



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

El Keuper del Levante español

Litostratigrafía, petrología y paleogeografía de la cuenca

Federico Ortí Cabo



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0. Spain License.**

DEPARTAMENTO DE PETROLOGIA Y GEOQUIMICA
FACULTAD DE CIENCIAS - UNIVERSIDAD DE BARCELONA



R-13634
x

EL KEUPER DEL LEVANTE ESPAÑOL

LITOSTRATIGRAFIA, PETROLOGIA Y
PALEOGEOGRAFIA DE LA CUENCA

POR

FEDERICO ORTI CABO

BIBLIOTECA DE GEOLOGIA

Demaneu el material acompanyant
al taulell de préstec.

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



0700051587

FEBRERO 1973

Memoria presentada a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona para aspirar al Grado de Doctor en Ciencias, Sección Geológicas.

Barcelona, 23 Febrero 1973



Los trabajos destinados a la confección de esta Memoria comenzaron el día 9 de Julio de 1970. Han sido realizados en los Departamentos de Petrología y de Prospección Geológica y Geofísica de la Facultad de Ciencias de Barcelona, bajo la dirección del Director de los mismos, Profesor Alfredo San Miguel Arribas.

Barcelona, 23 Febrero 1973 .

V° B°
Prof. A. San Miguel Arribas

FEDERICO ORTI CABO

A G R A D E C I M I E N T O

El autor desea expresar su sincero agradecimiento al Profesor A. San Miguel, director de este trabajo, quien en todo momento me ha ayudado y animado en las investigaciones.

Interesantes consejos o ayuda científica he recibido también de los doctores M. Font Altaba, J. Montoriol Pous, A. Traveria Cros, M. Montoto San Miguel, O. Riba Arderiu, S. Reguant Serra, J. J. Alonso Pascual, C. Virgili, L. Via Boada, Vicente Roselló, L. Solé Sabarís, A. Obrador Tuduri, J. Fernández de Villalta, L. Sánchez de la Torre, y R. Busnardos. A todos ellos expreso igualmente mi agradecimiento.

Una valiosísima colaboración me han prestado desde el comienzo de los trabajos, mis compañeros del Departamento de Petrología, Dr. R. Vaquer Navarro, M. Esteban Cerdá, J. Carreras Panells, A. Masriera y J. J. Pueyo Mur, quienes conocen bien mi profunda gratitud.

INDICE

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION	1
<u>PARTE I. LITOSTRATIGRAFIA</u>	
<u>CAPITULO 1. EL KEUPER DE EUROPA OCCIDENTAL</u>	
El Keuper de Alemania Central	5
El Keuper de Francia	"
Cuenca de Lorena	"
Cuenca de París	6
Keuper del Jura	"
Cuenca de Aquitania	8
Trias evaporítico de Provenza y del Prepirineo francés	9
Características comunes de los niveles salíferos del	
Trias francés y conclusiones sobre su sedimentación	10
El Keuper español	12
La cuenca catalana	"
Otras cuencas triásicas españolas	"
<u>CAPITULO 2. PROBLEMAS ESTRATIGRAFICOS PLANTEADOS EN EL TRIASICO DE LEVANTE</u>	
La controversia Buntsandstein (Werfeniense)-Keuper.	14
Las aportaciones de J. Cisneros	"
Las innovaciones de M. Schmidt	15
Los estudios de R. Brinkmann	16
Las observaciones de P. Fallot	"
Los estudios de Darder Pericás	18
Las contradicciones de las Hojas Geológicas 1:50.000	
en la región limítrofe entre Alicante y Murcia.	19
Las rectificaciones de Dupuy de Lome	20
El problema del Límite superior del Triásico	21
<u>CAPITULO 3. DIVISION DEL KEUPER DE LEVANTE EN UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS</u>	
Formación Yesos de Ayora (K ₅)	26
Formación Arcillas yesíferas de Quesa (K ₄)	32
Formación Arcillas de Cofrentes (K ₃)	34
Formación Areniscas de Manuel (K ₂)	37
Formación Arcillas y yesos de Jañafuel (K ₁)	45
Dificultades de caracterización regional de algunas Formaciones	48
Aproximación a la geometría de la Cuenca Keuper en Levante	50
Correlación con otras cuencas Keuper españolas	51
Correlación con las cuencas francesas y alemanas	"
El problema de las acumulaciones salinas.	52

PARTE II. PETROLOGIA

CAPITULO 4. YESOS Y ANHIDRITAS

Las transformaciones yeso-anhidrita-yeso	56
Conocimientos físico-químicos experimentales	"
Observaciones geológicas.	58
Ciclo geológico del sulfato cálcico	"
Ambientes deposicionales, texturas y petrología de la anhidrita	59
Las anhidritas observables en superficie, del Keuper de Levante	63
Petrología del yeso	"
Estructuras sedimentarias	"
Estructuras diagenéticas	"
Estructuras de hidratación en el yeso secundario	64
Tipos de yesos porfiroblásticos	68
Yesos triásicos de Levante	69
Corte estratigráfico del Muschelkalk yesífero del Castillo de Almansa (Albacete).	"
Estructuras sedimentarias y de diagénesis tempranas	72
Porfiroblastos	73
Yesos nodulares	74
Estructuras de hidratación y recristalización	75
Yesos en vetas	76
Yesos selenitas	"

CAPITULO 5. MATERIALES SILICEOS Y PROCESOS DE SILICIFICACION

Cuarzos autógenos; tipos y formas de yacimiento.	78
Condiciones de formación	80
Nódulos.	"
Accidentes estratiformes	82
Fuentes de la sílice y mecanismos de precipitación	83

CAPITULO 6. PROCESOS DE FERRUGINIZACION 85

CAPITULO 7. ROCAS CARBONATADAS

Rocas carbonatadas	88
Minerales autógenos	90
Teruelitas.	"
Aragonitos	91

CAPITULO 8. ROCAS DETRITICAS 93

PARTE III. PALEOGEOGRAFIA Y GEOLOGIA REGIONAL

CAPITULO 9. OBSERVACIONES PALEONTOLOGICAS

Antecedentes paleontológicos del Keuper español	95
La recopilación de M. Schmidt (1935), y comentarios a la misma.	96
Nuevas observaciones en el Keuper de Levante	98

CAPITULO 10. PALEOGEOGRAFIA DEL KEUPER DE LEVANTE

Evolución histórica de las ideas sobre el origen del Trias evaporítico de tipo germánico	100
Teoría de J. Boncart-J. Ricour (1952) sobre la cristalización diagenética de sales contenidas en el agua de imbibición de lodos hundidos bajo fuertes espesores	101
Teoría de J. Avias (1949-52-58-61) sobre la formación singenética de yeso en el seno de lodos, en fases regresivas.	103
Teoría de la oxidación epigenética de sulfuros	105
El caso del Trias superior español.	106
Comentarios a las teorías de J. Bourcart-J. Ricour (1952) y J. Avias (1949-63)	108
Evaporitas de ambientes someros de transición marino-continetales	110
Costa Trucial (Golfo Pérsico)	112
Laguna Ojo de Liebre (Baja California)	116
Areas supralitorales al N de San Felipe (Golfo de California)	"
Sabkhas fósiles del Devónico de Alberta. Saskatchewan, Dakota del Norte.	117
Ensayo de reconstrucción paleogeográfica de la Cuenca Keuper en Levante	118
Conclusiones	121

CAPITULO 11. ZONA CENTRO. GEOLOGIA REGIONAL

Zona Centro	123
Afloramiento de la Canal de Navarrés-Manuel-Barcheta	124
Afloramiento de Cofrentes.	127
Afloramiento de Turis	131
Afloramientos de Villagordo del Cagriel, Minglanilla y Enguñdanos	133
Afloramientos Gestalgar-Bugarra y Rodana	135
Afloramiento Montealegre-Alpera	136
Alineación Castelló de Rugat-Ador	138
La mancha de Parcent-Alcalalí	139
Conclusiones	140

CAPITULO 12. ZONA NORTE. GEOLOGIA REGIONAL

Transversal de Villora	143
Afloramiento de Chelva	144

	<u>Pág.</u>
Afloramiento de Cañete	146
La Transversal de Arcos de las Salinas	147
Transversales Torás-Andilla y Altura	149
Valle del Palancia-Sierra Calderona	152
Valle del Mijares-Sierra de Espadán	153

CAPITULO 13. ZONA SUR. GEOLOGIA REGIONAL

La región de los grandes domos salinas del Keuper; Pinoso, Jumilla, Yecla	154
Domo de Pinoso	"
Domo de la Rosa	155
Domo de Jumilla	"
Domo de Yecla	156
La región central de los grandes afloramientos triásicos.	157
Afloramientos de Agust	"
Zona de Elda-Monóvar-Novelda	161
Villena-Sax.	162
Pantano de Elche	163
Sierras de Abanilla y Crevillente	165
Río Monnegre	"
Zona de Callosa de Ensarriá	166
Conclusiones	168
Síntesis sobre las observaciones realizadas sobre el comportamiento tectónico del Keuper en el área de estudio	"

CAPITULO 14. GEOLOGIA ECONOMICA 170

CONCLUSIONES GENERALES 172

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

INTRODUCCION

En los últimos años algunas cuencas triásicas españolas han sido objeto de estudios geológicos de cierto detalle, como así lo indican las tesis doctorales y las publicaciones presentadas sobre el tema. No obstante, estamos todavía lejos de poseer un conocimiento completo sobre aspectos tan importantes de estas cuencas como la Estratigrafía, Paleontología y Petrogénesis de sus materiales.

De los tres pisos que componen el Triásico español, es del superior posiblemente, del que menor información tenemos, debido en general a la dificultad del estudio de series bien localizadas y con disposición tectónica tranquila.

Es por ello por lo que el presente trabajo está dedicado al Keuper. Se ha elegido para su estudio una cuenca poco conocida, pero con amplios afloramientos: la cuenca triásica levantina. Resulta sorprendente el comprobar cómo los geólogos, tanto españoles como extranjeros, han descuidado la investigación de la misma, la cual presenta en mi opinión el máximo desarrollo del piso superior del Triásico en toda España, y que, como se verá, tanto puede contribuir al conocimiento de las condiciones de formación de evaporitas, así como a su posterior evolución diagenética.

Por otro lado, el interés económico de sus materiales queda bien patente en la larga lista de explotaciones, entre las que destacan - las de la sal común, los yesos, las arcillas y las ofitas. Por la - disposición tectónica y la impermeabilidad de aquellos, presentan además un gran interés hidrogeológico en todo el Levante.

OBJETIVOS

Tres han sido fundamentalmente los objetivos propuestos en la realización de este trabajo sobre el Keuper de Levante, referentes al conocimiento de la:

- 1) Litostratigrafía, y en lo posible Paleontología y Paleogeografía de la cuenca.
- 2) Petrología, y en lo posible petrogénesis de sus materiales.
- 3) Estructura de los afloramientos, y en lo posible cartografía de los mismos.

Se ha dado también importancia a las síntesis bibliográficas sobre algunos temas, entre los que destacan: Litostratigrafía del Keuper, Geología regional de sus afloramientos, sedimentación de evaporitas y petrogénesis del yeso y la anhidrita.

El primero de los objetivos citados ha sido alcanzado en grado satisfactorio, habiéndose concluido con una propuesta de división del Keuper de Levante en cinco unidades litostratigráficas, y el establecimiento de sus cortes o localidad tipo.

El segundo objetivo ha sido abordado centrando la investigación principalmente en los materiales evaporíticos y en los procesos diagénéticos, en general.

Finalmente, referente al tercer objetivo, los trabajos de cartografía a diferentes escalas han facilitado la comprensión del comportamiento tectónico de los materiales del Keuper, y corroborando las observaciones litostratigráficas.

MÉTODOS DE TRABAJO

En el presente estudio se han empleado los métodos clásicos de campo: cartografía, toma de muestras, levantamiento y medición de cortes estratigráficos en cinta métrica y Jacob's Staff, etc.

Los trabajos de laboratorio se han centrado en el estudio de láminas delgadas, en la obtención y observación de macrosecciones pulidas; y en las pruebas corrientemente utilizadas para análisis petroquímico.

En todas las cuestiones referentes a Petrología, al no haberse utilizado prácticamente las técnicas geoquímicas, debo advertir que las investigaciones tienen más bien un carácter petrográfico que petrogenético y mineralogénico. No obstante, interesantes deducciones en estos dos últimos sentidos han podido hacerse a partir de observaciones macro y microscópicas.

El autor desea también advertir que ha realizado únicamente estudios de superficie, no habiendo utilizado los posibles datos y muestras existentes de sondeos. Ello habría ayudado quizá al estudio de ciertos procesos petrológicos de evaporitas, particularmente la transformación anhidrita a yeso.

AREA DE ESTUDIO

La denominación "Keuper de Levante" o "Keuper levantino" que se utiliza corrientemente en este trabajo no expresa con rigor el área geográfica abarcada en el mismo. La denominación "Keuper valenciano" podría quizá parecer más apropiada, por ser esta provincia el centro del estudio, pero adolecía del mismo defecto.

El gráfico I indica el área real abarcada, la cual ha sido dividida en tres zonas para la más fácil comprensión geográfica. De ellas la Zona Centro es la principal y comprende casi la totalidad

de la provincia de Valencia, y pequeñas áreas de las de Cuenca, Albacete y Alicante. En ella he podido realizar, gracias a la espectacularidad de los afloramientos del Keuper, las principales cartografías y mediciones de cortes estratigráficos. La Zona Norte se extiende por la parte septentrional de la provincia de Valencia, el S de Castellón y Teruel, y el E de Cuenca. Finalmente, la Zona Sur comprende todo el centro de la provincia de Alicante y el extremo NE de la de Murcia.

ANTECEDENTES

En los capítulos 2, 11, 12, 13 principalmente, se hacen estudios bibliográficos sobre diferentes temas relacionados con la Geología del Triásico de la zona de estudio. Considero por ello innecesario repetir aquí lo que en aquellos se expresa.

La bibliografía consultada ha sido la principal de la existente para el tema que nos ocupa. Por el hecho de situarse la zona de estudio en la confluencia de dos dominios sedimentarios bien diferenciados (ibérico y subbético), resulta interminable la lista de trabajos que, aún de un modo totalmente esporádico, incluyen referencias a los temas triásicos. En consecuencia no se ha posido, ni pretendido, hacer una consulta exhaustiva de todos ellos.

PARTE I

Litostratigrafia

CAPITULO I

El Keuper de Europa Occidental

Este capítulo tiene un carácter bibliográfico y está orientado a facilitar el conocimiento de las principales cuencas evaporíticas de Europa occidental de edad triásica, aunque particularmente centra la atención en la estratigrafía del Keuper de las mismas. Con ello pretendo aportar la base imprescindible que permita la comparación adecuada de estas cuencas con la del Levante español, a la luz de los resultados que iré exponiendo a lo largo de este trabajo.

La serie marina tipo del Triásico, como se sabe, es la de los Alpes, y para ella existe una división cronostratigráfica bien definida, que comprende para la parte superior del Sistema los pisos Noriense, Carniense y Retiense, de antiguo a moderno. Este Trias marino se extiende ampliamente por el dominio mediterráneo (Apeninos, Alpes, Balcanes, Grecia, Cordilleras Béticas, etc.) y, en general alrededor de todo el Oceano Pacífico y en el dominio ártico.

El Trias germánico constituye propiamente una facies nerítica del alpino. Los autores alemanes introdujeron a su vez el término "Keuper" para la denominación del piso superior de aquel. Por otra parte en Francia, el Triásico de mayor desarrollo es el de la cuenca del Lorena, el cual es admitido como una facies de borde del Trias germánico, siendo ambos perfectamente correlacionables.

