las clasificaciones litológicas y faunísticas de diversas profundidades.

Con ello y los numerosos datos locales existentes se da un esbozo de límites y profundidades de las cuencas sedimentarias de cada época.

La segunda parte, tectónica, aporta menos novedades.

La tercera, paleogeográfica, es el compendio de las anteriores, y más adelante se copia, con ligeras modificaciones y adiciones.

La alta calidad de este trabajo merecería comentario más extenso, pero concentrándonos en nuestra zona, hemos extractado solamente algunas de las conclusiones de los autores:

1.º El Liás es, en conjunto, transgresivo. La ausencia de faunas del Liás inferior pasa a faunas litorales (moluscos y braquiópodos) en el Liás medio y finalmente a faunas más profundas (cefalópodos) del Liás superior.

2.º El Liásico, en conjunto, alcanza enormes potencias en la región (300 m. y más).

3.º El Dogger es de potencia reducida (30 m. máximo).

4.º Al final del Dogger hay una regresión (faunas menos profundas).

5.º El Malm inferior es también poco profundo. En general, la cuenca baja mesozoica (jurásica) es de tipo inferior a lo que sería una cuenca geosinclinal. Los depósitos son mucho menos potentes y se acusan fuertemente pequeñas variaciones eustáquicas.

6.º Durante el Malm inferior hay una nueva transgresión, que llega a su cúspide con las faunas del Argoviense-Rauraciense. Aunque de espesor pequeño (60 m. probables en conjunto, o menos), se encuentra bien representado en todo el ámbito celtibero.

7.º Allí donde la facies wealdense no se ha depositado, no hay in-

dicios, en general, en toda Celtiberia de cuáles sean las últimas capas depositadas. (Al E. de las Cadenas Hespéricas, el Wealdense yace sobre el Malm inferior.) En el N. de Celtiberia, el Wealdense empieza a partir del Portlandés, y en las cuencas de Castellón y más al S., también está datado.

8.º Donde existe el Wealdense, se comprueba la sedimentación posterior del Urgoaptense y Albense. Los límites que dan para estas formaciones coinciden sensiblemente con los de Hahne.

9.º Los plegamientos terciarios principales son de fase *sávica*, separando Paleogeno plegado y Neogeno.

10. Señalan por primera vez, concretando con un corte (fig. 4) un abombamiento general plioceno, que lleva las cuencas terciarias a sus niveles actuales topográficos.

11. Coinciden con Richter (38) en apreciar la influencia de las orogenias terciarias en el plegamiento paleozoico, a diferencia de Lotze, como ya antes indicábamos.

Tras este trabajo esencialmente paleogeográfico, acaba sustancialmente la actividad de la escuela de Stille en la Cadena Celtibérica.

Posteriormente hay unas notas del propio Stille (46) concretando el problema de las vergencias en las diversas orogenias y trazando las divisorias.

Del año 1943 son los trabajos de Hernández-Pacheco (19) y Villalta y Crusafont (55), los cuales estudian el Paleogeno y Neogeno. Aunque

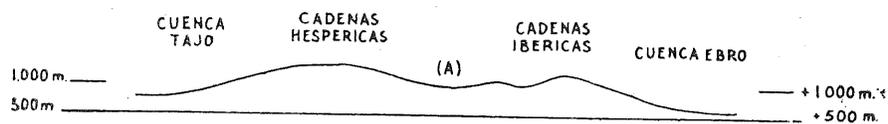


Fig. 4.—Arqueamiento regional plioceno, según Richter y Teichmüller.
(A) Cuencas del Duero y Calatayud-Teruel.

las zonas de su estudio no coinciden con la nuestra, puede deducirse comparativamente una similitud paleogeográfica entre las cuencas estudiadas y la de la Hoja de Santa Eulalia (cuenca de Calatayud-Teruel). Dentro de las variaciones del Terciario puede comprobarse una cierta unidad histórico-geológica.

En 1951 publican Ríos y Almela (1) una memoria sobre el Mesozoi-

co del borde meridional de la cuenca del Ebro. Los puntos que nos interesan más de su trabajo son los siguientes:

1.º Los niveles inferiores del Cretáceo descansan sobre capas diferentes del Jurásico inferior, medio o superior, lo que induce a suponer la existencia de un plegamiento poco intenso entre el Jurásico y el Cretáceo, con posterior erosión de algunos niveles del primero.

2.º La asignación de Wealdense que hacen Hahne y Richter y Teichmüller es en muchos casos errónea y debe atribuirse al Albense, como ya Falot y Bataller (12) habían señalado. (Zonas de Morella, Maestrazgo, Cinctorres, Villarroya, Benasal; capas de Mirambel-Morella y Miravete, de Hahne.)

3.º En la zona de Portalrubio y Rillo existe realmente una facies wealdense.

4.º Conservan, sin embargo, los límites de Hahne para la extensión del Wealdense.

El año 1952 publican Solé Sabarís y Riba (47) un interesante estudio de la sierra de Albarracín y zonas limítrofes de la Cordillera Ibérica. Se centran los autores sobre el relieve actual y su evolución mor-

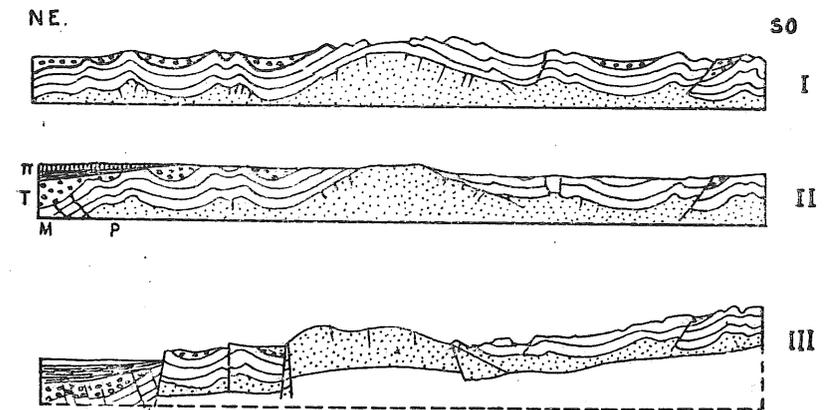


Fig. 5.—Evolución del relieve de la sierra de Albarracín, según Solé y Riba.
I. Relieve estructural formado a consecuencia del paroxismo alpino. En las depresiones se sedimenta el Paleogeno. Se inicia la depresión de Teruel.
II. Penillanura pontiense.
III. Deformación postpontiense y rejuvenecimiento del relieve. Las fallas han producido elevación y hundimiento de los bloques.

fológica, lo que equivale a hablar de la evolución tectónica moderna de la zona, que ha creado el paisaje de hoy día.

Solé y Riba señalan una alineación estructural de cuatro macizos hercinianos de contornos ovalados (Sierras del Tremedal, Carbonera, del Nevero y del Collado de la Plata), correspondiente a un pliegue de fondo de la Cordillera Ibérica. Encima del zócalo, y discordante, descansa la cubierta mesozoica. El contacto entre ambas unidades tectónicas (Paleozoico y Mesozoico) es brusco y viene delimitado por fallas antiguas que han continuado actuando en tiempos relativamente recientes, produciendo "horsts" típicos.

En la figura 5, extractada de dicho trabajo, pueden apreciarse claramente las opiniones tectónicas y geomorfológicas de los autores. Las fallas del NE. de las estructuras ofrecen, en general, salto mayor que las situadas al SO.

La zona del Valle del Jiloca es una fosa tectónica. En los márgenes de la depresión (Cella, p. e.) hay una serie de fallas escalonadas con hundimientos progresivos hacia el valle.

El Mioceno se deposita sobre un relieve abrupto (en Noguera) y lo fosiliza, o bien, más al sur (depresión de Teruel), se deposita sobre una superficie de erosión arrasada mesozoica. Al final del Ponticense, queda todo el paisaje convertido en una penillanura (salvo algunas montañas islas). Después del Ponticense empieza un abombamiento general, con rejuvenecimiento del paisaje y formación de depósitos conglomeráticos groseros suprapontenses. Por la independencia de estos depósitos con la red fluvial actual deducen los autores que deben atribuirse al Plioceno, así como que también durante el Plioceno prosiguieron los movimientos de abombamiento, formación de "horsts" y hundimientos que actualmente conforman la red hidrográfica.

El año 1954, Crusafont, Villalta y Julivert (6) publican una nota para la estratigrafía y paleontología de la cuenca de Calatayud. En ella estudian las variaciones laterales de facies según los distintos puntos de la cuenca. El yacimiento ponticense de Nombrevilla se encuentra situado debajo de un paquete de margas y calizas blancas y sobre unas margas rojas. Dicho yacimiento es descrito cuidadosamente por los autores.

El mismo año 1954, Julivert (28) publica un estudio sobre la tectónica de la depresión de Calatayud. Según el autor:

1.º La depresión de Calatayud tiene carácter tectónico. Se hundió

en el eje de un gran anticlinal de fondo paleozoico, tal vez complejo en detalle, roto por multitud de fallas inversas.

2.º El gran anticlinal de fondo es herciniano. Las fallas inversas son paleógenas.

3.º Tras el plegamiento se produce arrasamiento erosivo (Paleógeno-Mioceno inferior).

4.º En fase de distensión posterior (intramiocena) se produce al NE. de la cuenca, rica en fracturas, fallas de distensión en sentido contrario de varias ya existentes que tenían el carácter de fallas inversas. Al SE. las fracturas son escasas y el hundimiento es también menor. Con esto se inicia un basculamiento del bloque que constituye la depresión, hacia el NE. En la depresión comienza una sedimentación continental y lacustre.

5.º Los primeros depósitos miocenos muestran ya la individualidad de la cuenca respecto a las vecinas del Ebro y Duero.

6.º Durante el Mioceno hay una nueva fase de compresión de menor intensidad que la anterior. A ella sigue una distensión, igualmente atenuada. Las fallas que se producen levantan ligeramente la depresión de Calatayud respecto a la Cordillera.

7.º Después del Mioceno hay nueva fase de compresión que deforma la penillanura ponticense.

2.—RASGOS GEOLÓGICOS

Es interesante y variada la geología de la zona comprendida en el interior de la Hoja de Santa Eulalia.

A modo de introducción, vamos a citar aquí las principales series estratigráficas que afloran en el país, así como los más importantes accidentes tectónicos.

Estas cuestiones serán tratadas con mayor extensión y detalle en los capítulos correspondientes expresamente dedicados a ellas.

A) ESTRATIGRAFÍA

Hemos podido distinguir en la Hoja de Santa Eulalia los siguientes niveles estratigráficos:

Siluriano:

Ordoviciense: Pizarras y cuarcitas armoricanas.

Triásico:

Buntsandstein: Conglomerados de base, areniscas rojas y arcillas.

Muschelkalk: Calizas tableadas oscuras con nivelitos margosos.

Keuper: Arcillas y margas abigarradas, rojizas y verdosas. Bancos intercalados de yesos. Abundancia de cuarzos hematoides.

Suprakeuper: Carniolas.

Jurásico:

Retiense superior-Sinemuriense inferior: Dolomías y calizas dolomíticas en bancos potentes.

Sinemuriense superior-Toarciense: Calizas tableadas y margas fosilíferas.

Dogger: Calizas oscuras con nódulos y bandas de sílex en la base. Calizas tableadas arenosas. Se han determinado con fósiles los tramos Aalenense, Bajociense y Bathociense.

Malm: Calizas arenosas tableadas, en ocasiones micáceas. Se han determinado con fósiles la presencia de Calloviense, Oxfordiense, Sequanense, Kimmeridgense y Titónico, aunque no se han separado en el mapa.

Eocretáceo:

Neocomiense: Marino. Calizas tableadas margosas.

Barremiense: Aptense. Calizas en bancos gruesos, gris oscuro en superficie. En el techo y muro las calizas son más arenosas, y en la parte central, niveles de caliza oolítica.

Terciario:

Paleogeno: En él hemos distinguido, de abajo a arriba:

- a) Conglomerados basales.
- b) Nivel arcillo-arenoso.
- c) Tramo calizo-margoso blanco.
- d) Serie alternante de margas rojas y verdes con calizas margosas blancas.

Neogeno: En él hemos distinguido:

Tortonense-Sarmatiense. Conglomerados y arcillas rojas.

Pontiense. Caliza lacustre con gasterópodos.

Plioceno-Cuartario:

Terrazas fluviales antiguas.

Tierras arcillo-sabulosas.

Formaciones aluviales en cauces y ramblas.

Volvemos a insistir en que todas estas formaciones serán descritas más adelante con mayor detenimiento.

Justificaremos entonces su clasificación en la escala estratigráfica y describiremos los afloramientos más importantes.

B) TECTÓNICA

1) Encontramos huellas en los afloramientos paleozoicos de un plegamiento herciniano. Sobre este plegamiento se superponen numerosos fenómenos orogénicos y epirogénicos posteriores.

2) La existencia de movimientos kimméricos o austríacos ha sido probada por otros autores más al este y al oeste de nuestra Hoja. Sin embargo, los efectos de dichos movimientos son muy locales y en otros puntos no se dejan sentir. Tal es el caso de nuestra zona, en la que no hemos hallado discordancias o hiatos sedimentarios que los manifiesten.

3) Existe dentro de la Hoja una prolongada orogénesis terciaria. Tras un primer impulso probablemente postcretáceo, y ante o infra-oligoceno, se sucede una fuerte erosión. El impulso principal es post-aquitaniense y premioceno superior, pudiendo corresponder a las fases sálica o estairica, aunque probablemente se trate de numerosos y continuados impulsos durante todo el Mioceno inferior.

4) Tras estos principales movimientos se crean, por descompresión, numerosas fallas, que siguen actuando de forma prácticamente ininterrumpida hasta nuestros días. La zona se quebranta en varios bloques y adquiere la morfología típica actual.

5) En el intermedio entre los impulsos orogénicos y hasta el Cuartario se suceden, en los períodos tranquilos, varias superficies de ero-

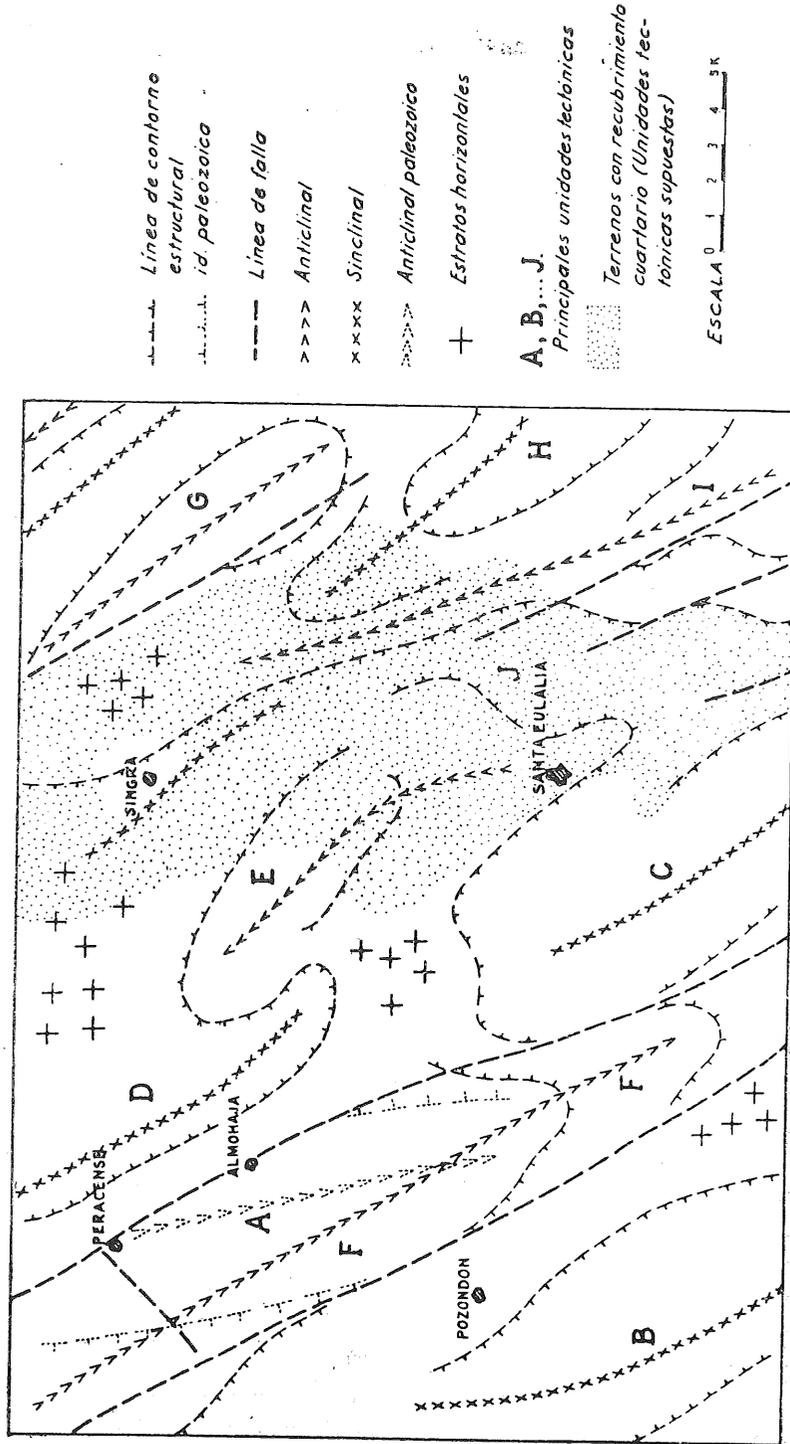


Fig. 6. — Esquema tectónico.

sión. Pueden señalarse principalmente una primera postcretácea, otra intraoligocena, otra postpontiense y, finalmente, la actual.

6) Los débiles movimientos postpontienses no afectan a la zona más que como un rejuvenecimiento de la tectónica de bloques mencionada en 4).

Los principales accidentes tectónicos de la Hoja se citan a continuación. La historia orogénica y epirogénica se describe con más detalle en el capítulo correspondiente, donde igualmente se estudian cada una de las siguientes unidades tectónicas (fig. 6):

- Anticlinal del Alto de la Carnicería-San Ginés-Cabeza.
- Sinclinal de Pozondón.
- Sinclinal de El Airazo-Cañada Hermosa.
- Sinclinal de El Toro-La Retuerta-Singra.
- Anticlinal de San Cristóbal.
- Anticlinal de Abanto.
- Anticlinal de Sierra Palomera.
- Sinclinal de La Tejería.
- Anticlinal de El Montero.
- Valle del Jiloca.

RASGOS DE GEOGRAFÍA FÍSICA Y HUMANA

SITUACION

La Hoja de Santa Eulalia corresponde a la número 541 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1 : 50.000.

Está limitada por los meridianos 2° 10' y 2° 30' de longitud E. y los paralelos 4° 30' y 4° 40' de latitud N.

Toda la superficie de la Hoja pertenece a la provincia de Teruel y está situada un poco al N. de la capital. La carretera de Teruel a Zaragoza la cruza de S. a N. casi por el centro.

OROGRAFIA

El relieve de la Hoja de Santa Eulalia es bastante movido.

El centro de la misma está ocupado por un amplio valle que forma parte de la depresión Calatayud-Teruel. En él toman asiento los principales núcleos de población. La altitud media de este valle, que cruza la Hoja de S. a N., es ligeramente superior a los 1.000 metros.

El borde oriental de la Hoja lo ocupa la Sierra Palomera, que penetra en la Hoja por el N., con bastante altitud. El vértice Coro ya tiene 1.381 metros y sigue ganando altura hasta el vértice geodésico Palomera, de primer orden, con 1.498 metros de altitud sobre el nivel del mar.

A partir de este último vértice y hacia el S., la sierra comienza a

descender y se prolonga hasta fuera de la Hoja, en una alineación de lomas, entre las cuales destaca El Montero, con 1.192 metros.

El borde occidental de Sierra Palomera, que mira al valle, está, en su parte superior, rematado por fuertes escarpes y sería de difícil paso si no fuera por unos profundos barrancos que la taján transversalmente. Por estos pasos se pueden hacer itinerarios de indudable interés geológico.

La mitad occidental de la Hoja, de unos 200 m. de cota media superior a la del valle, nos ofrece un relieve ondulado, con lomas anchas y redondeadas, cortadas a veces por profundos barrancos. Por uno de ellos discurre el ferrocarril minero de Ojos Negros a Sagunto.

El pueblo de Pozondón está situado en una altiplanicie erosiva que llega hasta Ródenas e incluso sale de la Hoja.

En esta zona, entre Peracense y Almohaja, se encuentra el cerro paleozoico de San Ginés, que con sus 1.605 m. constituye la mayor elevación de la Hoja.

Otros vértices geodésicos de la zona son:

Morrón Blanco (1.482 m.), Monte Villafranca (1.217 m.), Haro (1.346 metros), San Cristóbal (1.192 m.), Cabeza (1.392 m.), Abanto (1.413 m.), Vigos (1.113 m.), Plantío (1.425 m.) y Peinao (1.353 m.).

HIDROGRAFIA

El sistema hidrográfico de la Hoja pertenece en su totalidad a la cuenca del Ebro, al que acuden las aguas por intermedio del Jiloca.

Este río, cuyo nacimiento se fija en los manantiales denominados Ojos de Monreal, situados al N. de la Hoja, recibe aguas más altas, procedentes de la copiosa fuente de Cella, que dan origen al río del mismo nombre y que atraviesa de S. a N. la Hoja de Santa Eulalia, regando en su recorrido más de 2.000 Ha. en los términos de Villarquemado, Santa Eulalia, Torremocha, Torre la Cárcel, Alba y Singra.

Estas aguas de la fuente de Cella son conducidas por tres acequias, en gran parte de su recorrido, hasta el Jiloca, durante el cual son incrementadas por las de algunos manantiales de poca importancia.

El resto del aparato acuifero de la Hoja lo constituyen innumerables barrancos y ramblas, secos durante la mayor parte del año y que

en épocas abundantes vierten sus aguas desde las zonas marginales al valle.

CLIMATOLOGIA

El clima de la zona es de tipo continental, acusado fuertemente en invierno por su elevada altitud media.

Los inviernos suelen ser largos y duros, con vientos fríos y secos procedentes del N. (cierzo). Las heladas son fuertes y pertinaces y son frecuentes las nieblas y escarchas, con temperaturas inferiores a los -12° C. Las nieves no son muy frecuentes, pero en las alturas suelen durar todo el invierno.

El verano, que se inicia súbitamente a finales de junio, suele ser corto y seco, pero bastante caluroso.

La primavera y el otoño suelen ser épocas lluviosas, en especial cuando sopla el viento del SO., que es el que trae la lluvia. Las tormentas son frecuentes en verano y otoño.

Del "Resumen de observaciones meteorológicas correspondientes al año 1949", del Servicio Meteorológico Nacional del Ministerio del Aire, extractamos las correspondientes a

PRECIPITACION

ALBARRACÍN:

	Días de lluvia	Días de nieve	Lluvia total en mm.	Lluvia máxima en 1 día	Fecha
Enero	4	0	29,0	10,0	2
Febrero	2	1	20,0	13,0	17
Marzo	3	1	9,0	4,0	7
Abril	6	0	47,0	15,0	25
Mayo	12	0	116,0	19,0	6
Junio	4	0	44,0	20,0	9
Julio	3	0	40,0	26,0	25
Agosto	3	0	24,0	11,0	29
Septiembre	12	0	216,0	48,0	9
Octubre	2	0	11,0	6,0	8
Noviembre	4	0	22,0	9,0	24
Diciembre	4	1	40,0	17,0	31
Año	59	3	618,0	48,0	9/9

ALFAMERA:

	Días de lluvia	Días de nieve	Lluvia total en mm.	Lluvia máxima en 1 día	Fecha
Enero	1	0	11,2	11,2	4
Febrero	2	0	7,3	5,2	17
Marzo	1	1	27,4	16,2	30
Abril	1	0	9,2	9,2	24
Mayo	7	0	104,9	24,3	29 y 31
Junio	4	0	45,0	16,3	8
Julio	2	0	32,5	24,3	24
Agosto	2	0	30,3	18,0	28
Septiembre	7	0	160,2	64,5	9
Octubre	1	0	16,3	16,3	4
Noviembre	3	0	43,8	21,4	22
Diciembre	—	—	—	—	—
Año	31	1	488,1	226,9	—

CELLA:

	Días de lluvia	Días de nieve	Lluvia total en mm.	Lluvia máxima en 1 día	Fecha
Enero	0	0	0,0	0,0	—
Febrero	1	0	10,0	10,0	17
Marzo	0	0	0,0	0,0	—
Abril	2	0	7,0	4,0	22
Mayo	5	1	67,0	15,0	28
Junio	4	0	32,0	18,0	10
Julio	1	0	2,0	2,0	23
Agosto	3	0	13,0	7,0	28
Septiembre	5	0	112,0	45,0	8
Octubre	1	0	2,0	2,0	2
Noviembre	0	0	0,0	0,0	—
Diciembre	4	1	16,0	8,0	30
Año	26	2	261,0	45,0	8/9

SINGRA:

	Días de lluvia	Días de nieve	Lluvia total en mm.	Lluvia máxima en 1 día	Fecha
Enero	1	1	3,0	1,7	9
Febrero	1	0	4,0	4,0	18
Marzo	4	1	21,8	8,1	30
Abril	3	0	19,1	10,5	22
Mayo	8	1	43,0	11,0	15
Junio	4	0	35,8	14,0	11
Julio	2	0	4,1	2,7	8
Agosto	1	0	11,6	11,6	29
Septiembre	7	0	56,6	22,7	30
Octubre	2	0	11,3	10,5	4
Noviembre	2	0	5,4	3,8	19
Diciembre	2	1	13,4	7,4	8
Año	37	4	229,1	22,7	30/9

	TERMOMETRO						PLUVIOMETRO					
	<i>Temperatura a la sombra</i>						Días de lluvia	Días de nieve	Lluvia total en mm.	Lluvia máxima en un día	Fecha	
	Media mensual	Media de la máxima	Máxima absoluta	Fecha	Media de la mínima	Mínima absoluta						Fecha
Enero	1,8	7,1	12,5	19/20	-3,4	-9,0	30	0	1	6,0	6,0	9
Febrero	3,7	10,4	17,0	8/10	-3,0	-9,0	4/5	2	0	8,5	5,5	17
Marzo	5,0	10,8	16,0	Var.	0,7	-9,3	3	5	1	24,0	8,0	29
Abril	11,3	18,5	26,0	6	4,0	0,5	1 y 30	5	0	24,5	9,0	22
Mayo	12,4	19,4	28,5	28	5,5	0,5	1	11	0	60,0	11,0	4
Junio	18,4	26,8	33,5	22	10,0	4,5	24	5	0	37,5	18,0	8
Julio	23,0	32,3	36,0	4/31	13,7	10,0	Var.	2	0	12,0	10,0	7
Agosto	21,8	29,9	36,5	1	13,7	10,0	Var.	3	0	29,5	13,0	28
Septiembre	17,6	23,5	27,5	2/5	11,7	7,0	24	13	0	84,0	28,0	30
Octubre	11,2	17,5	21,0	25	5,0	-4,0	27/29	3	0	20,5	9,5	3
Noviembre	5,6	10,9	19,5	1	0,3	-7,5	3	3	0	9,0	5,0	18
Diciembre	3,6	7,7	13,0	7/20	-0,4	-7,0	Var.	2	1	14,0	6,0	30
Año	11,3	17,8	36,5	1/8	-4,7	-9,3	2/3	54	3	329,5	28,0	

AGRONOMIA

Salvo en el amplio valle del centro, es pobre, en general, el suelo de la Hoja.

En los terrenos pertenecientes al Siluriano, formados por pizarras y cuarcitas, domina el monte bajo, representado por las especies típicas del país: chaparros, aliagas, espinos, romero, etc.

Los terrenos del Triás son buenos para la explotación forestal. El pueblo de Ródenas toma su nombre del "rodeno", nombre con que se conoce también en España al Buntsandstein, debido a la abundancia de pinos de esta especie (*Pinus pinaster*, Gol.) que suele haber en el mismo.

Las especies más comunes en la zona son los pinos albar y negral, casi siempre en las zonas más altas, y su importancia es mucho mayor en las zonas próximas de Bronchales y Orihuela del Tremedal.

Actualmente se está llevando a cabo en la Hoja una inteligente política forestal de repoblación.

En los terrenos jurásicos, con predominio de las rocas calizas, abunda el monte bajo con algunos rodales de encinas, sabinas, enebro rastro, etc. Las zonas margosas se aprovechan para el cultivo de los cereales.

En el valle, con terrenos pertenecientes al Terciario y Cuartario, es donde se desarrollan con más intensidad los cultivos.

En la zona del valle regada por las aguas del Cella y las procedentes de algunos pozos, se obtienen hortalizas y en especial remolacha, materia prima de la Azucarera del Jiloca, de Santa Eulalia, principal industria de la Hoja.

En las zonas a donde no llegan las aguas de las acequias del Cella, la producción más importante es la de los cereales, con predominio del trigo y centeno, y la de la vid, que produce vinos de regular calidad.

En general, repetimos, es difícil la agricultura de la zona. La dureza del clima y la falta de buenos suelos influyen para ello en gran manera.

La ganadería es poco importante. Algunos rebaños de ganado lanar y cabrío, y de cría del de cerda en régimen doméstico, constituyen la única riqueza ganadera.

GEOGRAFIA HUMANA

Está muy desigualmente repartida la población en la Hoja de Santa Eulalia.

En el valle central se asientan los pueblos de

Alba... ..	712 habitantes.
Santa Eulalia... ..	2.918 —
Singra	423 —
Torremocha del Jiloca... ..	511 —
Torre la Cárcel	790 —
Villarquemado.. ..	1.539 —

Las zonas marginales y montañosas están muy débilmente pobladas. En la mitad occidental se encuentran:

Almohaja	201 habitantes.
Peracense	407 —
Pozondón	541 —
Ródenas.. ..	425 —

Estos datos están tomados de Municipios de España, censo de 1940.

No existen industrias en la Hoja, salvo la Azucarera del Jiloca. La principal ocupación de los habitantes es la agricultura y el pastoreo.

Está bien comunicada la Hoja de Santa Eulalia con las capitales de la región. La carretera de Zaragoza a Teruel la cruza de N. a S. por el centro del valle del Jiloca. De ella parten los ramales de Torre la Cárcel a Aguatón, de Santa Eulalia a Bronchales, por Pozondón, de donde sale el camino vecinal de Villar del Salz, por Ródenas.

Otros caminos vecinales son los de Santa Eulalia a Alba y Peracense a Villafranca del Campo, y las pistas militares de Santa Eulalia a Cella y a Alfambra.

Existe otra multitud de caminos y veredas, en general mal conservados.

El ferrocarril central de Aragón cruza la Hoja paralelo a la carretera de Zaragoza a Teruel.

También la cruza de NO. a SE. el ferrocarril minero de Ojos Negros a Sagunto.

Se pueden encontrar buenos alojamientos en Santa Eulalia, situada en el centro de la Hoja.

ESTRATIGRAFÍA

GENERALIDADES

La estratigrafía de la Hoja número 541, Santa Eulalia, es muy interesante y variada. Los sedimentos que se encuentran abarcan desde el Siluriano, representado por el Ordovicense, hasta el Cuartario.