No me ocuparé aquí del Triásico superior del tipo alpino, por no ser el objeto de este trabajo, aunque sí me interesa exponer con cierto detalle la estratigrafía del Keuper de las cuencas germánicas y francesas, especialmente de estas últimas, por la mayor proximidad a nuestro país y por las numerosas investigaciones de que han sido objeto en los últimos años.

Respecto al Trias superior español, muy pocos trabajos se han ocupado de él con detenimiento. Citaré en este capítulo únicamente las conclusiones de C. Virgili (1958) para el tipo germánico de la cuenca catalana. Remito a este importante trabajo para obtener alguna información sobre el Triásico, en general, de otras cuencas españolas, así como de algunas nordafricanas. Por mi parte haré referencias concretas para el caso de la Cordillera Ibérica, y el particularmente complejo de las Cordilleras Béticas, a lo largo de los capítulos siguientes. De todos modos faltan, hoy por hoy, estudios globales sobre el Triásico español, y ello es normal, dada la escasa bibliografía existente sobre la totalidad de las cuencas. El último de estos estudios (y quizá el único) fue el del geólogo alemán M. Schmidt (1937), que aunque de un gran valor histórico, ha quedado totalmente insuficiente y parcialmente superado en nuestros días.

EL KEUPER DE ALEMANIA CENTRAL

El Triás germánico (o vosgiense) fue estudiado con anterioridad al de los Alpes, y la relación cronológica entre ambos fue tardíamente establecida a causa de la diversidad faunística de ambos tipos. El tipo germánico se desarrolló en Europa central, extendiéndose entre el Macizo Renano y la Selva Negra por el O, y el Macizo bohemio por el E.

Los autores alemanes consideran el Keuper compuesto de tres subpisos: el superior, que es propiamente el Retiense alpino, y contiene margas y areniscas en la base; el medio (Gypskeuper); y el inferior que constituye propiamente el Lettenkohle.

Los geólogos franceses consideran como Keuper solamente el subpiso medio de los alemanes, que corresponde propiamente a una formación lagunar, salífera, con un espesor total de hasta 450 m. Superiormente presenta aquel margas abigarradas, verdes o rojas, a menudo muy duras (Steinmergel), carniolas o calizas dolomíticas vacuolares (Zellendolomite), capas de yeso y anhidrita y finalmente bancos de arenisca a veces ricos en tallos vegetales (Schilfsandstein: grès à roseaux; Stubbensandstein o "Areniscas gruesas y blancas"). Inferiormente existe, niveles de yeso y sal gema (Salzkeuper).

EL KEUPER DE FRANCIA

CUENCA DE LORENA

En las figs. 1 y 2 reproduzco el corte tipo del Triás de ésta cuenca y la correlación con el Triás germánico. En Lorena el Keuper de potencia total 220-270 m., está dividido en tres términos (superior, medio e inferior), pudiendo distinguirse en total seis niveles bien diferenciados. El yeso aparece fundamentalmente en dos de ellos (Arcillas de Chanville y el correspondiente al Keuper inferior), y la sal gema en el del Keuper inferior.

De esta serie tipo cabe hacer algunas observaciones. En primer lugar la ausencia de yeso en el término superior, contrariamente a la generalidad del caso francés. En segundo lugar, el horizonte guía denominado "Dolomie moellon" (o sus homólogos: dolomie moyenne; dolomie en dalles; horizont repere d'Elie-de-Beaumont), banco dolomítico que ha podido ser datado paleontológicamente a base de ciertas especies de Myophoria y Avicula. En tercer lugar la existencia de un banco potente (15-15 m) arenoso ("grès à roseaux").

Respecto al Muschelkalk se diferencian también tres términos (superior, medio e inferior) además del Lettenkohle, de tránsito al Keuper inferior. De estos tres niveles, el medio, de 85-125 m. de potencia (Mittlerer Muschelkalk, o Anhydritgruppe de los alemanes) presenta a su vez tres niveles comprensivos: calizas blancas (15-15 m.), capas grises (60-80 m.) y capas rojas (25-50 m), existiendo en el tramo de capas grises un subnivel (15-35 m), con yeso y sal.

Fig. 1 Corte tipo del Triásico de la Cuenca de Lorena (Francia), según J. Ricour, 1963 (Coloquio sobre el Triás de Francia y de las regiones limítrofes; Montpellier, 1961)

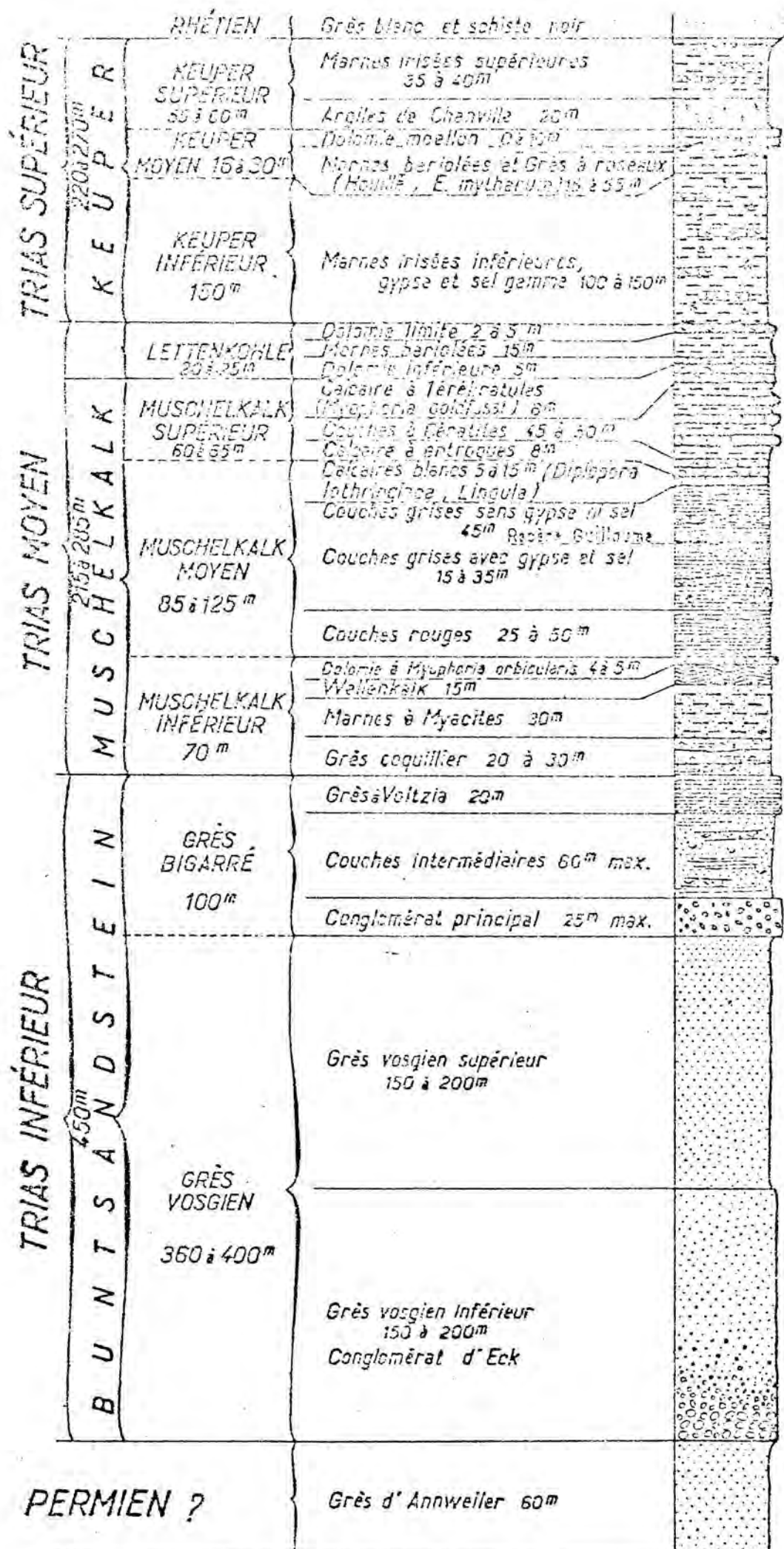


Fig. 2 Cuadro de correlación de las diferentes nomenclaturas del Triás (según J. Ricour, 1963. Coloquio sobre el Triás de Francia y de las regiones litrofes; Montpellier, 1961)

Nomenclature française et épaisseurs en Lorraine		Série typique de Lorraine	Nouveaux indices proposés	Indices allemands	Nomenclature allemande pour le faciès lorrain		Trias allemand Pia (1930)	Trias alpin selon Gignoux (1950)		
Jurassique	Rhétien	Marnes de Levallois		Ko2	Re Tone des Rhäts	Oberer Keuper	Rhétien	Rhétien		
		Grès et schiste à <i>A. contorta</i>		Ko1	Sandstein und schwarze Tone des Rhäts					
Trias supérieur ou Keuper 220 à 270 m	Keuper supérieur 55 à 60 m	Marnes irisées supérieures 35 à 40 m	t7e	Km5	Steinmergelkeuper	Mittlerer Keuper	Norien	Norien		
		Argiles de Chanville 20 m	t7d	Km4	Re Mergel					
	Keuper moyen 16 à 30 m	Dolomie moellon 0 à 10 m	t7c	Mm3	Hauptsteinmergel, Plattige Dolomit und Zellendolomit		Tuvalien			
		Marnes bariolées 1 à 5 m	t7b	Km2	Bunte Mergel				Julien	
		Grès à roseaux 15 à 55 m			Schilfsandstein					
	Keuper inférieur 150 m	Marnes irisées inférieures 150 m	t7a	Km1	Saakeuper		Cordevolien		Carnien	
Trias moyen 215 à 285 m	Lettenkohle 20 à 25 m	Dolomie limite 2 à 5 m	t6c	Ku3	Ganzdolomit (ou) Obere Dolomit	Unterer Keuper	Langobardien	Ladinien		
		Marnes bariolées et dolomie 15 m	t6b	Ku2	Bunte Mergel					
		Dolomie inférieure 5 m	t6a	Ku1	Untere Dolomit					
	Muschelkalk supérieur 60 à 65 m	Calcaire à Térébratules 6 m	t5b	t	Terebratalkalk	Oberer Muschelkalk	Fassanien			
		Couches à Cératites 45 à 50 m			mo2				Nidosusschichten	
		Calcaire à entroques 6 à 8 m			t5a				mo1	Tschitenkalk
	Muschelkalk moyen 80 à 125 m	Calcaires blancs 5 à 15 m	t4	mm2	Plattige Dolomiten und Zellenkalk	Mittlerer Muschelkalk (ou) Anhydritgruppe	Illyrien			
		Couches grises 60 à 80 m			mm1				Bunte Mergel	
		Couches rouges 25 à 50 m								
	Muschelkalk inférieur 70 m	Dolomie à <i>Myophoria orbicularis</i> 4 à 5 m	t3b	μ	Dolomit mit <i>M. orbicularis</i>	Unterer Muschelkalk	Hydaspien		Anisien ou Virglorien	
		Wellenkalk et Wellenmergel 15 m			mu2					Schaumkalk Wellenkalk
		Marnes sableuses à <i>Myacites</i> 30 m			τ					Terebratelzone
Grès coquillier 20 à 30 m		t3a			mu1			Muschelsandstein		
Trias inférieur ou Buntsandstein 450 m	Grès bigarré 100 m	Grès à <i>Voltzia</i> 20 m	t2b	so2	Vltziensandstein	Oberer Buntsandstein	Scythien ou Werfénien	Werfénien ou Scythien		
		Couches intermédiaires 60 m maximum	t2a	so1	Zwischenschichten					
		Conglomérat principal 25 m maximum	t2P	h	Hauptkonglomerat					
	Grès vosgien 300 à 400 m	Grès vosgien supérieur 150 à 200 m	t1c	sm2	Vogesensandstein Obere Abteilung	Mittlerer Buntsandstein				
		Grès vosgien inférieur Conglomérat d'Eck 150 à 200 m	t1b	sm1	Vogesensandstein Untere Abteilung Ecksche Konglomerat					
		Grès d'Annweiler 60 m	t1a	su	Annweiler Sandstein				Unterer Buntsandstein	

CUENCA DE PARIS

El Trias de la Cuenca de Paris es en sí la prolongación occidental del de Lorena, de modo que sirven las divisiones estratigráficas establecidas para aquel en el capítulo anterior.

El estudio del Triásico de la Cuenca parisina ha sido efectuado mediante estudios de muestras y testificación geofísica de sondeos profundos, y sintetizado por J. Ricour (1959). Según este autor durante el Triásico tuvo lugar ya la diferenciación de esta cuenca, cuya subsidencia ocurrió principalmente hacia el E, donde profundizó a medida que avanzaba el Triásico, especialmente en la región comprendida entre Lorena y la actual región parisien. Hacia el Keuper superior hubo tendencia al amortiguamiento de esta subsidencia en Lorena (Figs. 3 y 4).

El conjunto del Keuper da en esta cuenca una potencia máxima de unos 340 m. Veamos algunas particularidades del mismo.

Keuper Superior. Al principio del mismo la transgresión comenzada desde el principio del Trias se acentúa bruscamente y los depósitos de este piso aparecen haber sobrepasado bien el centro de la actual cuenca de Paris. Las facies parecen lo bastante afirmadas como para permitir un ensayo paleogeográfico, tanto más cuanto el Infralías constituye amenudo un límite superior preciso, bien datado por la fauna.

Keuper Medio. Aunque no presenta caracteres marinos francos, es el más diferenciado hacia el W. La "Dolomia moellon" y la "Gres a Roseaux" se distinguen tanto macro como microscópicamente.

Keuper Inferior. Está formado de niveles que presentan facies distintivas bien marcadas aparte de la acumulación de sal gema. Las facies arcillo-anhidríticas que contiene se confunden, en ausencia de este mineral, con las facies de borde de todos los niveles del Trias. Por ello se ha tomado como límite W de la extensión del Keuper inferior el de las capas que contienen sal. Es cierto que se ha extendido más hacia el W pero ningún criterio permite de momento definir esta formación más allá del límite fijado. Algunos sondeos han encontrado sal gema masiva. Se detecta en conclusión como un golfo del Keuper inferior en el que el espesor es fuerte de E a W, perdiendo rápidamente potencia hacia el N y hacia el S.

KEUPER DEL JURA

El Trias del Jura es del tipo Trias de Lorena, aunque los 3 términos clásicos sean difíciles de distinguir; a grandes rasgos puede decirse que está formado por una serie permotriásica roja sobremontada por una serie de facies Keuper. La cuenca de sedimentación era alargada como el Jura actual. Es más detrítica al W y N, aumentando el espesor total de las formaciones de W a E. En el centro de la cuenca los depósitos alcanzan 1.300 m. de potencia. Se ha considerado (J. Lucas-A. Bronner, 1961) como un mar poco profundo, sobresalado.

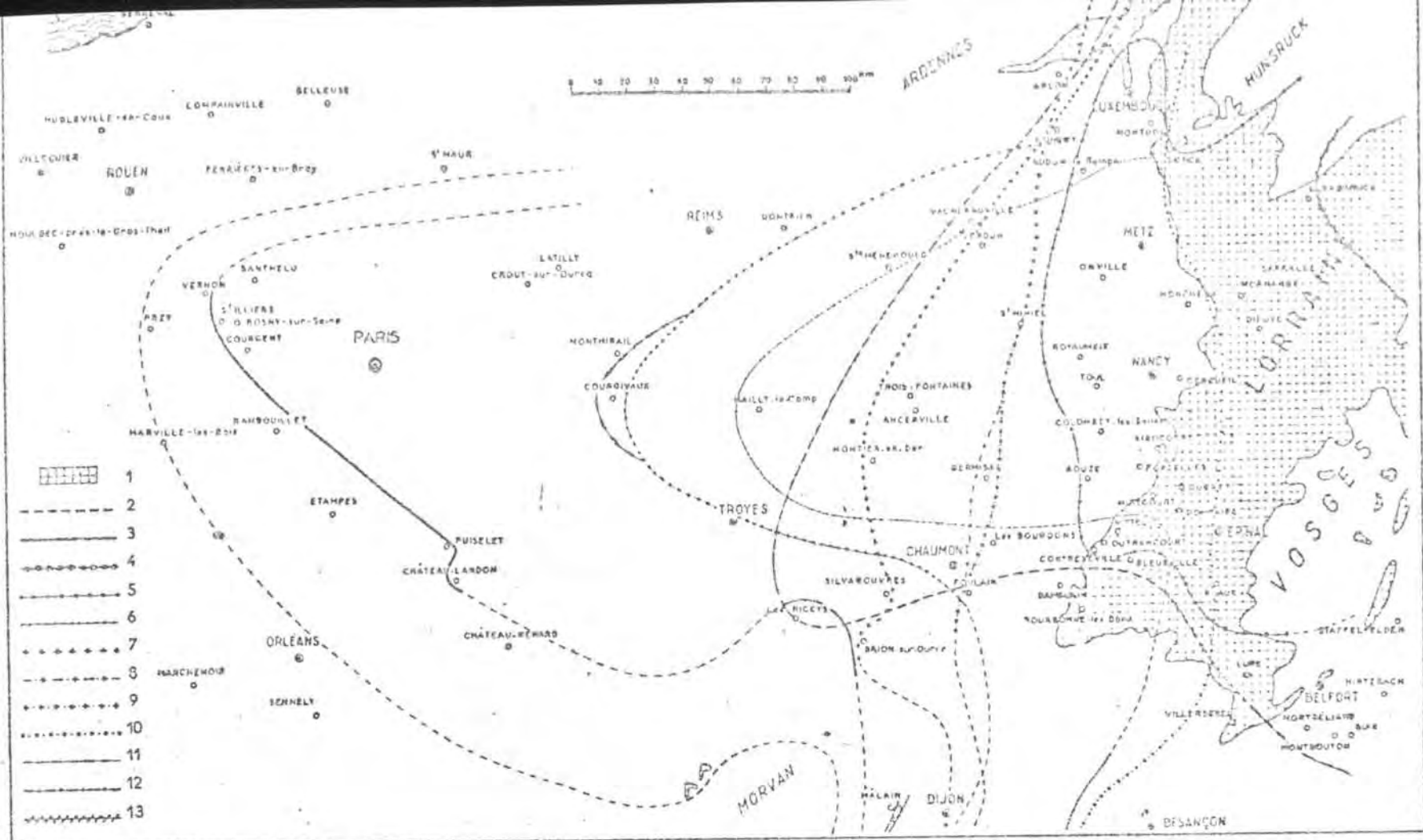


FIG. 1. — Limites occidentales des faciès du Trias dans le bassin de Paris.

1 : zone d'affleurement du Trias. — 2 à 13 : limites occidentales des faciès du Trias. 2 : Trias indifférencié; 3 : Keuper sup.; 4 : Grès à Roseaux (Keuper moyen); 5 : Dolomie moellon (Keuper moyen); 6 : sel gemme du Keuper inf.; 7 : Muschelkalk sup. calcaire-dolomitique; 8 : Muschelkalk moyen à faciès gréseux; 9 : Muschelkalk moyen à faciès anhydritique; 10 : Muschelkalk inf. marin; 11 : Grès à *Voltzia*; 12 : Grès des Vosges; 13 : Grès d'Annweiler.

Fig. 3 El Triásico de la Cuenca de París (según J. Ricour, 1959)

Fig. 4 Perfiles a lo largo de la cuenca triásica de París (según J. Ricour, 1959)

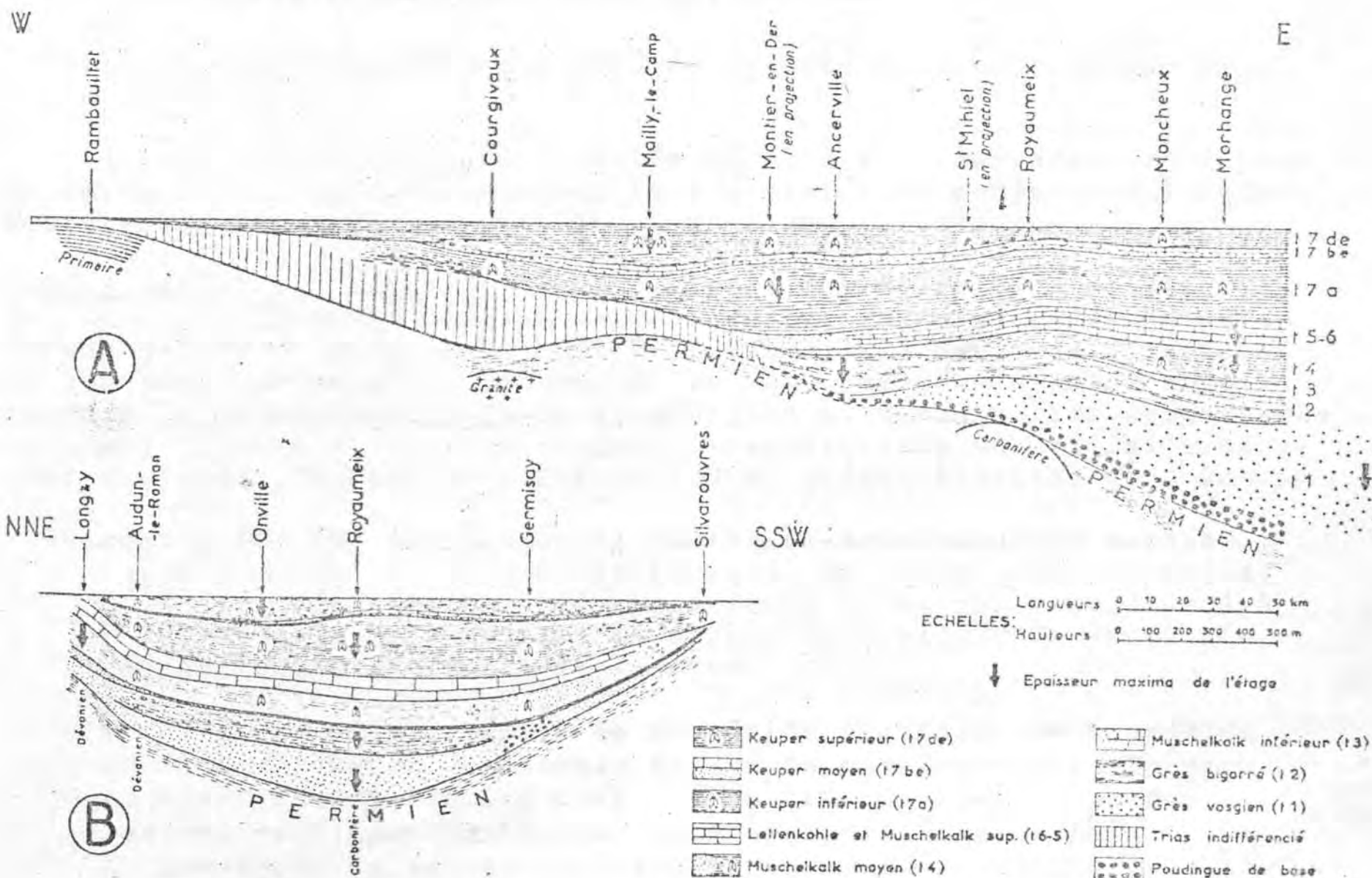


FIG. 3. — Coupes du bassin de Paris montrant la disposition des sédiments triasiques à la fin du Keuper.

A : Coupe E-W du bassin. — B : Coupe NNE-SSW dans l'E du bassin.

La estratigrafía del Keuper del Jura es conocida desde hace largo tiempo, y se acostumbra a dividir en 3 términos:

- Keuper superior: margas irisadas con yeso y dolomia.
- Keuper medio: dolomias, margas, areniscas y hulla.
- Keuper inferior: margas irisadas con yeso y salgema.

Más modernamente el estudio de numerosos sondeos y los trabajos de cartografía minuciosa han permitido concretar sustancialmente la serie Keuper del Jura, la cual resume de A. Bonte (1951).

Keuper inferior. Aflora raramente en el Jura. Presenta esencialmente margas salíferas. Se reconoce por abundantes cuarzos bipiramidados rojos y grandes. En profundidad no se encuentran carniolas, aunque esto es posible en la proximidad a la superficie.

La sal que contiene es explotada por disolución en las numerosas salinas del Franco Condado. La zona propiamente salífera es compleja y se presenta halita, polihalita (yeso rojo), anhídrita, dolomia y margas de colores variados. La halita puede ser compacta, bacilar o fibrosa.

Keuper medio. Comporta de abajo a arriba dos términos esenciales:

- a) Pelitas con fragmentos vegetales o "Grès à Roseaux". En estas pelitas existen tránsitos lignitosos en varios niveles, dando localmente yacimientos explotables.
- b) "Dolomie-moellon" de unos 10 m. de potencia, considerado como nivel guía.

Existe además una intercalación de margas abigarradas con lechos de anhídrita entre las pelitas y la dolomia. Este conjunto del Keuper medio puede seguirse del Moselle a los Alpes Marítimos.

Keuper superior. Forma la mayor parte de los afloramientos del Trias del Jura. Se presenta bajo el aspecto de margas abigarradas que contienen bancos de yeso (anhídrita en profundidad) explotados localmente por las yeseras de la región. En la base, margas de color rojo vivo indican la proximidad del Keuper medio; en el techo margas abigarradas en tonos pálidos y fractura concoidea caracterizan una división superior sin yeso. El espesor total de 100 m. puede dividirse en 3 zonas:

- zona I (55-60 m). Bancos de anhídrita separados con margas rojas en general, a veces abigarradas en tonos verdes y rojos; hacia la base presenta intercalaciones de margas negras de 4-5 m de espesor. En conjunto los bancos de anhídrita parecen más espesos hacia el centro de la zona.
- zona II (20-25 m). Bancos de anhídrita alternan con bancos de dolomia. Un banco de dolomia de 2 m de espesor parece formar un nivel característico tanto en superficie como en profundidad. Existen también brechas interstratificadas y carniolas. La presencia de cuarzo bipiramidado blanco de pequeña talla caracteriza igualmente esta zona.
- zona III (20 m). Margas abigarradas de tonos pálidos y fractura

concoidea, sin anhidrita, pero a veces con pequeños bancos de dolomía. El tinte rojo en general es dominante pero los tonos están cada vez más lavados hacia el techo del Keuper. El término dolomítico interesa mucho para la cartografía de detalle y había pasado largo tiempo desapercibido. El número de bancos de dolomía es difícil de precisar, e igualmente si se tiene una dolomía arcillosa o una marga dolomítica.

En los afloramientos, no obstante, se presentan dificultades para distinguir estas zonas, especialmente por el paso de anhidrita a yeso en la zona de circulación de aguas subterráneas por la desaparición de este yeso, y por la alteración de la dolomía.

Así concebida, esta serie estratigráfica del Keuper, que podría a veces parecer monótona y difícil de analizar, puede presentarse a trabajos de cartografía detallada.

CUENCA DE AQUITANIA

C. Kmiecluck y J. Stevaux (1971) han ofrecido un interesante estudio del Trias de esta cuenca, que ha sido alcanzada por numerosos sondeos petroleros. No obstante, son muy pocas las perforaciones que han atravesado totalmente el Triásico y alcanzado el zócalo paleozoico y ello ha obligado a hacer ciertas hipótesis sobre la repartición geográfica exacta del primero.

En Aquitania el Trias es de tipo germánico y la única incursión marina se manifiesta en el Muschelkalk superior. El Keuper es claramente transgresivo sobre aquel y sobre el Buntsandstein. El episodio evaporítico principal se instala en el Keuper, y con mucha menos intensidad en el Muschelkalk y posiblemente en el Buntsandstein. A parte de esto, el Trias de Aquitania es ante todo detrítico y los aportes continentales rigen las condiciones del medio del depósito que oscila constantemente entre el lagunar sobresalado, y el laguno-lacustre o fluvial.

En el Keuper se detectan dos cuencas evaporíticas, al N y S de la zona alta Touïouse-Le Verdon (fig. 5). La principal, al S de este umbral es típicamente evaporítica y se observa de los bordes al centro precipitación sucesiva de carbonatos, sulfatos y cloruros (halita y localmente sales de K y Mg). Este esquema teórico parece perturbado por anomalías sedimentológicas en relación con la paleoestructuración subyacente del zócalo. En efecto, en tales cuencas, en los altos fondos el confinamiento del medio es menos acusado por la presencia de circulaciones superficiales que disuelven las sales, mientras que en las zonas bajas se asiste a la concentración de salmueras y a la precipitación continua de cloruros y sulfatos. Estas zonas, bajas, muy confinadas, subsisten durante todo el ciclo del Keuper y terminan por depósitos de arcillas abigarradas ricas en cuarzos bipiramídicos de neoformación, acompañadas a veces de cristales de pirita, indicadores de un medio confinado ácido y episódicamente reductor. De este modo se ha podido establecer la existencia de dos subcuencas, cuyo estudio detallado no viene ahora al caso. Por el contrario interesa citar el hallazgo de importantes coladas de ofitas interestratificadas en este Keuper (fig. 6).