El Trías de facies germánicas presenta sus tres tramos característicos.

Los materiales liásicos y jurásicos ocupan buena parte de la superficie de la Hoja, desde el Retiense hasta el Titónico, con tramos bien datados paleontológicamente.

El Cretáceo está representado por sedimentos pertenecientes al Neocomiense y Barremiense-Aptense, en el ángulo NE. de la Hoja. El Cretáceo superior, que debió depositarse en el ámbito de la misma, por cuanto lo hemos visto en zonas próximas de sus alrededores, ha sido totalmente erosionado.

El Terciario lo hemos dividido en Paleogeno, o Terciario plegado, y Neogeno, sensiblemente horizontal. Su separación, no siempre visible, se hace por intermedio de una fase detrítica. El tramo superior del Mioceno, el Pontiense, está bien determinado, tanto litológica como paleontológicamente.

El Plioceno-Cuartario de la Hoja ocupa todo el valle del Jiloca.

Vamos a describir seguidamente cada uno de los tramos, haciendo una relación de sus principales afloramientos y de los fósiles recogidos en los mismos.

SILURIANO INFERIOR-ORDOVICENSE

El tramo más bajo de la serie estratigráfica que encontramos en la Hoja de Santa Eulalia está constituido por una potente serie de cuarcitas compactas, a menudo ferruginosas, muy puras y duras, de grano más bien fino.

Están estas cuarcitas bien estratificadas, en bancos cuyo espesor es de uno a dos metros. Debido a su fuerte agrietamiento, no es fácil muchas veces medir su buzamiento de cerca, que es, por otra parte, fácilmente visible de lejos.

Hacia la base encontramos unos niveles de arenisca conglomerática con cantos de cuarzo de redondeados a angulosos, con abundante cemento, o cantos dispersos en la arenisca, y todo ello cementado en cuarcitas. Estos conglomerados cuarzosos los cita ya Lotze en otros puntos de la región como base de la serie siluriana.

Sobre las cuarcitas, y concordantes con ellas, existe una potente serie de pizarras, cuya parte superior la constituye un paquete de unos diez metros de potencia de pizarras micáceas, violetas y gris verdoso. Hacia abajo estas pizarras pasan a marrones, muy trastornadas y más margosas que las anteriores, alternando con bancadas pequeñas de cuarcitas teñidas por óxidos de hierro. Dentro de este nivel los tramos más arcillosos toman colores abigarrados, con predominio del rojo oscuro, y las pizarras están desagregadas en agujas, debido a su fuerte esquistosidad.

Las pizarras descritas deben corresponder, por su posición estratigráfica, a la base del tramo de *Didimograptus marchisoni*, que Lotze adscribe al Skiddawiense.

En la Hoja de Santa Eulalia, el único asomo siluriano lo constituye la prolongación de Sierra Menera, que en el vértice San Ginés nos ofrece la máxima elevación de la Hoja.

Un corte detallado de esta localidad sería el siguiente (fig. 7), de abajo a arriba:

- a) Arenisca conglomerática de cantos anguloso-redondeados, dispersos. Cemento siliceo, 30 metros.
- b) Cuarcitas blancas, en bancos potentes, 35 metros.
- c) Cuarcita grispardusca, ferruginosa en superficie, gris en fractura, en lechos delgados y regulares, 15 metros.

d) Cuarcitas más blancas que las anteriores, pero no tanto como las b), fajeadas en bandas y con impregnaciones ferruginosas en los planos de estratificación, 60 metros.

e) Cuarcitas pardas, muy ferruginosas, 40 metros.

f) Areniscas micáceas, cuarcitosas, tableadas, amarillentas, 70 m.

g) Bancos de cuarcitas blancas con *Scholithus dufrenoyi*, 40 metros.

Entre los picos San Ginés y Cabeza existen localmente zonas fuertemente mineralizadas que constituyen las minas de hierro de Almohaja, con paragénesis similar a las de Ojos Negros, situadas al norte de la Hoja y fuera de ella.

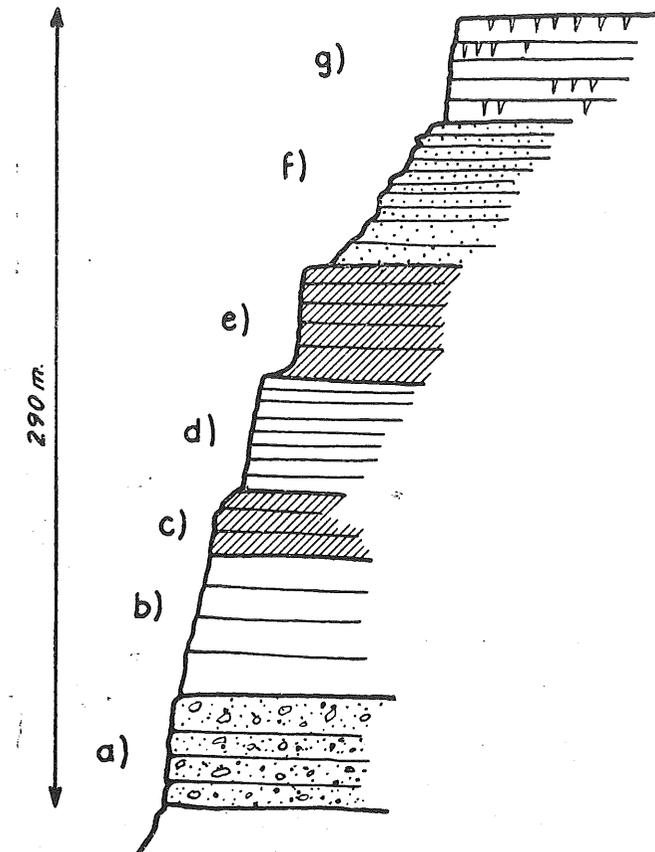


Fig. 7.—Corte estratigráfico del Cerro de San Ginés.

TRIASICO

El Trias está representado por sus tres pisos: Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper; el intermedio, con una reducida potencia en comparación con zonas situadas al Noroeste.

Vamos a describir cada uno de ellos, tal como se presentan en nuestra Hoja, y sus afloramientos principales.

BUNTSANDSTEIN

Sobre el Siluriano, y discordante con él, encontramos el piso inferior del Trias, compuesto de abajo a arriba:

a) Conglomerados cuarzosos con escaso cemento arenoso de color rojo con pequeñas hiladas de arenisca roja, con estratificación regular pero poco acusada, compactos y homogéneos.

El tamaño de los cantos varía desde gravilla a cantos de cuarcita angulosa de 40 a 50 centímetros.

Los cantos presentan huellas de interpenetración de unos con otros, debidos no a presiones tectónicas, sino a procesos de disolución sólida. La potencia aproximada de este tramo es de unos 45 metros. Hacia el techo, los niveles arenosos se hacen más frecuentes y de mayor potencia, hasta que de una manera insensible se pasa a

b) Arenisca roja típica, generalmente rojo-vinosa, micácea, constituida por granos muy pequeños de cuarzo unidos por un cemento silíceo-arcilloso, teñido por óxidos de hierro.

En la base, el cemento es predominantemente silíceo y las areniscas tienen gran dureza, en gruesos bancos, en los cuales la estratificación apenas se marca.

Hacia la parte superior, el cemento es más arcilloso, la estratificación es muy cruzada y en superficie la roca está suelta por meteorización, constituyendo suelos arenosos.

La potencia aproximada de este tramo es de unos 100 metros.

Aparece el Buntsandstein en una gran mancha en el vértice NO. de la Hoja, en los alrededores del pueblo de Ródenas, que toma su nombre del de "rodano", con el que se designa en la región la arenisca roja típica de esta formación.

Este afloramiento rodea, por el O., el anticlinal paleozoico de Sierra Menera, e incluso lo recubre entre Peracense y Ródenas, aislando San Ginés del resto de la Sierra.

Encontramos también el Buntsandstein en el núcleo del anticlinal asimétrico del cerro San Cristóbal, constituido en su totalidad por el tramo superior b).

MUSCHELKALK

El tramo intermedio del Trias está formado en la Hoja por los siguientes niveles, de abajo a arriba:

a) Calizas margosas apizarradas, de colores verdosos, amarillentos y rojizos, con tránsito hacia el Bunt.

b) Calizas finamente tableadas, amarillentas en superficie, grises en fractura.

c) Calizas oscuras, tableadas.

El nivel a) pudiera asimilarse a un tramo superior del Buntsandstein, al Rot, que en la zona al N. de Sagunto (Valencia) hemos visto con una potencia de hasta 30 metros, y que también cita Richter (38) entre el río Jalón y la Sierra de la Demanda. Nosotros, por su facies, más caliza que en los lugares antes citados, y por su pequeña potencia, lo hemos incluido en el Muschelkalk.

La potencia del Muschelkalk en la Hoja es muy pequeña, alrededor de los 15 metros e incluso menor. Dereims (8) ya hace notar esta pequeña potencia en comparación con zonas próximas situadas al NO. y aun su desaparición en algunos lugares, donde el Keuper y el Buntsandstein se confunden.

Encontramos al Muschelkalk en una mancha alargada en la zona oriental del anticlinal formado por los vértices San Ginés y Cabeza, recubierta en parte hacia el N. por el Cuartario.

En el anticlinal del cerro San Cristóbal aparece en los dos flancos, más desarrollada en el meridional, ya que el otro flanco está fallado y sólo se observa a retazos aislados.

No hemos visto fósiles, pero su litología y su posición estratigráfica son lo suficiente claros para su clasificación.

KEUPER

El tramo superior de la serie triásica está ampliamente representado en la mitad occidental de la Hoja de Santa Eulalia, con su facies característica de margas abigarradas, con predominio de los colores rojos y verdosos, que alternan con tramos potentes de yesos rojos y blancos en masa.

Sólo en los lugares antes descritos lo hemos visto en contacto directo con las calizas del Muschelkalk. En la mayoría de los casos yacen las formaciones margosas del Triás superior debajo de las carniolas y calizas dolomíticas del Suprakeuper y Rético, casi nunca en contacto normal y concordante. Ello es debido a la mayor plasticidad del Keuper, que se ha plegado y rizado violentamente, mientras que la serie superior caliza, más rígida, no ha podido plegarse así y las capas calizas yacen rotas y caídas, encima de las margas, conservando la misma dirección pero discordantes en buzamiento.

Las fallas y fracturas, tan abundantes en la zona, dejan salir, a través de los estratos calizos del Lías, las formaciones plásticas del Keuper; tales son las manchas que se observan cerca de la Masía de Rubielos.

La falda oriental del anticlinal paleozoico de San Ginés, cortada por una gran falla, está ocupada en casi su totalidad por las margas rojas, en general muy erosionadas y recubiertas parcialmente por depósitos cuartarios débiles, a través de los cuales se adivinan sus colores abigarrados.

En el ángulo SO. de la Hoja encontramos una banda de Keuper entre las carniolas. Esta banda se ensancha hacia el S., por el pueblo de Monterde.

En la zona de fractura que existe en el centro de la Hoja, por donde discurre el barranco de Almohaja y el ferrocarril minero de Ojos Negros a Sagunto, las margas del Keuper aparecen recubiertas por retazos de carniolas.

Más continuo es el afloramiento de la falda occidental del anticlinal antes citado. Aquí el Keuper, que por más blando constituye el fondo del estrecho valle, aparece enmarcado entre las carniolas réticas y las calizas del Muschelkalk. El anticlinal de San Cristóbal está casi totalmente rodeado por las margas abigarradas, que en la parte oriental están recubiertas por el Mioceno cuartario del valle del Jiloca.

También en las proximidades de Singra aparece el Keuper, en parte recubierto por el Cuartario y en parte por las carniolas. En las trincheras de la carretera de Zaragoza a Teruel, que pasa por el centro de la Hoja, a la altura del P.-K. 141, pueden verse las margas abigarradas.

En la mayoría de las manchas citadas hay abundantes jacintos de Compostela.

Los yesos son explotados localmente en canteras, en general cerca de los pueblos.

SUPRAKEUPER

Sobre los niveles margosos del Keuper encontramos una potente serie de carniolas y dolomías, sin estratificación aparente, que hemos incluido en el Suprakeuper, aunque llegue hasta el Rético inferior.

De abajo a arriba, comienza este tramo con una serie de niveles alternados de margas grisamarillentas y carniolas, que se hacen más potentes conforme ascendemos y que insensiblemente pasan a dolomías.

La superficie de erosión está muy alterada por la diferente disolubilidad de los carbonatos cálcico y magnésico, que produce en la roca su aspecto rugoso y cavernoso característico.

En la Hoja de Santa Eulalia encontramos las carniolas en los mismos lugares que hemos citado ya del Keuper. Su extensión es mayor en los alrededores de Singra y Alba.

JURASICO

Los terrenos jurásicos son los más ampliamente representados en la Hoja de Santa Eulalia, especialmente en su mitad occidental.

La abundancia de fósiles en algunos tramos nos ha permitido una distinción de niveles bien datados paleontológicamente.

Vamos a reseñar seguidamente las principales características de cada uno de los tramos y sus afloramientos más importantes.

RETIENSE SUPERIOR - HETTANGIENSE - SINEMURIENSE INFERIOR

Incluimos en esta denominación un gran paquete de calizas dolomíticas y calizas oscuras, bien estratificadas, en bancos de 0,50 a un metro de potencia, a los cuales se pasa de una manera insensible desde el tramo anterior.

El límite marcado en la representación efectuada con el Suprakeuper es, debido a lo anterior, sólo aproximado, ya que si bien en algunos lugares aparece claramente diferenciado, en general, repetimos, se hace de una manera gradual.

No hemos encontrado fósiles en este nivel, en general muy poco fosilífero, salvo en algunas pequeñas intercalaciones de calizas arenosas que presentan gran cantidad de restos, de pecten y belemnites, totalmente inclasificables.

Ocupa gran extensión en la Hoja de Santa Eulalia. Aparece en el anticlinal de Monterde, en el vértice SO. de la Hoja.

El amplio sinclinal Airazo-Cañada Hermosa, deja ver en sus dos ramas la caliza del Lías inferior.

La rama occidental forma un anticlinal, continuación del de Abanto, completamente fallado y trastornado en su charnela. La carretera de Santa Eulalia a Pozondón discurre por esta zona desde los kilómetros 11 a 16.

Entre los P. K. 12 y 13, existe, dentro de esta formación, una zona de flexura que da a las capas un aspecto milonítico. Digeridas en la masa se ven restos de carniolas.

La rama oriental del sinclinal citado constituye la separación del valle del Jiloca y la altiplanicie de Pozondón. La carretera a que antes hemos hecho referencia nos da un magnífico corte de esta formación desde los P. K. 5 a 8. En esta zona se encuentra la cantera permanente que sirve a la Azucarera del Jiloca, en Santa Eulalia.

En la falda oriental del anticlinal de San Ginés, pasada la zona de fractura de que hablamos en el capítulo correspondiente a Tectónica, se extienden las calizas del Lías inferior, en una gran zona, cubierta en parte por formaciones del Lías superior. En el borde E. del amplio sinclinal formado, las capas están casi tendidas y suavemente onduladas, siguiendo sensiblemente el relieve.

Existen otros pequeños afloramientos debidamente marcados en la representación efectuada.

SINEMURIENSE SUPERIOR - CHARMUTIENSE - TOARCIENSE

Constituye el horizonte fosilífero del Lías. De abajo a arriba se pueden distinguir, en la mayoría de los afloramientos, los siguientes niveles:

a) Sobre el paquete calizo anterior, un tramo arenoso con luma-

quelas de fósiles en bandas estrechas, con terebrátulas, belemnites, etc., 30 metros.

b) Tramo margoso-calizo, 5 metros.

c) Calizas arenosas, 5 metros.

d) Calizas blancoamarillentas con intercalaciones de bancos más margosos, 60 metros.

En estos tres últimos niveles, los fósiles son muy abundantes y bien conservados. En general, en un mismo yacimiento hemos recogido ejemplares de los tramos que forman el parágrafo, por lo que los hemos incluido en un solo apartado en la representación cartográfica.

Encontramos estos sedimentos en los amplios sinclinales de la mitad occidental de la Hoja y en las sierras Palomera y Montero. En los distintos afloramientos, los niveles que hemos descrito, en general, no son siempre constantes, pudiendo incluso llegar a faltar alguno de los intermedios o variar relativamente su facies.

A continuación damos una relación de los fósiles recogidos, indicando la situación y facies de los afloramientos.

Al S. de Sierra Palomera, en las laderas y cimas del Medio Monte, en unas calizas margosas, tableadas, en lechos delgados, aproximadamente en dip-slope, hemos recogido numerosos ejemplares de

Tallos de crinoides.

Terebratula submaxillata, Dav.

Terebratula sp.

Lopha sp.

Pecten sp.

Chlamys textorius, Schl.

Stephanoceras brausianum, d'Orb.

Hildoceras bifrons, Brug.

Zeilleria punctata, Sow.

Entolium cingulatus, Goldf.

Plagiostoma punctata, Desh.

Grammoceras normanianum, d'Orb.

La carretera de Torre la Cárcel a Aguatón ofrece un interesante corte de la serie liásica, desde el P. K. 7 hasta el túnel.

En el P. K. 7 encontramos el tramo margoso-calizo b), bastante tendido, y en él

Rhynchonella fodinalis, Tate.
Rhynchonella bouchardi, Dav.
Rhynchonella dumbletonensis, Dav.
Rhynchonella jurensis, Quenst.
Rhynchonella northamptonensis, Dav.
Zeilleria punctata, Sow.
Zeilleria subpunctata, Dav.
Waldeimia florella, d'Orb.
Spiriferina alpina, Opper.
Ostrea sp.
Pecten priscus, Schlot.
Pecten sp.
Astarte cf. boum, Dumort.
Harpex spinosus, Sow.
Unicardium onesime, Dumort.
Pholadomya idea, d'Orb.
Ammonites sp.

Sobre este nivel aparecen capas de calizas arenosas, oscuras, que deben corresponder al apartado c), con

Rhynchonella dubletonensis, Dav.
Rhynchonella dubletonensis, Dav. var. *attenuata*, Dubay.
Zeilleria punctata, Sow.
Pecten sp.
Opis sp.
Passalolithis pasillosus, Schlot.

Alternancias de calizas tableadas grises, gris oscuro al corte, con margas pizarrosas N. 30° W.-50° N. Las capas se levantan progresivamente hasta ponerse casi verticales, con

Rhynchonella sp.
Trigonia sp.
Pleuromya sp.
Ceromya sp.
Mytilus sowerbyanus, d'Orb.
Durmotieria radians, Rein.
Rhynchonella meridionalis, Desl.

Terebratula submaxillata, Dav.
Waldeimia carinata, Sow.
Lopha gregarea, Sow.
Natica pelops, d'Orb.
Pleurotomaria sp.

Sobre estas calizas margosas, justo a la entrada del túnel, las calizas son más puras, oscuras en superficie, amarillentorrojizas en fractura y están casi verticales. Empiezan a aparecer bandas y núcleos silíceos. Hemos encontrado

Hastites clavatus, Schlot.
Nannobelus spinatus, Quenst.

Este último nivel marca el límite superior de la serie liásica, correspondiendo ya las capas superiores al Dogger.

Como puede apreciarse, pese a haber encontrado en los niveles fósiles mezclados que pertenecen al Charmutiense y Toarciense, predominan en la base los primeros y en la parte superior los del Toarciense.

En la carretera de Pozondón a Bronchales, a la altura del P. K. 22, casi en el límite occidental de la Hoja, hemos recogido, en los mismos niveles a que nos estamos refiriendo:

Rhynchonella tetraedra, Sow., var. *northamptonensis*, Dav.
Rhynchonella subtriqueta, Canavari.
Zeilleria punctata, Sow.
Terebratula thomasensis, Hoff.
Terebratula submaxillata, Dav.
Terebratula bimamata, Rothpl.
Terebratula jauberti, Desl.
Waldeimia darwini, Desl.
Waldeimia lycetti, Dav.
Trigonia phillipsi, Mor.-Lyc.
Chlamys dewalquei, Opp.
Dactyloteuthis rhenanus, Opp.
Entolium cingulatus, Goldf.
Entolium demissum, Phill.
Pholadomya fidicula, Sow.
Domortieria haugi, Geyer.

Praelioceras lamacoi, Fuc.
Bassaniceras bassani, Fuc.
Harpoceras ruthiensis, Rein.
Belemnites sp.

La misma carretera corta, a la altura del Km. 20,500, un pequeño ojal en el que se han encontrado

Waldheimia serthacensis, d'Orb.
Clemostreon proboscideum, Sow.
Hammatoceras sp.
Hildoceras bifrons, Brug.

Por el camino de Monterde a Cella, y próximo al primer pueblo, en el ángulo SE. de la Hoja, hemos encontrado

Arietites rouvillei, Reynes.
Arietites nodotianus, d'Orb.

pertenecientes al Sinemuriense, juntos con

Isocrinus scalaris, Goldf.
Chlamys textorius, Schlot.
Entolium cingulatus, Goldf.
Rynchonella capitulata, Tate.
Rynchonella fodinalis, Tate.
Terebratula numismalis, Lam.
Zeilleria punctata, Sow., var. *edwardsii*, Dav.
Waldheimia indentata, Sow.
Waldheimia sub-numismalis.
Waldheimia sub-numismalis.
Plagiostoma punctata, Desh.
Arctostrea sp.
Mytilus sp.
Natica sp.
Sonninia sp.
Belemnites sp.

de edad Charmutiense-Toarciense, por lo que también hemos incluido

en este epígrafe el Sinemuriense superior, dada la imposibilidad de separación litológica.

Cosa análoga nos ocurre en la gran mancha que corta la carretera de Pozondón a Santa Eulalia, entre los P. K. 10 y 11, con

Pholadomya voltzii, Agass.
Pholadomya ambigua, Sow.
Arietites bucklandi, Sow.

del Sinemuriense, y

Rynchonella tetraedra, Sow.
Rynchonella tetraedra, var. *northamptonensis*, Dav.
Rynchonella variabilis, Schl.
Zeilleria punctata, Sow.
Lopha asellus, Merian.
Epithyris subovoides, Röm.
Chlamys dewalquei, Opp.
Chlamys textorius, Schlot.
Harpax spinosus, Sow.
Unicardium stygis, Dumort.
Pseudolimea pectinoides, Desh.
Bassaniceras bassani, Fuc.
Ceromya sp.

del Charmutiense-Toarciense.

Toda esta gran mancha es muy fosilifera y en cualquier barranco es posible encontrar numerosos fósiles bien conservados.

De la zona de El Coscojar hemos recogido:

Rynchonella tetraedra, Sow.
Rynchonella aff. *plicatissima*, Quenst.
Zeilleria punctata, Sow.
Zeilleria subpunctata, Dav.
Waldheimia lycetti, Dav.
Unicardium stygis, Dumort.
Pholadomya reticulata, Agass.
Coeloteuthis calcar, Phill.
Arctostrea rastellaris, Munst.

Y por el camino de Alfambra a Santa Eulalia, en el paraje denominado La Mina:

Moullivaultia sp.
Isocrinus scalaris, Goldf.
Rhynchonella tetraedra, Sow., var. *northamptonensis*, Dav.
Terebratula infraoolithica, Desl.
Mytilus hillanoides, d'Orb.
Hildoceras bifrons, Brug.
Arietites rouvillei, Reynes.

En las proximidades del Airazo, siguiendo el camino a Rubielos,

Terebratula punctata, Sow.
Terebratula subpunctata, Dav.
Terebratula submaxillata, Dav.
Spiriferina alpina, Opper.
Pholadomya ambigua, Sow.
Pholadomya reticulata, Agass.
Unicardium stygis, Dumort.
Corimya alta, Agass.
Chlamys textorius, Schlot.
Entolium palaemon, d'Orb.
Moullivaultia sp.

A la izquierda de la carretera de Pozondón a Ródenas, en el lugar conocido como Pradejón, hemos encontrado:

Rhynchonella tetraedra, Sow.
Zeilleria punctata, Sow.
Waldheimia lycetti, Dav.
Waldheimia resupinata, Sow.
Spiriferina alpina, Opper.
Harpax spinosus, Sow.
Pseudopecten aequivalvis, Sow.
Pholadomya reticulata, Agass.
Mytilus sp.
Hildoceras bifrons, Brug.
Protogrammoceras bonarelli, Fuc.

En el pasaje El Toro, al E. de Peracense, hemos recogido:

Aulacothyris aguata, Rollier, var. *iberica*, Dubar.
Pseudopecten aequivalvis, Sow.
Chlamys humberti, Dumort.
Pholadomya reticulata, Agass.
Pholadomya ambigua, Sow.
Pleuromya liasina, Schüb.
Unicardium cf. *stygis*, Dumort.

Dereims (8) da un magnífico corte de la serie liásica por el barranco del Salto en la Sierra Palomera y que transcribimos a continuación (fig. 8):

1) Caliza areniscosa en bancos de 15 a 20 cm. de potencia y separados por capas más margosas. Espesor visible, 8 metros. A 3 m. de la

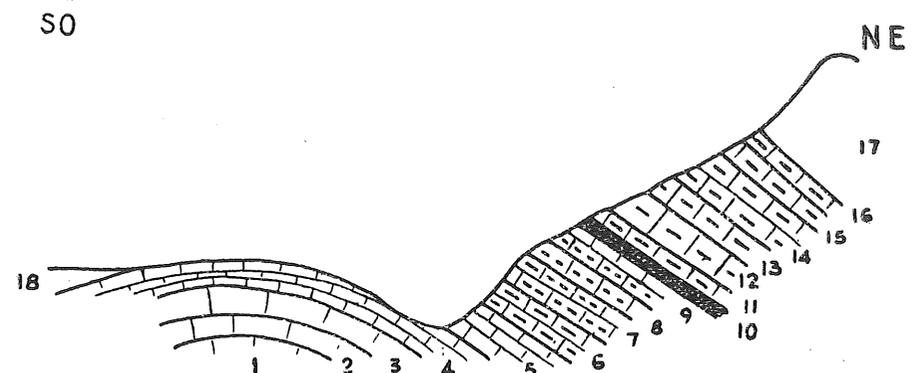


Fig. 8.—Corte a través de la Rambla del Salto, según Deremis.

1-3	Calizas con <i>Pecten hehli</i>	Sinemuriense.
4-5	» » lechos margosos en la parte superior	Sinemuriense superior o Charmutiense inferior.
6-9	» » más o menos arenosas	
10-16	Margas y calizas margosas	Toarciense.
18	Terciario.

parte superior, numerosas plaquitas de *Pecten* lisos: *Pecten hehli* d'Orb.

- 2) Caliza compacta no fosilífera, 5 a 6 m.
- 3) Caliza rojiza en bancos de 1 m. de espesor. En la parte supe-

rior se observa una capa más margosa, con huellas de *Pecten hehli* d'Orb., *Pecten glaber* Zieten, 8 m.

4) Caliza dura, no fosilífera, formando la entrada del barranco. Esta caliza y las capas subyacentes están cortadas por numerosas fallitas paralelas al Jiloca y que producen desniveles de 2 a 5 metros, 8 metros.

5) Caliza en bancos de 10 a 25 cm., separados por lechos de caliza margosa, cuyo espesor es de algunos centímetros en la base y llega a un metro en la parte superior. A un metro de la base se encuentra una capa con numerosas *Ostrea irregularis*; la parte superior, más margosa, me ha proporcionado una fauna bastante rica:

Pholadomya thomarensis, Choffat.

Lucina liasina, Ag. sp.

Harpax parkinsoni, Broun.

Lima punctata, Sow. sp.

Pecten priscus, Schlot.

Pecten acutiradiatus, Goldf.

Mytilus llonisi, Oppel.

Mytilus scalpreun, Goldf.

Zeilleria punctata, Sow. sp.

Terebratula subpunctata, Dav. sp.

Rhynchonella tetraedra, Sow. sp.

Espesor: 11 m.

6) Caliza compacta que contiene algunos belemnites, difíciles de desprender de la roca: 8 m.

7) Caliza dura, a veces un poco sabulosa y ferruginosa, con numerosas gryfeas que forman varias lumaquelas superpuestas. M. Choffat relaciona dubitativamente estas gryfeas con ejemplares jóvenes de *Gryphaea obliqua*: 10 m.

8) Caliza sabulosa conteniendo aún algunos ejemplares de gryfeas asociadas a

Pecten priscus, Schlot.

Pecten acuticostatus, Lam.

Terebratula subpunctata, Dav. sp.

Varias capas están formadas casi exclusivamente por restos de *pectens* y de terebrátulas. Espesor, 5 m.

9) Caliza blancoamarillenta que se presenta en bancos regulares de unos 15 cm. A unos 2,5 m. de la base se ha recogido un ejemplar de *Amaltheus spinatus* que es el único ammonite charmutiense que he encontrado en esta región. Con el *Amaltheus spinatus* se encuentran:

Belemnites sp.

Pleuromya sp.

Spiriferina rostrata, Schlot.

Zeilleria punctata, Sow. sp.

Terebratula edwardsi, Dav.

Terebratula subovoides, Röm.

Rhynchonella tetraedra, Sow.

Espesor: 8 m.

10) Caliza margosa muy rica en lamelibranquios y en braquiópodos. En esta capa he encontrado:

Harpoceras falciferum, Sow.

Harpoceras sp., del grupo de *H. algoviamum*.

Pholadomya idea var. *limitanica*, Choffat.

Pholadomya reticulata, Ag.

Pleuromya striatula, Ag.

Ostrea irregularis, Münt.

Gryphaea sp.

Spiriferina rostrata, Schlot.

Zeilleria jauberti, Desl. sp.

Terebratula subovoides, Röm.

Espesor: 2 m.

11) Alternancia de bancos de caliza dura de 10 a 12 cm. y bancos de caliza margosa de 6 a 8 cm. de espesor. Esta zona es particularmente rica en rhynchonellas y terebrátulas y contiene la fauna siguiente:

Harpoceras levisoni, Simps.

Lima punctata, Sow.

Pecten textorius, Schloth. sp.

Spiriferina rostrata, Schloth.

Terebratula subpunctata, Dav. sp.

Zeilleria florella, d'Orb. sp.

Zeilleria lycetti, Dav. sp.

Rhynchonella subtetraedra, Dav.
Rhynchonella Lycetti, Dav.

Espesor: 5 m.

12) Caliza margosa, con pequeñas intercalaciones de caliza más dura, caracterizada por una fauna muy rica:

Harpoceras bifrons, Brug., muy frecuente.
Harpoceras revisoni, Simps, tipo y numerosas variedades.
Ceromya sp.
Cardinia sp.
Lima punctata.
Pecten textorius, Schloth. sp.
Mytilus sowerbyanus, d'Orb.
Terebratula subovoides, Roem.
Zeilleria licetti, Dav. sp.
Zeilleria jauberti, Desl. sp.

Los harpoceras son especialmente abundantes en los bancos calizos, ocupando la parte media de esta zona. Estos bancos calizos, al igual que las capas intercaladas más margosas, aumentan de espesor y pasan insensiblemente a la zona siguiente.

Espesor: 9 m.

13) Bancos de caliza dura de 50 cm. de potencia, separados por bancos margosos de 20 cm. de espesor. Estas capas me han proporcionado algunos fósiles raros.

Trigonia thomarensis, Choffat.
Ceronya sp.

Espesor: 8 m.

14) Las calizas margosas aumentan de espesor y alcanzan 60 cm.; están separadas por bancos de caliza dura; es el nivel de

Harpoceras fallaciosum, Bayle., bastante abundante.
Trigonia formosa, Lycett.

Espesor: 12 m.

15 y 16) Caliza margosa y caliza dura en bancos de 10 cm. escasos de espesor, 12 metros.

Zeilleria Lycetti, Dav. sp.
Zeilleria Jauberti, Deol. sp.

La parte inferior es bastante fosilífera y me ha proporcionado:

Harpoceras doerutense, Deuckman.
Harpoceras bingmamu, Deuckman.
Lima toarciensis, Desl.
Lima semicircularis, Goldf.
Zeilleria jauberti, Desl. su.
Terebratula paumardi, Desl.
Rhynchonella variabilis, Schloth.
Rhynchonella meridionalis, Desl.

La parte superior es menos fosilífera; allí he encontrado únicamente algunos ejemplares de *Lima semicircularis*, Goldf.

DOGGER

Sobre las margas charmutiense-toarciense fosilíferas se encuentra una serie caliza, en la que, de abajo a arriba, se pueden distinguir los siguientes tramos:

Caliza arenosa oscura, 3 metros.

Calizas tableadas grises con intercalaciones de pizarrillas, 5 metros.
 Calizas oscuras en superficie, amarillentas en fractura, con abundantes núcleos y bandas silíceas en la base, 20 metros.

Calizas arenosas, finamente tableadas, oscuras en superficie, gris-azuladas y algo sacaroideas al corte, 10 metros.

Ocupan en la Hoja de Santa Eulalia una gran parte del ángulo SO., formando la altiplanicie de Pozondón, que se prolonga hacia el S. por la Hoja de Cella.

En esta zona, junto al P. K. 22 de la carretera de Pozondón a Bronchales, encontramos

Rhynchonella quadriplicata, Zieten.
Pecten sp.
Leioceras opalinum, Rein.

Entolium disciformis, Schub.
Mytilus sowerbianus, d'Orb.
Dorsentesis edowardi, d'Orb.

Por el barranco de la Sierra, en unas calizas tableadas, hemos recogido

Leptosphinctes martiusi, d'Orb.
Leptosphinctes lucretius, d'Orb.
Leptosphinctes nicolescoi, Gross.
Normanites braikenridjii, d'Orb.
Garantiana bifurcata, Zieten.
Sphaeroceras brongniarti, Sow.
Spiroceras obliquus, d'Orb.
Nautilus clausus, d'Orb.
Belemnopsis canaliculata, Schlot.

Junto a Pozondón, hacia el S., en las capas tableadas arenosas encontramos:

Rhynchonella obsoleta, Sow.
Rhynchonella leedsii, Walker.
Rhynchonella sp.
Terebratula decipiens, Desl.
Terebratula sp.
Ammonites sp.

En el Pradejón, a la izquierda de la carretera de Pozondón a Ródenas, los ammonites son abundantes, y entre los recogidos se han clasificado:

Stephanoceras brodiaei, Sow.
Leptosphinctes martiusi, d'Orb.
Leptosphinctes nicolescoi, Bross.
Patoceras dertusanum, Fallot.

En la Sierra Palomera, en la falda del Medio Monte, se han recogido ejemplares de

Leptosphinctes martiusi, Schl.

Belemnopsis canaliculata, Schl.
Serpula filiaris, Goldf.
Ammonites sp.

En la misma sierra, en el flanco oriental, por el barranco del Salto:

Tellina delanqueana, d'Orb.
Myacites cf. *compresus* Morr.-Lycett.
Quenstedtia oblita, Phill.
Sphaeroceras gervillii, Sow.

Y en la carretera de Torre la Cárcel a Aguatón, a la salida del túnel:

Balanocrinus sp.
Stephanoceras sp.
Cadomites, sp.
Leptosphinctes nicolescoi, Grass.

Como puede verse por las relaciones de fósiles, están representados los tramos Aalenense, Bajociense y Bathoniense.

M A L M

De una manera insensible se pasa a formaciones pertenecientes al Jurásico superior, que se ha podido delimitar gracias a un paquete que contiene gran cantidad de ammonites, en especial en la zona de Pozondón.

De un modo general, puede afirmarse que tanto el Dogger como el Malm son más arenosos y fosilíferos en el O. de la Hoja que en los afloramientos de Sierra Palomera.

En la zona de Pozondón, las calizas arenosas oscuras no presentan fósiles superiores al Callociense-Oxfordiense, habiendo sido erosionados los niveles superiores que se observan al E. y S. de la zona. Aquí hemos encontrado, junto al P. K. 21 de la carretera de Pozondón a Bronchales:

Rhynchonella varians, Schlot.
Terebratula insignis, Schubler.
Terebratula sp.

Pecten sp.

Choffatia furulea, Neum.

Macrocephalites macrocephalus, Schlot.

En las proximidades de la ermita de La Parna, en un barranco, pueden verse unos bancos formados casi exclusivamente de ammonites. Se han clasificado:

Macrocephalites macrocephalus, Schlot.

Arisphinctes plicatilis, Sow.

Dolikephalites flexuosus, Spath.

Por el paraje de Las Moratillas, las capas han dado los siguientes fósiles:

Waldheimia aff. *boloniensis*, Rigeux-Senvege.

Macrocephalites macrocephalus, Schlot.

Dolikephalites flexuosus, Spath.

Choffatia furulea, Neum.

Como puede verse, sólo el Calloviense-Oxfordiense están representados en esta zona. Su potencia no excede de los 20 metros.

Otro afloramiento del Malm se puede observar en la Sierra Palomera, prosiguiendo el corte por el barranco del Salto, ya antes citado, y poco antes de llegar a la ermita de la Virgen del Castillo.

En este sitio están las capas verticales y hasta volcadas, y los niveles correspondientes a los tramos inferiores del Malm son menos arenosos y más calizos, y no nos han proporcionado fósiles. Sobre las calizas se encuentran unas margas arcillosas azuladas de 10 metros de potencia que pasan gradualmente a unas calizas margosas alternantes con margas hojosas pizarrosas, con una potencia visible de 40 metros.

En este nivel calizo-margoso hemos encontrado:

Isocrimus sp.

Perisphinctes sp.

Sinoceras sp.

Laevaptychus latus, Park.

Belemnites sp.

Como puede verse, estas capas alcanzan hasta el Titónico.

En la base de este paquete calizo-margoso tableado, en zonas más al E. (hoja de Alfambra), hemos encontrado:

Virgatosphinctes dianubiensis, Schlot. Lusitaniense.

Y en niveles más altos del mismo lugar,

Entolium demissum, Phill. Kimmeridgense.

Vemos, por lo tanto, que en la región se han depositado todos los tramos del Malm, si bien la poca abundancia de fósiles hace penosa su determinación.

Este tramo calizo-margoso tableado, que en otros puntos de la hoja de Alfambra hemos visto se extiende hasta el Neocomiense, está en el barranco del Salto parcialmente erosionado y recubierto por el Terciario.

EOCRETACEO

El ángulo NE. de la Hoja está ocupado por unas formaciones calizas en parte recubiertas por sedimentos terciarios y cuya identificación hubiera sido muy difícil si no se hubiese extendido el estudio a la vecina hoja de Alfambra, donde se han podido determinar estratigráfica y paleontológicamente las edades de estas formaciones.

Hasta la fecha en que iniciamos el estudio de esta Hoja, las opiniones de los geólogos que nos precedieron en el estudio de la zona en que está situada la misma eran las siguientes:

a) La sedimentación marina en el Jurásico se detenía en el Kimmeridgense. Según Dereims (8), "los depósitos terminales del Jurásico faltan en la parte del S. de Aragón que he descrito (Hoja de Santa Eulalia incluida), e igualmente los primeros pisos del Cretáceo; probablemente se produjeron durante el Kimmeridgense movimientos que llevaron a la emersión del borde de la meseta y que rechazaron el mar hacia el E. sobre los límites del Reino de Valencia".

b) Discordancias o hiatos de sedimentación hacían que no estuvieran representados localmente algunos tramos del Jurásico y Cretáceo inferior.

c) Según los autores alemanes modernos (Richter y Teichmüller) (39), en el ámbito de la Hoja de Santa Eulalia el tránsito del Jurásico al Cretáceo se hace por intermedio de la facies wealdense.

Por nuestros estudios realizados en las hojas de Santa Eulalia, Alfambra y Cella, cuyo resumen, referente al límite Jurásico-Cretáceo, puede verse en *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, número 53, hemos llegado a la conclusión de que la sedimentación marina se prolonga sin discontinuidad hasta el Albense, en esta zona. No hemos visto en la Hoja de Santa Eulalia discordancias que confirmen la presencia de plegamientos kimméricos y, por otra parte, los fósiles nos han representado todos los tramos jurásicos hasta el Titónico, y en las hojas de Alfambra y Cella hasta el Neocomiense.

Vemos, pues, que el tránsito del Jurásico al Cretáceo no se hace aquí por intermedio de la facies wealdense, sino por el Titónico-Neocomiense marino.

NEOCOMIENSE

Los últimos tramos de la serie margosa tableada que en el barranco del Salto nos dió fósiles kimmeridgenses-titónicos, nos han proporcionado en diferentes puntos de la hoja de Alfambra, entre otros:

Balanocrinus guillieronii, Loriol. Valaginiense.

Millericrinus oosteri, Loriol. Idem.

Natica praelonga, Desh. Idem.

Natica bulimoides, Desh. Idem.

Tharacia vulvaria, Agass. Idem.

Lissoceras grasianus, d'Orb. Neocomiense.

Anaptychus angulicostatus, Pict.-Loriol. Idem.

Hemicidaris clunifera, Desor. Idem.

El enlace de estos tramos fosilíferos con los del ángulo NE. de la Hoja de Santa Eulalia se hace de una forma inequívoca, siguiendo una misma corrida de capas, por lo que, pese a no haber encontrado en este ángulo más que trozos y secciones de radiolas de

Hemicidaris clunifera, Desor. Neocomiense,

no hemos dudado en atribuir las al Neocomiense.

BARREMIENSE - APTENSE

Incluimos en esta denominación el paquete de calizas en bancos gruesos, y que en la hoja de Alfambra hemos podido ver situado entre las calizas margoso-tableadas del Neocomiense, y el Albense (facies de Utrillas).

Estas calizas son gris oscuro en superficie, con abundantes restos fósiles inclasificables.

Este tramo comienza y termina en unos niveles más arenosos, con pequeñas intercalaciones margosas amarillentas.

En zonas próximas (Aliaga, Rillo, etc.), estas calizas presentan abundantes ejemplares de *Pseudotoucasia santanderensis* y orbitolinas en sus tramos margosos. Nosotros aquí sólo hemos visto unas secciones que podrían corresponder a las primeras.

En la zona intermedia del paquete son frecuentes los niveles de calizas oolíticas de tonos rosados.

El espesor visible es de unos 30 metros, pero evidentemente no está completo, como hemos podido observar en zonas más al Este.

TERCIARIO

El Terciario de la Hoja de Santa Eulalia está representado por formaciones continentales detriticas, lacustres y salobres.

La falta de fósiles impide la clara determinación cronológica de cada uno de los tramos, por lo que su clasificación la hemos efectuado atendiendo a su posición estratigráfica y relaciones laterales con formaciones análogas, a veces muy lejanas, de la región en donde se han encontrado fósiles. Esta relación es muy penosa, dados los frecuentes cambios laterales de facies.

Ocupan los afloramientos terciarios el borde E. de la Hoja, rodeando casi por completo a la Sierra Palomera.

PALEOGENO

Sobre las calizas jurásicas de Sierra Palomera descansa concordante localmente, pero discordante en conjunto, una potente formación detrítica, formada por conglomerados de canto calizo grueso y cemento calizo arcilloso en bancos de uno a cinco metros de potencia, en ocasiones verticales y hasta volcados.

Se observa que estos conglomerados se apoyan unas veces sobre el Lías, otras sobre el Jurásico medio y superior e incluso sobre el Eocretáceo en el ángulo NE. de la Hoja. Faltan en la misma los sedimentos correspondientes al Cretáceo superior, debido, sin duda, a acción erosiva, ya que se encuentran en zonas próximas de los alrededores de la misma.

Esta acción erosiva debe ser la causa de que los sedimentos paleogenos descansen sobre diferentes tramos mesozoicos. Ello impide, por otra parte, determinar la edad de los conglomerados basales, como sucede en casi toda la Ibérica.

Los autores que han descrito el Terciario de la Ibérica, en general, han llamado Paleogeno al Terciario inferior sensiblemente plegado. Según estos autores, abarca desde el Eoceno hasta el Aquitaniense.

Nosotros, a falta de razones paleontológicas, hemos decidido seguir este criterio.

El corte más completo que puede darse en la Hoja de la serie paleogena se encuentra al S. del vértice Palomera, a lo largo de la pista militar de Santa Eulalia a Alfambra.

En él, de abajo a arriba, podemos distinguir (fig. 9):

2. Conglomerados basales de canto calizo, de bordes angulosos a redondeados, tamaño muy variable, desde gravilla hasta 50 cm. de diámetro. El cemento es calizo en la base y pasa gradualmente a arcilloso-calizo, de tono amarillento a rojizo. Los bancos, de espesor variable de uno a cinco metros, presentan intercalaciones arcillosas amarillentas, que hacia el techo se hacen más frecuentes y de mayor potencia.

El más superior de los tramos anteriores ocupa una gran extensión en la falda SE. de Medio Monte. Este nivel es predominantemente arcilloso, con cantos sueltos en superficie, procedentes de pequeños niveles de conglomerados, intercalados, junto a niveles arenosos amarillentos.

3. Tramo calizo - margoso, blanco, que hacia la base presenta un nivel oscuro de lignitos y concreciones de sílex negro.

Los niveles margosos están a veces teñidos de verde por glauconia.

En las calizas lacustres existen abundantes restos mal conservados y que se rompen al intentar extraerlos, de

Planorbis sp.

Limnaea sp.

Helix sp.

También hemos encontrado

Chara scheri, Al. Br.

que, según M. Albert de Lapparent (comunicación verbal), son oligocenos.

4. Sobre esta serie caliza lacustre reposa una serie alternante de margas rojas y verdes con calizas margosas blancas, en bancos regulares de cinco metros de potencia. Intercalados en las margas rojas existen niveles discontinuos de yesos rojos y blancos.

La misma serie paleogena puede verse al final del barranco del Salto, cerca de la ermita de la Virgen del Castillo, a lo largo de todo el flanco oriental de Palomera hasta Aguatón. La serie aquí es menos potente.

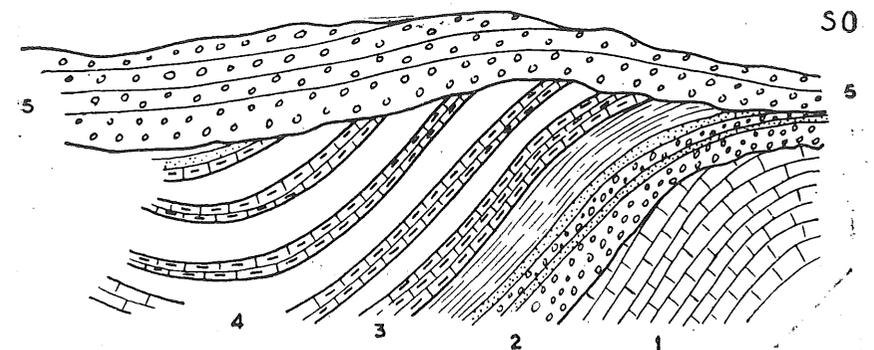


Fig. 9.—Corte del sinclinal de La Tejería.

- 1.—Calizas mesozoicas.
- 2.—Conglomerados y arcillas basales terciarios.
- 3.—Calizas margosas con *Chara scheri*.
- 4.—Margas, yesos y calizas margosas.
- 5.—Conglomerados superiores.

NEOGENO

Con esta denominación designamos una serie de capas terciarias que yacen discordantes y transgresivas sobre la serie anterior. En general están poco o nada inclinadas y en la base se apoyan sobre los niveles terciarios del Paleogeno o sobre calizas mesozoicas.

En general, sus afloramientos dentro de la Hoja de Santa Eulalia son escasos y pequeños, quedando reducidos al vértice SE. de la misma, donde cubren el anticlinal mesozoico-paleogeno del cerro Montero.

La formación que estamos describiendo forma un ciclo que, aunque del mismo carácter que el del Paleogeno, es independiente de lo que hemos llamado Terciario inferior plegado. Comienza por una formación detrítica, que pasa a otra de tipo coloidal y acaba finalmente con unos paquetes margosos, margo-calizos y calizas, de facies lacustre, que pueden identificarse por su fauna malacológica y sus relaciones laterales con el Pontiense de las cercanías de Teruel (Concud), donde Royo y otros han encontrado varios yacimientos de vertebrados, algunos mundialmente famosos (barranco de las Calaveras, Los Aljezares), que determinan, sin lugar a dudas, la edad fin-miocénica de la formación.

La relación y correspondencia evidentes de estas capas de caliza lacustre con la de Concud es la que, a fin de cuentas, nos ha permitido asignar la edad pontiense al techo de los sedimentos neogenos, pues hemos comprobado, a lo largo de estudios sobre la región, las repetidas intercalaciones de niveles locales (lentejones) de calizas lacustres con faunas mal conservadas de *Planorbis*, *Helix*, *Limnea*, etc., de apariencia también pontiense, pero situadas cientos de metros por debajo de tal nivel estratigráfico. Asignarlas al Pontiense sin más motivo que su identidad litológica y semejanza de faunas inclasificables, habría supuesto dar al Pontiense una potencia de, a veces, más de 300 metros, cosa absolutamente inaceptable.

A semejanza del Paleogeno, tampoco es el Neogeno fosilífero, salvo en algunos puntos de las cuencas del Ebro, Duero, Tajo y Calatayud-Teruel, que precisamente por su rareza son conocidos de todos los geólogos y naturalistas. Uno de estos puntos es el anterior citado pontiense de Concud, afortunadamente suficientemente próximo a nuestra Hoja para permitirnos enlazarlo con el nivel de caliza lacustre mencionada.

La base del Neogeno es un problema todavía más delicado. Hemos indicado antes que el límite paleo-neogeno lo hacíamos, a semejanza de

autores que nos han precedido, basándonos en la discordancia entre un Terciario "plegado" y otro "no plegado". Si bien esta discordancia es patente en algunos puntos, en otros, en cambio, es difícil de apreciar. El Paleogeno no está igualmente plegado en todos los sitios, y sus afloramientos son más bien escasos. En general, cuando se encuentra adosado o cerca de pliegues calizo-mesozoicos, se presenta claramente plegado y levantado, en ocasiones hasta desplomado, pero allí donde no afloran las capas secundarias, o en las partes medias de los amplios sinclinales aparece sensiblemente horizontal.

Afortunadamente en nuestra zona el Paleogeno, por su cercanía a las sierras de Palomera y Montero, está lo bastante plegado para distinguirlo con claridad del Neogeno.

Tenemos, por consiguiente, bien determinados litológicamente la base y techo del Neogeno, que asignamos a los pisos Tortoniense-Sarmatiense y Pontiense.

TORTONIENSE - SARMATIENSE

Se compone de dos tramos de muy desigual potencia. El de la base, detrítico, es muy potente. El segundo, principalmente arcilloso, es de potencia reducida, llegando a faltar en algunos sitios.

a) Discordante y transgresivo sobre la serie paleogena, encontramos una formación potente de conglomerados de canto calizo rodado y cemento arcilloso calizo. La serie es de color rojizo y hacia el techo aparecen intercalaciones arcillosas de tono rojo fuerte.

Los bancos son de considerable espesor, que llega a los diez metros, como puede observarse por el barranco del Rubio. El tamaño de los cantos varía de uno a treinta centímetros. En general el conglomerado es menos compacto que el basal del Paleogeno.

Los niveles de maciños pasan lateralmente hacia el E. y S., fuera del ámbito de nuestra Hoja, a niveles predominantemente arcillosos, rojo oscuros, que Royo (43) sitúa, en las proximidades de Teruel, como Tortoniense.

En la zona que estudiamos pueden verse junto al borde E. de la Hoja y sobre todo el anticlinal del cerro Montero.

Dada la potencia que alcanza el nivel en la Hoja, le asignamos una duración Tortoniense-Sarmatiense inferior.

b) Concordante con la serie de conglomerados, existen unos niveles arcillosos rojos de tan sólo unos metros de potencia. Pueden verse ocu-

pando los suelos de algunos campos de labor en la zona SE. de la Hoja, y en general la erosión los ha eliminado sacando a relucir al conglomerado que lo sustenta. Por su relación con las capas superiores, debe corresponder al Sarmatiense superior.

PONTIENSE

Sobre las arcillas anteriores puede verse, en el lugar al N. de la Paridera de las Hocecillas, un tramo margoso y calizo-margoso en bancos relativamente gruesos de 20 a 40 cm., que recubre transgresivo la formación anterior y parcialmente se apoya sobre unas calizas jurásicas. Es de color blanco sucio, con abundantes moldes y fragmentos de moluscos mal conservados, entre los que hemos podido determinar:

Planorbis thiollierei, Mich.

Planorbis mariae, Mich.

Limnaea bouilleti, Mich.

Hydrobia dubia, Schl.

Helix sp.

y que hemos de referir, por su fauna y relación comprobada con los niveles de Concud, al Pontiense. El espesor de este banco es de unos 20 metros.

PLIOCENO

En toda la región (Teruel, valle del Jiloca y valle del Alfambra) se encuentra sobre los depósitos miocenos una serie detrítica de espesor y extensión muy variables, que ha sido situada en el Plioceno.

Sobre el Pontiense de Villarquemado la hemos visto, parcialmente recubierta por el nivel cuartario que cubre todo el valle del Jiloca, por lo que no hemos podido determinar su extensión, que debe ser, en este valle, considerable.

En el borde O. de la Hoja, sobre el cerro de la Ermita, al O. del Pra-dejón, hay una curiosa extensión de un conglomerado suelto de canto

muy rodado con bolos de caliza mesozoica y arenisca del Buntsandstein, todo ello engarzado por un cemento arcilloso blando y sin cementar.

Por su situación topográfica actual hay que referir dicha mancha al Plioceno, basándonos en la interpretación tectónica que desarrollamos en el capítulo correspondiente.

CUARTARIO

El Cuartario de la Hoja de Santa Eulalia tiene gran importancia en lo que respecta a extensión, ya que su potencia es bastante reducida.

Ocupa todo el valle del Jiloca, desde las estribaciones de Sierra Palomera hasta el O. de Alba y Santa Eulalia. Está formado por tierras arcillo-sabulosas y conglomerados sueltos de cantos rodados calizos, más frecuentes en las proximidades de las sierras en forma de pie de monte, rañas, etc.

Las dos grandes fracturas que limitan el afloramiento paleozoico de San Ginés están rellenas de sedimentos cuartarios formados a expensas de las formaciones blandas del Triás.

En el valle del Jiloca, cerca de Santa Eulalia, pueden verse restos de antiguas terrazas fluviales cuaternarias.

IV

TECTÓNICA

1. GENERALIDADES

Tres son las unidades geomorfológicas que componen la Hoja de Santa Eulalia: altiplanicie del centro-oeste, valle del Jiloca en el centro y sierras Palomera y Montero al este. Responden las tres a una tectónica sencilla en conjunto, pero muy variada y sugestiva.

En los macizos paleozoicos de la Sierra de San Ginés pueden verse vestigios de la orogénesis herciniana, y aunque los afloramientos ocupan

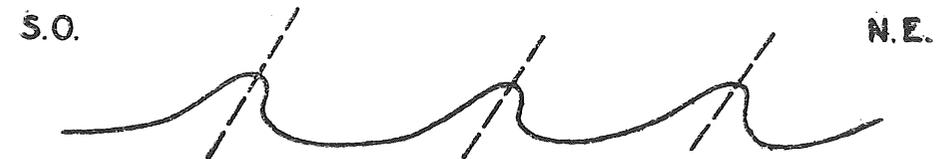


Fig. 10.— Estilo general de los pliegues de la hoja.

poca superficie en la Hoja, son suficientes para un primer estudio histórico-geológico local.

El Mesozoico está representado por pliegues *concéntricos* (De Sitter, 7), algunos muy espectaculares que en conjunto responden a una tectónica de borde de basamento, de tipo sajónico. En general, los sinclinales son amplios y los anticlinales estrechos y abruptos (fig. 10), y su ligera vergencia NE. corresponde, dentro del antepaís celtibérico (Stille, 46), a la zona central de vergencia antipirenaica.

La fecha exacta de los plegamientos modernos que afectan también a parte del Terciario es un problema delicado y no resuelto de modo definitivo.

El Terciario se manifiesta principalmente a lo largo del borde E. de la Hoja; por su disposición relativa en el Mesozoico y sus discordancias internas, constituye en toda la zona el elemento clave para la historia tectónica de la Hoja. En tal sentido resulta de especial interés el borde E. desde el paralelo 40°32' hasta el 40°38'.

Superpuestos a la tectónica de plegamiento encontramos en la Hoja fracturas importantes y movimientos relativos de bloques basales que, a fin de cuentas, han sido los factores más determinativos del paisaje actual. Tales movimientos explican satisfactoriamente, dentro del ámbito de la Hoja al menos, las variaciones de espesor del Terciario y sus diferentes alturas topográficas actuales.

El Cuartario cubre una interesante zona tectónica, el valle del Jiloca, cuya interpretación ensayamos más abajo.

2. ACCIDENTES TECTONICOS LOCALES

Damos a continuación un cuadro esquemático de los principales accidentes tectónicos locales cuya descripción se hace en este párrafo, con el siguiente orden (fig. 6):

- a) Anticlinal del Alto de la Carnicería-San Ginés-Cabeza.
- b) Sinclinal de Pozondón.
- c) Sinclinal de El Airazo-Cañada Hermosa.
- d) Sinclinal de El Toro-La Retuerta-Singra.
- e) Anticlinal de San Cristóbal.
- f) Anticlinal de Abanto.
- g) Anticlinal de Sierra Palomera.
- h) Sinclinal de La Tejería.
- i) Anticlinal del Montero.
- j) Valle del Jiloca.

A) ANTICLINAL DEL ALTO DE LA CARNICERÍA-SAN GINÉS-CABEZA

Corresponde al afloramiento paleozoico de la Hoja y aparece desde la esquina NO. de la misma hasta el SO. de Almohaja, separado en dos por la banda triásica de Ródenas-Peracense. Aunque está insertado en otro anticlinal más moderno, tiene personalidad propia. Forma la prolongación S. de la Sierra Menera.

Está formado por cuarcitas y pizarras de la base del Siluriano y se le puede apreciar una anchura de tres a cuatro kilómetros. El afloramiento cruza en diagonal el anticlinal citado, empezando en el N. por su flanco O. y terminando al S. por su flanco E. Es realmente un pliegue anticlinorio, con las capas que lo forman más o menos onduladas, y así, en el Pico de San Ginés, adoptan una disposición tendida ligeramente cóncava, de apariencia sinclinal.

Todas las cimas están formadas por la imponente masa de cuarcitas armoricanas que constituyen el núcleo de la estructura. En los flancos, y concordantes con las cuarcitas, aparecen las pizarras. Los buzamientos a uno y otro lado del anticlinal no exceden de 50 grados. Tanto pizarras como cuarcitas están cruzadas por numerosas grietas, y las pizarras, en aquellas zonas en que son más arcillosas, como La Solana, tienen apizarramiento de rumbo preferente N. 8° O. y buzamiento variable, generalmente mayor de 40 grados. Este apizarramiento,

- 1.º Afecta sólo a algunos de los niveles de esquistos.
- 2.º Presenta un ángulo entre plano de estratificación y plano de pizarrosidad muy grande (llega corrientemente hasta 80 grados y más).
- 3.º Diverge hacia la charnela anticlinal,

por lo que podemos colocar el *frente superior de esquistosidad* (Fourmarier, 13) muy por debajo del nivel topográfico actual, es decir, en la época del plegamiento herciniano los estratos que ahora afloran soporaban escaso peso de sedimentos y se hallaban relativamente poco profundos. Todo lo cual parece confirmar la hipótesis (Lotze, 31) de que en esta zona no ha habido espesores considerables de sedimentos superiores al Siluriano medio.

El eje del anticlinal tiene dirección N. 10° O. En general queda la charnela invisible, al E. de los afloramientos, y puede verse aproximadamente en el cerro Cabeza.

Es digno de notar el hecho de la altura topográfica de toda la cadena sobre sus alrededores. La Sierra Menera, prolongación N., ya fuera de la Hoja, de la de San Ginés, tiene la misma particularidad. Las cuarcitas están varios cientos de metros más altas que las carniolas y dolomías liásicas que las flanquean por el O. y el desnivel se acusa todavía más en el flanco E.

Por ambos lados de la formación son visibles fallas longitudinales normales, de salto mayor la del E. El núcleo paleozoico-triásico representaría entonces un horst desmantelado (Solé y Riba, 47) que abarcaría por lo menos las sierras Menera y San Ginés.

B) SINCLINAL DE POZONDÓN

Abarca todo el ángulo SO. de la Hoja y queda limitado por el NE. aproximadamente por una línea que uniese el pueblecito de Ródenas con la altura del Peinao (1.353 m.). Se trata de una estructura a grandes rasgos muy tranquila y amplia (10 kilómetros de flanco a flanco), que geográficamente aparece como una ondulada meseta, cortada en tajos por algunos barrancos.

Salvo en el borde SO., las capas aparecen muy tendidas y con los rumbos más dispares. Ello produce un paisaje típico, salpicado de suaves colinas en perfecto desorden. A simple vista resulta difícil, por la variedad ya dicha de rumbos y buzamientos, indicar qué clase de estructura se observa, hasta que al SO. las capas se alinean y ordenan, y forman, levantadas, un borde típico de sinclinal.

El flanco NE. está, hacia el norte, cubierto por tierras de labor y aluvión cuaternario, procedente en su mayor parte de los conglomerados y areniscas del Buntsandstein y de las margas y arcillas del Keuper que flanquean el Paleozoico de San Ginés; hacia el S. cierra con Lías inferior, bastante similar en aspecto al Liásico medio y superior, y todos tan quebrantados que su separación y límite de la estructura sinclinal son sumamente penosos.

Por todo ello se comprende que aquí el criterio petrográfico ha tenido que abandonarse y acogerse, casi exclusivamente, al paleontológico para la determinación de contactos.

El sinclinal de Pozondón abarca desde el Keuper hasta el Malm inferior (Calloviense-Oxfordiense), y su mayor extensión, a lo largo de

la pista de Pozondón a Cella, está formada en superficie por terrenos del Dogger.

El eje del sinclinal tiene una dirección aproximada N.-35°-O., buzando ligeramente hacia el S., y está adosado al flanco SO. del sinclinal, que es el de capas más levantadas.

Como los niveles son en conjunto horizontales (estructura ameboides), la erosión ha eliminado en tan amplia superficie los materiales blandos, margas en este caso, dejando como cobertera los lechos calizos, lo que produce un terreno áspero y estéril para labores. Únicamente en los tajos a pique de los barrancos puede verse la alternancia de calizas y margas tan típicas del Liásico.