En la cuenca septentrional, por el contrario se instala un régimen laguno-lacustre amenudo desalado. Los cloruros están ausentes

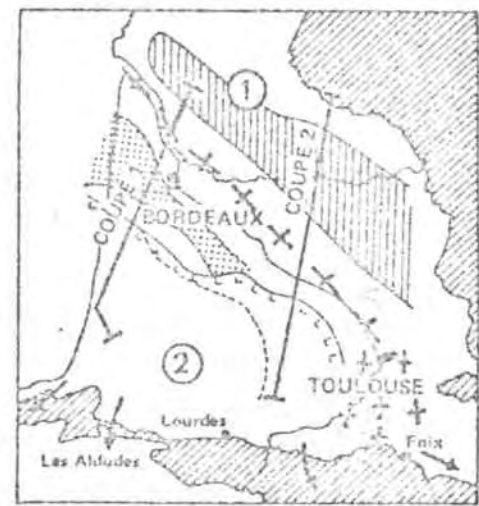
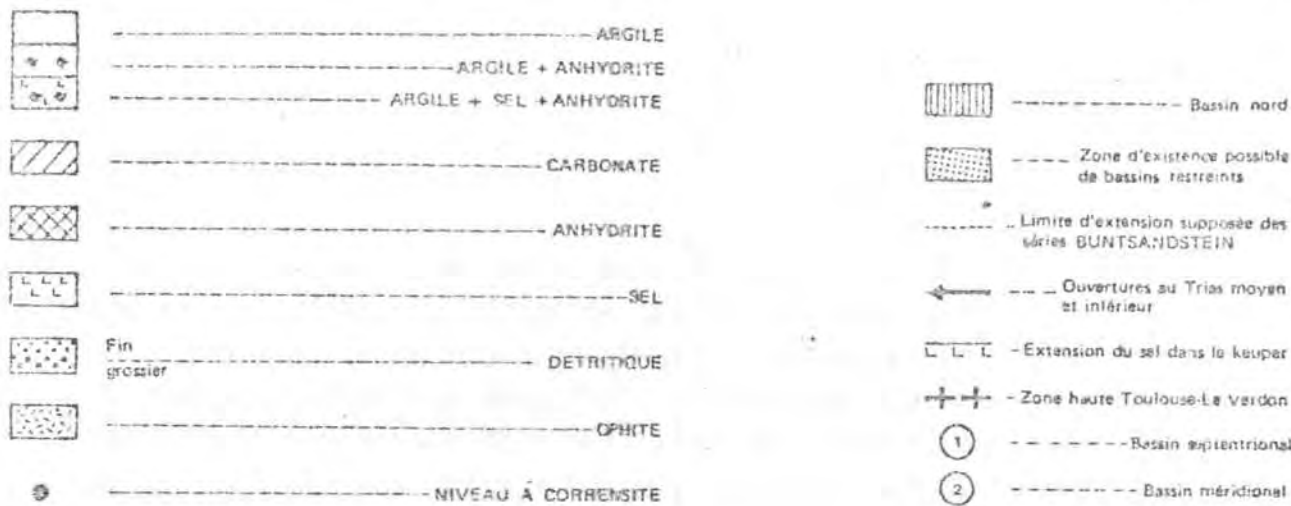
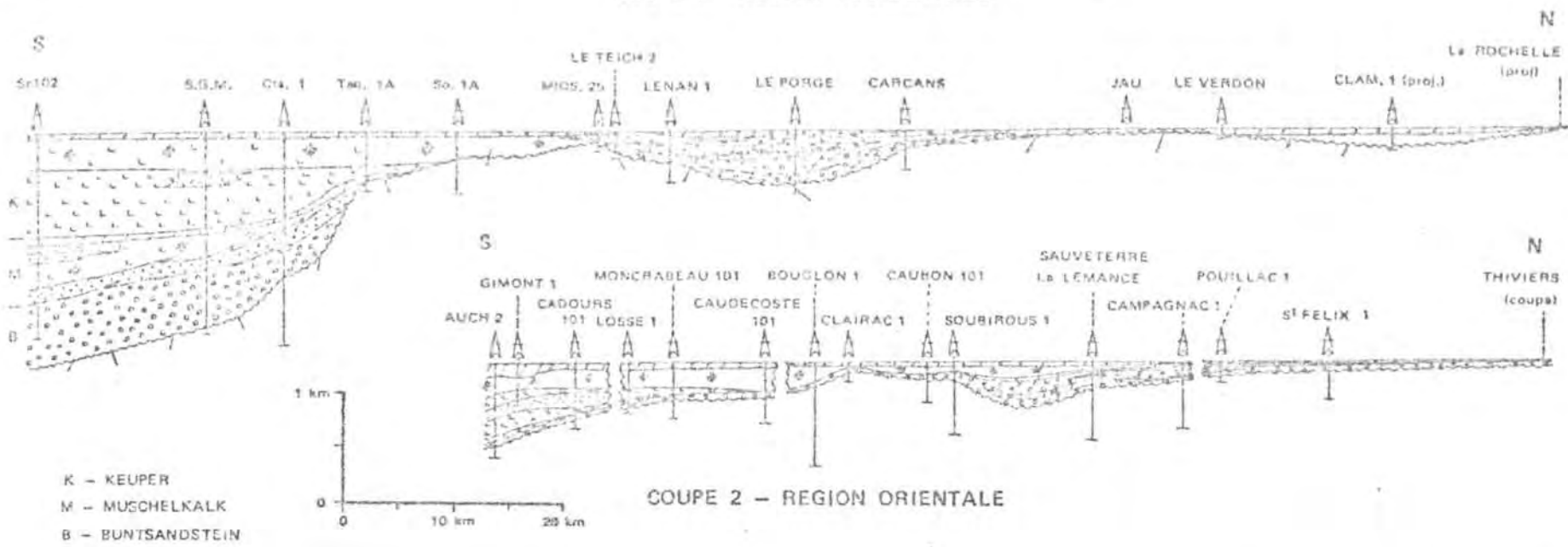


FIGURE 1

Coupes schématiques à travers le bassin triasique d'Aquitaine

Fig. 5 Cuenca triásica de Aquitania (Francia), según C. Kmiecluck-J. Stevaux, 1971.

Fig. 6 Correlación entre las unidades del Keuper de la Cuenca de Aquitania, según los mismos autores.

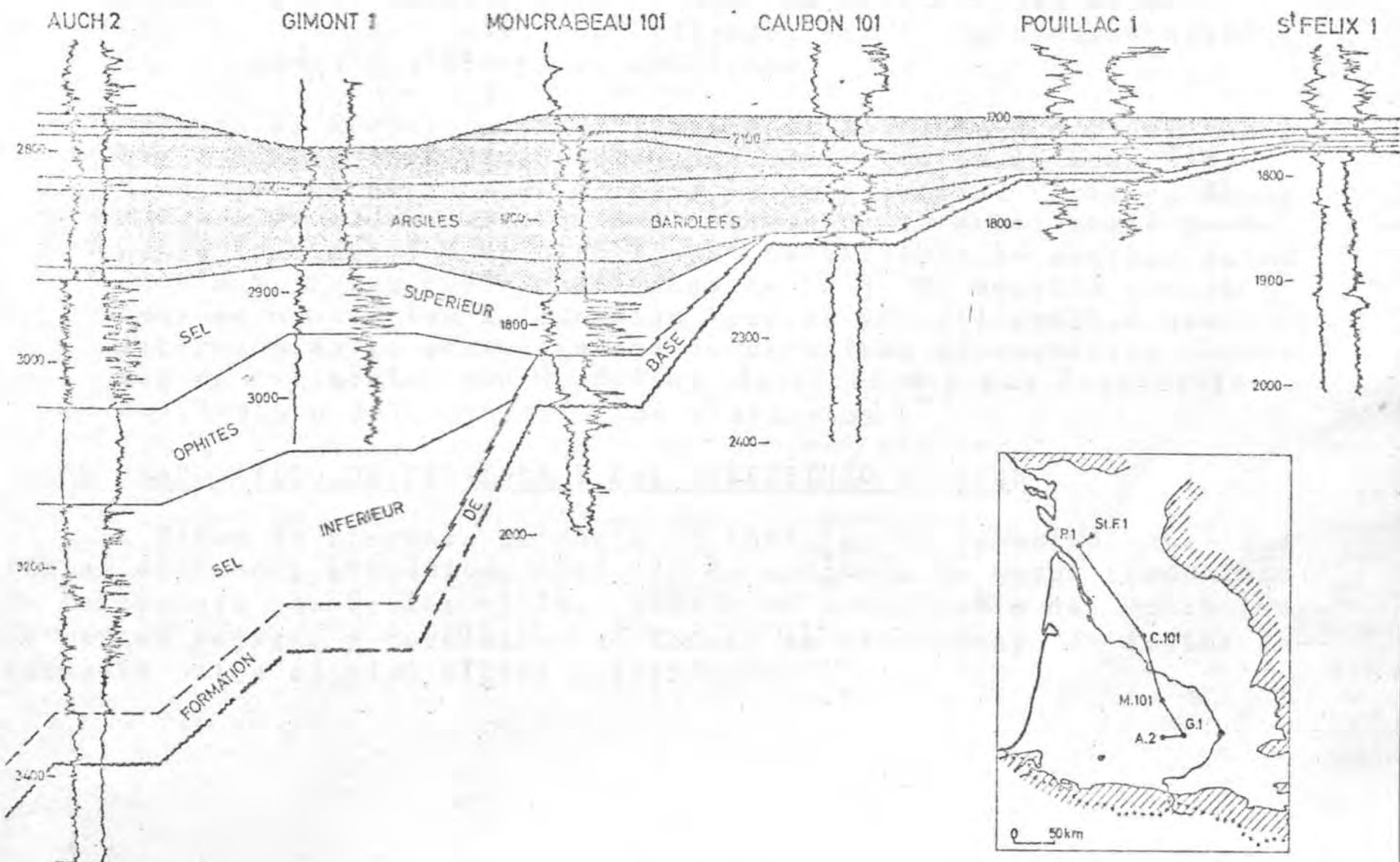


FIGURE 3

Corrélations diagráficas (γ -ray-Neutron) Keuper - Région orientale

y los sulfatos y carbonatos se depositan a lo largo de una fase de subsidencia durante el Keuper inferior. Esta sedimentación se intercala entre episodios continentales fluviales (arcillas arenosas, a veces conglomerados, calcizas arenosas, etc.).

La reconstrucción paleogeográfica y cronológica de los episodios evaporíticos en estas dos cuencas Keuper se ha hecho de este modo:

- 1) Al principio del Keuper inferior el eje alto de Toulouse está emergido y sobre sus flancos se depositan sedimentos detríticos continentales.
- 2) Tras esta fase estática y durante el Keuper inferior la cuenca meridional bascula lentamente hacia el S y se depositan en ella dolomías y margas dolomíticas bajo facies marina regresiva, mientras que en la cuenca N se interrumpe la sedimentación.
- 3) El fenómeno se acelera y la rápida subsidencia de la cuenca S produce los primeros depósitos salíferos intercalados con importantes episodios arcillosos o anhidríticos, correspondiendo todo ello a la serie salífera infra-ofítica. Una interrupción brutal de este mecanismo se traduce por la aparición de coladas ofíticas (80-160 m) y por la presencia de una nueva serie solífera supra-ofítica, mucho más cargada en bancos de sal que la inferior. La repartición y repetición rápida de los mismos indicaría una subsidencia corta pero extraordinariamente rápida. La desaparición de los depósitos salíferos francos corresponde al fin del Keuper inferior.
- 4) Durante el Keuper medio y el principio del Keuper superior la cuenca S se estabiliza por una disminución de la subsidencia, una restricción de las influencias marinas y la instalación de un régimen sedimentario lagunar de carácter regresivo (arcillas abigarradas, anhidríticas, etc.). La sedimentación en la cuenca N naciente es detrítica.
- 5) Durante el Keuper superior y hasta el Retiense - Hettangiense, las condiciones sedimentarias son idénticas en la cuenca S, mientras que en la N se acentúa la subsidencia. Hacia el final del Keuper el eje alto de Toulouse sigue la subsidencia general y funciona con un alto fondo; permitiendo la entrada en la cuenca N de las aguas confinadas de la S. En aquella cuenca pues se oponen las influencias lagunas y continentales que determinarán la sedimentación de depósitos de anhidrita masiva que se intercalan con depósitos detríticos o muy localmente calcáreas o dolo-anhidríticos y arenosos

TRIAS EVAPORITICO DE PROVENZA Y DEL PREPIRINEO FRANCES

El Trias de Provenza presenta un carácter de tránsito entre las facies alpinas y germánicas, habiendo en conjunto un mayor predominio de influencia faunística alpina. Existe un tramo medio del Muschelkalk de margas rojizas y carniolas. El Keuper es propiamente de facies intermedia entre el tipo alpino y germánico.

CARACTERÍSTICAS COMUNES DE LOS NIVELES SALIFEROS DEL TRIAS FRANCÉS
Y CONCLUSIONES SOBRE SU SEDIMENTACION.

Según J. Ricour (1960) puede establecerse como generales a todo el Trias francés las siguientes características:

- a) Mineralógicas y petrográficas.- Los volúmenes de sal son más importantes que los de sulfato cálcico. La potasa sólo se conoce en un lugar (Dax, Landes) donde forma capas poco espesas (0,88-11,5 m). En profundidad el sulfato cálcico se presenta siempre bajo forma de anhidrita. La sal gema y la anhidrita sobretodo, forman frecuentemente, en todos los niveles del Trias, nódulos o manchas de contornos difusos. Forma esta también el cemento de niveles areniscosos (Buntsandstein, o "Grès à roseaux") y a veces incluso el de ciertas dolomias oolíticas. En raros casos cristales de anhidrita o sal gema perfectamente formados están diseminados en las capas arcillosas. La sal está a menudo muy cristalizada mientras que la anhidrita es casi siempre sacaroidea. Las formas "punta de lanza" o "rosas del desierto" son totalmente desconocidas en el Trias.

Existen además filoncillos de anhidrita, yeso o sal fibrosos recorriendo la roca en todos los sentidos, que se han considerado secundarios.

- b) Estratigráficas.- Los niveles salíferos del Trias están caracterizados por su asociación con arcillas dolomíticas, dolomias (con exclusión de todo nivel calcáreo) o pizarras negras formando capas a menudo poco espesas pero repetidas muchas veces. Las capas de anhidrita y sal, aunque sean espesas, contienen casi siempre inclusiones margosas y dolomíticas, a menudo muy irregulares. J. P. Destombes (1949) ha llamado la atención sobre las asociaciones dolomia-anhidrita, con abundantes ilustraciones en su trabajo.

Los bancos de dolomias y margas dolomíticas alternan corrientemente con los niveles yesosos mientras que los bancos de sal gema contienen sobretodo pizarras arcillosas negras o gris verdosas.

La alternancia de niveles salados y rocas encajantes es del todo irregular y no corresponde en general a ningún modo de sedimentación clásica. No se ha observado estratificación cruzada, ripplex (excepto en el Muschelkalk medio), grietas de desecación, marcas de gotas de lluvia, pistas de vertebrados, etc., en los niveles salíferos.

- c) Paleontológicas.- Los fósiles, excepto pequeños fragmentos de vegetales indeterminables, son muy raros, localizados en los estériles, y no comportan más que especies muy particulares de Concostráceos, Ostrácodos y pequeños Lamelibranquies.

M. Grauvogel (1947) ha descubierto géneros como Pecten y Myophoria en el "Grès à Voltzia" de Alsacia (Buntsandstein).

Respecto a los niveles salíferos del Grupo de la Anhidrita (Muschelkalk medio), sólo los géneros Mychoria y Gervilia han sido señalados en Francia.

En el Keuper la fauna es muy pobre y en los niveles salíferos propiamente dichos sólo Estheria ha sido señalada. Por contra, en los niveles dolomíticos del Keuper medio y superior se ha citado, aunque bastante raramente Myophoria, Pleuromya, Lucina, Terebratula, Tornatella, Natica, Turnitella, Cerithium, Limulus, Perna, Corbula y Avícula.

En todos estos niveles toda búsqueda de microfauna ha sido infructuosa.

La flora de los niveles salíferos del Triás es totalmente desconocida aunque hayan sido observados frecuentes fragmentos vegetales. Es conocida la zona de Equisetum mytharum, del Keuper medio, aunque este fósil puede también existir en el Lettenkohle.

En el grupo de la Anhidrita, según M. Corroy (1928) se ha encontrado el género Diplopora.

En el Keuper medio, inmediatamente por encima de los niveles de yeso y sal gema del Keuper inferior, el nivel "Grès à roseaux" contiene una flora muy rica en individuos aunque no en especies. Los dos géneros dominantes y casi exclusivos son Pterophyllum y sobretodo Equisetum.

J. Ricour ha establecido también en el Coloquio sobre el Triás francés y sus regiones limítrofes de Montpellier (1961) las siguientes conclusiones concernientes a la paleogeografía triásica de Europa occidental:

- 1) El Triás francés aparece como un Sistema muy particular, para el estudio del cual los métodos absolutos de la cronostratigrafía no pueden ser empleados más que raramente, siendo primordial la comparación de facies.
- 2) El paisaje triásico en Europa occidental era excepcional. La ausencia de desniveles bruscos, tanto en el relieve continental como marino permitió a las facies más fugaces ("Grès à roseaux" y "Dolomie moellon", del Keuper medio) tener extensiones superiores a los 1.000 Km, pudiendo ser frecuentemente utilizadas como niveles guía útiles, guardando siempre presente la posibilidad de una similitud de facies o cambio lateral.
- 3) La noción de un depósito de una zona epicontinental larga y llana parece aceptable.
- 4) Las margas abigarradas y las del Keuper en particular, no pueden ser consideradas como continentales. En algunos puntos (Cuenca de Paris) son ampliamente transgresivas sobre el Muschelkalk.
- 5) Parece probable que el color rojo esté ligado a fenómenos de transgresión. La mayor parte de los sedimentos rojos triásicos son debidos a demoliciones de sedimentos pérmicos o renovaciones

de sedimentos continentales oxidados. La mayor parte de los terrenos triásicos se han depositado en medios francamente reductor y presentan en profundidad colores grises, verdes o negros característicos.