C) SINCLINAL DE EL AIRAZO-CAÑADA HERMOSA

Abarca la zona Centro-Sur de la Hoja. Queda limitado al N. por el anticlinal de San Cristóbal, al O. por el anticlinal de Abanto y al E. por el valle del Jiloca. Abierto hacia el SE., donde desaparece bajo el Cuartario, cierra al N. en media cubeta. En conjunto tiene forma de proa de nave.

Casi todos los afloramientos son liásicos: Liásico inferior en los bordes, Liásico medio y superior en el centro. Su estratigrafía es mucho más monótona que la del sinclinal de Pozondón, antes descrito; pero, en cambio, su disposición tectónica es bastante más movida.

La terminación hacia el N. del ámbito sinclinal, insertada entre los anticlinales de San Cristóbal y Abanto, está dislocada por numerosas fallas, cuyo salto no excede de unas decenas de metros. Unas veces ponen en contacto lateral el Liásico inferior con el Liásico medio, y otras los labios de la falla corresponden al mismo piso. En esta zona norte afloran las capas más bajas afectadas por la estructura, que corresponden a las arcillas y margas irisadas del Keuper.

Por el SE. el sinclinal se ensancha y desaparece bajo el Cuartario del valle del Jiloca. Hacia el S., las capas liásicas se extienden fuera de la Hoja, donde acaba también el sinclinal apoyándose sobre el Keuper.

Por el O. se adosa al anticlinal de Abanto, por medio de un complejo de fallas y flexuras, del que hablaremos más adelante. Las calizas en esta zona están completamente fracturadas en lajas y bloques.

menores de un metro y con frecuencia de un decímetro. Resulta prácticamente imposible determinar rumbos y buzamientos significativos, y sólo la disposición "en grande" de las capas demuestra la estructura.

El sinclinal es también disimétrico, con un eje N.-36°-O., buzando hacia el norte. El flanco más abrupto es el SO., de acuerdo con la tectónica general de la Hoja.

D) SINCLINAL DE EL TORO-LA RETUERTA-SINGRA

Comprendido entre Singra, al E.; Peracense, al O., y el anticlinal de San Cristóbal, al S., más que un verdadero sinclinal es una llanura tendida, cuyas capas del E. terminan prácticamente horizontales, sobre una fractura de la que hablaremos al comentar el valle del Jiloca, y cierra al O. por una serie de violentos pliegues, fallas y fracturas de rumbo aproximado N.-10/30°-O., que podemos relacionar con el accidente tectónico que denominamos genéricamente "horst" de San Ginés.

El anticlinal de El Toro-La Retuerta-Singra, como los anteriores descritos, se apoya sobre el Keuper, pero las capas más altas llegan sólo hasta el Charmutiense medio.

La zona central del sinclinal, comprendida entre los 2º 16' y 2º 18' de latitud, está formada por las calizas subhorizontales del Liásico inferior. Las huellas del empuje que plegó las series secundarias han quedado impresas sobre estos bancos en una serie de grietas de cizalla y tensión que cubren toda la zona. Los planos de las grietas son sensiblemente verticales y sus respectivas orientaciones preferentes en cada lugar pueden verse en la fig. 14, donde se han reunido las observaciones de campo y las obtenidas mediante fotografía aérea.

El eje sinclinal, adosado al O. de la estructura, tiene dirección N.-40°-O. De E. a O., los pliegues se van haciendo más violentos, y las grietas de tensión se convierten en verdaderas fallas, cada vez más importantes, hasta llegar a la falla de Peracense-Almohaja, que pone en contacto este sinclinal con el Ordoviciense.

E) ANTICLINAL DE SAN CRISTÓBAL

Está insertado entre los sinclinales C) y D). Por el E. acaba en la fosa tectónica del valle del Jiloca.

Las capas más bajas que afloran son del Buntsandstein, y las más altas del Liásico inferior. Está cruzado por diversas fallas, cuyas direcciones más importantes son N.-30°-O., fallas de descompresión, y N.-30°-E., relacionadas con el proceso de bloques de hundimiento del Jiloca. El Keuper ha escurrido por las fallas y ha impregnado el suelo con sus tonos característicos.

Hacia el SO. las capas son tendidas, mientras que las del NE. debían ser más levantadas, y han desaparecido bruscamente, seccionadas por la fractura del valle del Jiloca.

El eje del anticlinal puede situarse sobre el cerro San Cristóbal, con rumbo N.-37°-O., y buza hacia el NO., y también, de modo más suave, hacia el SE., formando en conjunto una especie de cúpula alargada en la dirección del eje anticlinal (braquianticlinal).

F) ANTICLINAL DE ABANTO

Es una gran estructura que cruza la Hoja desde su ángulo NO. hasta el S., cerca del meridiano 2º 18'. En la Hoja se ve sólo realmente el cierre por el S. del anticlinal, el cual se prolonga por el NO. fuera de los límites de la zona en estudio. Limita al O. con el sinclinal de Pozondón y por el E. con las estructuras C), D) y E).

Sobre lo que hemos llamado anticlinal de Abanto se superponen tres procesos tectónicos diferentes, que vamos a señalar: primero, el anticlinal paleozoico de San Ginés-Cabeza, cuyos más destacados rasgos hemos indicado ya anteriormente. Sobre él, y en segundo lugar, un anticlinal de cobertera mesozoica y paleógena, y, finalmente, un pilar tectónico u "horst" que ha producido la elevación de la sierra (o hundimiento de zonas marginales).

El anticlinal mesozoico-terciario está desmantelado por completo en toda la mitad norte de la estructura, lo que ha permitido salga a relucir el substrato siluriano. Allí donde puede observarse directamente (mitad sur de la Hoja) presenta vergencia ENE., con su flanco de poniente más tendido que el oriental. La dirección del eje es N.-40°-O. y buza hacia el SSE., donde se extingue, un poco más allá del límite de la Hoja. Por el N. alcanza una anchura de casi cuatro kilómetros.

Richter y Teichmüller (39) citan en su interesante trabajo la influencia del yacimiento paleozoico en los pliegues modernos y en el

relieve actual, especialmente en aquellas zonas, como nuestra Hoja, donde las direcciones de ambos empujes son relativamente similares.

Lotze (31) y otros (28) (38) (39), estudian también la posible influencia inversa, es decir, hasta qué punto los plegamientos terciarios han modificado la forma de las estructuras hercínicas. Para Lotze (31), la orogénesis paleozoica es principal causa de las imbricaciones y pliegues-falla que se observan en las capas primarias. Los trabajos posteriores de Richter (38), Richter y Teichmüller (39) y Julivert (28) atribuyen estas imbricaciones y cabalgamientos a la tectogénesis terciaria. En su opinión, la orogénesis hercínica es mucho más suave, de flexiones sencillas y amplias. Estos pliegues fueron dislocados por los plegamientos terciarios, a los que siguió una fase de dislocación (descompresión post-orogénica), con formación de "horsts" en las zonas de debilidad.

El obligado acoplamiento del sinclinal meso-cenozoico al subyacente de San Ginés, de rumbo N.-10º-O., ha provocado una serie de tensiones y esfuerzos que se resolvieron primeramente en unas series muy complejas de juntas de cizalla, anteriores al plegamiento, y, finalmente, en un complejo de fallas de distensión o descompresión.

Nótese en la figura 15 que las direcciones de los empujes deducidas de las juntas de cizalla se orientan más a un N.-70º-E., mientras que, según las direcciones de los plegamientos, debiera corresponderles un N.-55º-E. La fuerza que crea las juntas de cizalla es la resultante de un empuje general N.-60º-E., aproximadamente, y una resistencia más o menos normal a los ejes paleozoicos. Sobre la variación de los tres esfuerzos principales, ver De Sitter (7).

Estas fallas y juntas de descompresión se han rejuvenecido y activado en época más reciente (Solé y Riba, 47).

La muestra más visible es la falla de Peracense-Almohaja, magnífico accidente que, adosado al anticlinal, alcanza más de 15 Km. de longitud visible. De los otros sistemas de fallas, es digno de mención el conjunto de fallas de cizalla asociado al cierre sur de la estructura. Todas ellas están en la figura 14, junto con las grietas de cizalla ante- y sin-orogénicas.

Los anticlinales de Abanto y San Ginés muestran relaciones de mutua influencia. El núcleo siluriano de San Ginés debió resistir al arrasamiento erosivo paleozoico de forma que sobre la península primaria, siguió siendo una relativa elevación, como lo demuestran los distintos niveles topográficos y estratigráficos sobre los que se apoya

el Butsandstein, formación posterior en muchos millones de años a la paleozoica.

Al ocurrir la orogenie que plegó las series mesozoicas que lo cubrían, adoptaron éstas la forma anticlinal de su abombado yacente. La diferencia de rumbos (pequeña, por otra parte) se tradujo en las grietas antes mencionadas, que no se ven con tal intensidad en otros puntos de la Hoja, indudablemente por no existir más que una especie de zócalo sub-horizontal o, en cualquier caso, un relieve fósil paleozoico menos acentuado.

La llanura-sinclinal de El Toro-Singra favorece esta opinión; la posición natural del anticlinal de Abanto parece que debiera haber sido más al E., como prolongación del anticlinal de San Cristóbal. El anticlinal de San Ginés representaba un punto de debilidad en las capas sedimentadas. No se olvide que, según indica la vergencia, los empujes tienen sentido aproximado del NE. al SO.

No está tan clara, sin embargo, la relación inversa en cuanto a pliegues se refiere. Las cuarcitas y pizarras ordovicenses presentan sus rumbos aproximadamente paleozoicos; el apizarramiento y las grietas de crucero son también paleozoico. Probablemente las formas y raíces paleozoicas son mucho más profundas, potentes y consolidadas que las series mesozoicas, de espesor, al menos en ese sitio determinado, mucho menor.

Faltan en la Hoja afloramientos más extensos de los estratos antiguos para estudiar de forma completa la tectónica superpuesta a que hemos aludido.

En cuanto a fracturas asociadas con la orogenie, la influencia es evidente. En primer lugar, se observan una serie de fallas de plano inclinado, del tipo desgarré, que afectan a las capas paleo- y mesozoicas. La zona más visible para su estudio está en el flanco oeste de San Ginés, en el contacto Siluriano-Buntsandstein. Hay una serie de fallas de dirección sensible NE.-SO., con desplazamientos horizontales del bloque SE. hacia el sur, con simultáneo hundimiento. En el castillo de Peracense se ven las mismas fallas en el Buntsandstein, y por el sur se pierden bajo el recubrimiento cuartario de la pista Ródenas-Pozondón. Dichas fallas, relativamente pequeñas, pueden verse en otros muchos puntos del afloramiento siluriano. Richter y Teichmüller (39) las citan con más intensidad algo más al N., dentro de Sierra Menera.

Pero, sobre todo, el signo más visible de influencia mutua es el conjunto de fallas Peracense-Ródenas. Estas fallas cortan conjunta-

mente las capas paleo- y mesozoicas. Las series principales bordean y limitan al E. y O. el macizo primario. Su salto llega a 500 m. en algunos sitios, colocando en contacto el Suprakeuper con el Arenigense, por ejemplo, cerca del Km. 12 del ferrocarril minero de Ojos Negros a Sagunto. Más hacia el E. existen otras fallas paralelas menores y de la misma naturaleza.

Se trata de fallas verticales de descompresión, hundido generalmente el lado de levante (en especial al E. de San Ginés), y de dirección variable N.-20/10°-O., más orientadas al N. de lo que podía esperarse del simple empuje tectónico que plegó el Secundario.

Vemos, pues, que el núcleo paleozoico ha dado su forma parcialmente a la formación moderna, y ha respondido a ello con deformaciones de tipo germánico, de bloques rígidos quebrantados.

Cuando desaparecen los afloramientos paleozoicos, en la mitad sur de la Hoja (se acuña el "horst" de San Ginés hasta nivelarse con las márgenes), el sinclinal de Abanto muere, y la falla de Peracense-Almohaja se resuelve en una gran flexura que cubre las regiones de La Cuerda, El Llano y Rubielos y desaparece asimismo en el monte Peinao, en medio de un cortejo de juntas y grietas.

La tranquilidad relativa de las capas al SO. del anticlinal hace posible el estudio de toda la serie de juntas antecedentes, en su mayor parte de cizalla. En la figura 14 se da también un esquema de promedios de direcciones de estas grietas en dicha zona.

La flexura de La Cuerda-El Llano ha roto enormemente las potentes series calizas del Liásico inferior, convirtiéndolas en verdaderas milonitas o brechas tectónicas, y por alguna de sus grietas ha escurecido el Keuper infrayacente, del que pueden verse pequeños asomos, especialmente al O. de El Airazo.

Así, pues, el anticlinal de Abanto abarca series visibles desde el Buntsandstein, que reposa discordante sobre el Paleozoico, hasta el Dogger. Las series más altas, que han debido existir, han sido erosionadas.

G) ANTICLINAL DE SIERRA PALOMERA

Comprende todo el ángulo NE. de la Hoja y queda limitado al O. por el valle del Jiloca. Es una violenta estructura que destaca en el paisaje con gran belleza. Afloran en él estratos desde el Liásico inferior hasta

el Malm superior (Kimmeridgense-Titónico), y con el hiato de Cretáceo y Eoceno, hasta el Terciario medio.

El flanco oriental de esta alargada estructura aparece vertical, y en algunos puntos (Peña Blanca) hasta volcado. El flanco occidental resulta tajado por una importante falla. Por el S. cierra periclinalmente en una hermosa cúpula. En este lugar, llamado Medio Monte, pueden verse algunas grietas de flanco, importantes (fig. 14). Una de ellas ha abierto el camino a la erosión, que ha destruido y denudado en tajo vertical casi la mitad de la cúpula, ofreciendo una imponente sección de todo el anticlinal. Puede verse en dicho frente que se trata de pliegues concéntricos, con núcleo interno de compresión y estrujamiento, donde los estratos han irrumpido unos en otros a través de numerosas fallas y dislocaciones menudas.

Producto de la erosión en el flanco fallado del O. es la grandiosa muralla de estratos verticales que forman la Peña Palomera. El salto de la falla aumenta de S. a N. (Dogger-Dogger al S., hasta carniolas-Lías superior al N.).

En el E., adosados al anticlinal, aparecen las capas terciarias, justo en el borde oriental de la Hoja.

Observamos aquí:

- a) Unos conglomerados de base, sub-concordantes localmente con el Malm superior, o con el Dogger o Liásico (según lugares).
- b) Unos bancos arcillosos, calizos y margo-yesosos concordantes.
- c) Un nivel de conglomerados discordante y sub-horizontal (buzamiento variable de 5 a 12 grados).
- d) Un nivel superior de arcillas rojas y arenas, también sub-horizontal y concordante con el nivel inferior c).

Este corte nos parece muy significativo y de él hacemos uso más adelante para tratar de establecer la cronología de las fases orogénicas.

El eje del anticlinal arrumba N. - 33° - O., difiriendo ligeramente del rumbo geográfico de la cordillera, por la denudación de flanco a que antes aludimos.

H) SINCLINAL DE LA TEJERÍA

Es una estructura pequeña, pero muy acusada, acuñada entre el cierre periclinal, el anticlinal de Sierra Palomera y el suave anticlinal

del Montero, que describimos más abajo. En la Hoja se extiende por tres kilómetros y tiene de ancho otros tantos. Por el NO. cierra en media cubeta.

Las capas inferiores que afloran corresponden al Dogger, y la inmensa mayoría de su superficie al Terciario plegado. La cobertera la forma el segundo nivel de conglomerados (nivel c) del párrafo anterior), sub-horizontal, discordante y transgresivo, que oculta la prolongación SE. del sinclinal (fig. 9).

La perfecta concordancia de esta estructura con los anticlinales mesozoicos-terciarios que la flanquean parece referirla al mismo ciclo tectónico que aquéllos.

Los distintos niveles supramesozoicos que la forman se corresponden punto por punto con los indicados en el anticlinal de Sierra Palomera y, ya fuera de la Hoja, al E., pueden seguirse las capas hasta identificarlas con las del flanco oriental de Sierra Palomera.

El eje del sinclinal tiene dirección N.-50°-O., pegado al flanco SO., que, como es típico en la región, es el más empinado, alcanzando las capas buzamientos de 70 grados.

I) ANTICLINAL DEL MONTERO

Ocupa el ángulo SE. de la Hoja. Por el E. acaba en el sinclinal de La Tejería, y por el O. y N., en el valle del Jiloca. Es una estructura suave, de cinco a seis kilómetros de ancho, formada principalmente por capas secundarias del Liásico y Dogger, análogas a las que constituyen la cúpula de Medio Monte (S. de Sierra Palomera), y de las cuales son prolongación SO.

Superiormente está constituido por un Terciario poco potente, confuso y mezclado, que sólo parcialmente participa de la estructura anticlinal. Comprende un nivel de conglomerados basales (nivel a) del párrafo G), y faltan, salvo en el O. (Pradera de Pascualico), los niveles de margas y arcillas. Estos últimos son aquí mucho menos potentes que en las estructuras G) y H).

Sobre ellos, transgresivo y discordante, está el nivel de conglomerados superiores, que en muchos puntos se apoya sobre el nivel de conglomerados de base, y en tal caso su separación es sumamente difícil o imposible. Esta transgresión se observa especialmente bien en

el punto de longitud 40° 32' 30", latitud 2° 30', que está en el borde de la Hoja.

Encima de estos conglomerados superiores y concordantes se ve en algunos puntos, p. e., en la Pradera de las Hoceillas, un nivel de caliza. Todos ellos, repetimos, fragmentados, de poca extensión y potencia.

Finalmente, hay un nivel de arenas rojizoanaranjadas, bien visibles en las parideras de Cañete, buzando de 2 a 5 grados al NO.

El eje del anticlinal corre con rumbo N.-35°-O., y la estructura desaparece, sin salto topográfico, bajo el Cuartario del valle del Jiloca, hacia el O.

Orientados N.-40°-O. hay una serie de fallas en escalón, con salto creciente hacia el S. y desaparición bajo el Cuartario reciente al N. Las fallas afectan también las capas terciarias y son numerosas y de pequeño salto, todas de igual sentido, con el flanco occidental hundido.

J) EL VALLE DEL JILOCA

Lo que venimos llamando Valle del Jiloca tiene una expresión geológica muy diferente de su apariencia geográfica. Situándose en el terreno puede verse cómo la llanura cubierta por Cuartario, la cual es recorrida apaciblemente por el alto Jiloca, queda limitada al E. y O. de modo muy distinto.

Por el O., las formaciones que hemos descrito con la denominación de sinclinal de El Toro-Singra y sinclinal de El Airazo-Cañada Hermosa, se hunden suavemente bajo el terreno aluvial. Los pequeños escalones que pueden observarse en algunos puntos, como por ejemplo sobre la carretera de Santa Eulalia a Pozondón y, más al S., en la senda de la Masía de Rubielos, son de carácter erosivo, puesto que la prolongación de la base de estos escalones es visible hasta muy adentro del valle, y, por otra parte, adosadas a las contrahuellas de los peldaños, existen por lo menos dos niveles de terrazas fluviales: el inferior, más moderno, más hacia el centro del valle, muy cerca del mismo pueblo de Santa Eulalia. Igualmente en el norte de la Hoja, cerca de Singra, donde el Jiloca discurre sobre un rellano de una superficie erosionada, donde afloran por todo el valle suaves domos de carniolas y dolomías liásicas.

Por el E., en cambio, no puede menos de llamar la atención la abrupta cordillera de Sierra Palomera, con todo su flanco O. cortado a pique. Comparando este tajo, y los niveles estratigráficos que descubre, con la peniplanicie arrasada de Singra, allí en la zona donde quedan uno y otro enfrentados, se llega a la conclusión de la existencia de una falla que taja todo el flanco occidental de Sierra Palomera, desde más al N. de la Hoja hasta las proximidades de Medio Monte.

La traza de esta falla queda hoy día oculta por terrenos cuartarios, pie-de-montes, rañas, pedregales y fanglomerados adosados por todo el O. de la Sierra Palomera.

En el anticlinal del cerro Montero, la anterior falla se encuentra sustituida por un enjambre de pequeñas dislocaciones que se van alternando en una disposición típica de relevo y que globalmente igualan el salto de la fractura antes descrita.

La falla de Sierra Palomera y el conjunto del cerro Montero tienen, además, otras diferencias. Aquella presenta su mayor salto (unos 200 metros) al N. y va disminuyendo gradualmente hacia el S., en tanto que el conjunto del Montero disminuye en intensidad de Sur a Norte.

Esta descripción puede verse esquemáticamente en la figura 24.

Para encontrar el límite occidental de la unidad tectónica del valle del Jiloca hemos de buscar más al O., y referirlo a la falla Peracense-Almohaja-Peinao, de que ya hemos hecho mención.

Resulta así que el valle del Jiloca es una fosa tectónica limitada al O. y al E. por fracturas bien determinadas y ligeramente basculada hacia el ENE.

Como resumen de todas las descripciones anteriores, hemos trazado en la figura 11 un gráfico de isohipsas tomando como superficie de referencia el límite Lías calcáreo-Lías margoso, es decir, la base del tramo que en nuestra cartografía denominamos Sinemuriense inferior-Charmutiense-Toarciense.

Pueden apreciarse claramente en la figura cada una de las unidades tectónicas que venimos describiendo, así como sus relaciones e importancia mutua.

Con ello queda completado el escenario tectónico local. Las observaciones anteriores las insertaremos dentro del marco de la tectónica y paleogeografía regional, con el fin de llegar a una completa, en lo posible, representación geológico-histórica de nuestra Hoja.

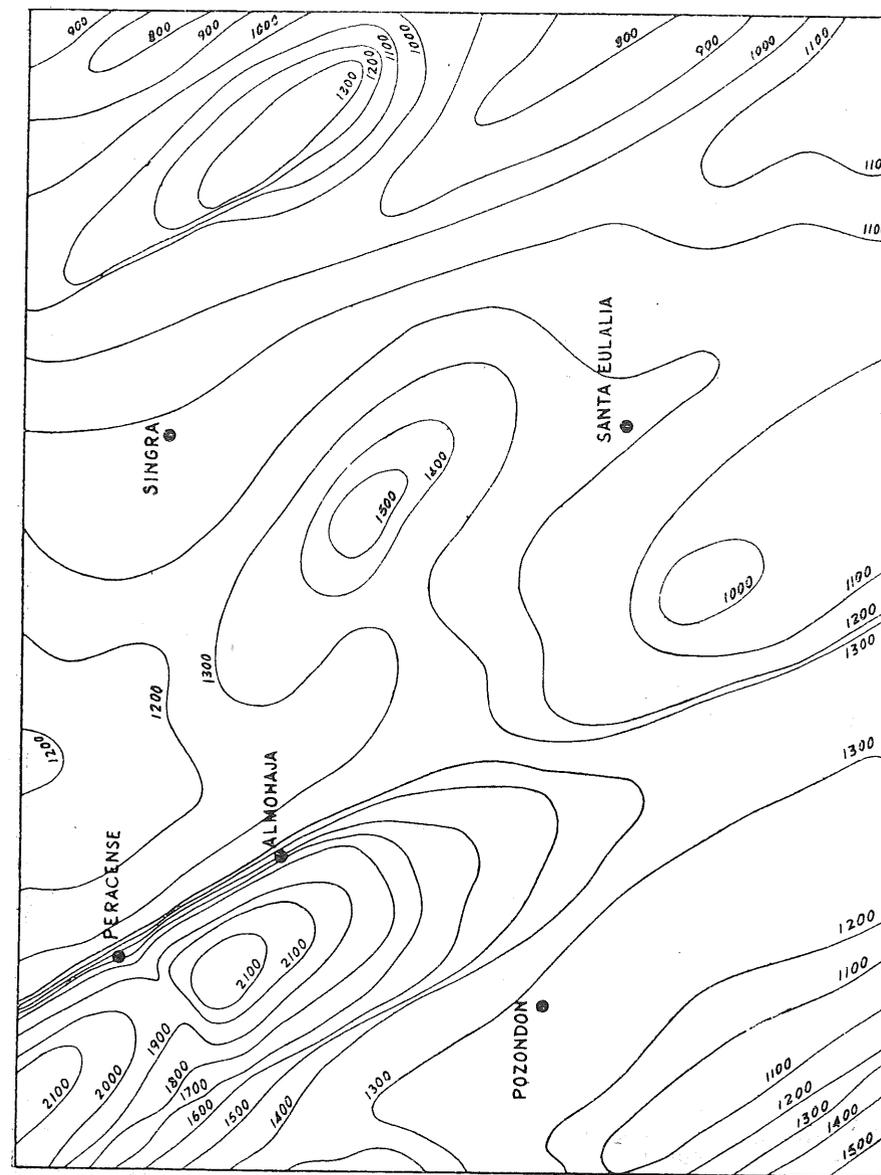


Fig. 11.—Curvas isohipsas de la base del Lías margoso (cotas sobre el nivel actual del mar).

3. ESTILO TECTONICO REGIONAL

Para el estudio de la tectónica regional nos basamos especialmente en los trabajos de Lotze sobre el Paleozoico (31), y en los de Stille (46), Hahne (16), Joly (27), Tricalinos, Richter (38), Lotze (32), Royo y Gómez (43), Fallot y Bataller (12) y sobre todo el de Richter y Teichmüller (39), acerca de la tectónica moderna.

La Hoja de Santa Eulalia está situada en el macizo montañoso de la Cordillera Ibérica, llamada también por algunos autores Sistema Celtibérico. Dicho sistema puede considerarse dividido en dos ramas: la del NE., "cadenas ibéricas" o "rama aragonesa", y la del SO., "cade-

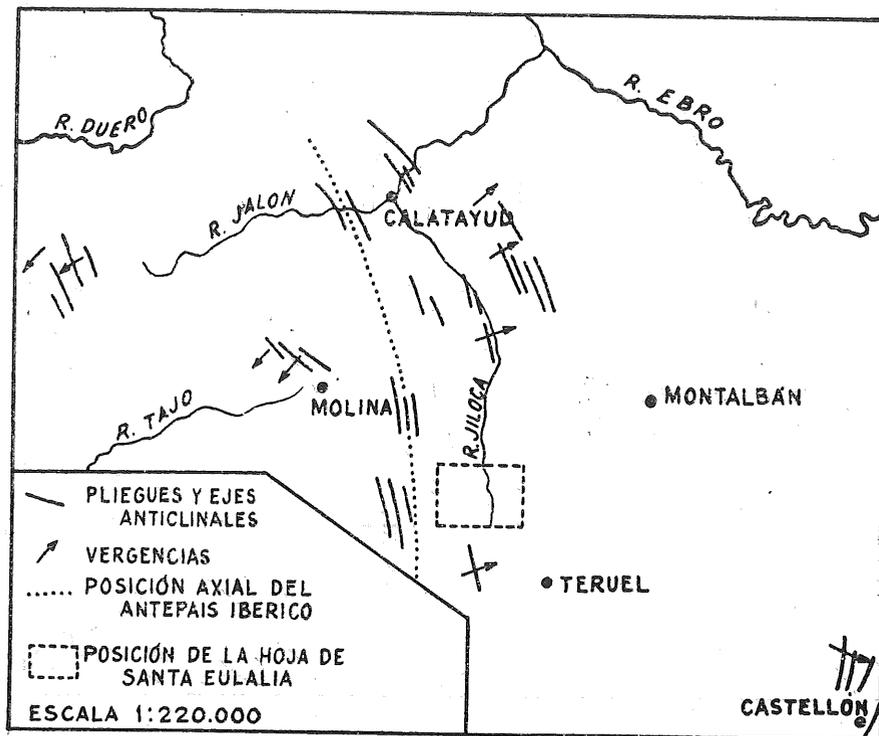


Fig. 12.—Líneas de dirección y vectores tectónicos en las montañas de fondo celtibéricas, según Lotze.

nas hespéricas" o "rama castellana". La Hoja está aproximadamente en esta divisoria.

A) TECTÓNICA PALEOZOICA

Los afloramientos paleozoicos regionales corresponden a los anticlinales mesozoicos, de tipo sajónico, de los cuales forman los núcleos. En la figura 12 se señalan las líneas más importantes de las montañas paleozoicas. En las cadenas ibéricas predomina el rumbo NNO.; en las hespéricas, el N. y NNO.

En cuanto al tipo de estos pliegues, podemos señalar que existe una vergencia E. o bien NE. en las cadenas ibéricas, más acusada al E. y en disminución hacia el O. Al O. de Albarracín los pliegues se hacen verticales y regulares. Más al O., en las sierras de Aragoncillo y Menera, la vergencia se hace oeste.

En la zona de vergencia oriental la tectónica es de intenso plegamiento isoclinal, mezclada con tectónica de imbricación; en la zona de vergencia occidental la tectónica es de plegamiento heteroclinal y no imbricada.

B) TECTÓNICA MESO-CENOZOICA

Los pliegues secundarios y terciarios forman la tectónica dominante actual. Se reconoce en el Sistema Ibérico una divergencia muy marcada: la norvergencia, en el N. del Sistema; son los que vergen hacia la cuenca del Ebro o los Pirineos meridionales, y la survergencia en el S. del Sistema.

En la figura 12 se representan los anticlinales y sus vergencias, así como las divisorias. Se trata de una divisoria de antepaís, con una producción orogénica de tipo sajónico, es decir, tectónica de plegamiento y fractura, con el perfil indicado para los pliegues en la figura 9.