EL KEUPER ESPAÑOL

LA CUENCA CATALANA

El Triásico de esta cuenca ha sido ampliamente estudiado por C. Virgili (1958), quien ha realizado la primera subdivisión del Keuper basada principalmente en datos litológicos. Esta autora ha distinguido los siguientes niveles (fig. 7):

K₃ Keuper Superior - Dolomia superior.- Se trata de dolomias brechoides y cavernosas que en su parte central y superior contienen capas de brechas monogénicas y en la inferior brechas sedimentarias de intrusión. Este nivel pasa en el sector meridional de la Cuenca a una brecha liásica, sin solución de continuidad. Aunque no encontró fósiles, la citada autora supuso que podría corresponder este nivel con las capas más altas del Steinmergel-Keuper germánico y con la Hauptdolomit noriense alpina.

K₂ Keuper medio - Nivel de Myophoriopsis keuperina.- Margas calcáreas amarillentas y calizas margosas, y algunos niveles de carniola. La Myophoriopsis keuperina, demuestra la correspondencia con la base del Steinmergel-Keuper germánico.

K₁ Keuper Inferior - Margas irisadas yesíferas.- Es el nivel más potente y característico, de facies idéntica a la de Europa Occidental. En la parte central contiene intercalaciones rojizas y capas de yeso-anhidrita de potencia muy variable (de pocos cms a 20 m.). Los niveles inferiores son calcáreos y amarillentos y pasan sin solución de continuidad a las calizas con Myophoria del Muschelkalk superior.

Consiguientemente la citada autora concluye que: "Podemos adelantar que el Keuper español no corresponde a la totalidad de la serie germánica, sino únicamente a sus niveles inferiores y medio. En el Triás germánico existen niveles detríticos en la parte superior de la serie y además el límite superior queda perfectamente señalado por la presencia de niveles margosos con Avícula contorta que pertenecen al Retiense" (pág. 722).

La correlación de esta serie Keuper de los Catalánides con la alpina es totalmente imposible ya que no existe ningún jalón que la permita.

OTRAS CUENCAS TRIASICAS ESPAÑOLAS

El citado trabajo de C. Virgili (1958) contienen algunas síntesis sobre cuencas triásicas españolas (Pirineos, Cantábrica, Sistema Ibérico, Béticas, Prebética y Baleares). Los conocimientos sobre la estratigrafía del Keuper de estas cuencas han progresado poco en los años que median, y algunas referencias a las nuevas investigaciones haré a lo largo de los próximos capítulos para el caso de la Cordille

Fig. 7. Cuadro de correlación del Trias catalán con los tipos germánico y alpino (según C. Virgili, 1958)

TRIAS GERMANICO		TRIAS DE LOS CATALANIDES			TRIAS ALPINO		
Steinmergel-keuper.	KEUPER	Sup.	K3	Dolomia superior.	NORIENSE	Hauptdolomit.	
Salzkeuper.	KEUPER	Med.	K2	Nivel de Myophoriopsis keuperina.	CARNIENSE	Capas de Raib.	
LEITENKOHLE.	KEUPER	Inf.	K1	Margas abigarradas.	CORDEVOLIENSE	Capas de St. Cassian.	
Trigonodosasdolomit.	MUSCHELKALK		M3D	Nivel de Casianella.	LANGOBARDIENSE	Capas de Wengon.	
Nodosenkalk.	MUSCHELKALK	Sup.	M3C	Nivel de Protrachyceras.	FASSANIENSE	Capas de Buchenstein.	
Trochitenkalk.	MUSCHELKALK		M3B	Nivel de Daonella.	ANISIENSE	Capas de Reitzl.	
ANDYDITGRUPPE.	MUSCHELKALK	Med.	M2	Dolomia basal.	ADYRIENSE	Dolomias con Dipploporas de Lugano.	
Schaumkalk.	MUSCHELKALK		M3A	Tramo rojo intermedio.	PRE-SONIENSE	Capas de Cefalópodos.	
Wellenkalk.	MUSCHELKALK	Inf.	M1D	Dolomias con Dipploporas.	HYDASPURIENSE	Capas de Heocaro.	
Wellendolomit.	MUSCHELKALK		M1C	Calizas con fucoides.			
Voltziensandstein Rot.	BEUTSANDSTEIN	Sup.	M1B	Nivel de Paracerasites.			
Hauptbuntsandstein.	BEUTSANDSTEIN	Med.	M1A	Nivel de Menzella.			
	BEUTSANDSTEIN	Inf.	B3	Arcilla limite.	WERFENIENSE	Nivel de Campil.	
	BEUTSANDSTEIN		B2	Areniscas abigarradas.			
	BEUTSANDSTEIN		B1	Conglomerado basal.			

ra Ibérica y las Cordilleras Béticas. Algunas observaciones personales haré también del Keuper de las Baleares.

Así pues, el único estudio que podemos considerar completo sobre el Keuper de alguna cuenca triásica española, es el de la catalana. Interesa aquí resaltar que C. Virgili ha seguido el criterio francés de considerar el Keuper como equivalente al Keuper medio germánico (Gyps keuper). La correlación con el mismo que indica la fig. 7 está forzosamente muy simplificada, ya que aparte del Steinmergerkeuper y el Salzkeuper, otros niveles como el Rote Mergel, Hauptsteinmergel, Bunte Mergel y Schilfsandstein (fig.2) no pudieron ser equiparados.

El autor de este trabajo seguirá el mismo criterio de considerar al Keuper de Levante como equivalente al Keuper francés o al Keuper medio germánico, y ello no porque haya tenido ocasión de ocuparme y resolver los problemas de la base (Muschelkalk) y techo (Carniolias) del mismo, sino porque la litostratigrafía se adapta bastante bien a la del Keuper francés tipo de la cuenca de Lorena, y por consiguiente al Keuper medio germánico, como veremos en el capítulo 3.

CAPITULO 2

Problema Estratigráficos Planteados en
el Triásico de Levante

El estudio del Triásico de las Cordilleras Béticas ha dado lugar históricamente a importantes contradicciones. En realidad son varios los problemas que se han planteado, extensibles también a la Cordillera Ibérica:

- 1) Confusión Buntsandstein (Werfeniense) - Keuper
- 2) Existencia y datación del Muschelkalk
- 3) Datación de las dolomias y carniolas superiores al Keuper, e inferiores al Lias datado paleontológicamente: "Carniolas - Supra keuper - Infralías".
- 4) Confusión Muschelkalk - "Suprakeuper"

De ellos parece ser que los tres últimas están relativamente aclaradas en la actualidad aunque todavía quedan muchas dudas de carácter local. Por el contrario el primero continúa planteando contradicciones esenciales entre los autores que en los últimos años se han ocupado de él, y por ello va a merecer la máxima atención en este trabajo.

LA CONTROVERSIA BUNTSANDSTEIN (WERFENIENSE) - KEUPER

Los primeros autores que estudiaron el Triás del dominio subbético señalaron en él calizas y dolomias del Muschelkalk, y margas rojas y verdes con potentes masas de yeso, que las referían siempre al Keuper. El Werfeniense estaba señalado únicamente en algunos puntos de la provincia de Alicante, en la base de la serie inferior de la Sierra de Mallorca, y en Menorca, aparte de las regiones externas con relación a la zona subbética, que pertenecen ya al borde de la Meseta o a la costa catalana.

LAS APORTACIONES DE J. CISNEROS

Algunas precisiones de gran interés para el estudio de la serie Triásica fueron hechas por J. Cisneros a lo largo de sus años de investigación (principalmente 1912 y 1917). Este autor atribuyó al Triásico superior (Keuper y "Raibliense") los afloramientos de gran parte de las provincias de Alicante y Murcia. El Raibliense se consideraba equivalente a la base del Carniense alpino.

J. Cisneros encontró la mayor extensión y potencia de este Triásico en Caravaca (Murcia), donde dedujo la siguiente serie, de arriba a abajo:

- 1) Calizas grises oscuras
- 2) Calizas azuladas verdosas en gruesas bancadas

- 3) Calizas tabulares grises, con ligero lustre resinoso en la fractura fresca (alguna vez fosilíferas)
- 4) Areniscas pardas micáceas y calizas dolomíticas alteradas
- 5) Areniscas verdes micáceas sobre o alternando con las rojas
- 6) Margas amarillentas con abundancia de cristales de pirita
- 7) Margas irisadas con abundancia de yeso en la base, pasando localmente a "alabastrites y yesos niviformes"
- 8) Margas irisadas y yesos grises, en cuya base se encuentran lignitos (Kohlen-Keuper)

Admitió este autor que en ciertos lugares de Murcia entre el Keuper y el Raibliense se superaban los 300 m, y para la provincia de Alicante los espesores eran del orden de 400 m. En esta última solamente en un lugar dió como probable el Muschelkalk (Espejeras-Establimento).

J. Cisneros hizo especiales referencias a ciertos afloramientos de la provincia de Alicante: Negret-Mosquito, Establimento, Serreta Negra, Espejeras, camino del Pantano, etc. En los niveles calcáreos de los mismos, pertenecientes a la parte alta de la serie, hizo hallazgos paleontológicos de formas parecidas a las de Muschelkalk, que atribuyó no obstante al Triásico superior. Resumió sus observaciones sobre este Triásico diciendo que presenta materiales que recuerda a todos los del Sistema: arenisca roja y morada, caliza dolomítica, margas irisadas y finas, y finalmente calizas negras o amarillentas que pasan a mármoles venosos en la parte superior. Las areniscas parecen ser originales de lugares poco profundos, aunque las calizas marmóreas corresponden a depósitos profundos.

LAS INNOVACIONES DE M. SCHMIDT

M. Schmidt (1929, 1931, 1935, 1937) modificó profundamente la estratigrafía del Triásico. Este autor distinguió tanto en Baleares como en Mora de Ebro, Cataluña o en el dominio subbético, una serie constituida por:

- en la base un Werfeniense tal como se definía anteriormente a él, formado por arenisca abigarrada con Equisetum, pero que admite en su parte terminal margas rojas y verdes con yeso, siempre sin carniolas, atribuidas al Keuper hasta entonces
- encima 40 m de calizas cortadas en su centro por un nivel de Mentzelia Mentzeli. La parte superior de este conjunto representaría el Anisiense superior y ofrece el tipo conocido de calizas de Muschelkalk con fucoides.
- al Ladiniense correspondería un conjunto de calizas tableadas, donde se encuentra Daonella cf. franconica y Protrachyceras en Menorca, y en Mallorca la capa de Daonella de Lluch. Este nivel está caracterizado en Aragón por Myophoria Goldfussi y por Placunopsis teruelensis WURM, sobre todo.

La serie se continuá con alternancia de calizas tableadas y dolomias

- al Keuper corresponden margas abigarradas con yesos, mucho menos potentes que los del Werfeniense, y cuya atribución no es segura en los afloramientos aislados más que cuando están acompañadas por carniolas (referidas al Suprakeuper).

M. Schmidt estudió sobre todo los afloramientos subbéticos de Es-

tablimento, Negret-Mosquito, Caravaca y Cehegón, y reconoció en ellos el Muschelkalk frecuentemente situado en el núcleo de los afloramientos triásicos con yesos, lo cual interpretó, al estar en aparente contradicción estructural con la atribución que él había hecho de aquellos al Werfeniense, como fenómenos de hundimiento de las calizas en los yesos, al presentar éstos cavernas internas de disolución.

LOS ESTUDIOS DE R. BRINKMANN

Por su parte, Brinkmann (1931) siguió el punto de vista clásico al estudiar el Triás de Valencia y no citó el Werfeniense en la parte S de la misma, atribuyendo al Keuper todos los afloramientos de margas irisadas y yesos. Este autor reconoció además bancos delgados intercalados de arenisca blanda, roja, de grano fino y grosor medio, así como los depósitos de cloruro sódico repartidos en estos afloramientos, explotados por evaporación en diversas localidades. Supuso un espesor mínimo de 200 m para el Keuper y observó la relativamente rara presencia de ofitas en Valencia. Brinkmann siguió la denominación de carniolas (no carniolas) para las dolomías cavernosas y las calizas granulo-cristalinas en bancos de 30-40 m de potencia, que encontró en aquella provincia.

La existencia de facies detríticas en el Keuper citadas por Brinkmann y reconocidas también por Schroeder (1930) y Ashauer-Teichmüller (1935) han sido, no obstante, puestas en duda posteriormente por C. Virgili (1958).

Posteriormente Brinkmann (en Brinkmann-Gallwitz, 1933) insistió en sus mismos puntos de vista al estudiar el borde bético externo de las cadenas béticas, concretando que entre Hellín y el Mar Mediterráneo el "Triás inferior no aflora por ninguna parte... pero debe suponerse que existe sin duda alguna con el substrato y con un espesor no despreciable... Las margas irisadas yesíferas del Keuper, en las que de vez en cuando se intercalan ofitas forman el tramo estratigráfico más antiguo".

Los autores que posteriormente a Brinkmann han estudiado el Triásico de la Ibérica han atribuido al Keuper las "arcillas y margas de colores abigarrados, yesíferas, con jacintos de Compostela, con aragnitos en Molina, teruelitas y gran cantidad de sales solubles" como nos describe por ejemplo O. Riba (1958) en su estudio de la Sierra de Albarracín.

LAS OBSERVACIONES DE P. FALLOT

Los trabajos de P. Fallot sobre Geología ibérica fueron importantes para el conocimiento de nuestro Triásico. En 1931 y 1945 publicó este autor sus principales contribuciones a este respecto, y de la lectura de las mismas se deduce que aceptó las innovaciones introducidas por M. Schmidt en la estratigrafía de aquel Sistema, por motivos principalmente estructurales, a fin de explicar anomalías que no parecían resolverse con la atribución sistemática al Keuper de las masas arcillo-yesosas triásicas. Sin embargo, este autor mismo ya advirtió que la modificación de M. Schmidt no podía generalizarse totalmente, ya que resultaba válida sólo para determinados casos. P. Fallot no aportó

pruebas estratigráficas o paleontológicas en favor o en contra de la tesis de M. Schmidt, aunque con frecuencia atribuyó a la complejidad tectónica algunas anomalías estructurales que el autor alemán encontraba en oposición a sus ideas, y que ya he citado.

P. Fallot siguió, igual que M. Schmidt, el criterio de atribuir al Keuper las margas abigarradas con yeso sólo cuando están acompañadas de carniolas, siendo siempre aquellas muy inferiores en potencia a las que el geólogo alemán había atribuido al Werfeniense.

En las regiones subbéticas peninsulares más orientales estudiadas por P. Fallot (1931), distinguió este autor el Triás de Sierra de Espuña (Murcia) como el más completo. La serie comportaba allí conglomerados cuarzosos en la base y después una potente masa de arenas viñosas, en donde localmente aparecen areniscas abigarradas y lentejones de yesos parecidos a los del Triás citrabético, pero con menos extensión y esporádica repartición. Todo este conjunto, fue atribuido al Roth, aunque el yeso se hace mucho más potente cerca de Vélez Rubio, donde es explotado.

A estas capas que indican influencias continentales siguen margocalizas con fucoïdes y dolomias azules de Muschelkalk. Finalmente en Sierra Espuña entre las dolomias azules y las calizas y dolomias claras de la base del Lias se intercalan margas verdes que admiten yesos blancos, que P. Fallot asignó al Keuper por su posición concordante y tranquila. Citó, incluso, al S de España, un banco de estas margas verdes amasado de Bivalvos indeterminables. Este nivel de margas claras y yeso blanco no lo reconoció en ningún otro lugar. Esta misma unidad aparece al W, entre Vélez Rubio y Chirivel, pero sin estar asociada a Carniolas.

Finalmente para la región comprendida entre Orihuela y el cabo de La Nao admitió que predominaba el Keuper germánico, y esta consideración ha caído desgraciadamente en el olvido, por parte de los autores posteriores.

El corte de Sierra Espuña que acabo de transcribir, no corresponde exactamente con el sintetizado en el Cuadro de Trias (zonas prebética y subbética), incluido en la publicación de 1945, donde nuevos elementos parecen jugar en la confección del mismo.

Respecto al Triás citrabético de tipo germánico, con potentes masas de yeso, atribuido ya al Keuper por Blumenthal, P. Fallot (1931) planteó la posibilidad de asignarlo al Werfeniense, pero sin aportar para ello criterio alguno. Posteriormente (1945) aclaró que este Triás debía asimilarse propiamente al tipo subbético.

Basándose en estas deducciones de Schmidt y Fallot para el dominio subbético, algunos autores, como Gignoux (1960) han propuesto para este Triás la denominación de "tipo brianconés", ya que también en la región del Briançonnais se desarrolla un Triás de tipo intermedio entre el germánico y el alpino, que comporta margas abigarradas, carniolas y yesos inferiormente al Muschelkalk, existiendo igualmente un Keuper muy reducido.

LOS ESTUDIOS DE DARDER PERICÁS

Darder Pericás (1945) se planteó la oposición ya establecido en la atribución de las arcillas irisadas. En su zona de estudio (S de la provincia de Valencia y N de la de Alicante), aparte de las calizas y dolomías del Muschelkalk encontró una dominancia de arcillas irisadas con su cortejo de yesos, cuarzo hematoides y a veces sal común. La posición de estos respecto a aquellos variaba contradictoriamente según los afloramientos: en La Canal de Navarrés situó las arcillas claramente sobre las calizas, pero observó lo contrario en otros muchos afloramientos (Potrías, Fuente Encarroz, Ebo, etc.) Igual ocurría en Concentaina, Gata, Callosa de Ensarriá y Vallada, por lo que Darder Pericás asignó finalmente al Werfeniense la mayor parte de las arcillas irisadas con yesos, especialmente las manchas de Navarrés, Manuel, Vallada, Ebo, Potrías y Callosa y sintetizó sus resultados diciendo que en su zona de estudio "faltan las areniscas abigarradas, bien por no aflorar o bien, mucho más probable, por presentar todo el Werfeniense facies lagunar con sus yesos y arcillas irisadas. El Werfeniense superior, desde luego, parece lagunar. El Muschelkalk está representado en sus dos tramos: Virgloriense... y Ladiniense... El Keuper está formado probablemente por nuevas arcillas irisadas con yeso, con más carniolas que las del Werfeniense, y su nivel superior por dolomías compactas en grandes bancos (carniolas, según Brinkmann)".

Pero, a continuación añadía: "No he creído conveniente la delimitación de estos tramos en el mapa geológico que acompaña el presente trabajo, a causa de la inseguridad que, hoy por hoy, ofrece la diferenciación de las arcillas con yesos del Werfeniense de las del Keuper; creo preciso un estudio monográfico del Trias y sólo después, atendiendo al conjunto de elementos de diagnóstico, tales como la composición petrográfica, estratigrafía de los asomos triásicos y previo estudio de las rocas eruptivas y de la tectónica, será posible delimitar, con ciertas probabilidades de acierto, los diferentes tramos que he señalado como constitutivos del Trias en la zona sur de Valencia y norte de Alicante.

Estas dudas, vienen, fundamentalmente, de haber contado solamente con argumentos estructurales para la asignación al Werfeniense de las arcillas irisadas, en una zona caracterizada por una complejidad tectónica creadora incluso de mantos de corrimientos.

Darder incluyó un cuadro comparativo del Triásico según diferentes autores e hizo de él algunas observaciones. Según ellas atribuía el Trias de su zona de estudio al tipo citrabético. Refiere también que el Werfeniense continental con predominancia de areniscas abigarradas, con poco yeso y escasas arcillas irisadas domina más al N de la misma provincia de Valencia, en Cataluña, Guadalajara, Menorca, Mallorca, y en la zona de estudio predomina la facies lagunar, como en toda la zona subbética. En el Trias del centro de Alicante, finalmente apenas unas decenas de kilómetros más al S de su zona de estudio aparece ya una intercalación marina dentro de las arcillas irisadas, según habían hecho notar J. Cisneros y M. Schmidt en las proximidades a Agost.

LAS CONTRADICCIONES DE LAS HOJAS GEOLOGICAS 1 : 50.000 EN LA REGION LIMITROFE ENTRE ALICANTE Y MURCIA

Las innovaciones estratigráficas introducidas por Schmidt en el Triásico subbético han influido de un modo desigual en los diferentes autores de las Hojas geológicas a escala 1 : 50.000 próximas a los afloramientos que aquel geólogo estudió, ofreciendo el conjunto de las mismas un panorama incoherente en lo que a Triásico respecta, y que precisa urgente revisión. Me estoy refiriendo ahora concretamente a la amplia zona rectangular integrada por las Hojas de Ontur, Yecla, Castalla, Jumilla, Pinoso, Elda, Cieza, Fortuna, Elche, Mula, Orihuela y Guardamar, aparte de la de Alicante. Los afloramientos triásicos son muy numerosas en esta región, pero desaparecen por el N de la misma en las Hojas de Candete y Onteniente, mientras que por el S pasan en las de Orihuela y Guardamar al Triásico de tipo alpino. Por el E sólo puedo citar la Hoja de Alicante ya que la de Villajoyosa no ha sido todavía editada. Por el O, finalmente, los afloramientos triásicos se extienden ampliamente hacia el interior.

En esta zona la asignación de los afloramientos triásicos para cada Hoja se ha hecho, como podremos ver, de un modo global ya sea al Keuper, ya sea al Buntsandstein-Muschelkalk, pero nunca conjuntamente a todos ellos, como podría esperarse.

En la Hoja de Alicante (1946) se admitió como Keuper el único (pero importante) afloramiento triásico de la misma (Monnegre). Sin embargo en la contigua de Elda (1950), todos los afloramientos se atribuyen, tanto en la cartografía como en los cortes, al Triásico inferior. En la Memoria, aunque se cita que M. Schmidt diferenció el Keuper en las manchas que estudió (Negret-Mosquito, Espejeras-Establimento) no se señalan los materiales del mismo a lo largo de todas las descripciones locales.

Algo parecido ocurre en la Hoja de Elche, al S de la anterior, donde los afloramientos se atribuyen en la cartografía al Triásico, y en los cortes al Triásico inferior, pero en las descripciones locales no se cita de presencia del Keuper, aunque son muy frecuentes las referencias al Buntsandstein y Muschelkalk. Todo ello es igualmente válido para la Hoja de Fortuna (1953), situada al O de aquella.

Por otra parte, sin embargo, todos los afloramientos triásicos de la Hoja de Castalla (1957), algunos de los cuales son la prolongación de los de la Hoja de Elche, situada al S de aquella, se admiten como Keuper, e igual ocurre con los situados al O de la primera, en las Hojas de Yecla (1958) y Ontur (1961).

Otra importante contradicción existe en la parte occidental de la citada región: en la Hoja de Mula se atribuye al Keuper todas las manchas triásicas, mientras que éste no es reconocido en la contigua al NE, la de Fortuna (1953) (como ya he dicho), y en la inmediata al N, la de Cieza (1953), cuyos afloramientos triásicos son precisamente continuación de los de Mula, se dan estos como Triásicos (indiferenciado) tanto en la cartografía como en los cortes, y no se cita el Keuper en las descripciones locales aunque sí frecuentemente el Buntsandstein y Muschelkalk. Finalmente, en la Hoja de Jumilla (1961), al N de la de Cieza, se vuelven a cartografiar los afloramientos triásicos como Keuper, aunque se admite que puedan corresponder a intervalos muchos mayores que abarquen el Buntsandstein medio.

Posteriormente (1966) en el Mapa Geológico de la Provincia de Murcia, editado por el I.G.M.E. se hace una distinción en el Triásico de facies germánica, entre el clásico Sistema compuesto por Keuper (arcillas abigarradas y yesos), Muschelkalk (dolomías y margas tableadas) y Permo-Buntsandstein (arcillas, areniscas) por un lado, y entre una facies Keuper (arcillas abigarradas y yesos) por otra. Como pertenecientes a esta última modalidad se cartografiaban todos los afloramientos triásicos de tipo germánico de la zona a que me he referido, excepto los domos de Yecla, el cabezo de la Rosa, Jumilla, Ontur, etc., que se cartografiaban concretamente como Keuper.

Esta abritución de los primeros afloramientos a un Triásico indiferenciado de facies Keuper viene a conciliar las contradicciones anteriormente puestas de manifiesto en las Hojas 1 : 50.000 citadas, aunque no aclara nada sobre la dualidad Keuper-Buntsandstein.

Este rápido panorama, que será más detallado en los capítulos de Geología regional, permite hacerse una idea de la confusión que existe respecto al Triásico de tipo germánico en el área limítrofe entre Alicante y Murcia.

LAS RECTIFICACIONES DE DUPUY DE LOME

Finalmente, cabe citar la repercusión de esta controversia Buntsandstein-Keuper en la Cordillera Ibérica. Ya he indicado que Brinkmann (1931, 1933) no tomó en consideración las innovaciones de Schmidt y dató como Keuper las arcillas irisadas y yesos triásicos de Valencia y del borde externo de las Cadenas Béticas, Parecía pues que la confusión no había llegado a la región valenciana, y de hecho, los autores que posteriormente se ocuparon de ella siguieron los mismos criterios. Sin embargo, en los últimos años Dupuy de Lome ha planteado allí la cuestión a lo largo de sus años de confección de Hojas Geológicas 1 : 50.000 de Levante, aunque como veremos, de modo radicalmente opuesto al del geólogo alemán.

En efecto, a esta conclusión se llega tras la lectura y observación detenida de las Memorias y cartografías de estas Hojas. Un fenómeno muy curioso ha ocurrido: existen dos etapas bien diferenciadas en la evolución del pensamiento de Dupuy de Lome respecto al Triásico de Levante: la anterior y la posterior a 1959. Los afloramientos con arcillas irisadas, areniscas y yesos triásicos estudiados durante la primera etapa (por llamarla de algún modo) fueron atribuidos y cartografiados como Keuper, considerando erróneas las posibles asignaciones al Buntsandstein existentes anteriormente para determinados puntos. En la segunda etapa buena parte de dichos afloramientos y los nuevos estudiados fueron asignados al Buntsandstein. El Mapa Geológico de la Provincia de Valencia (1968) permite comprobar este hecho en los afloramientos de Cofrentes, Navarrés, Turis, Llombay, Gestalgar y Villagordo del Cabriel. A su vez en esta segunda etapa ha habido importantes rectificaciones respecto al Suprakeuper, ya que parte de las manchas a él asignadas en la primera han sido posteriormente datadas como Muschelkalk.

Parece ser que este cambio de orientación se debió a los reconocimientos de Muschelkalk indudable realizados en las Hojas de Liria (1958) y posteriormente en las de Montealegre del Castillo, Sagunto y Jalance, entre 1959 y 1960, aunque las primeras dudas se mostraron ya

en la Hoja de Alcira (1957), Las dataciones de Muschelkalk realizadas en las Hojas estudiadas durante la primera etapa habían sido siempre inciertas. Por ello muy posiblemente los nuevos hallazgos hicieron pensar en la existencia de un Buntsandstein asociado en los núcleos de los amplios pliegues diapíricos triásicos (Jalance, Navarrés, Gestalgar-Bugarra, Villagordo). Ello unido a las antiguas atribuciones a aquel piso de ciertos afloramientos (Montealegre del Castillo-Alpera, por los autores de la Hoja de Alpera, 1929; S de Valencia y N de Alicante, por Darder Pericás 1945, etc.) ocasionaron las rectificaciones.

Aunque en los capítulos de Geología regional trataré más detenidamente de todo esto, deseo anticipar que existe bastante arbitrariedad en las nuevas asignaciones al Buntsandstein, tanto por los afloramientos modificados, como por la parte misma modificada dentro de cada uno de ellos. Se da además el hecho curioso de que a pesar de las rectificaciones, en las Hojas de la segunda etapa se siguen admitiendo los mismos niveles para el Keuper, que se describían en la primera etapa.

Así pues, el estudio regional de Dupuy de Lome, posiblemente el más extenso y sistemático de los citados hasta aquí, ha llevado la profunda confusión Keuper-Buntsandstein a la región valenciana, y ha planteado en menor grado la problemática Muschelkalk-Suprakeuper. De todos modos resulta esperanzador el hecho de que este autor no ha apoyado las atribuciones al Buntsandstein con datos paleontológicos, como fue el caso para M. Schmidt.

El autor de este trabajo desea finalmente adelantar que sus opiniones abren una nueva pugna en este tema, ya que como se verá, atribuyó al Keuper todos los afloramientos de arcillas irisadas o abigarradas y yesos atribuidos al Werfeniense por Schmidt en los alrededores de Agost (Alicante), por Darder Pericás en el S de la provincia de Valencia y N de la de Alicante, y los "reatribuidos" al Buntsandstein por Dupuy de Lome en la región valenciana.

EL PROBLEMA DEL LIMITE SUPERIOR DEL TRIASICO

Tanto en las Cordilleras Béticas como en la Ibérica se presentan superiormente a los materiales arcilloso-yesíferos del Keuper, y concordantes con ellos, bancos de dolomias y calizas dolomíticas en ocasiones cavernosas (carniolas) que pueden presentar espesores muy variables según los lugares, y que han sido tradicionalmente consideradas como una unidad litostratigráfica particular. Los autores germánicos han utilizado para ellas la denominación de "Suprakeuper" y los franceses la de "Infralias", términos ambos impropios ya que ninguno de los dos tiene una existencia cronostratigráfica real o definida. También han sido referidos estos bancos como "Carñiolas", "Carniolas", o simplemente "carniolas", con un sentido puramente litostratigráfico menos comprometido.

El problema principal consiste, como se sabe, en la ausencia de fósiles en estos materiales. No obstante, no han faltado en la literatura sobre el tema las citas de algunos restos mal conservados, referidos en general al género Myophoria, como ya veremos en el capítulo de observaciones paleontológicas. De hecho en algún dominio sedimen-

lario español han podido ser datados como retiensenses sin género de dudas. Pero en la Ibérica y en el sector subbáltico, en general, las Carniolas hacen un tránsito gradual a un Liásico bien datable por fósiles, sin que pueda precisarse más sobre su posición estratigráfica exacta.

Esta cuestión parece de difícil solución y merecería estudios muy específicos y cuyos resultados, no obstante, pueden preverse como poco fructíferos, a juzgar por la experiencia acumulada por tantos autores que han hecho observaciones en este sentido. Tales carniolas pueden integrarse en el Triásico o en el Liásico, según se prefiera, o según se atiende a criterios litológicos o estructurales, mientras no aparezcan las pruebas paleontológicas convenientes.

El autor de este trabajo, no puede aportar nada nuevo sobre este particular. Los intentos que he realizado para encontrar fósiles han resultado siempre estériles. He reconocido estas dolomías (solo ocasionalmente carniolesas) siempre, o casi siempre, incluidas en los afloramientos del Keuper, y particularmente descansando sobre los potentes bancos superiores de yeso, y desde luego despegadas de la serie jurásica. Pero creo por otro lado, que las investigaciones que se realicen en este sentido, al menos en la zona de este estudio, parecen más aptas para ser abordadas por especialistas de Jurásico que de Triásico.