La diversa compacidad y resistencia de los sedimentos yacientes ha producido numerosos ejemplos de pliegues disarmónicos. En los depósitos superiores (Terciario) encontramos plegamientos de cobertera, es decir, completa concordancia en las zonas accidentadas y relativa tranquilidad en el centro de los sinclinales. En los depósitos inmediatamente infrayacentes calizos se produjeron pliegues inclinados, volcados y pliegues-falla. Bajo ellos, en el Triásico superior, predominan acumula-

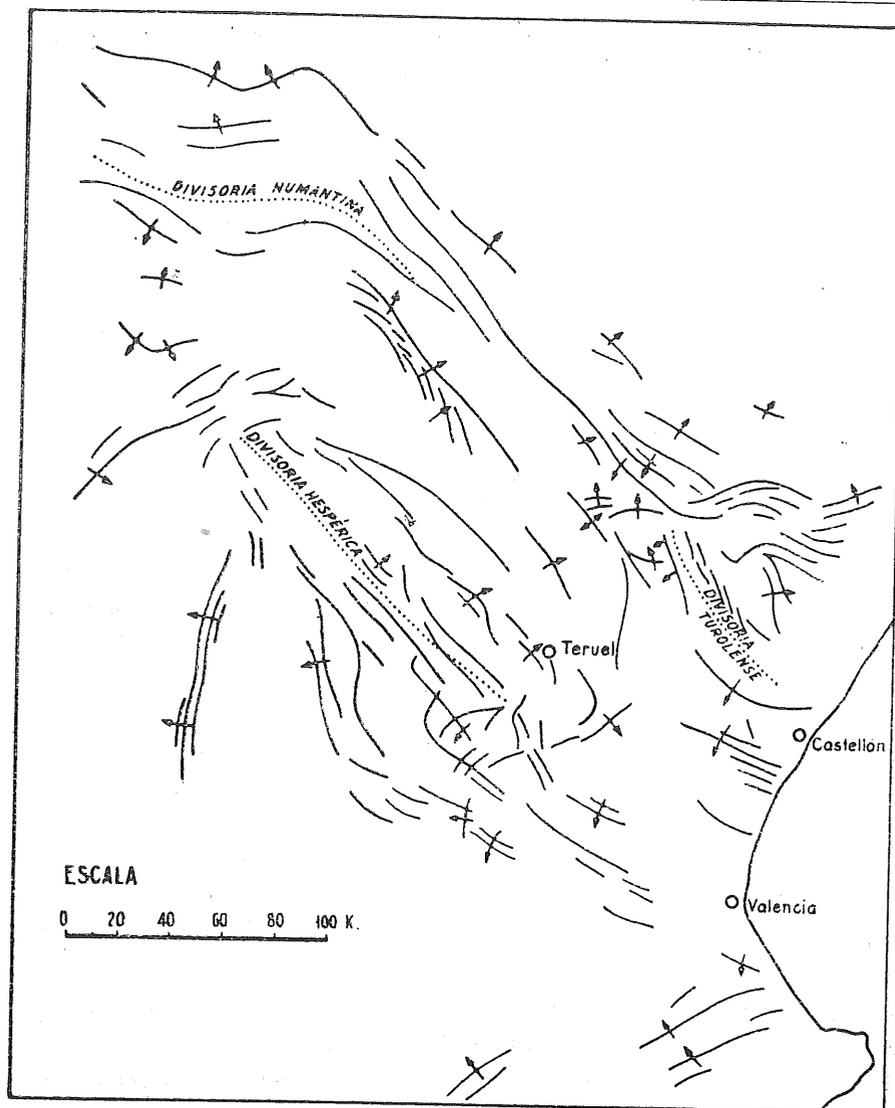


Fig. 13.—Líneas anticlinales, divisorias (punteado) y vergencias (flechas) de los pliegues modernos en Celtiberia, según Richter y Teichmüller.

ciones extrusivas e imbricaciones y extinciones. Recuérdese que este hecho fué notado por Verneuil (aunque mal interpretado como discordancia) en sus viajes (51). En las capas más profundas (Triás inferior y Paleozoico) los isleos están profundamente intrincados con zonas de fallas subverticales, dispuestas en estrechas zonas a sus márgenes. En

varios sitios estas fallas, por su importancia, han dado lugar a horsts, en las cuales, desmantelada la cobertera, afloran los estratos triásicos y paleozoicos. Richter (38) cita en especial las fracturas que provocan la fosa de Morés y el borde de hundimiento de la cuenca de Almazán, cuya prolongación S. pudieran ser las fallas de Peracense-Almohaja o la dovela hundida del valle del Jiloca, ambas dentro de la Hoja de Santa Eulalia. También son estas fallas, algunas, de origen paleozoico, pero rejuvenecidas y activadas por la tectónica terciaria, agentes de imbricaciones y cobijaduras que Lotze (31) atribuyó al Paleozoico.

La dirección dominante de los pliegues modernos en las márgenes de la divisoria hespérica es NNO. Más al E., por influencias de la cordillera costero catalana, se encuentran formaciones de rumbo NE., señaladas por Hahne (17), y Fallot y Bataller (12) citan para el Terciario moderno plegado una orientación NO.

Hahne (17) estudia también las interferencias entre las formaciones de rumbo NNO. y NE. y llega a la simultaneidad de ambas direcciones de plegamiento. Esta conclusión ha sido puesta en duda posteriormente, y otros autores—Dupuy de Lôme (E.), comunicación verbal—se inclinan por la posteridad de los anticlinales arrumbados al NE.

Las direcciones dominantes están representadas en la figura 13. No se han dibujado, en cambio, las numerosas fallas que suelen acompañar a los bordes anticlinales y de las cuales hay variados ejemplos en la Hoja que nos ocupa (fig. 14).

4. MOVIMIENTOS OROGENICOS Y EPIROGENICOS LOCALES

Vamos a ver a continuación cuáles de estas orogenias y epirogenias encontramos en el ámbito más reducido de nuestra Hoja, tratando de localizar en ella más exactamente épocas, direcciones e intensidades. Cuando algún movimiento ha sido fijado en las proximidades de la Hoja de modo más exacto que lo que pueda deducirse del estudio de ella misma, y no esté en contradicción con nuestras observaciones, lo adoptaremos para la cronología de nuestro estudio.

Hablaremos en primer lugar de los procesos orogénicos y luego de los epirogénicos.

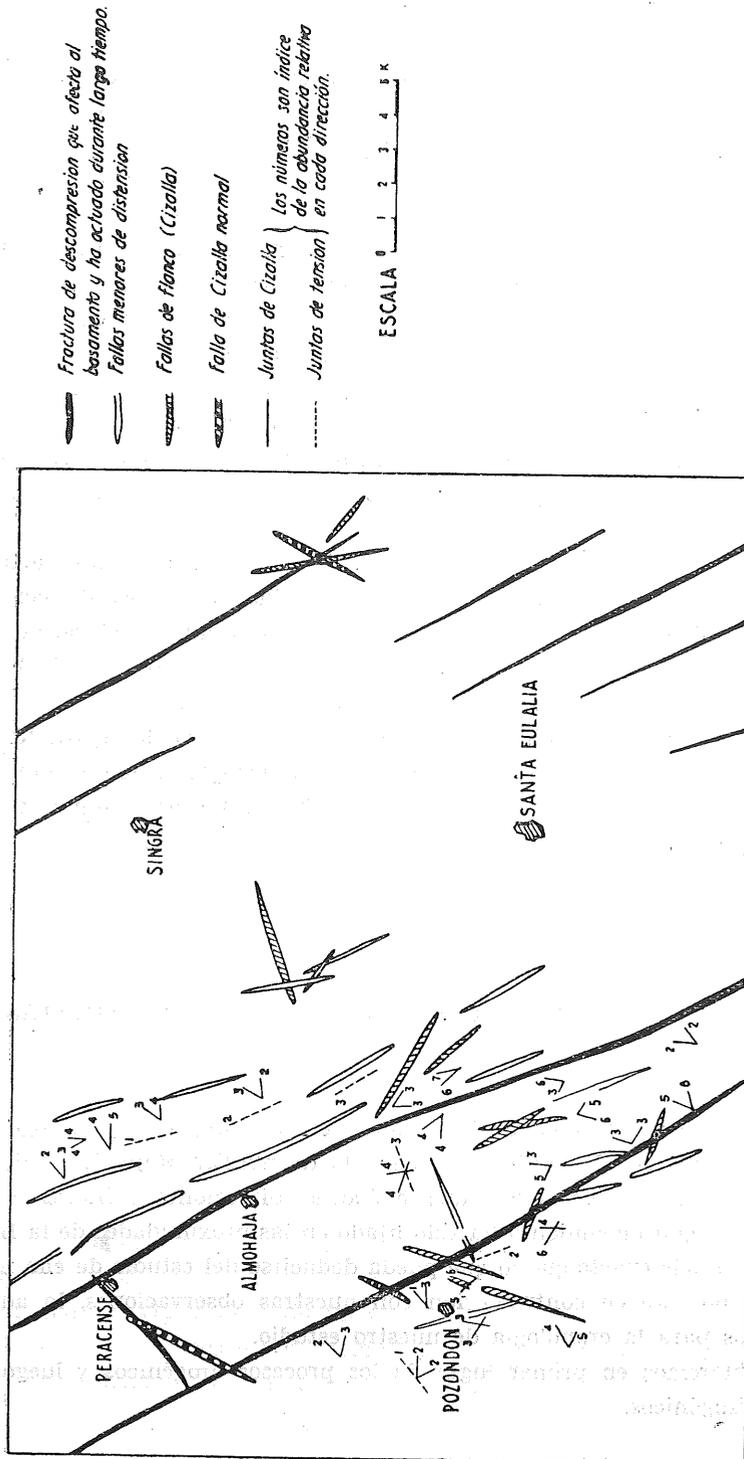


Fig. 14.—Esquema de las principales grietas tectónicas

A) PROCESOS OROGÉNICOS

a) La orogénesis más antigua que puede observarse en la Hoja corresponde a la fase astúrica de los plegamientos hercinianos. No hay datos suficientes para fijar la época del plegamiento, por falta de afloramientos de capas de cobertera y fondo, pero ha sido determinada en la región con bastante exactitud. Los empujes tienen dirección N. 80-90° E., según se deduce conjuntamente del apizarramiento y del eje anticlinal de San Ginés.

Como puede verse en la figura 12, la Hoja cubre la zona axial que separa distintas vergencias, lo que corresponde, en efecto, a planos axiales sensiblemente verticales.

b) A comienzos del Paleogeno hay otro movimiento débilmente orogénico, pero suficiente para que se renueve intensamente la fase erosiva. Este movimiento podría adscribirse a alguna de las fases pirenaicas.

c) La mayor actividad orogénica tiene lugar entre el Aquitaniense y el Tortoniense. Más que asignarle una fase se trata de un amplio período de tiempo, durante el cual se suceden los impulsos. La fase de Stille correspondiente es la primera de las stáiricas, aunque, insistimos, no es un solo impulso, sino una tendencia que se manifestó en el mismo sentido a lo largo de millones de años, durante todo el Mioceno inferior, con pulsaciones continuas. Durante ese proceso orogénico se producen las fracturas y grietas más destacadas de la Hoja. Las principales, del tipo de descompresión, son post-orogénicas, es decir, intramiocénicas superiores.

En la figura 14 se da un bosquejo de las fallas, fracturas y grietas más destacadas de la Hoja, clasificadas según sus tipos. En la figura 15 se representan las direcciones de juntas de cizalla y tensión predominante.

Se observan cuatro direcciones, dos a dos conjugadas, de grietas de cizalla, y dos direcciones de grietas de tensión. La dirección de los empujes principales que se deduce del diagrama es N. 60° E. Las juntas de cizalla, de dirección aproximada N. y NO., y las de tensión SE., son de reacción postorogénica, sensiblemente perpendiculares a las anteriores. Las direcciones de los ejes sinclinales y anticlinales coinciden, en conjunto, con esta dirección. El rumbo del sinclinal de la Tejería, casi por completo perteneciente a la segunda orogenia terciaria, es algo más al Oeste.

Podemos decir que en el ámbito de la Hoja los dos procesos orogénicos terciarios tienen sensiblemente la misma dirección, y asignar al primero un empuje desde el E. hacia el O., de dirección N. 60-70° E., y al segundo el mismo sentido y dirección N. 50-60° E.

En ambas orogenias se halla nuestra zona situada algo al NE. de la divisoria de vergencias, y los pliegues apuntan la vergencia NE. ya antes indicada repetidas veces.

No se ven en la Hoja de Santa Eulalia vestigios de otros períodos

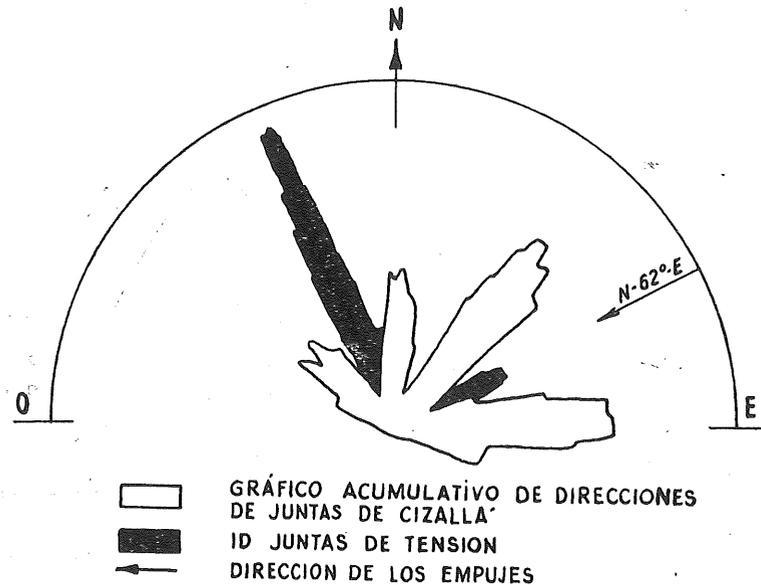


Fig. 15.—Dirección de los empujes deducidos de las juntas de cizalla y tensión de la figura.

orogénicos, como los correspondientes a las fases kimmérica, austriaca, rodánica, etc.

B) PROCESOS EPIROGÉNICOS

a) Entre Cambriano y Siluriano, la zona debió experimentar una elevación epirogénica, dentro del ámbito geosinclinal, y esto debió continuar largo tiempo después del Siluriano. Como consecuencia, los espesores, depositados después del Siluriano inferior, debieron ser reducidos o quizá hasta inexistentes (Devoniano, Carbonífero).

b) El Triásico comienza claramente transgresivo, aunque el régimen marino tarda en estabilizarse; así, la máxima transgresión correspondiente al Muschelkalk es de corta duración y seguida de una regresión parcial a los depósitos coloidales.

c) El Liásico comienza con una facies de plataforma continental, es decir, relativamente poco profunda (carniolas), para pasar transgre-

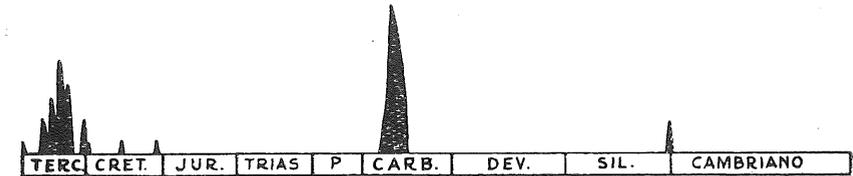


Fig. 16.—Repartición y relativa intensidad de las orogenias en la Hoja de Santa Eulalia.

sivamente a series calcáreas. La sedimentación se hace francamente marina, aunque con alternancias eustáquicas (margas-calizas margosas-calizas).

d) En el Dogger y Malm inferior se observa un vaivén regresivo-transgresivo-regresivo, señalado por las intercalaciones arenosas y predominio de faunas de braquiópodos y lamelibranquios en el techo y en el muro de la formación.

e) El Lusitaniense comienza nuevamente transgresivo, pero con una cuenca de menor importancia que la liásica, y se mantiene en estas

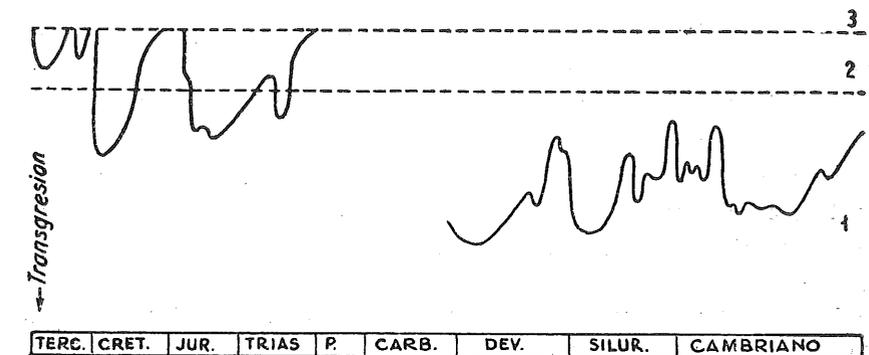


Fig. 17.—Movimientos epirogénicos en la Hoja de Santa Eulalia.

- 1.—Ámbito marino.
- 2.—Salobre, lacustre, continental.
- 3.—Falta sedimentación.

condiciones subabisales hasta el Neocomiense, en cuyo techo se señalan pequeñas oscilaciones del nivel del mar.

f) Con estas oscilaciones, areno - margoso - calizos, se inicia una transgresión en el Barremiense-Aptense, que vuelve hacia una serie regresiva al final del período, para dar paso al Albense.

g) El Albense, transgresivo en cuanto a extensión superficial, es, respecto a nuestra zona, regresivo, en cuanto que significa una facies menos profunda, es decir, una elevación del fondo marino. Sobre él se deposita, transgresivo en extensión y profundidad, el resto del Cretáceo.

h) A finales del Cretáceo encontramos una gran regresión de la zona, relacionada con el primer impulso orogénico terciario. La regresión hizo posible la emersión de nuestra zona, o la casi emersión, y el proceso erosivo, actuando intensamente, desmantela la cobertera cretácea casi íntegra.

i) La cuenca sedimentaria, a consecuencia de la primera pulsación, sufre el fraccionamiento en cuencas menores, dentro de las cuales se observan ciclos transgresivos relacionados con hundimientos postorogénicos.

j) Tras el segundo impulso se fractura la Hoja en cuatro principales bloques que actúan ya de modo continuo hasta nuestros días. Estos bloques son: el del oeste, limitado por la falla occidental de San Ginés; el del centro-oeste, u horst de San Ginés; el del centro-este, o actual valle del Jiloca, y el del este, que comienza en la Sierra Palomera. Salvo el horst de San Ginés, presentan los demás tendencia a hundimiento hacia el E. Entre las zonas al E. de cada uno de los bloques y el borde O. del contiguo penetran continuamente transgresivos los mares y lagos tortoniense, sarmatiense y pontiense, estando en conexión su aumento de extensión con una lenta colmatación de cuencas.

k) En el Plioceno siguen actuando los bloques, provocando importantes variaciones del régimen fluvial y pantanoso postlacustre y formando ya el paisaje actual.

En las figuras 16 y 17 pueden verse unos esquemas de las orogenias y epirogenias (transgresiones y regresiones) que encontramos en la Hoja de Santa Eulalia.

V

HISTORIA GEOLÓGICA

I. INTRODUCCION

Con todo el conjunto de datos recopilados de estudios anteriores, más los deducidos de nuestros propios estudios, estamos ya en condiciones de bosquejar un breve apunte de la paleogeografía y evolución geológica de nuestra zona.

Debemos antes indicar las valiosas aportaciones de Joly (27) y la escuela de Stille, sobre las que fundamentalmente nos basamos para el estudio regional.

Hemos dividido el presente capítulo en dos partes: la primera es un estudio de toda la Celtiberia que resulta imprescindible para comprender y seguir el hilo de la segunda parte, dedicada exclusivamente a la Hoja de Santa Eulalia.

2. HISTORIA GEOLOGICA REGIONAL

A) PALEOZOICO

En toda Celtiberia no afloran formaciones de edad anterior al Cambriano. Así pues, no puede comprobarse la existencia de plegamientos anteriores al Primario. El Cambriano inferior es de tipo marino, con

marcado carácter transgresivo, comenzando por formaciones clásticas y pasando en el Cambriano medio a tener condiciones de sedimentación de alta mar, rocas arcillo-margo-calizas con fósiles. El Cambriano superior vuelve a tener carácter regresivo, con sedimentos clásticos gruesos, cuarcitas y esquistos arcillosos con *Lingula*.

Dentro de la serie cambriana, Lotze cita discordancias en la parte inferior del Cambriano superior. Según dicho autor, el Cambriano superior empieza con una débil orogenie, seguida de transgresión, y finalmente regresión, en el límite Cambriano-Siluriano.

Entre Cambriano y Siluriano existe una laguna estratigráfica (Tremadociense), comenzando la cuarcita armoricana por un conglomerado de base que descansa discordantemente sobre el Cambriano superior. El límite Cambriano-Siluriano ofrece regresión, seguida de renovada transgresión, con facies correspondientes a expansión marina: cuarcita, arenas-arcillas, calizas-esquistos. Dentro del Siluriano se tienen dos ciclos completos de transgresión-regresión, uno en el Ordoviciense y otro en el Gotlandiense. En toda la región no parece haber habido plegamientos caledonianos.

En resumen, durante las formaciones del Paleozoico inferior reinaba en Celtiberia una condición geosinclinal, pero por la gran orogenie herciniana se produjo una variación de la geotectónica.

El principal plegamiento herciniano es preestefaniense y probablemente postcúlmico, y debe corresponder a la fase astúrica, que es la más importante en España (Lotze).

Hay también indicios de algunos movimientos mucho menores post-hercinicos, probablemente pfálicos o saálicos.

B) MESOZOICO

Después de todos ellos las montañas se arrasan, y sobre el basamento plegado se establece una nueva cuenca, la cual no tiene ya carácter de gran geosinclinal, sino más bien es una cuenca inferior, con otras condiciones de sedimentación y otro ritmo de movimientos.

Esta cuenca especial unía, y esto durante todo el Mesozoico, el geosinclinal pirenaico con el bético. Estaba limitada desde el Triás, al O., por la plataforma castellana, y al E., por la plataforma aragonesa o del Ebro, que emerge de modo claro hacia el final del Jurásico

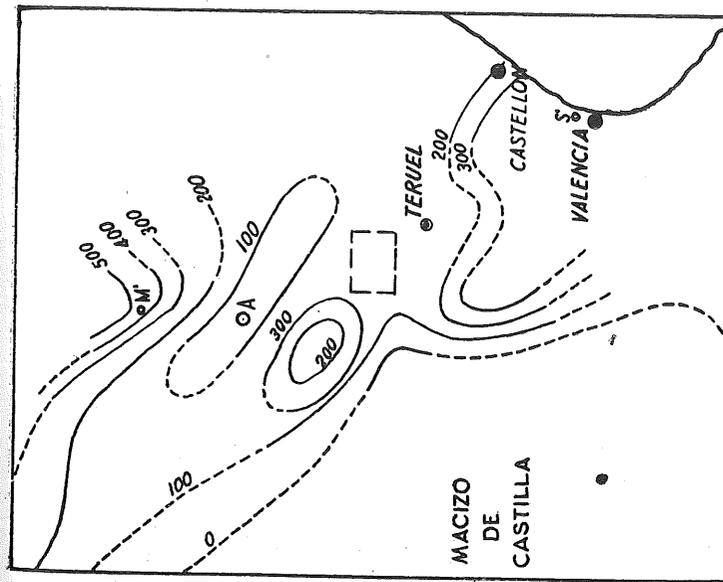


Fig. 18.—Ambito sedimentario del Buntsandstein (isopachas)

Gran potencia en las capas de Sagunto (S') y Moncayo (M'). Poca potencia en la elevación de Ateca. Entre ella y el macizo de Castilla la cuenca de Molina. (Según Richter y Teichmüller).

NOTA.—Para las figuras 18, 19, 20, 21, 22 y 23 en la escala 1:4.500.000. Las curvas de trazos significan que no han sido determinadas propiamente por Richter y Teichmüller.

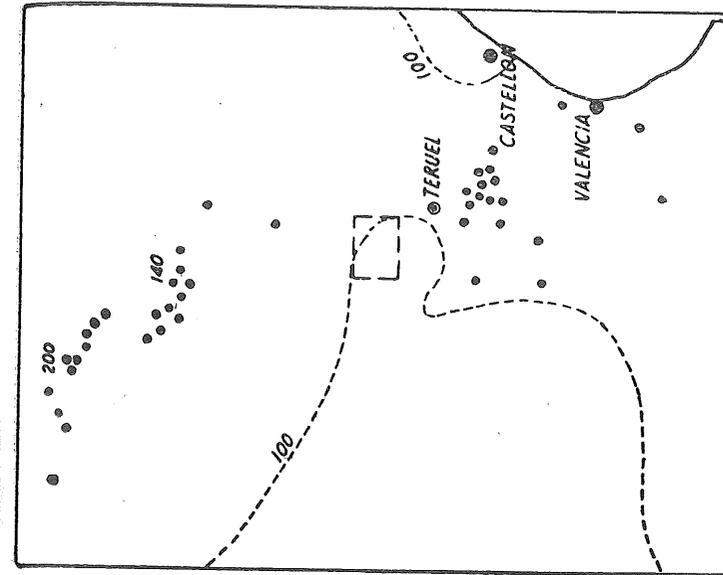


Fig. 19.—Ambito sedimentario del Keuper (isopachas)

Transgresión sobre la plataforma Castellana, de espesor bastante uniforme. Las regiones de mayor espesor coinciden aparentemente con el ámbito sedimentario del Buntsandstein. En estas zonas es donde más abundan las ofitas (puntos negros gruesos). (Según Richter y Teichmüller).

superior. Los límites y relaciones de esta cuenca se modificaron algo a lo largo del tiempo, pero fundamentalmente durante todo el Mesozoico su situación fué sensiblemente la misma.

La sedimentación empezó en esta cuenca con el Triásico, y desde este tiempo nos es ya conocida a grandes rasgos la reportación en depresiones y elevaciones del ámbito sedimentario celtibérico, especialmente en los bordes de la cuenca.

Dereims, y después Tricalinos y Lotze, y especialmente Richter y Teichmüller, han hecho resaltar el espesor variable de los pisos de la cuenca. Triásico y Jurásico forman esencialmente una unidad de depósitos. Durante el Triásico se ensancha la cuenca continuamente, como se deduce del desarrollo de facies en los bordes de la meseta castellana; el Keuper tiene la facies más uniforme, mientras que los dos pisos anteriores muestran las variaciones de facies propias del carácter litoral y de proximidad a la costa.

En el Buntsandstein (fig. 18) se ve una zona pequeña y potente de sedimentos clásticos, la "elevación de Ateco-Montalbán", la cual separa dos cuencas importantes de sedimentación. La cuenca Molina-Sagunto, en el SO., y la cuenca del Moncayo, en el N. Limitada a estas zonas profundas puede verse, en el techo del Bunt, una facies yesosa y abigarrada (Rot de los alemanes), por ejemplo al NO. de Sagunto (21) y (38).

Más extensa, pero también limitada, es la diferenciación poderosa del Muschelkalk.

Durante el Keuper, la sedimentación ensancha su ámbito notablemente (fig. 19). Las condiciones de sedimentación se uniformizan en toda la región y tienen lugar erupciones ofíticas, especialmente en aquellos ámbitos que fueron cuencas potentes del Bunt (compárense las figuras 18 y 19).

En el Jurásico, toda la cuenca y su contorno quedan recubiertos de modo uniforme por calizas. Sólo en el macizo castellano se depositan materiales clásticos.

Hacia el final del Jurásico se produce una regresión relacionada con unos plegamientos de facies neokimmérica. Emergen entonces las mesetas castellana y aragonesa. Durante el Portlandés y Cretáceo inferior se forman al N. y S. dos depresiones importantes, en las que se hundén las capas jurásicas y triásicas subyacentes (fig. 20). De estas dos profundas y extensas áreas hundidas surgieron más tarde los Pirineos occidentales, de una parte, y las Béticas orientales, por otra. Lo

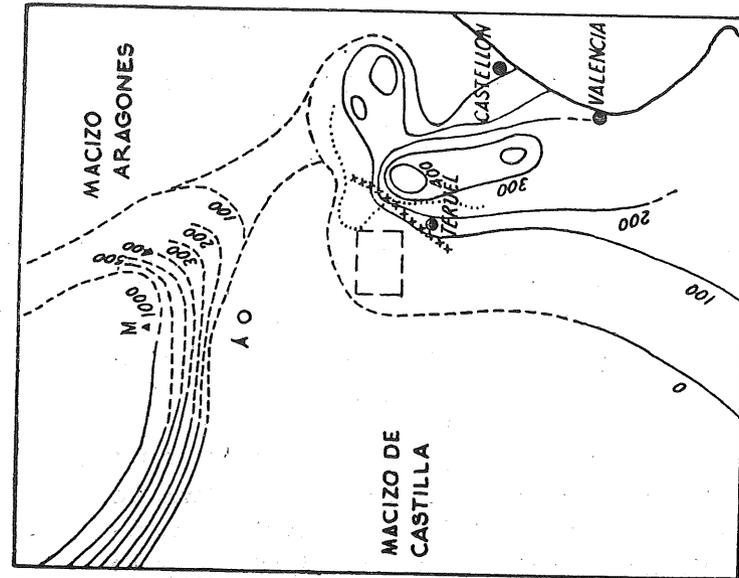


Fig. 20.—Ambito sedimentario en el Wealdense (isopachas)

Depresión del Moncayo al N., cuenca de Teruel-Castellón al S. Las capas se reúnen aproximadamente en el ámbito de mayores espesores del Bunt. En Ateco un espolón del macizo Castellano. (Según Richter y Teichmüller).

..... Límite del Wealdense, según Hahne.

xxxxxxx Límites máximos del Wealdense según nuestras observaciones.

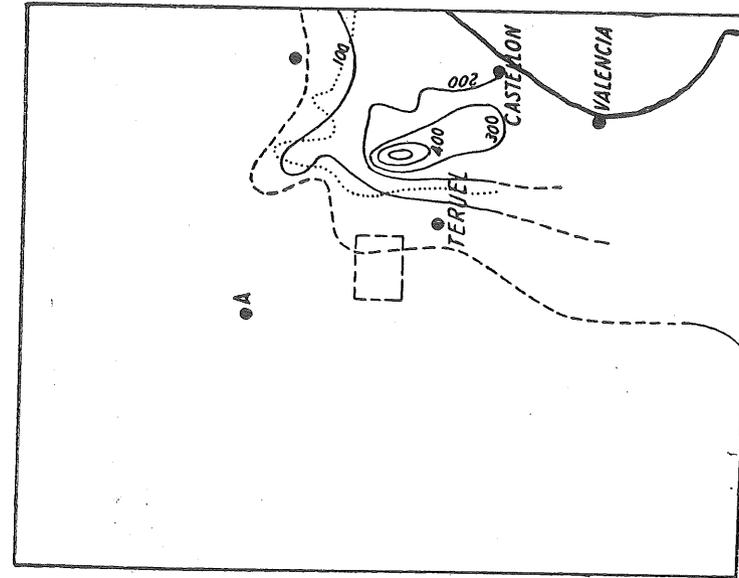


Fig. 21.—Ambito sedimentario de Barremiense-Alpense-Albense inferior (isopachas).

Sólo hay sedimentos marinos en la cuenca de Teruel-Castellón. En la cuenca norte prosigue durante este tiempo la sedimentación wealdense. (Según Richter y Teichmüller).

..... Límite de esta formación según Hahne.

NOTA.—Para los autores, los límites de Richter y Teichmüller, en nuestra Hoja, son sólo las mínimas posibles.

que ocurre en la zona central, rodeada por los macizos castellanos y aragoneses, al O. y E., y por las depresiones del N. y S., es bastante confuso. Algunas elevaciones de esta zona (Ateca, Montalbán) quedan completamente rodeadas por el agua. Dentro de las zonas centrales sumergidas, en las próximas a los macizos emergidos o en aquellos de poca profundidad, se depositaron sedimentos de tipo continental o salobre. En otros ámbitos más profundos siguió la sedimentación continua de tipo marino, aunque por la reducida extensión de la cuenca los sedimentos son poco importantes y de escasa potencia.

En las grandes cuencas del N. y S. se reúnen los depósitos de los macizos vecinos emergidos. Predominantemente se depositaron sedimentos continentales que se mezclaron dentro del ámbito de la cuenca con calizas marinas (facies wealdense).

La regresión general (pero no igualmente acusada en todos sitios) de la banda E.-O. central de la cuenca, motiva el que en muchos sitios descansa el Cretáceo superior sobre distintos tramos del Jurásico, por intermedio de una facies detrítica. En general, desde el centro de la Ibérica hacia afuera, en dirección O., N. y NE., el Cretáceo se apoya sobre pisos jurásicos cada vez más altos, hasta llegar a un punto en que la sedimentación es continua entre Jurásico y Cretáceo (secuencia inferior regresiva).

La regresión hace que en muchos sitios de Celtiberia no existan los pisos inferiores del Eocretáceo ni los superiores del Jurásico, y que el paso de éste a aquél se haga por intermedio de la facies wealdense.

En otros lugares, en cambio, el tránsito Jurásico-Cretáceo se hace de modo continuo por sedimentación marina. Tal parece ser el caso en nuestra zona.

La extensión de la facies wealdense no está bien delimitada. En la figura 20 damos los límites de Hahne (16) y (17) y de Richter y Teichmüller (39). Pero debido a la semejanza litológica y escasez de fósiles determinativos del Wealdense y Albense (facies de Utrillas), dichos autores los han confundido en algún lugar, y por ello sería menester una revisión de sus apreciaciones sobre este problema.

Durante el Barremiense-Aptense inferior prosigue la inestabilidad epirogénica. Los macizos castellano y aragonés se elevan todavía un poco más. En la cuenca del Moncayo prosigue la sedimentación lacustre-salobre en facies wealdense. Pero al S., y en la desigual cuenca de Teruel, hay indicios de un amplio hundimiento general. Se depositan margas y calizas potentes que invaden también el borde E. de la cuenca

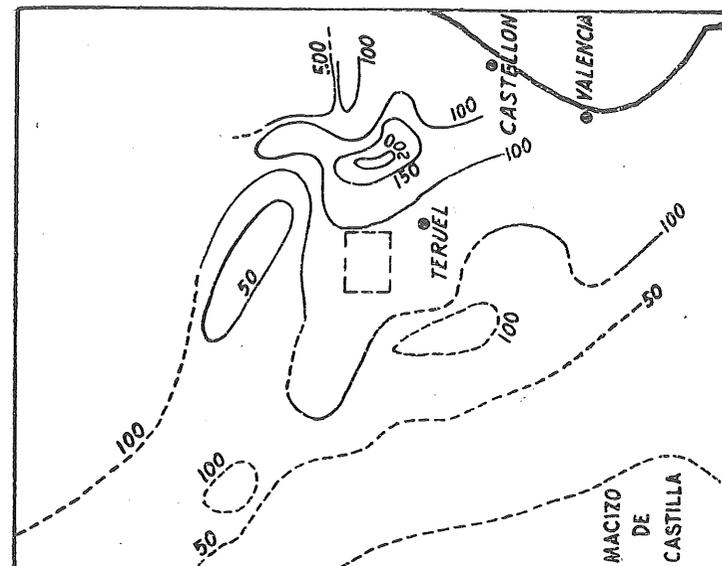


Fig. 23.—Ámbito sedimentario del Albense superior (capas de Utrillas) (isopachas)

Los espesores mayores corresponden a las cuencas de la figura anterior. La dirección preferente adriática no se ha extinguido todavía. En los bordes de las cuencas es donde más abundan las formaciones carboníferas. (Según Richter y Teichmüller).

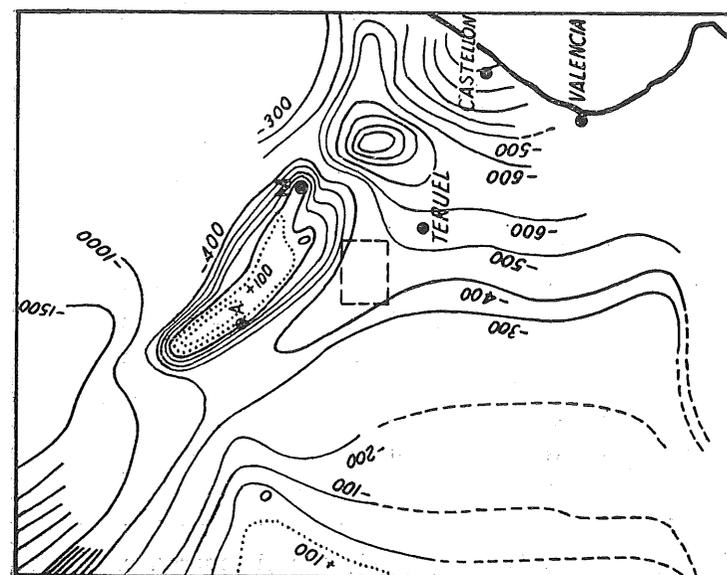


Fig. 22.—Yacente del Albense superior (Capas de Utrillas).

Se representan en isohipsas la posición en altura del límite Keuper-Retiense, respecto a la superficie de transgresión del Albense superior. Los valores positivos (en punteado) significan también que el Albense superior se deposita sobre Paleozoico o Trias inferior. Es de notar los claros límites de la costa castellana y el abombamiento de la elevación Ateca-Montalbán (A y M). Los ejes de las isohipsas se deben a la tectónica adriática. (Según Richter y Teichmüller).

(Mollero, Castellote, Oliete). Los depósitos se denominan facies urgo-aptense (fig. 21).

Este hundimiento de la cuenca centro-sur está relacionado, durante el Aptense superior-Albense inferior, con débiles movimientos, secuencia póstuma de los neokimméricos, y cuya muestra más visible es la división en dos (Ateca y Montalbán) de la primitiva elevación de Ateca-Montalbán (fig. 22), con simultánea producción de fallas en esta región.

Los desiguales abombamientos de la región de Teruel quedaron iguales con los depósitos de calizas y margas aptenses, como puede comprobarse hoy por las grandes variaciones de potencia que presentan estas formaciones en pequeñas distancias (Aliaga, Camañas). Asimismo, el arrasado macizo-meseta castellano y la somera cuenca todavía wealdense del Moncayo presentaban ya un perfil de equilibrio a la erosión.

Durante el Albense ocurre una gran transgresión, quizá relacionada con una elevación del macizo aragonés. El mar penetra muy al E. en el macizo castellano y deposita sobre él y sobre las depresiones colmadas del Moncayo y Teruel grandes extensiones de arenas (Albense) con vetas ligníferas que indican bordes de extensos pantanos.

Las arenas y margas albenses se depositan así sobre una formación erosionada en el macizo castellano; sobre el Wealdense, que colmó la cuenca N., y que en el techo presenta ya facies detriticas litorales; en la cuenca del Moncayo y al S. del macizo aragonés (E. de la cuenca de Teruel); sobre las margas y arenas del techo del Aptense, en el centro mismo de la cuenca de Teruel, y al SE. de Celtiberia.

Los grandes espesores de Albense al NE. de Teruel, junto al borde sur del macizo aragonés, parecen indicar un continuo hundimiento (pero no ensanchamiento) en la zona de Miravete y Castellote, equilibrado por el continuo aporte de sedimentos. El mar no varía aquí sus límites. En estos mismos ámbitos se encajan los sedimentos carbonífero y bauxítico que orlan la base del macizo aragonés. Las fuertes oscilaciones del Albense superior (fig. 23) indican que no se han perdido todavía las tendencias de las "orogenias" neokimméricas y aústricas, que encuentran su prosecución en estas undaciones póstumas.

La transgresión prosigue y alcanza su plenitud durante el Cenomanense. La caliza marina del Cretáceo superior cubre uniformemente toda la región, sin que hasta ahora se hayan encontrado anomalías entre el Albense y el Cenomanense. Tan sólo se observa el progresivo hundimiento de las cuencas por la potencia de los sedimentos, que al NE. de Teruel llega a más de 400 metros.

La tendencia transgresiva que hemos venido apuntando se interrumpe bruscamente al final del Cretáceo por un fenómeno epirogénico.

C) CENOZOICO

Los tipos y variación de facies y potencias del Paleogeno muestran que, durante el Terciario antiguo, el que había sido hasta ahora ámbito de sedimentación celtibérico se arquea hacia arriba, y las primitivas regiones levantadas respecto a la epirogénesis mesozoica (macizos aragonés y castellano) se arrasan rápidamente y se hundan profundamente. Forman, a ambos lados del orogén celtibérico levantado, las cuencas del Duero, Tajo y Ebro durante el Terciario inferior. En su interior se reúne una considerable potencia de sedimentos.

En líneas generales, la evolución epirogénica terciaria presenta un sentido y dirección mantenidos que alcanzan desde el Cretáceo superior hasta nuestros días. En esta evolución no tiene verdadero sentido hablar de fases orogénicas, salvo en los bordes de los macizos, allí donde surgen verdaderas cadenas de montañas. Únicamente en estas márgenes (Pirineos, Ibérica, Béticas en general) se aprecian no paroxismos, sino épocas de mayor o menor actividad orogénica.

La formación y evolución de las cuencas terciarias está ligada a estas cadenas montañosas sólo de una forma relativa, y su historia únicamente se comprende cuando a este factor se le suma el de los movimientos epirogénicos y fracturas de los bloques consistentes de la meseta y del supuesto macizo aragonés. En tal sentido nos parece de sumo interés el concepto de "oroclinal", extensamente desarrollado por Willians (W.).

La transgresión cretácea que hemos descrito alcanzó una gran extensión hacia dentro de la meseta, como puede apreciarse con la observación del mapa geológico peninsular. Cada piso más alto del Cretáceo transgrede sobre el infrayacente, y el avance hacia el interior de la plataforma parece indicar un perfil erosivo de la meseta con vergencia este.

La red hidrográfica actual y el perfil topográfico nos muestran que en la actualidad la meseta presenta su superficie basculada hacia el O. El rejuvenecimiento del paisaje en todo Levante, y la captación de la red fluvial atlántica por la mediterránea, son fenómenos que se comprueban hoy día como activos.

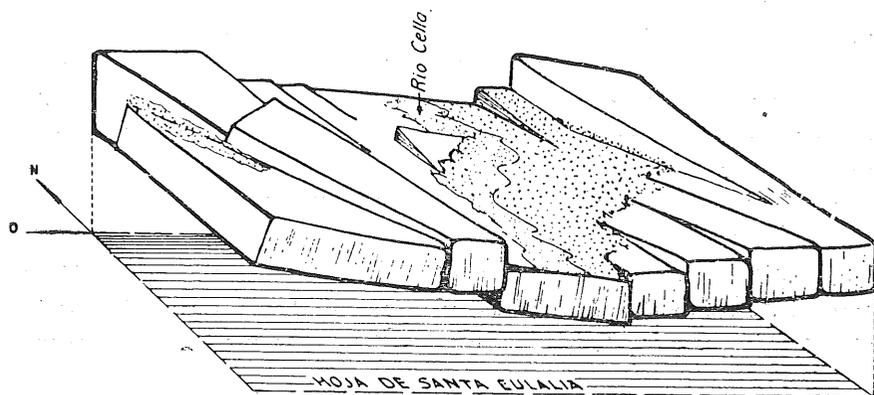
Durante todo el Terciario actúan tres fenómenos simultánea y largamente:

- a) Orogenias de borde que cierran y limitan cuencas interiores.
- b) Basculamiento general de la meseta desde vergencia E., pasando por una posición de equilibrio, a vergencia O.
- c) Grandes fracturas simultáneas con el proceso de basculamiento: fracturas internas (Sierra de Guadarrama, las dos Castillas, etc.) y fracturas de borde, escalonadas y de relevo (fracturas de la Cordillera Ibérica, flexura del Guadalquivir, etc.).

La historia de las cuencas terciarias sólo es comprensible conjugando a la vez los tres factores anteriores, y en nuestra zona hemos de hacer lo mismo para la cuenca de Calatayud-Teruel.

Los tres factores se encuentran también, con peculiares características, en la cuenca del Ebro, donde el papel de la meseta lo representa el macizo hundido aragonés, con emigración, paralela a los Pirineos, de las cuencas profundas del N. hacia el SO.

Limitándonos a la zona de nuestra Hoja, debemos señalar movimientos orogénicos de borde, poco intensos, pero suficientes para que comenzase a actuar la erosión, en época poscretácea y anteoligocena, produciendo depósitos importantes de conglomerados. La edad de los



Revestimiento Cuartario

Fig. 24. —Esquema de la tectónica de bloques de la Hoja.

conglomerados del Terciario inferior no ha podido fijarse por falta de fósiles. Por su posición estratigráfica puede decirse que son ante-aquitanienses. Según Joly (27), pueden ser eocenos, y según Lotze (31), por analogía con otras regiones españolas, serían oligocenos. Pero Lotze no aclara la ausencia casi total del Eoceno, y por ello nos parece más probable asignarles una edad eocena-oligocena, es decir, en conjunto, paleogena.

En general, existe relativa concordancia entre el Terciario inferior y los bordes actuales de las montañas mesozoicas plegadas por movimientos más recientes. Pero la concordancia no es completa en buzamientos, y entre una y otra serie hay un horizonte erosivo, lo que hace suponer, como indicamos antes, un primer impulso larámico o mesoalpino, inicial en la historia epirogénica general de la cuenca. Desde fines del Paleogeno hasta principios del Neogeno se desarrollan las principales formaciones de pliegues y se tajan las importantes fracturas que luego seguirán actuando ininterrumpidamente hasta nuestros días y sobre las que se deposita discordante el Neogeno.

En los bordes de los macizos nacen pliegues de dirección NNO.-SSE. (borde de la meseta) y ENE.-OSO. y NE.-SO. (borde del macizo aragonés). Los autores alemanes Hahne (16) y Richter y Teichmüller (39) indican la simultaneidad de ambas direcciones de pliegues, pero su opinión no está aceptada de modo general (¿posterioridad de los NE.?).

Esta serie principal de impulsos sálico-stairicos fué acompañada de potente labor erosiva, de forma que a principios del Mioceno medio el relieve era relativamente suave. La erosión había actuado durante largo tiempo y se habían depositado grandes masas de arrastre en las profundidades. Después del período activo, se observan en el Tortoniense todavía algunos niveles intercalados detriticos, signo de suaves impulsos orogénicos póstumos; pero, en general, las cuencas miocenas, ya individualizadas por cadenas montañosas que las separaban, prosiguen una secuencia normal de sedimentación, de tal modo que a fines del Pontiense estaban prácticamente colmadas.

Durante todo el Mioceno superior prosigue, sin embargo, el amplio movimiento epirogénico. Las fracturas de borde creadas por la orogénesis son más y más activadas y el desnivel entre los labios se hace mayor. Las cuencas terciarias cobran así paulatinamente mayor individualidad y personalidad. En la cuenca de Calatayud-Teruel se perfilan los escalones que la distinguen como fosa tectónica (fig. 24). Las ca-

lizas pontienses lacustres pudieron cubrir, debido a la inestabilidad de las dovelas en amplias regiones, las montañas celtibéricas arrasadas.

En tiempos pliocenos-cuaternarios las condiciones empiezan a parecerse a las actuales. A principios del Plioceno, la epirogénesis de basculamiento de la Meseta Castellana debe alcanzar ya la vergencia actual hacia el O. Los escalones que la bordean por el E. (tránsito Meseta-Mediterráneo a través de la Cordillera Ibérica), alcanza intensidad suficiente para producir, justamente con el basculamiento, un cambio importante de la red hidrográfica. Roto el equilibrio, la erosión comienza a actuar nuevamente de modo intenso, y sobre las superficies erosionadas del Mioceno superior pudo depositarse en la cuenca de

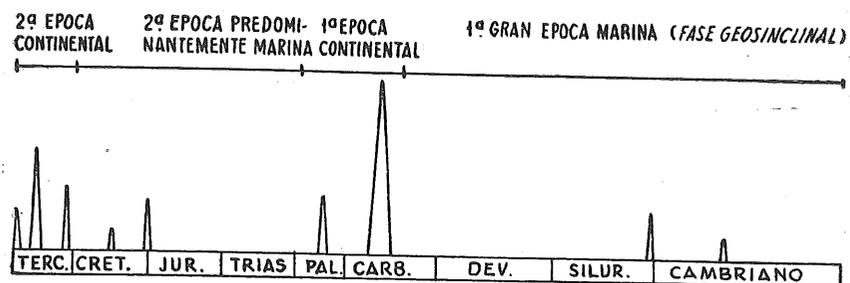


Fig. 25. —Repartición y relativa intensidad de las orogenias celtibéricas. (Según Lotze, Stille, Richter y Teichmüller).

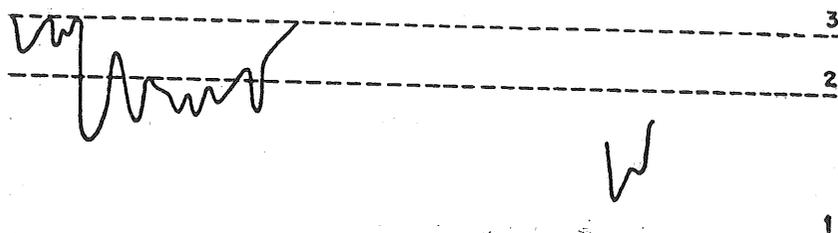


Fig. 26. —Movimientos epirogénicos celtibéricos. (Según Lotze, Stille, Richter y Teichmüller).

1. Ambito marino.
2. Salobre, lacustre, continental.
3. Falta sedimentación.

Teruel, p. e., importantes sedimentos clásticos y detriticos continentales.

El activamiento epirogénico Mioceno-Plioceno está relacionado con una débil orogenie pospontiense muy suave, cuya importancia primordial estriba en ayudar a desbaratar el equilibrio erosivo que había alcanzado el Pontiense, activando fallas y fracturas.

Las condiciones de rejuvenecimiento de paisaje se mantienen todavía en la actualidad.

La figura 25 representa la repartición y relativa intensidad de los orogénesis celtibéricos. La figura 26 representa las condiciones de sedimentación y epirogénesis generales celtibéricas.

Como conclusión bástenos apuntar que en toda Celtiberia los procesos geológico-tectónicos más importantes han sido debidos a oscilaciones epirogénicas, y movimientos relativos de bloques basales. Los pliegues en sí son sólo un elemento secundario en toda la historia geológica de la región.

3.—HISTORIA GEOLOGICA LOCAL

Vamos a tratar, finalmente, de acoplar todas las conclusiones y resultados más arriba apuntados a los accidentes tectónicos locales, en forma de bosquejo de historia geológica local. Hemos de hacer la salvedad de que dicha historia no es comprensible en todo su sentido más que sin perder de vista la historia regional.

A) CAMBRIANO-SILURIANO-DEVONIANO-CARBONÍFERO INFERIOR Y MEDIO

Durante todo este tiempo reina en la Hoja un ámbito geosinclinal. Profundo durante el Cambriano inferior, regresivo en el medio y nuevamente profundo en el superior.

En la base del Siluriano se produce una importante regresión (¿subsecuente con la fase sárdica?), y así, en las primeras capas de la base del Ordoviciense falta el Tremadiciense y las cuarcitas armorianas

del Arenigiense se inician con un conglomerado silíceo basal. Sobre las cuarcitas se depositan las pizarras arenosas con pistas, del Arenigiense medio, pasando en conjunto a facies más profundas.

Nuevamente hay regresión desde este piso a los superiores, quizá con posible emersión durante el Devoniano, y en todo caso, cuando se inicia el plegamiento hercínico, las capas de cuarcita, y pizarras que hoy afloran se encontraban a profundidad escasa y con poco espesor de sedimentos encima.

B) CARBONÍFERO MEDIO Y SUPERIOR—PERMOTRIÁS

Entre el Carbonífero medio y superior, toda la zona acusa la presión de los empujes hercínicos, en la fase astúrica, y se pliega en amplios anticlinales de vergencia prácticamente nula, sin imbricaciones.

Toda la Hoja queda cruzada por estos pliegues, de dirección NO./10°-O. El mar es desplazado y se pasa a un tipo de sedimentación continental, o falta la sedimentación. En conjunto debió resultar un paisaje de mares interiores y poco profundos, de los que emergerían cadenas de montañas-islas. La erosión comienza el arrasamiento, allanando el paisaje y colmando valles.

Tras la fuerte erosión se cubre el fondo de los mares con masas potentes de conglomerados. Aunque en la Hoja las asignamos al Bunt, es preciso suponer que en la base sean de época permiana.

Prosigue el Triásico con sedimentos en serie transgresiva y con numerosas oscilaciones dentro de la línea general de ensanchamiento de cuenca. Los primeros depósitos (Buntsandstein, Muschelkalk) reflejan muy bien tanto los vaivenes de la transgresión como el relieve de los suelos sobre los que se depositaron.

Las secuencias de arenas, conglomerados, arcillas arenosas del Bunt, así como las variadas muestras de estratificación cruzada nos indican que la tierra firme estaba próxima, y la red hidrográfica o de corrientes litorales no estaba establecida todavía de modo firme. Las variaciones de espesor, aun locales, de las capas parciales del Bunt, permiten apreciar su sedimentación sobre un relieve litoral y todavía no igualado.

En el Muschelkalk las condiciones se hacen más tranquilas, aunque no son todavía constantes. Por una parte presenta tramos margosos en

la base y en medio, lo que indica una transgresión en proceso adelantado, pero todavía no establecida, y por otra, el débil espesor local en comparación con otras zonas sigue manifestando desigualdades en el fondo.

Todo esto acaba con el Keuper. Las condiciones en que se formaron sedimentos tan característicos como los de este piso no están aún aclaradas, pero parece ser que son fundamentalmente marinos y de poca profundidad (Lombard, 30). Ello concuerda con el sentido transgresivo general del Triásico. En el Keuper, el fondo marino ya era uniforme, y su facies sedimentaria, de extensión regional. El régimen quedaba ya establecido de modo extenso y monótono.

C) LIÁSICO

Cambios de clima, o de composición del agua del mar, finalizaron con las condiciones anómalas del Keuper y las cambiaron por otras ya más parecidas a las actuales. La cuenca sedimentaria de nuestra zona queda así situada de un modo más claro que a fines del piso anterior. Se establecen en ella las condiciones sedimentarias de una plataforma continental. En efecto, por esta época y ya durante el resto de su historia, dejan sentir su influencia los macizos castellano y aragonés, como verdaderos continentes al O. y E. de nuestra zona. Por otra parte, al N. y S. de la Hoja de Santa Eulalia se forman amplias cuencas sedimentarias. En conjunto, la zona queda como una ensilladura entre estas cuatro grandes unidades que la rodean, y toda su historia refleja esta dependencia.

La transgresión sigue estableciéndose de modo más señalado durante los comienzos del Liás. La facies de zócalo continental (carniolas y dolomías de la base del Liás) cede paso en el Hettangiense-Sinemuriense inferior a una formación caliza, ya francamente marina, en la que empiezan a aparecer los primeros cefalópodos.

Las margas y calizas margosas del Liásico superior responden a un ámbito igualmente uniforme y constante. La pequeña regresión que supone la aparición de coloides entre las series calcáreas nos indica, así como los numerosos cambios de litofacies que transcurrirán durante el Mesozoico, que la cuenca de nuestra Hoja no es ya la de franco geosinclinal, como durante el Paleozoico, sino mucho menor y refle-

jando, por lo tanto, con mayor precisión las pequeñas variaciones que ocurran tanto dentro de ella misma como a su alrededor.

D) DOGGER Y MALM INFERIOR

Durante estos periodos las condiciones sedimentarias se mantienen sensiblemente las mismas que durante el Liásico. Una pequeña regresión, con aparición de facies calizo-arenosa y faunas menos profundas, así como concreciones silíceas en las calizas, marca el tránsito del Liásico al Dogger. Los ritmos sedimentarios se mantienen constantes y breves; las calizas se tablean y los bancos que se producen son de pequeño espesor, con juntas más margosas o arenosas. Es el ciclo rápido característico de pequeñas cuencas infrageosinclinales.

Durante el Calloviense-Oxfordiense y la base del Lusitaniense los tramos se hacen más arenosos. Como las faunas siguen siendo profundas, con especial abundancia de amonites, es fácil relacionar estas formaciones más sabulosas, no con una regresión propia de la cuenca, sino con emersiones o rejuvenecimiento de la actividad erosiva de los macizos próximos. En efecto, relacionados con las fases neokimméricas (que en nuestra Hoja no se dejan sentir propiamente), emergen los macizos castellano y aragonés.

E) LUSITANIENSE HASTA NEOCOMIENSE

Pasada la anterior fase epirogénica, vuelve poco a poco la normalidad a nuestra cuenca. Primero, en el período inmediatamente posterior, los aportes de las masas vecinas provocan secuencias sedimentarias arenoso-margosas. La vida submarina se enrarece, pero en aquellos sitios en que se encuentran fósiles se ve que fundamentalmente no han cambiado las condiciones periabisales que se establecieron en el Liásico medio.

Tras estas secuencias de arenas y margas, más o menos calizas según los lugares y siempre de poca potencia, las condiciones vuelven a ser más tranquilas. Las secuencias sedimentarias se hacen de ritmo más lento y constante, lo que hoy podemos apreciar por un espesor de banco algo mayor y, sobre todo, por una monotonía en las alternan-

cias calizomargosa-margas calizas. Aunque con tranquilidad relativa, las condiciones generales de la cuenca han experimentado un cambio sensible: las series calizas desaparecen durante este período para dejar paso a litofacies en que el porcentaje de coloides (arcillas) es notablemente superior. Todo indica una erosión tranquila, pero mantenida, en las zonas lejanas emergidas al E. y O., y también, quizá, depósitos importantes arcillosos en las cuencas potentes al N. y S., que elevan el porcentaje general de coloides de Celtiberia.

La vida submarina se hace forzosamente más penosa en tal medio.

F) BARREMIENSE-APTENSE

Nuevamente en el Neocomiense superior las series sedimentarias dan muestras de alteraciones. Se repite paso a paso el mismo proceso que hemos descrito para el Malm inferior. Series arenoso-margosas se superponen a las del Neocomiense. Nuevamente comprobamos una elevación de los macizos castellano y aragonés, con activación erosiva, pero contrariamente a entonces, ahora toda nuestra cuenca experimenta una transgresión en forma de hundimiento.

Estas fases inestables han sido relacionadas con pulsaciones póstumas de los plegamientos neokimméricos.

Las series arenoso-margosas dejan paso a secuencias margoso-calizas y finalmente a claras formaciones calcáreas potentes. Los ritmos sedimentarios se hacen más lentos y cada banco aumenta de espesor. Tanto el aumento de espesor de los bancos como la litofacies plenamente calcárea indican que la cuenca de nuestra zona se ha equilibrado o adosado a una cuenca de tipo más importante, como en efecto así es: durante el resto del Mesozoico, nuestra Hoja prosigue la misma historia que la extensa cuenca sur.

La caliza aptense inscribe nuestra región, haciéndola perder sus peculiaridades personales, a todo el proceso histórico geológico de la parte SE. de la Cordillera Ibérica.

G) ALBENSE-CRETÁCEO SUPERIOR

No habiendo en la Hoja restos albenses o neocretáceos, cae fuera de objeto describirlos como tales pisos. Baste decir que el Albense debió

depositarse, así como el Cenomanense y otros pisos del Cretáceo superior.

H) PALEOGENO

El hilo de nuestra historia lo reemprendemos con una potente formación de conglomerados. Esta serie detrítica se apoya sobre formaciones más antiguas por intermedio de una notable superficie de erosión. Nos encontramos con un yacente dismantelado desigualmente. En unos puntos los conglomerados descansan sobre el Aptense o Neocomiense, en otros sobre el Malm o el Dogger y en otros incluso sobre el Liásico.

La Hoja de Santa Eulalia sufre a fines del Cretáceo o primeros del Paleógeno una gran regresión, a partir de la cual se modifica fundamentalmente su historia geológica.

Desde el principio del Terciario los fondos marinos muestran enorme inestabilidad. Lenta, pero continuamente, el fondo se abomba y eleva. La erosión, en esta época casi exclusivamente submarina, va eliminando capa a capa los últimos depósitos, conforme la cuenca pierde profundidad, hasta llegar al nivel del mar en ciertos sitios. Aparecen entonces los primeros depósitos detríticos y clásticos. Todos estos movimientos son reflejo de actividad tectónica que, según la terminología de Stille, serían larámicos o pirenaicos. La falta de fósiles determinativos en los conglomerados basales terciarios hace que su edad posible quede entre límites tan amplios como los que se extienden durante el Eoceno y Oligoceno inferior.

Si tenemos en cuenta el largo período de erosión suave que precede a la sedimentación de los conglomerados basales, podemos suponer a éstos abarcando desde el Eoceno superior hasta el Oligoceno inferior, y que el primer impulso en el que culmina la lenta regresión de la zona es de edad pirenaica.

A partir de este momento, la Hoja ya no puede ser tratada como una unidad, tal como veníamos haciendo. La cuenca sedimentaria que la constituía pierde singularidad, se tabica y fragmenta en otras cuencas menores.

Durante el Oligoceno post-orogénico ocurren nuevamente depósitos transgresivos. La suave ondulación de las capas de fondo empieza a igualarse ya con los conglomerados, pero es necesario que transcurra todo el Oligoceno para que el fondo de la cuenca quede unificado.

A la fase detrítica, de espesor muy desigual, sucede una serie coloidal más uniforme y extensa, y a éstas, una fase calizo-margosa salobre y lacustre transgresiva y ya monótona.

Ya toda la región entra en una época de inestabilidad tectónica. Las secuencias sedimentarias paleógenas muestran series virtuales indecisas en detalle, aunque con tendencia general transgresiva e igualitaria. Los términos arcillosos presentan numerosas recurrencias y retrocesos a facies más detríticas, y cuando parece establecida la serie uniforme (nos referimos a un centro de cuenca, no a los bordes), se observa una regresión y, finalmente, una serie de pulsaciones arcillosas-calizo margosas, con algunas evaporitas lentas, potentes y continuadas, que reflejan un estado de equilibrio dinámico, inestable en toda la cuenca, aunque con paisaje de relieve ya equilibrado.

Este estado de cosas se extiende hasta el Aquitaniense, donde un nuevo y definitivo impulso orogénico vuelve a romper el precario equilibrio.

I) AQUITANIENSE-TORTONIENSE INFERIOR

Durante todo este amplio período de tiempo, los sedimentos mesozoicos, ligeramente ondulados, y el Paleógeno sub-horizontal se pliegan hasta conseguir la fisonomía actual.

A cada grupo de impulsos corresponde una nueva formación detrítica, que viene a depositarse en discordancia ligera sobre el yacente. La fase staírica tarda en desarrollarse más de cinco millones de años (todo el Mioceno inferior).

Vuelve el relieve subacuático a rejuvenecerse y las zonas emergidas aumentan en extensión y altura. Sobre la llanura pantanosa, a fines del Aquitaniense, se deposita un potente manto conglomerático. En los bordes de los sinclinales se producen al final del período fracturas paralelas a los pliegues, las cuales, debido al basculamiento hacia arriba de todo el borde O. de nuestra cuenca, toman después de la orogénesis el papel de protagonistas en la evolución de nuestra Hoja.

J) TORTONIENSE SUPERIOR-SARMATIENSE

Al comenzar este período el relieve se halla prácticamente igualado por los conglomerados anteriores, y las cuencas de sedimentación casi

rellenas por completo. Las aguas se han refugiado en algunos puntos muy localizados, pero a expensas de los movimientos de los bloques en que se ha roto el basamento, vuelven a invadir transgresivamente nuevos terrenos.

La secuencia litológica es del mismo tipo que la del Paleogeno: mares interiores salobres o lacustres, transgresivos en extensión y con simultáneo relleno de fondo e igualación de relieve.

La serie detrítica va presentando hacia el techo numerosas intercalaciones arcillosas, hasta pasar a serie arcillosa con alguna intercalación detrítica. La tendencia al equilibrio va actuando paulatinamente.

Si durante el Paleogeno la Hoja de Santa Eulalia empieza a manifestar diferencias internas de sedimentación, durante el Mioceno estas diferencias se acusan de modo decisivo. Encontramos en la Hoja partes emergidas y partes sumergidas, que siguen ciclos geológicos distintos. Para su estudio es preciso, en primer lugar, determinar cuántas unidades móviles independientes hay, y en segundo lugar, en qué sentido se mueven.