Además, en Levante, en los afloramientos Keuper que incluyen tales materiales, la distinción entre ellos y las láminas de Muschelkalk, tan frecuentemente inyectados y flotando sobre las arcillas y yesos, resulta ardua, debido por un lado al carácter limpiamente dolomítico de las Carniolas, y por otro a la frecuente ausencia de fósiles en los paquetes de Muschelkalk. No obstante debo decir, que creo sinceramente que la estratigrafía del Keuper que se propondrá en este trabajo ayudará muy frecuentemente en la resolución de este problema en los principales afloramientos triásicos, como se verá en los capítulos de Geología regional, pero renuncio a hacer un estudio bibliográfico lo suficientemente amplio sobre esta cuestión.

CAPITULO 3

División del Keuper de Levante en

Unidades Litostratigráficas

Este capítulo no podría ser iniciado sin una aclaración previa del significado que se dará a algunos términos de uso corriente en Estratigrafía relacionados con el tema que me ocupa:

"Keuper".- En este trabajo se mantiene el sentido cronostratigráfico original de piso para este término, designando así el tipo germánico del Triásico superior, cuyos límites han sido precisados en el capítulo anterior. En realidad este criterio no puede mantenerse de un modo estricto, ya que en general, en la mayor parte de las cuencas triásicas españolas el techo no está bien definido cronológicamente, y respecto a la base, hay que decir que la equivalencia del Muschelkalk de muchas cuencas ibéricas con el correspondiente piso germánico tampoco siempre puede establecerse con exactitud.

No obstante y con un sentido práctico del problema, creo sinceramente que es muy útil mantener el uso del término Keuper, en el sentido, y con las limitaciones precisadas.

"Facies Keuper".- Este doble término ha sido tradicionalmente usado como facies con referencia cronostratigráfica para designar los sedimentos que nos ocupan, desprovistos casi totalmente de fósiles. El hecho de que este conjunto evaporítico haya sido en España muy poco conocido justifica perfectamente el uso de tal denominación. No obstante, deseo insistir desde ahora en que en el futuro debe evitarse esta terminología, al menos para referirse al Levante español, ya que como se verá los materiales que componen el mismo forman una unidad litostratigráfica que no admite el tratamiento de "facies", más que en sentidos meramente descriptivos o interpretativos para designar partes de la misma, pero nunca la totalidad. Así, en un sentido litológico podrá hablarse de facies detrítica, facies salífera, o bien en un sentido interpretativo ambiental, de facies lagoonal, facies continental, etc.

"Facies germánica, facies alpina".- Estas terminologías clásicas han sido ampliamente usadas en sentidos litológicos y deposicionales, para referir la analogía de los materiales de una determinada cuenca Keuper, con los bien conocidos germánicos o alpinos del Triásico superior. Podrían sin embargo ser sustituidos por los más apropiados de "tipo germánico" y "tipo alpino"

El Keuper de Levante como unidad litostratigráfica. - El conjunto de los materiales del Keuper de Levante puede considerarse como una unidad litostratigráfica bien definida, accesible al estudio, de extensión geográfica amplia, y cartografía posible a diferentes escalas incluida la 1 : 25.000, e importancia económica considerable. La falta de datos paleontológicos suficientes impide por el momento, como se ha dicho, una acotación cronostatigráfica precisa, especialmente en su límite superior.

Existen dentro de este conjunto cinco subunidades que se diferencian claramente por aspectos litológicos, genéticos y cartográficos. Los tránsitos entre ellas pueden ser bruscos o bien graduales, y aún entonces son perfectamente individualizables en el centro de la cuenca. La mayoría de estas subunidades persisten a lo largo de la zona de estudio, aunque alguna de ellas puede presentar dificultades de distinción o bien sensibles cambios laterales hacia los bordes de cuenca. Puede no obstante establecerse áreas tipo y cortes tipo, más o menos detallados de todos ellos. En determinados casos es posible incluso, el uso de niveles guía dentro de estas subunidades.

Por todo ello considero conveniente asignar la categoría de "Grupo" al conjunto sedimentario de Keuper de Levante, y la de "Formación" a sus cinco subunidades. Para denominación de aquel propongo la de "Grupo Valencia" por ser esta provincia la que permite mejor su estudio y ofrecer los más amplios afloramientos. Para la denominación de las Formaciones, siguiendo en lo posible las normas de nomenclatura litostratigráfica, propongo las siguientes, citadas de moderna a antigua:

- Formación "Yesos de Ayora" (K₅)
- Formación "Arcillas yesíferas de Quesa" (K₄)
- Formación "Arcillas de Cofrentes" (K₃)
- Formación "Areniscas de Manuel" (K₂)
- Formación "Arcillas y yesos de Jarafuel" (K₁)

El término litológico de las anteriores denominaciones tiene carácter de componente prácticamente exclusivo en los "Yesos de Ayora" y las "Arcillas de Cofrentes", y de componente dominante en las "Areniscas de Manuel". Quizá parezca preferible reducir las denominaciones "Arcillas yesíferas de Quesa" y "Arcillas y yesos de Jarafuel", pero entonces se caería en la repetición de un mismo y único término litológico para dos formaciones distintas, y por otro lado estas denominaciones compuestas reflejan fielmente los caracteres litológicos dominantes de sus respectivas formaciones.

Todos los términos geográficos, a su vez, corresponden a localidades de la provincia de Valencia a fin de restringir el área geográfica tipo para el grupo. No obstante hubiera podido elegirse muy bien localidades de las provincias de Alicante, Murcia, Cuenca o Teruel para términos geográficos.

La asignación de los índices K₁, K₂, K₃, K₄ y K₅ la considero de gran utilidad práctica, a fin de no repetir frecuentemente en el texto o en los gráficos la nomenclatura completa. Así se utilizará por ejemplo, "Formación K₂" con el mismo sentido que "Areniscas de Manuel", aunque se evitará el hablar independientemente de "K₂", excepto en algunos cortes.

Las sinonimias y los antecedentes históricos de estas formaciones

son muy escasos e imprecisos, ya que las clásicas denominaciones de "arcillas abigarradas", "margas variscólicas", o "yesos del Keuper" no se han usado de ningún modo particular para el Keuper de Levante, sino para el de España en general. Por ello no creo posible hacer un estudio en este sentido para cada una de las formaciones que he propuesto.

Precisiones sobre la edad de cada formación son, por el momento, totalmente imposibles.

Como es natural, dentro de cada Formación existen irregularidades locales, cambios laterales, etc, sin que en general ello las afecten esencialmente. Por otro lado, como se desprenderá del capítulo siguiente, existe una dificultad sistemática para la medición en campo de las potencias de las formaciones a causa de los frecuentes pliegues y las fracturas, lo que sumado a la gran plasticidad de los materiales imposibilita el conocimiento exacto de los espesores originales, los cuales han sido estimados, especialmente para las Formaciones K₄ y K₁.

División en "tramos". - La división litostratigráfica propuesta facilitará sin duda futuros estudios geológicos del Keuper de Levante. No obstante, como hubo ocasión de ver en el capítulo 1, en algunas cuencas de Europa occidental se utiliza una división del Keuper en tres unidades o tramos: superior, medio e inferior, establecidos de acuerdo con variaciones litológicas, pero sin valor cronostratigráfico. Tal división ha sido bastante generalizada por los autores alemanes y franceses, y en España C. Virgili (1958) la adoptó para el Keuper de las Cordilleras Costero Catalanas, estableciendo una correlación muy simplificada con la división del Keuper germánico. También para el caso de Levante es posible una propuesta semejante. De hecho al hacerlo así puede resultar más práctica la cartografía para aquellos afloramientos de estructura demasiado compleja, o en aquellos otros que por estar más próximos a bordes de cuenca presenta dificultades de definición en algunas de sus formaciones.

Coincide además, el hecho, en Levante, que una división tal tiene un sentido litológico y paleogeográfico muy bien definido, lo cual no siempre queda claro en la totalidad de cuencas que ha sido propuesta. En efecto, el Keuper medio en Levante representa una intercalación detrítica entre dos episodios evaporíticos de características sensiblemente distintas.

La correspondencia de esta división en tramos con la división litostratigráfica sería la del Cuadro 1.

A lo largo de este trabajo usaré exclusivamente la división litostratigráfica propuesta, reservando esta división informal en tramos para algún caso particular de cartografía.

Unidades litostratigráficas		División informal*	Unidad cronostratigráfica
Grupo Valencia	Formación Yesos de Ayora (K ₅)	superior	Keuper
	Formación Arcillas Yesíferas de Quesa (K ₄)		
	Formación Arcillas de Cofrentes (K ₃)	medio	
	Formación Areniscas de Manuel (K ₂)		
Formación Arcillas y yesos de Jara-fuel (K ₁)	inferior		

CUADRO 1

* basada en el carácter evaporítico

FORMACION "YESOS DE AYORA" (K₅)

Por debajo de las dolomias y carniolas azoicas que pasan gradualmente en sentido ascendente a niveles claramente jurásicos, y cuyas dificultades de datación han sido comentadas en el capítulo anterior, existen, formando el techo de los materiales evaporíticos, importantes bancos de yesos masivos de potencias variables, que son ampliamente explotados en todo Levante. Localmente presentan delgadas intercalaciones arcillosas y dolomíticas. El color es blanco en general, aunque tonos grises, rosados y negros son muy frecuentes. La textura suele ser bandeada y otros tipos como la nodular, travecular, fibrosa o porfiroblástica son abundantes. En ocasiones todo un banco es en sí un conjunto translúcido o sacaroido, micro o criptocristalino. Hacia el techo de la formación estos bancos pueden alternar con otros dolomíticos. Un hecho corriente es la presencia en el paquete de yesos de amplios pliegues foliares que dificultan la estimación de potencias.

ANTECEDENTES

En general es a esta formación a la que se refieren los citos abundantes en la bibliografía sobre yesos explotables, aunque en realidad no hay una base sólida para considerar la existencia de sinonimias.

LOCALIDADES TIPO Y DE REFERENCIA

Como localidad tipo propongo Ayora (Valencia). La formación es parcialmente estudiada en diversas canteras implantadas a lo largo de la carretera N-330 hacia Teresa de Cofrentes. De ellas destaco la Yasería Abarca (Km.30) por ofrecer el corte más completo. Son también interesantes la del Km. 24,5, y las practicadas a lo largo del flanco S

del cerro del Castillo de Ayora.

Las localidades de referencia son innumerables, e indicaré sólo algunas de ellas, todas estudiables en canteras:

- 1) Valle del Palancia, entre Soneja y Sot de Ferrer (Castellón), a ambos lados de la carretera N.234.
- 2) Domeño (Valencia), junto a la carretera N 234. Se explotan tres canteras pertenecientes a esta formación. Otras exposiciones se presentan al NE de Baños de Berche.
- 3) Montserrat (Valencia), a lo largo de las vertientes S de la sierra del Castellet y sus prolongaciones occidentales.
- 4) Puerto de Cárcer (Valencia), en el km. 51 de la carretera N.430
- 5) Villena (Alicante), a ambos lados de la carretera hacia Yecla, en el comienzo de la misma.
- 6) Jumilla (Murcia), en el extremo SE del afloramiento diapírico.

Todas estas citas tienen el inconveniente de presentar un corte incompleto de la formación. No obstante los frentes de las explotaciones permiten observaciones detalladas de gran valor estratigráfico y petrográfico, aunque debe contarse con el riesgo de emplazar en ellos cortes tipo, debido a las rápidas evoluciones que experimentan según los ritmos de explotación.

AMBITO GEOGRAFICO DE DISTRIBUCION

Esta formación está presente en toda la zona de estudio en general, y en aquellas localidades donde no se la reconoce la causa puede ser atribuida a la violenta tectónica y la erosión.

DESCRIPCION. CORTE TIPO. EVOLUCIONES LATERALES

Dentro de la localidad tipo puede tomarse el corte de la citada Yesería Abarca como tipo. La potencia estudiable es allí de 36 m, que he medido con cinta métrica (ver gráfico IX). El techo presenta un contacto mecánico con las margas y dolomias brechoides superiores, por lo que los niveles 40 y 41 no se han estudiado con detalle. La base presenta un problema semejante ya que he tomado como nivel 1 el inferior explotado, pero por debajo del mismo aún se presentan bancos de yeso de textura bandeada, con cristales negros bipiramidales de cuarzo, que intercalan algunos niveles de arcilla, y cuyo espesor total es de unos 25 m hasta el contacto con la Formación K₄. Así pues la potencia apreciable de la formación en este punto está próxima a los 60 m, siendo el buzamiento general 60° al SE.

En el tramo explotado pueden distinguirse 36 niveles, que he numerado progresivamente de inferior a superior. El color de los bancos sirve con frecuencia para establecer correlaciones entre canteras próximas. Hablo de textura nodular gruesa, media o fina, según que el promedio de nódulos supere los 5 cm, esté comprendido entre 5 y 2 cm, o sea inferior a 2 cm respectivamente. Frecuentemente la textura nodular muestra finas películas arcillosas o dolomíticas que envuelven las masas nodulares de yeso. Estas pueden presentar además una trama travecular de vetas de yeso más o menos rectilíneas de hasta 1 cm, e incluso más de espesor, que las cruza en todas direcciones, siendo especialmente visibles en el techo de las capas. Otras veces el yeso ma

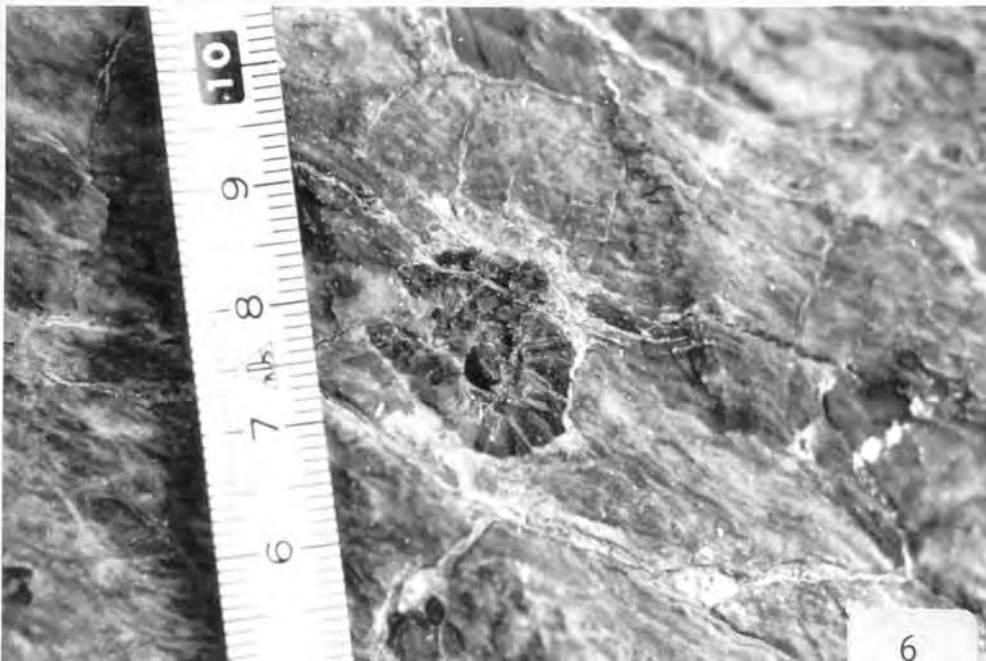
sivo está cruzado por finas e irregulares venillas de arcilla o dolomía, pudiendo hablarse de una textura reticular. Otras texturas diferenciadas son las bandeadas, granuda, sacaroidea y fibrosa. Veamos a continuación la descripción de estos niveles:

- 1) 1 m - Yeso sacaroideo rosado, de textura nodular media, con travéculas de yeso claro también sacaroideo.
- 2) 15 cm - Arcilla negra, orgánica, con lechos discontinuos y finos de yeso blanco disgregable de textura granuda.
- 3) 80 cm - Yeso sacaroideo rosado (gris oscuro en la base por la proximidad a 2) de textura nodular.
- 4) 10 cm - Nivel arcilloso, gris oscuro
- 5) 60 cm - Yeso sacaroideo blanco-rosado, de textura nodular media (fot. 1)
- 6) 1,5 m - En la base yeso blanco y sacaroideo, ligeramente nodular, acompañada de textura reticular por vetas arcillosas grises. En el centro yeso blanco granudo, de poca coherencia, siendo observables fracturas y pliegues por hidratación de la parte superficial. Hacia el techo, tránsito a yeso rosado sacaroideo, con textura nodular fina y lechos de arcilla que tiende a ser estratificada. En el mismo techo se observa textura travecular de yeso.
- 7) 10 cm - Arcilla gris que contiene cristales laminares transparentes de yeso.
- 8) 1,9 m - Yeso rosado sacaroideo con textura nodular de tamaño medio y fino, según lechos. Se presentan algunas hieladas de arcilla gris que contienen cristales laminares transparentes de yeso. Aparecen núcleos margocalcáreos aislados hacia el techo.
- 9) 4 m - Alternancia de bancos de yeso blanco sacaroideo con fina textura reticulada por venillas de arcilla y dolomía, con bancos grisáceos blancos de textura granuda, poco coherentes y con signos de hinchamiento en superficie.
- 10) 1 m - Yeso blanco-grisáceo microgranudo, con tonos bandeados de yeso negro y cristalino de trazado paralelo a la estratificación u ondulado y entrecruzado (fot 2) Hacia el techo existe un nivel de fina dolomía gris clara, de 5 cm de espesor, con "boudinage" (fot. 3) En la base del banco se aprecia irregularmente un lecho fino, negro, carbonoso, al que en ocasiones rodea una aureola verdosa y amarillenta, posiblemente rica en azufre.
- 11) 1 m - Yeso blanco granudo poco coherente, localmente microgranudo compacto y de trama travecular, también de yeso.
- 12) 15 cm - Yeso sacaroideo de textura nodular media-fina acompañada de vetas de yeso fibroso blanco que rodean los nódulos, y que pueden ser paralelas a la estratificación, o de traza ovalada. Existe arcilla diseminada en el nivel, que al ser lavada por las aguas produce cavidades.