Las unidades, que empiezan a individualizarse a partir del Tortoniense, son cuatro (fig. 24): bloque-sinclinal de la altiplanicie de Pozondón; bloque-anticlinal del "horst" de San Ginés; bloque extenso del valle del Jiloca, y bloque-anticlinal de Sierra Palomera.

Sus movimientos relativos, que sería largo describir, pueden comprenderse mejor mediante las figuras 27, 28, 29 y 30, en las que se representan cuatro cortes E.-O. de la Hoja distribuidos uniformemente de N. a S., durante los tiempos Tortoniense-Sarmatiense, Pontiense, Plioceno y Cuartario.

K) PONTIENSE-PLIOCENO-CUARTARIO

La amplitud y extensión relativa de los depósitos mio-pliocenos pueden apreciarse también en dichas figuras 27, 28, 29 y 30. Como puede verse, son los movimientos de los cuatro bloques anteriores (el del valle del Jiloca, fragmentado a su vez por el SE.) los que determinan en cada momento el ámbito de penetración de los lagos miocenos.

Al final del Pontiense, los lagos desaparecen como tales, por colmatación, y se establece una red pantanosa-fluvial residual, con términos de barros y arenas tendidos, indicando un perfil erosivo en equilibrio.

El movimiento ininterrumpido de los bloques provoca durante el Plioceno una ruptura de este equilibrio, cambiando profundamente la red fluvial. Las penillanuras pontienses son erosionadas y en sitios localizados se depositan potentes espesores de conglomerados y macizos. La red fluvial encaja finalmente en el sentido actual y va atacando

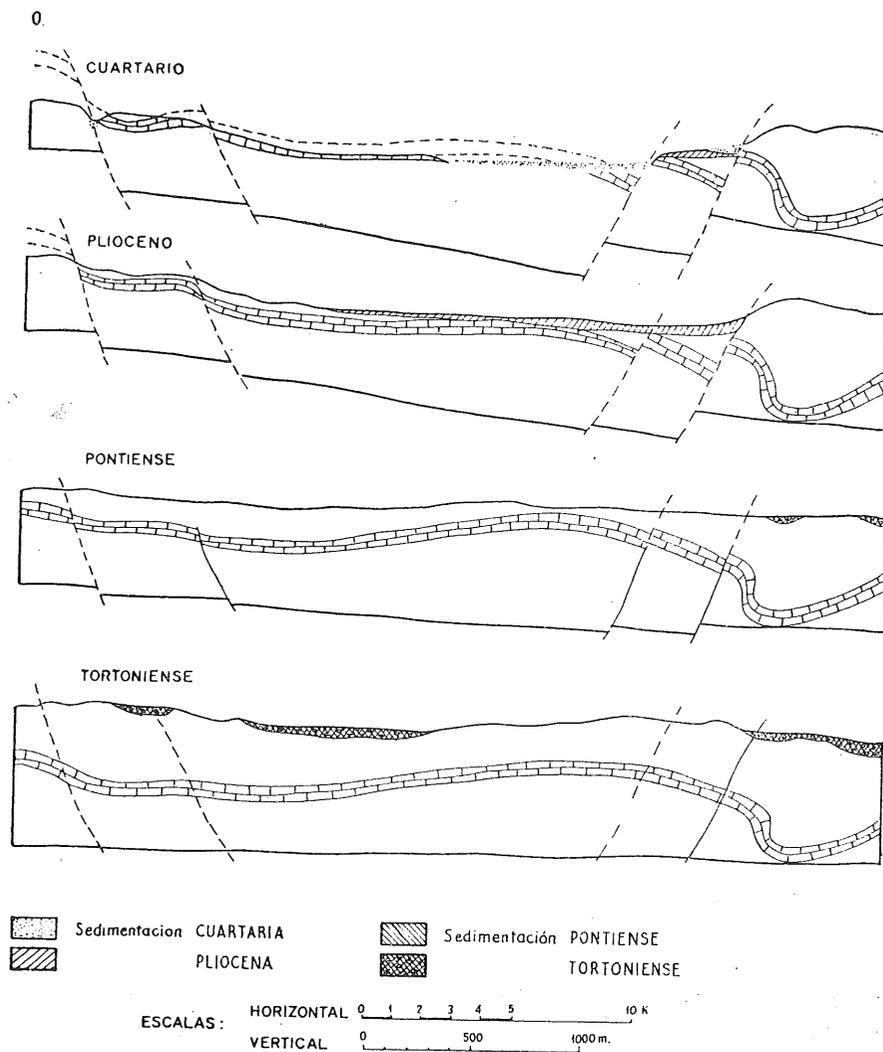


Fig. 27.—Corte esquemático por el paralelo 40°40'

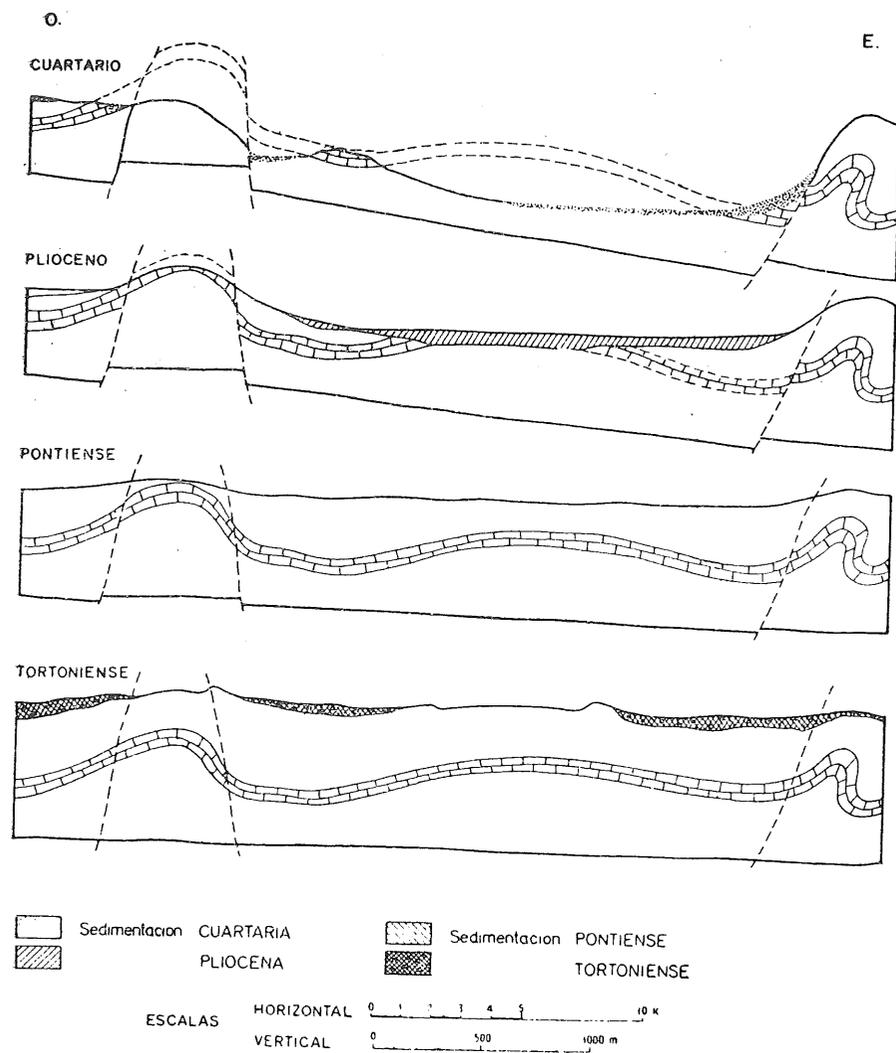


Fig. 28. —Corte esquemático por el paralelo 40°36'

y eliminando, ya hasta nuestros días, todos los niveles antes depositados.

A través de las páginas anteriores hemos visto cómo la cuenca geosinclinal profunda del Paleozoico se convierte en una cuenca de tipo

inferior durante el Mesozoico y pasa posteriormente a continental lacustre y finalmente a continental seca. La evolución geológica queda así pergeñada a grandes rasgos. La Hoja de Santa Eulalia, tratada como una unidad de depósitos durante el Paleozoico y Mesozoico, se

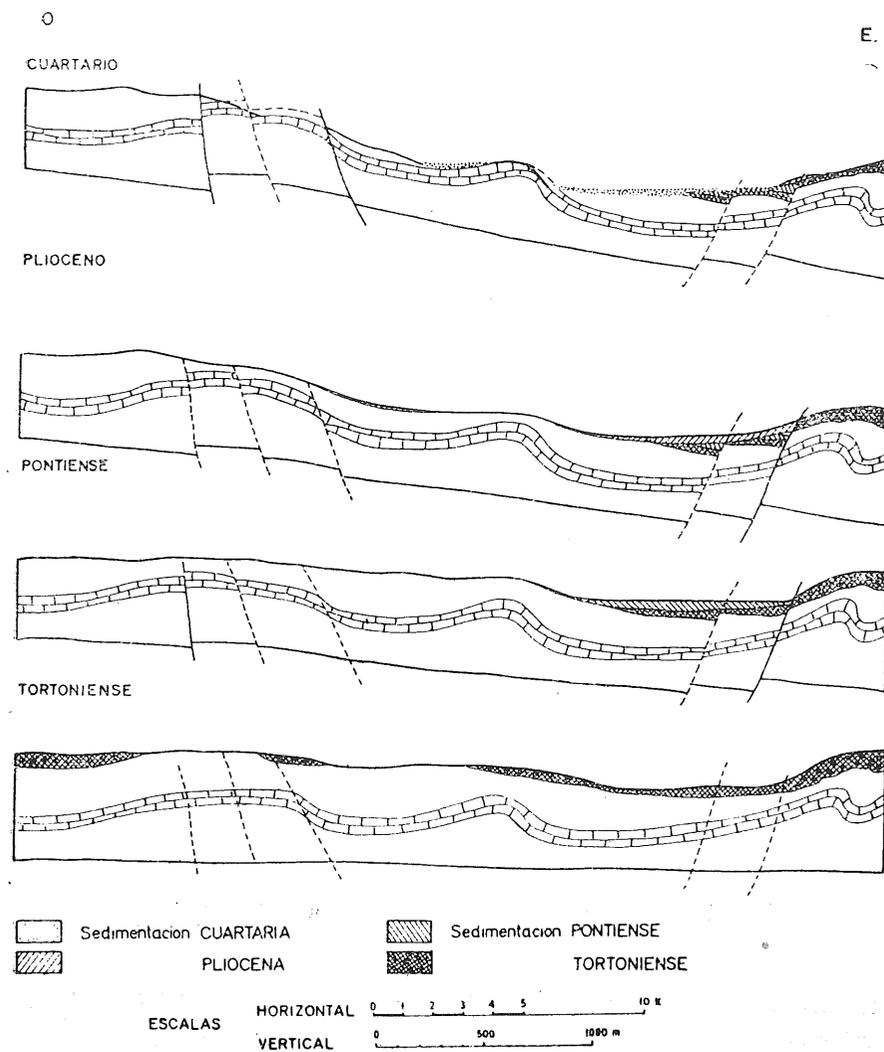


Fig. 29. —Corte esquemático por el paralelo 40°33'

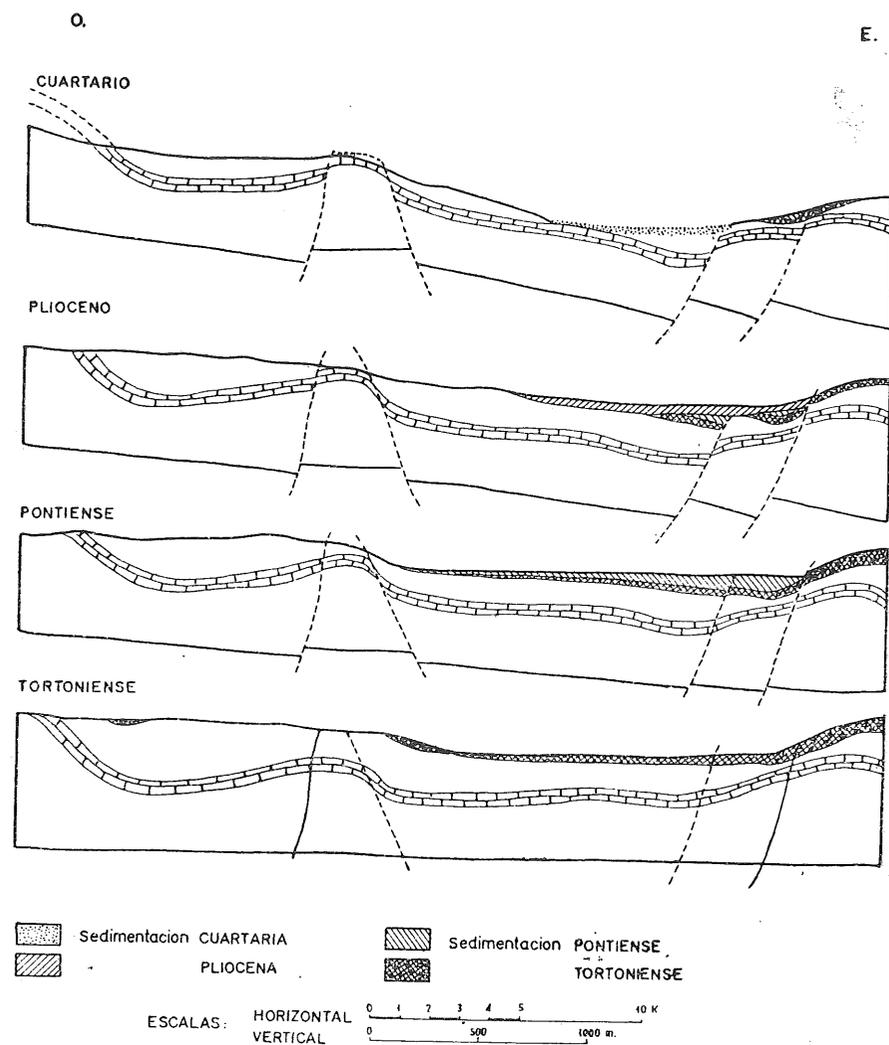


Fig. 30.—Corte esquemático por el paralelo 40°30'

fracciona en cuencas relativamente independientes: las del O. entran antes en el tipo continental seco, y las del E. mantienen el tipo lacustre y constituyen el borde occidental S. de la depresión de Calatayud-Teruel.

VI

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

La Hoja de Santa Eulalia presenta interesantes aspectos relativos al alumbramiento de caudales de aguas subterráneas. Por el tipo de formaciones montañosas que tiene, rocas que las componen, etc., tiene unas posibilidades que está muy lejos de haber aprovechado totalmente.

Por desgracia, el suelo, el clima y la altura de la región no permiten sino determinados cultivos, y éstos localizados en ciertas áreas, por lo que el incentivo económico para aprovechar los recursos de hidrología subterránea son escasos.

No obstante, existen amplias zonas que podrían regarse cómodamente y que en la actualidad son tristes campos de secano en los que duramente se obtienen escasas cosechas de algunos cereales. Además, en los pueblos de la región, el abastecimiento de aguas para usos domésticos es insuficiente o inexistente, y no cabe duda de que muchas de estas penosas condiciones actuales podrían mejorarse sensiblemente.

Una muestra de las posibilidades hidrológicas de la región nos la suministra la fuente de Cella, algo al S. de nuestra Hoja, pero enclavada en formaciones parecidas estratigráfica y tectónicamente a las de la zona que estudiamos. El aforo hecho por el Instituto Geológico y Minero de España de la fuente de Cella arroja la impresionante cantidad de siete mil litros por segundo. La fuente fué obra artificial, y en la actualidad riega unas cuatro mil hectáreas del valle del Jiloca. Su agua es en realidad el nacimiento del río Jiloca, y en los campos que fecunda se cultivan variadas legumbres y buena parte de la re-

molacha que abastece la fábrica Azucarera del Jiloca, cerca de Santa Eulalia y principal industria de la Hoja.

En la región objeto de nuestro trabajo no hemos visto sitio tan excepcional para alumbramiento de aguas, pero señalaremos otros que, aunque menores, podrían contribuir eficazmente a levantar el nivel de vida de los habitantes de esta zona.

Describiremos primero brevemente cuáles son las formaciones más acuíferas y las impermeables que puedan servirles de suelo o tapadera, señalando a continuación aquellos lugares que por su disposición tectónica mejor se prestarían a un intento de alumbramiento de aguas.

Formaciones acuíferas son, en primer lugar, los conglomerados y areniscas del Buntsandstein inferior y medio. Luego, y sobre todo, las calizas liásicas y jurásicas, que forman los afloramientos más extensos de la Hoja. Finalmente, los conglomerados terciarios y cuartarios son también buenos portadores de aguas. Como formaciones impermeables pueden citarse todas las arcillosas y arcillo-margosas, a saber: Buntsandstein superior, Keuper, margas del Liásico superior y las arcillas de los diversos tramos terciarios.

Por la situación estratigráfica relativa de capas permeables e impermeables merece la pena destacarse los siguientes niveles:

a) Los conglomerados del Buntsandstein, soportados por las pizarras más o menos arcillosas, paleozoicas, o sobre las cuarcitas, y con el techo del Keuper.

b) Carniolas, dolomías y calizas del Lias inferior, que son suficientemente potentes para servir de almacén a posibles cuencas subterráneas y están sobre una formación completamente impermeable, como es el Keuper margoso-arcilloso. Además, tienen de cobertura una serie margosa relativamente impermeable, la liásica superior, lo que la hace sumamente apropiada para la captura artesiana. Debido a la tectónica de la Hoja, las formaciones calcáreas del Liásico inferior están, además, muy quebrantadas, lo cual favorece su aptitud como capas conductoras o almacén de aguas.

c) La serie caliza del Dogger y Malm inferior, por su potencia, puede servir igualmente como portadora de agua. Esta serie tiene unos niveles arenosos intercalados que mejoran la condición anterior. Como nivel impermeable subyacente cuentan con las margas del Liásico superior. La cobertera de estas capas es, en la Hoja, muy variable, desde los conglomerados con posibilidades acuíferas, terciarios, a las arcillas

y tierras impermeables, también terciarias, y por último los aluviones cuartarios.

d) Los diferentes niveles de conglomerados y arenas terciarias o cuartarias intercalados entre arcillas de la misma edad.

e) Las calizas pontienses, aunque de buena calidad como horizontes productivos de agua, tienen en la Hoja poca extensión y potencia. No obstante, por su situación sobre las arcillas y margas sarmatienses y las arcillas y aluviones cuartarios y pliocenos pueden tener localmente interés para alumbramientos de poca importancia.

f) Hay que contar, finalmente, con que cualquiera de los horizontes acuíferos arriba descritos puede estar fallado, y por el mismo salto de falla, puesto en contacto lateral con una de las formaciones impermeables, formándose así un embalse subterráneo natural que también puede resultar de explotación interesante.

Manantiales del tipo a) es el de La Horadada, en el término de Ródenas; del tipo e), los numerosos de Mora, El Prado, Barranco, etc., del término de Peracense; del tipo d), los de Horadada y Cañada Honda, en Torre la Cárcel y Torremocha; del tipo f), la fuente del pueblo de Peracense, etc.

Las depresiones interiores de los grandes sinclinales de Pozondón, El Toro-La Retuerta-Singra y El Airazo-Cañada Hermosa, sin duda ninguna proporcionarían agua abundante, pero desgraciadamente en su superficie no presentan terrenos aptos para el cultivo, ni tienen próximo ningún pueblo que pueda beneficiarse con el abastecimiento.

El pueblo de Pozondón, por estar colocado en lo alto de la altiplanicie, es el peor situado para obtener agua. No obstante, en los bordes del Pradejón, en las calizas del Dogger y sobre las margas liásicas podrían obtenerse, mediante una galería pequeña, algunos litros que aliviaran la situación del pueblo y los campos que lo rodean.

Peracense y Almohaja no tienen terrenos amplios para cultivar, y el abastecimiento de agua de los bordes de la falla que los une, con escasas posibilidades de aumento.

Ródenas, adosado a unas quebrantadas areniscas y conglomerados del Buntsandstein, podría beneficiarse perforando el Bunt, ya que en este sitio el Bunt descansa sobre una serie pizarroso-arcillosa siluriana, y todo la formación presenta los buzamientos apropiados. Sin embargo, la cuenca de recepción es pequeña, por lo que el agua alumbrada de esta manera no sería en gran cantidad.

Las zonas interesantes para el riego son, en toda la Hoja, las correspondientes al valle del Jiloca. Aquí hay grandes extensiones de suelo apropiado y, además, por su altura topográfica, sensiblemente menor a la de los lugares antes descritos, se muestra más apropiada para cultivos de varias clases. Tiene, asimismo, buenas comunicaciones por carretera, y las dos zonas altas que la cierran al E. y al O. la proporcionan relativo abrigo y en general un clima algo menos duro e inhóspito que el del resto de la zona.

El NO. del valle no tiene buenas posibilidades acuíferas. Al NE., las perspectivas son más optimistas.

Si bien por delante de la Sierra Palomera va una gran falla, más al E., el lugar llamado El Charco, recubierto por conglomerados y aluviones cuartarios, debe tener ciertas posibilidades.

El anticlinal de Montero debe prolongarse por debajo del actual recubrimiento, quedando al O. del Charco. Las calizas del O. de Palomera y las del E. de la prolongación de Montero deben contribuir a que en esta zona haya un manto acuífero considerable, taponado en el fondo por el Keuper, y recibiendo aportación de una cuenca extensa. Aunque el agua no fuese artesiana, como es probable, el nivel hidrostático no debe ser tan profundo, dadas las escasas salidas de la cuenca, como para hacer prohibitiva la explotación de esta reserva hidráulica.

La zona más interesante del valle del Jiloca corresponde a su mitad sur.

Todo el borde del valle, en el contacto con el anticlinal del Montero, ofrece campo para numerosos aprovechamientos, dada su formación, a base de calizas y conglomerados. Estos alumbramientos o captaciones serían, por otra parte, pequeñas, pues pequeña es la cuenca de recepción, pero servirían para abastecer ampliamente al pueblo de Villarquemado y poner en regadío los campos de su alrededor.

Queda por describir, finalmente, la zona de mayor interés de toda la Hoja. Se trata del borde O. del valle, en la parte en que toca al sinclinal de El Airazo-Cañada Hermosa. Esta zona, desde la pista militar de Santa Eulalia a Cella, correspondiente al tramo del ferrocarril minero de Ojos Negros a Sagunto, comprendido entre los P. K. 29 y 32, tiene sugestivas posibilidades.

Geológicamente, es el desagüe hacia el valle del Jiloca de todo el sinclinal. En la cartografía que acompaña la Memoria puede apreciarse la amplitud de la cuenca de recepción. La falla que tiene dicha cuenca por el O. está taponada por el Keuper, y por el N., E. y O. las capas

buzan hacia el interior de la cuenca. El eje del sinclinal debe pasar cerca del paraje llamado La Granja, y buza dicho eje suavemente hacia el SE., condiciones todas favorables para una captación. El recubrimiento cuartario del valle debe ser en esta zona pequeño, de 20 a 40 metros, y las primeras calizas que se encuentran corresponderán a una zona del tipo b). Un pozo en estas condiciones podría regar numerosas parcelas, pues estaría situado en el borde del valle del Jiloca y unos metros más alto que los terrenos a regar. El nivel hidrostático debe quedar bastante cerca de la superficie del terreno, a lo sumo 50 metros por debajo, y la abundancia de caudal compensaría el gasto de subirlo a la superficie de la tierra. El único punto desfavorable pudiera ser la salinidad del Keuper infrayacente, bastante acusada en la zona, y que en manantiales correspondientes al mismo tipo b) (el de La Eventecilla, término de Villarquemado) ha producido aguas excesivamente salobres.

A continuación damos tres análisis de las aguas que se consumen actualmente para uso público en tres de los pueblos importantes de la zona.

Muestra número 1.—Fuente de Santa Eulalia (tipo d).

Anhidrido sulfúrico	0,0686 gr. en litro.
Cal... ..	0,1276 —
Magnesia... ..	0,0325 —
Cloro	0,0210 —
Cloruro sódico	0,0346 —
Grado hidrotimétrico... ..	22°

Muestra número 2.—Abastecimiento de Torremocha del Jiloca (tipo d).

Anhidrido sulfúrico	0,0583 gr. en litro.
Cal... ..	0,1070 —
Magnesia... ..	0,0253 —
Cloro	0,0175 —
Cloruro sódico	0,0288 —
Grado hidrotimétrico... ..	20°

Muestra número 3.—Fuente de Singra (tipo b).

Anhidrido sulfúrico	0,1063 gr. en litro.	
Cal... ..	0,1359	—
Magnesia... ..	0,0869	—
Cloro	0,0245	—
Cloruro sódico	0,0403	—
Grado hidrotimétrico... ..	32º	

También, y por último, se da una relación de los manantiales y pozos más importantes de la Hoja, en la que se indican, además, localidades, términos, uso y caudal aproximado en litros por segundo.

RELACION DE MANANTIALES Y POZOS

Nombre del manantial	Término	Paraje	Caudal, l/s	Uso	Potable o salobre	Pozos	Caudal, l/s
Mora	Alba.	Ojos.	12,00	Riego.	Caliente.	—	—
Prado	"	Camino.	9,00	Consumo.	Potable.	—	—
Fuente de Singra	Almohaja.	Fuente de Singra.	0,50	"	Fria.	—	—
Fuente del Prado	"	Cerrada.	0,25	"	"	2	—
Fuente pueblo	Peracense.	Rambla.	0,50	"	Potable.	—	—
Canalejo	"	Canalejo.	1,50	Ganados.	"	—	—
Hoces	"	Hoces.	0,50	"	"	—	—
Juncada	"	Juncada.	3,00	"	"	—	—
Barranco	"	Barranco.	1,00	"	"	—	—
Los Prados	"	Los Prados.	1,00	"	"	—	—
Arcillero	"	Arcillero.	1,50	Municipio	"	—	—
Pradejón	"	Pradejón.	2,00	Ganados.	"	3	2
—	Pozondón.	—	—	—	—	4	0,13
Horadada	Ródenas.	Horadada.	3,00	Consumo.	Fria.	1	5
—	Santa Eulalia.	Par. Carrecella	2,00	"	Potable.	1	60
—	Singra.	—	—	—	—	—	—
—	T. la Cárcel.	—	—	—	—	—	—
Cañadahonda	Torremoncha.	Cañadahonda.	0,25	Lavadero.	—	—	—
La Fuente de Singra	"	Fuente de Singra.	0,25	Abrevad.º	Salobre.	—	—
—	Villarquemado	—	—	—	—	—	—

MINERÍA Y CANTERAS

La minería de esta zona carece actualmente de importancia. Únicamente se están efectuando trabajos de investigación y reconocimiento en la concesión "María Leonor", de la Compañía de Sierra Menera, propietaria de las minas de Ojos Negros. Este yacimiento ha sido descrito por el Sr. Kindelán (29), de cuyo estudio extraemos lo siguiente: En los derrames meridionales del cerro San Ginés, a tres kilómetros del lugar de Almohaja y 14 de la estación de Santa Eulalia, se encuentran importantes yacimientos de hematites parda que arman en el mismo levantamiento siluriano de la Sierra Menera, cuyos materiales están interrumpidos, en una estrecha faja situada al N. de dicho cerro, por conglomerados y areniscas triásicas.

La mayor parte de la mena es hematites parda de color claro, tirando a "rubio"; hay alguna roja parecida a la "vena", dominando en todas las clases las blandas, con menudos y polvo.

Se puede asignar una ley media de 48 a 50 por 100 a la zona de minerales ricos.

Hay, además, hematites pardas muy pobres, en las que el hierro no llega al 40 por 100 y la sílice oscila alrededor del 50. Son más duras y, por su aspecto, se parecen al "rubio avenado".

Una muestra escogida, analizada en el Laboratorio de la Escuela de Minas, ha dado:

Fe	39,30	por 100.
SiO ₂	30,72	—
P	0,563	—
S	0,110	—

Según el ingeniero don Ladislao Perea, en su estudio sobre las minas de Almohaja, existen dos zonas mineralizadas con un total de más de 33 millones de toneladas de mineral rico. De minerales siliciosos pobres supone existen seis millones de Tm. Termina estimando el Sr. Kindelán que el yacimiento es de gran importancia y que se explotará a pesar de los menudos y polvo. Aunque la distancia a Sagunto es grande, hay que tener en cuenta la proximidad del yacimiento al ferrocarril de Ojos Negros-Sagunto, propiedad de la compañía minera de Sierra Menera, a cuyo nombre están actualmente estas concesiones, que comprenden 640 pertenencias.

Existen varias canteras de caliza de interés puramente local, utilizadas para extraer piedra con destino a la construcción y al arreglo de caminos. Alguna de estas canteras es de caliza pontiense, como la de Villarquemado, y hay otras de areniscas del Buntsandstein en las proximidades de Ródenas, de las que extrae toda la piedra de construcción en dicho pueblo, lo que le da el color rojo característico.

La única cantera de relativa importancia de calizas liásicas está situada a unos tres kilómetros de Santa Eulalia, en la carretera a Pozondón. Pertenece a la Compañía Azucarera del Jiloca y sirve para las necesidades industriales de su fábrica de Santa Eulalia.

También se explotan localmente los yesos del Keuper.

VIII

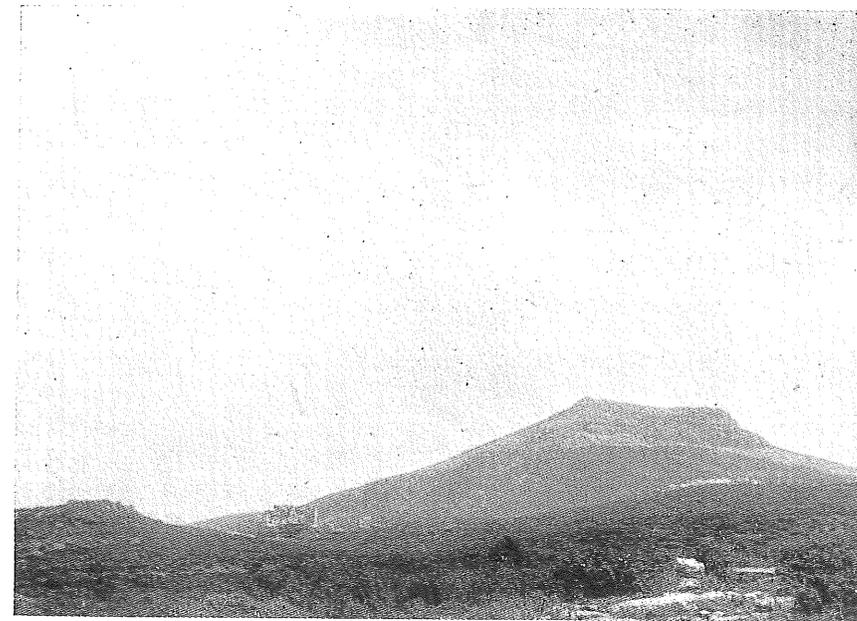
BIBLIOGRAFÍA

1. ALMELA (A.) y RÍOS (J. M.): *Estudios sobre el Mesozoico del borde meridional de la cuenca del Ebro*. Inst. Geol. y Min. de España, Libro Jubilar, tomo II. Madrid, 1952.
2. BOWLES (G.): *Introducción a la Historia Natural y la Geografía Física de España*. Madrid, 1775.
3. CALDERÓN (S.): *Origen de la sal común y los sulfatos de los terrenos terciarios lacustres de la Península*. An. Soc. Esp. Hist. Natural, 2.ª serie, vol. 4. 1896.
4. CALVO (L.): *Geología de los alrededores de Albarracín*. Boletín XX, 1893.
5. CORTÁZAR (D.): *Bosquejo físico-geológico y minero de la provincia de Teruel*. Boletín XII, 1885.
6. CRUSAFONT (M.), VILLALTA (J. F.) y JULIVERT (N.): *Notas para la estratigrafía y paleontología de la cuenca de Calatayud-Teruel*. Notas y Comunicaciones, núm. 34, 1954.
7. DE SITTER (L. U.): *Structural Geology*. McGraw-Hill. New York, 1956.
8. DEREIMS (A.): *Recherches géologiques dans le Sud d'Aragon*. Le Bigot Freres. Lille, 1898.
9. EZQUERRA DEL BAYO: *Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España*. Anales de Minas, tomo III, 1845.
10. FALLOT (P.) et BATALLER (R.): *Sur l'allure d'ensemble et sur l'age des plissements dans les montagnes du Bas Aragon et du Maestrazgo (Espagne)*. Compt. Rend. Acad. Sc. Paris, vol. 182, 1926.
11. — *Itinerario geológico a través del Bajo Aragón y del Maestrazgo*. Mem. Rend. Acad. Cienc. y Art., 20, núm. 8., 1926.
12. — *Observations au sujet de divers travaux recents sur de Bas-Aragon et la Chaîne Iberique*. B. Inst. Cat. d'Hist. Nat., volumen XXXI. Barcelona, 1931.

13. FOURMARIER (P.): *Schistosité et grande tectonique*. Ann. Soc. Géol. Bel., 76, 1953b.
14. GARCÍA FUENTE (S.), RÍOS (J. M.) y PEÑA (P.): *Contribución al conocimiento de la geología de la región manchega*. Empr. Nacional Adaro Inv. Min. Mayo, 1954. (Estudio no publicado.)
15. GIGNOUX (M.) et FALLOT (P.): *Contribution à la connaissance des terrains néogènes et quaternaires marins sur les côtes méditerranéennes de l'Espagne*. Congr. Géol. Intern. Compt. Rend. XIV Session, en Espagne, II. Madrid, 1927.
16. HAHNE (K.): *Investigaciones estratigráficas y tectónicas en las provincias de Teruel, Castellón y Tarragona*. Publ. Extr. Geol. Esp., tomo II, 1928. (Fecha de la ejecución del trabajo.)
17. — *La Cadena Celtibérica al E. de la cuenca Teruel-Alfambra*. Publ. Extr. Geol. Esp., tomo II, 1931. (Fecha de la ejecución del trabajo.)
18. HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): *Fisiografía del Mioceno aragonés*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., tomo 21, 1921.
19. — *Observaciones respecto al Paleogeno continental hispánico*. Anales Asoc. Esp. para el Progreso de las Ciencias, año VIII, núm. 3, pág. 545-555, 6 lám. Madrid, 1943.
20. HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): *Nota sobre la estratigrafía y los mamíferos miocenos de Nombrevilla (Zaragoza)*. Bol. Inst. Geol. y Minero de España, 47, 3.ª serie, tomo 7, 1926.
21. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Explicación de la Hoja geológica 1:50.000, número 668 (Sagunto)*.
22. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Explicación de la Hoja geológica 1:50.000, número 567 (Teruel)*.
23. JOLY (H.): *Sur l'existence de phénomènes de charriage à l'extrémité orientale de la chaîne Ibérique, près de Montalbán (province de Teruel, Espagne)*. Compt. Rend. Acad. Cienc., 174, pág. 820. Paris, 1922.
24. — *Sur la présence d'écailles ou de lambeaux de Charriage dans la Chaîne Celtibérique (prov. Zaragoza, Logroño et Soria, Espagne)*. Compt. Rend. Acad. Sc. 174, pág. 1185. Paris, 1922.
25. — *Sur l'allure tectonique des conches crétacées et tertiaires aux de Haro (prov. Logroño, Espagne)*. Compt. Rend. Acad. Sc., 174, pág. 1474. Paris, 1922.
26. — *Note préliminaire sur l'allure générale et l'âge des plissements de la Chaîne Celtibérique (Espagne)*. Compt. Rend. Acad. Sc., 175, núm. 21, pág. 976-978. Paris, 1922.
27. — *Les résultats d'études géologiques sur la Chaîne Celtibérique*. R. Congr. Géol. Internat. Madrid. C. R. 2, pág. 523-583, II pl. Madrid, 1926.
28. JULIVERT (M.): *Observaciones sobre la tectónica de la depresión de Calatayud*. Revista Arrahona. Sabadell, 1954.
29. KINDELÁN (V.) y RANZ (M.): *Criaderos de hierro de España*. T. III: Guadalajara y Teruel. Memorias, 1918.

30. LOMBARD (A.): *Géologie Sedimentaire*. Masson. Paris, 1956.
31. LOTZE (F.): *Estratigrafía y tectónica de las cadenas paleozoicas Celtibéricas*. Publ. Extr. Geol. Esp., tomo VIII. Madrid, 1930. (Fecha de ejecución del trabajo.)
32. — *Observaciones sobre la división de los variscides de la Meseta Ibérica*. Publ. Extr. Geol. Esp., tomo V. Madrid, 1950. (Fecha de la traducción.)
33. — *Algunos problemas de la Meseta Ibérica*. Publ. Extr. Geol. Esp., tomo V. Madrid, 1950. (Fecha de la traducción.)
34. MAESTRE (A.): *Descripción geognóstica y minera del distrito de Cataluña y Aragón*. Madrid, 1845.
35. MALLADA (L.): *Explicación del mapa geológico de España*, tomo VI. Mem. Com. Mapa Geol. Esp. Madrid, 1907.
36. PAILLETTE: *Sur les formations tertiaires de l'Espagne*. Quart. Journ., V. VI, 1849.
37. RIBA (O.): *Bibliografía geológica y fisiografía de la provincia de Teruel*. Revista "Teruel", tomo I, núm. 2. Teruel, 1949.
38. RICHTER (G.): *Las Cadenas Ibéricas entre el Jalón y la Sierra de la Demanda*. Publ. Extr. Geol. Esp., tomo IX. Madrid, 1956. (Fecha de la traducción.)
39. RICHTER (G.) und. TEICHMÜLLER (R.): *Die Entwicklung der Keltiberischen Ketten*. Beiträge zur Geologie der Westlichen Mittelerrangebiete, núm. 9, 1933.
40. RÍOS (J. M.): *Cuadro sistemático de las formaciones geológicas y de las fases de plegamiento*. Publ. E. E. J. M. Madrid, 1945.
41. RODRÍGUEZ (S.): *Descripción geológica del antiguo corregimiento de Albarracín en la provincia de Teruel*. "Revista Minera", tomo II, 1851.
42. ROYO GÓMEZ (J.): *El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica*. Junta Amp. Est. e Inv. Cient., Mem. 30. Madrid, 1922.
43. — *Tectónica del Terciario continental ibérico*. Bol. Inst. Geol. Min. Esp., t. XLVII, 2.ª parte (VII de la 3.ª serie), 1926.
44. RUSSELL (W. L.): *Structural Geology for Petroleum Geologists*. Mc. Graw-Hill, New York, 1955.
45. SCHRÖDER (E.): *La zona limitrofe del Guadarrama y las Cadenas Hespéricas*. Publ. Extr. Geol. Esp., t. IV, 1948 (Fecha de la traducción.)
46. STILLE (H.): *Notas sobre los plegamientos perimeséticos y su parte sub-pirenaica y baleárica*. Publ. Extr. Geol. Esp., t. I, 1942.
47. SOLÉ SABARÍS (L.): y RIBA (O.): *El relieve de la sierra de Albarracín y zonas limitrofes de la Cordillera Ibérica*. "Teruel", número 1. Teruel, 1952.
48. TORRUBIA: *Aparato para la historia natural española*. 1754.
49. TRICALINOS (J.): *Untersuchungen über den Bau des Keltiberischen Ketten des nordöstlichen Spaniens*. Zeitsch. d. Deutsch. Geol. Ges., abh. t. 80.
50. VERNEUIL et COLLOMB: *Coup d'oeil sur la constitution géologique*

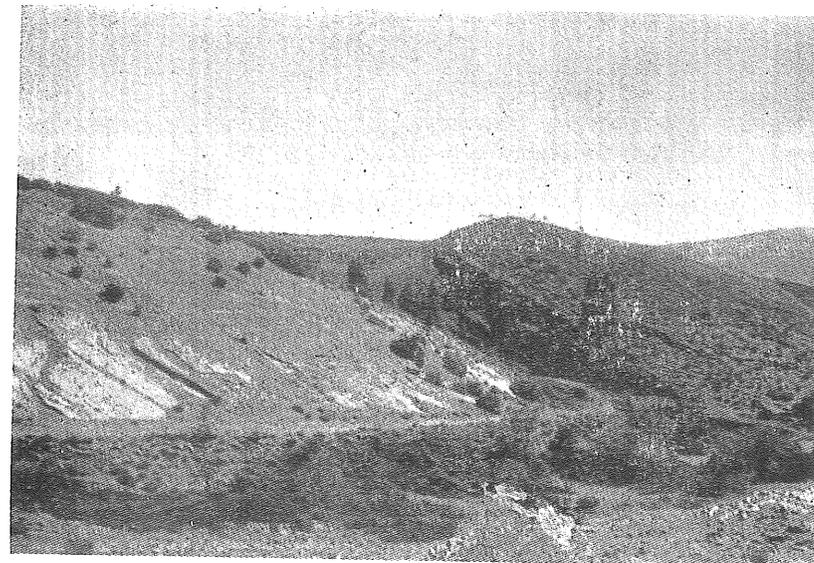
- de quelques provinces de l'Espagne. B. S. G. F., 2e sér., t. X, pag. 61. 1853.*
51. — *Note à l'occasion de deux coupes géologiques faites à travers l'Espagne, du nord au sud et de l'est à l'ouest. C. R. Ac. Sc., t. XXXVI, 1853.*
52. — *Cartes géologiques de l'Espagne et du Portugal au 1:500.000. 2e édition. Explication sommaire de la carte.*
53. VERNEUIL et LORIERE: *Resumen de las proposiciones más importantes deducidas del viaje geológico por algunas provincias de España. "Revista Minera", t. V, pág. 239, 1854.*
54. VILANOVA (J.): *Ensayo de descripción geognóstica de la provincia de Teruel. Madrid, 1863.*
55. VILLALTA (J.) y CRUSAFONT (M.): *Consideraciones sobre las formaciones pontienses de la cuenca del Vallés-Penedés. Anal. de la Asoc. Esp. para el Progreso de las Ciencias, año VIII, páginas 574-581.*



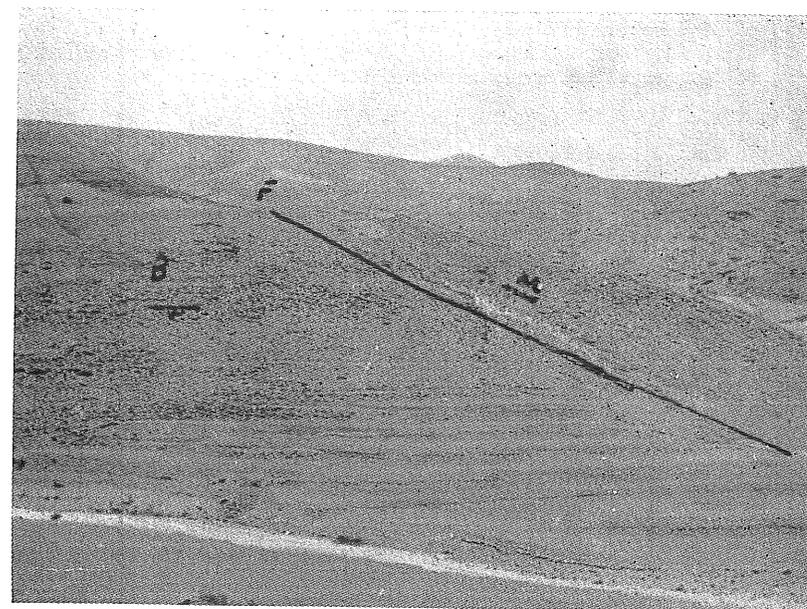
Castillo de Peracense y, al fondo, las cuarcitas silurianas del vértice San Ginés, desde el NO.



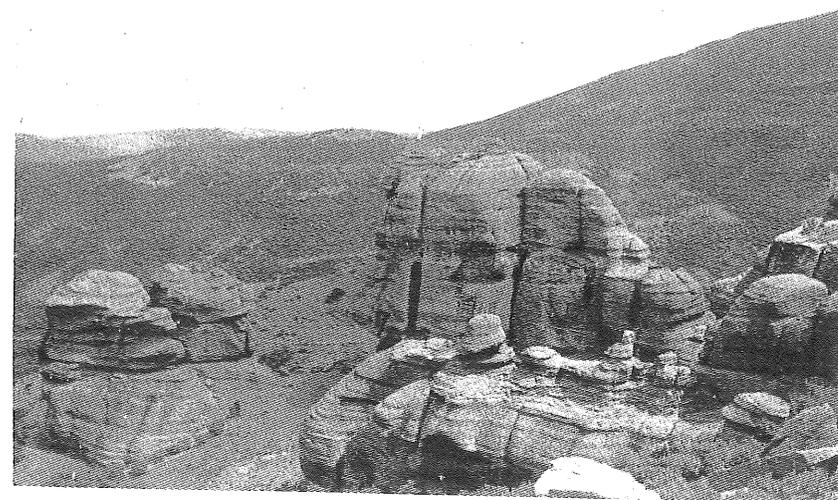
Areniscas del Buntsandstein, al NE. de Ródenas.



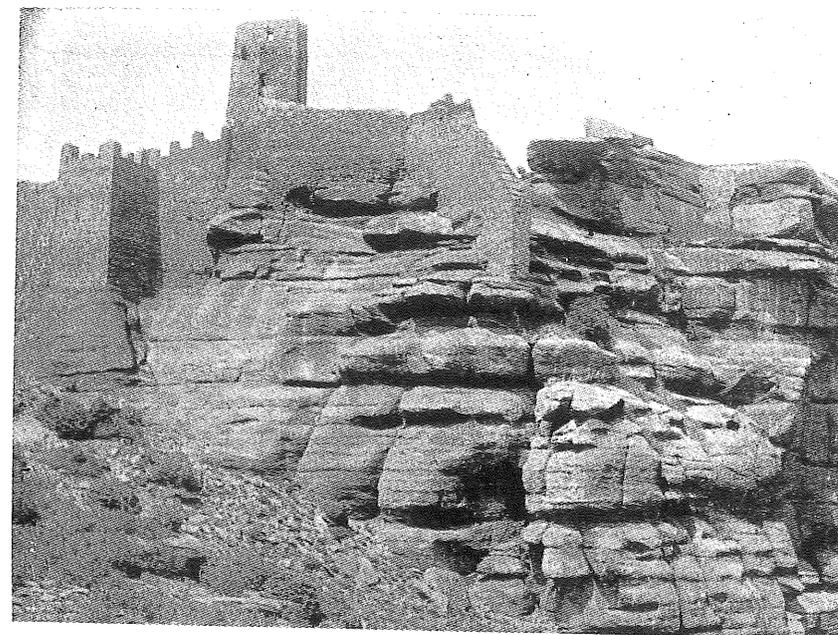
Pizarras paleozoicas junto a la carretera de Villar del Salz.



Falla de San Cristóbal.
B. Buntsandstein.—M. Muschelkalk.



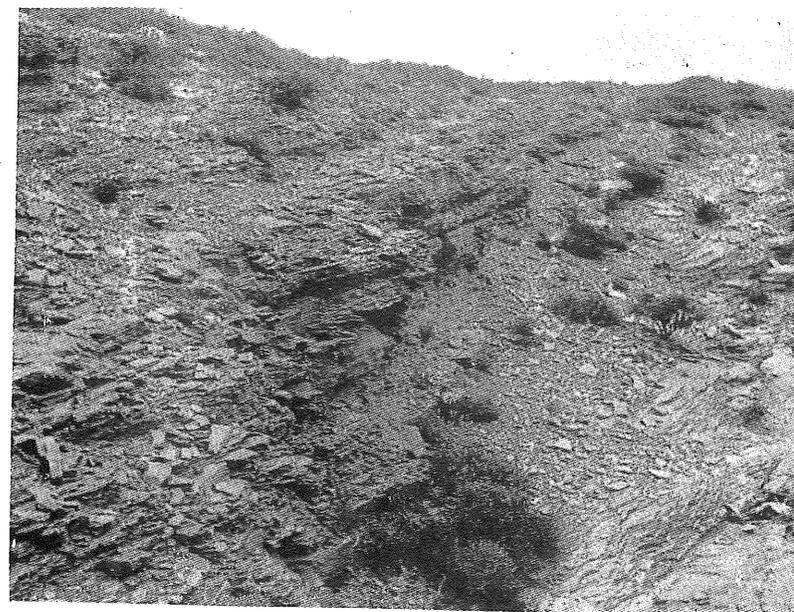
Areniscas y conglomerados del Buntsandstein, junto al castillo de Peracense.



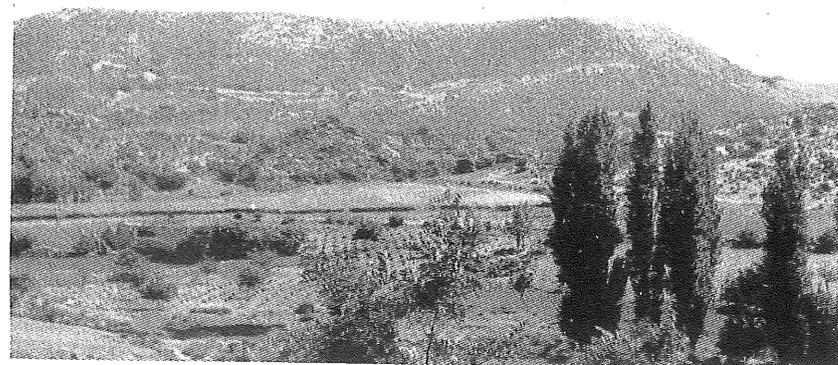
El castillo de Peracense, sobre areniscas y conglomerados del Buntsandstein.



Calizas del Muschelkalk en el camino de Pozondón a Almohaja.



Las mismas calizas de la foto anterior, en detalle.



Falla al sur de Almohaja. Buntsandstein en contacto con el Keuper.

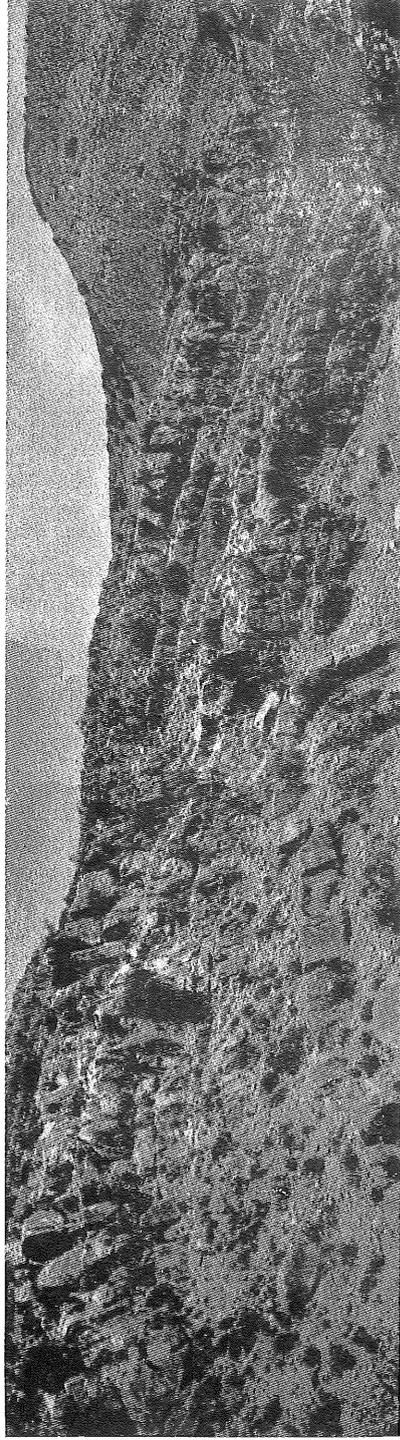


Carniolas del Suprakeuper al sur de Almohaja.

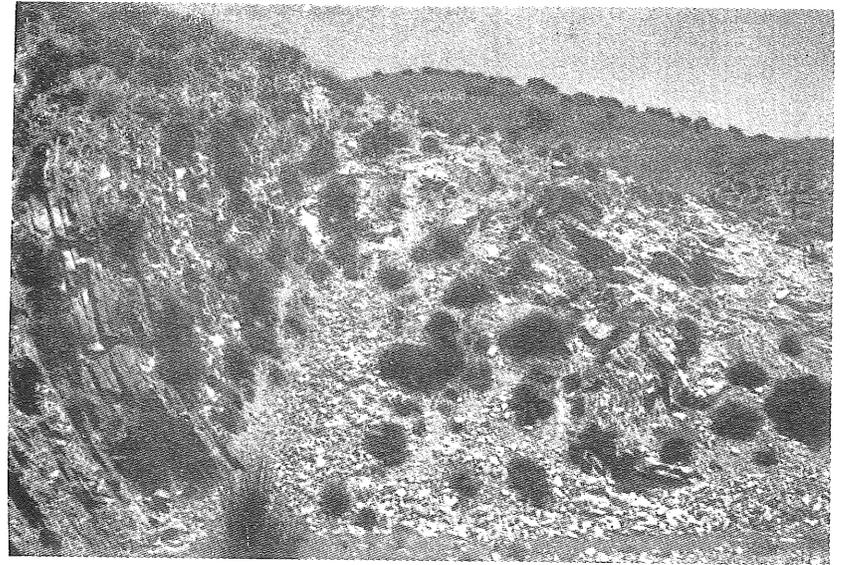
HOJA N.º 541. — SANTA EULALIA



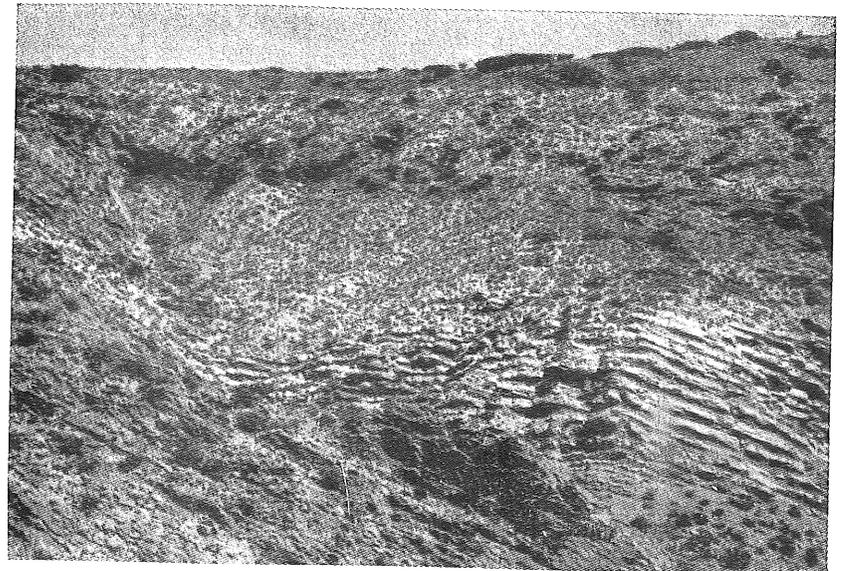
Calizas liásicas en el barranco del Salto.



Anticlinal en calizas liásicas.



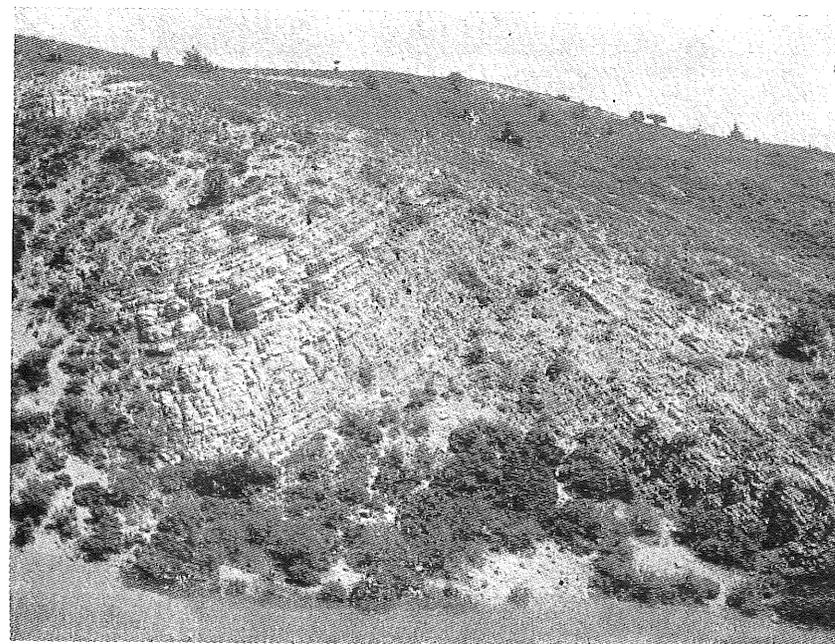
Barranco del Salto. Calizas jurásicas muy trastornadas.



Barranco del Salto. Calizas del Dogger y del Malm inferior.



Calizas del Dogger en La Parna.



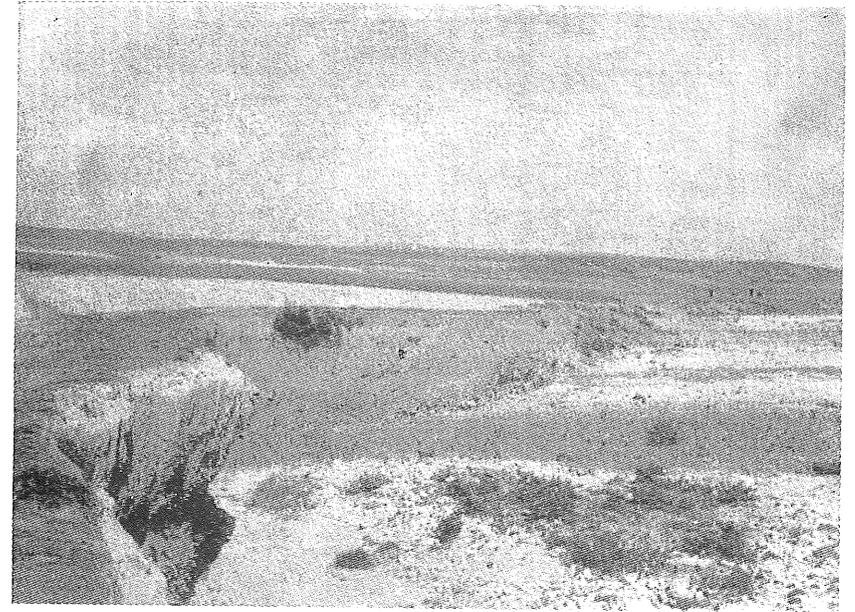
Pliegue de calizas margosas del Dogger en La Parna.



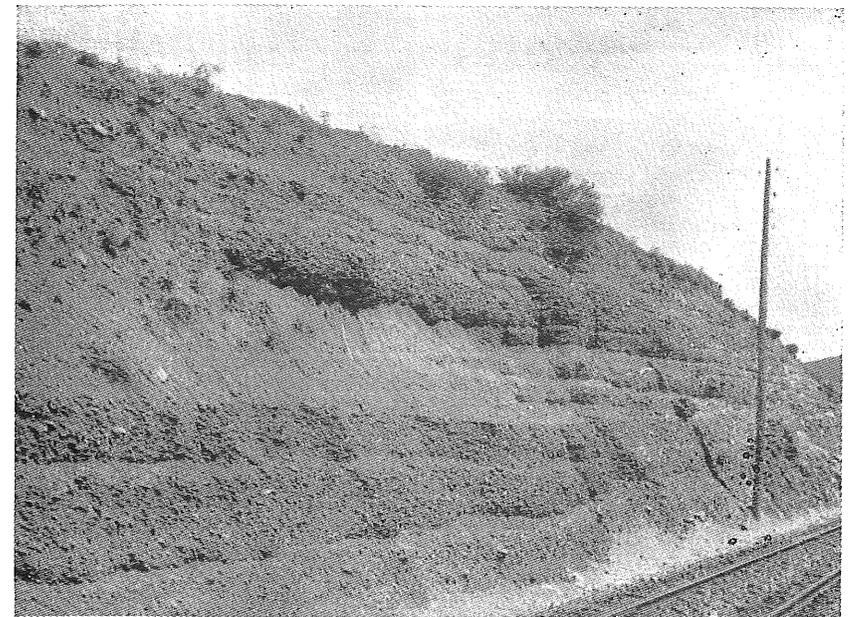
Pliegues de calizas jurásicas cerca del túnel de la carretera de Aguatón.



Conglomerados oligocenos, casi verticales, al SE. de Palomera.



Terraza fluvial puesta de manifiesto por la erosión. En el fondo del barranco, calizas liásicas.

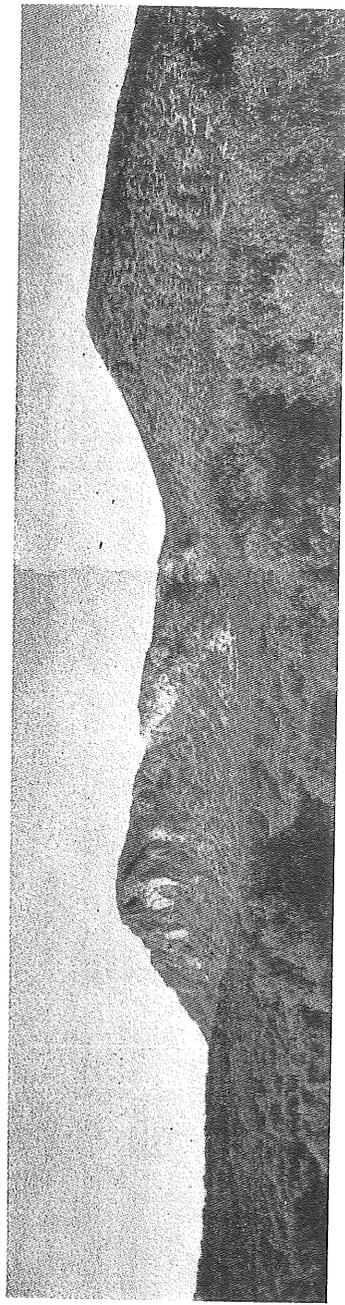


Relleno cuartario en la zona fallada de Almohaja. Trincherera del ferrocarril Ojos Negros-Sagunto.

HOJA N.º 541.—SANTA EULALIA



Vista del pueblo de Ródenas. Al fondo areniscas y conglomerados del Bunt.



Vista panorámica del pico Palomera y Medio Monte.