LAMINA I

CORTE ESTRATIGRAFICO DE LA FORMACION YESOS DE AYORA (K₅), EN LA YESE-
RIA DE ABARCA (TERESA DE COFRENTES, VALENCIA)

- Foto 1 - Textura nodular de tamaño medio, en el techo del nivel 5. El lavado de las arcillas internodulares por las aguas su perfciaales evidencia esta textura.
- Foto 2 - Detalle de una laminación en yeso oscuro de la parte superi de la foto 3. Un conjunto de finas vetas de traza ondula da, de origen secundario asociado probablemente al boudi nage, forman el bandeado.
- Foto 3 - Boudinage en una delgada capa dolomítica del nivel 10.
- Foto 4 - Nivel 22. Hacia el centro del mismo una intercalación arci llosa pone de manifiesto la textura nodular del yeso, con una morfología cavernosa muy característica.
- Foto 5 - Alternancia de vetas de yeso fibroso blanco, con vetas de yeso negro formado por agregados radiales de crecimiento porfiroblástico. Ambos tipos de vetas son propios del ye so secundario.
- Foto 6 - Agregado porfiroblástico radial y zonado creciendo alrede dor de un cuarzo negro bípiramidado.
- Foto 7 - Nivel 25. Porfiroblastos oscuros y venillas de agregados porfiroblásticos del mismo yeso en disposición oblicua y paralela a la estratificación.



- 13) 60 cm - En la base bandeados finos de yeso negro, carbonoso, que incluyen pequeños cristales idiomórficos de yeso. Hacia el centro yeso blanco microcristalino con bandeados amplios de yeso de tono gris claro asociados en general a restos e hiladas irregulares o retículas de dolomía criptocristalina, que llega en ocasiones a formar capas finas.
- 14) 7 cm - Finas capas de arcilla gris y dolomía gris clara, localmente sometida a "boudinage".
- 15) 80 cm - Yeso blanco microgranudo con textura reticular dolomítica. Pequeños cristallitos de yeso y pequeños cuarcos ahumados. Existen finos lechos discontinuos de dolomía criptocristalina. En el techo se produce un cambio gradual a la textura nodular del nivel 16).
- 16) 1,25 m - Yeso sacaróideo blanco rosado, con variaciones laterales en estos tonos, de textura nodular media y fina según los lechos, y con finas películas de recubrimiento dolomíticas.
- 17) 1,10 m - Yeso blanco microcristalino. En la base finos bandeados grises oscuros con cristales porfiroblásticos zonados que presentan en ocasiones núcleos de crecimiento y aureola radiada de yeso fibroso a su alrededor. Lateralmente estos cristales son más claros y menos abundantes y distinguibles. En el centro del nivel se pasa a yeso blanco microcristalino con textura reticular, que presenta finas bandas oscuras de agregados de yeso, perpendiculares a la estratificación. Contiene también porfiroblastos, tanto monocristalinos como en agregados radiales. Aparecen también vetas oscuras de agregados radiales perpendiculares a la estratificación y algún nivel de dolomía (4 cm), con hoquedades, y suavemente plegada. En el techo del banco se aprecia claramente la textura travecular en yeso.
- 18) 80 cm - Yeso sacaróideo rosado de textura nodular, con abundantes lechos de arcilla, que ocasiona un aspecto cavernoso en la superficie lavada por las aguas.
- 19) 70 cm - Yeso microcristalino blanco de patente textura reticular en finas vetas dolomíticas. Contiene pequeños cristales porfiroblásticos de yeso blanco, poco distinguibles. El conjunto pasa en el techo a yeso granudo poco coherente.
- 20) 2 m - Yeso sacaróideo rosado de textura nodular media. Algunos lechos finos arcillosos dividen el conjunto en bancos. Existen frecuentemente travéculas de yeso blanco fibroso perpendicular al plano de la travécula. En el techo una capa arcillosa de 10 cm que permite ver perfectamente la textura nodular.
- 21) 1,1 m - Yeso blanco microgranudo con textura reticular dolomítica que pasa en el centro a textura granuda y poco coherente. En el mismo techo se efectúa un tránsito a la textura nodular del nivel 22).
- 22) 85 cm - Yeso sacaróideo rosado de textura nodular. Algunos lechos arcillosos rompen el conjunto por el aspecto

cavernoso. En ellos existen vetas de yeso blanco fibroso perpendicular al plano de la veta (fot.4).

- 23) 1,4 m - Yeso blanco de textura granuda en la base, pasando hacia el centro a yeso rodado sacaroideo de textura modular fina, que pasa a media progresivamente hacia el techo.
- 24) 15 cm - Nivel de arcilla gris que contiene vetas de yeso blanco fibroso perpendicular al plano de la veta.
- 25) 80 cm - Banco de yeso gris claro microcristalino caracterizado por un bandeado fino de vetas blancas y negras. Las blancas, están hacia la base y son de yeso blanco fibroso. Otras, menos abundantes, no contienen porfiroblastos, y son de yeso cristalino. Las vetas negras pueden ser de agregados de cristales radiados y zonados unidos formando lechos y vetas continuas de espesor entre mms y cms, o bien de yeso cristalino. Las primeras tienen tendencia a un crecimiento abultado contra la masa de yeso, aunque nunca distorsionan a las vetas blancas de yeso fibroso perpendicular (fot. 5). Se presentan en toda la masa, excepto en las vetas blancas fibroso perpendicular, porfiroblastos de yeso negro, ya sea monocristales o agregados radiales, que pueden o suelen ser zonados y pueden tener núcleos de crecimiento (típicamente un cristal negro de cuarzo hipiramidado) (fot. 6). Estos porfiroblastos aislados anulan la textura bandeada, y se presentan sobre todo en las vetas negras cristalinas. Todo el conjunto está atravesado por finas venillas blancas y negras oblicuas entre sí, pudiendo seccionar los porfiroblastos aislados. (fot.7). En la base del nivel aparece estructuras asimilables a mud-crack (fot.8), que en ocasiones responden a franjas estrechas plegadas de la base de las capas de yeso.
- 26) 70 cm - Yeso microcristalino blanco, muy compacto. Existen bandeados negros, especialmente en la base del banco, los cuales se componen de venillas negras de trazado suavemente ondulado que se entrecruzan, formando en realidad bandas de finas venillas (1-3mm) de trazado irregular. Todo el conjunto está cruzado oblicuamente por dos sistemas perpendiculares entre sí de finas venillas de yeso gris claro afectadas de "boudinage" (fot.9). Finalmente todos los sistemas de bandeo citados están cruzados por otro más paralelo a la estratificación y algo curvado, producido por agrietamiento.
- 27) 80 cm - Banco de yeso blanco. En la base es granudo y poco coherente, pasando hacia el centro y techo a sacaroideo de textura nodular fina, que hace tránsitos laterales a color rosado, con cierta abundancia de lechos arcillosos.
- 28) 75 cm - Nivel arcilloso-yesoso de tono verdoso-gris, que en globa nódulos de yeso gris oscuro en superficie y claros hacia el interior, con textura zonada, que alcanzan algunos cms de longitud (fot. 10). Hacia

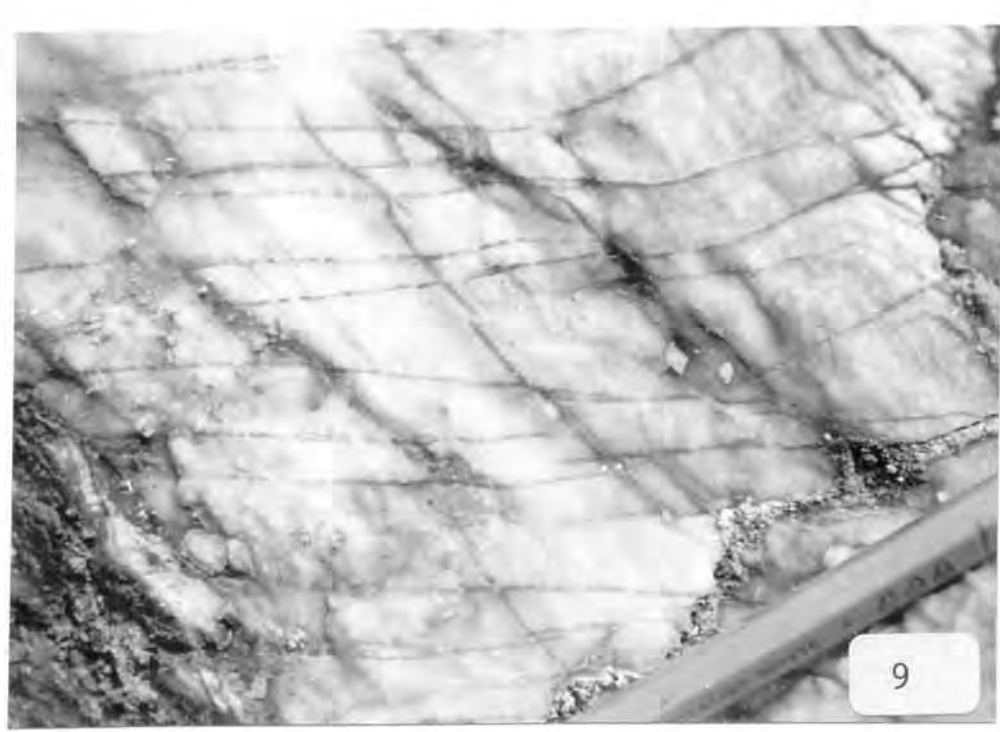
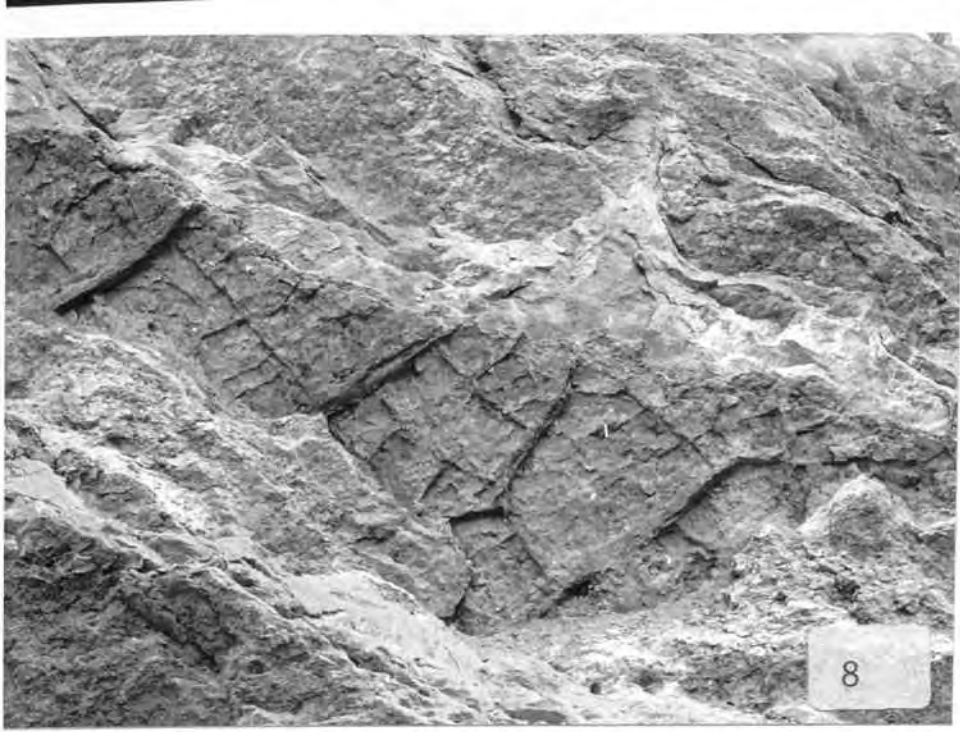
LAMINA II

CORTE ESTRATIGRAFICO DE LA FORMACION YESOS DE AYORA (K₅), EN LA YESE- RIA DE ABARCA (TERESA DE COFRENTES, VALENCIA)

- Foto 8 - Texturas poligonales en la base del nivel yesífero 25. En ocasiones estas aristas corresponden claramente a apretados resaltes anticlinales, y otras veces parecen asimilables a mud crack
- Foto 9 - Boudinage a pequeña escala en un sistema de venillas secundarias de yeso oscuro del nivel 26, en disposición oblicua a la estratificación.
- Foto 10 - Nivel 28, arcillo-yesífero, mostrando nódulos zonados ovalados y disimétricos
- Foto 11 - Nivel 36. Yeso fibroso, blanco, con fibras más o menos deformadas. Entre los 3 subniveles visibles de fibras se intercalan dos hiladas arcillosas. De ellas el superior posee las fibras más alargadas (10-15 cm) y prácticamente paralelas a la estratificación. Se trata de efectos atribuibles a la plasticidad del yeso ante el cizallamiento.

FORMACION ARCILLAS YESIFERAS DE QUESA (K₄)

- Foto 12 - Direcciones preferentes en el desarrollo de vetas de yeso fibroso. Puente de La Canal, Albarache (Valencia). Textura travecular típica.
- Foto 13 - Macrotextura en lentejones de origen tectónico. Carretera Cofrentes-Ayora (Valencia), Km 29,5.



el techo se hacen más alargados y abundantes llegando a dar lechos continuos nodulares. Todo el conjunto está atravesado por capitas de yeso blanco fibroso perpendicular al plano de la capa, que va envolviendo y cementando los nódulos. Asociadas a ellas existen localmente vetas de agregados de yeso negro zonados radiales.

- 29) 20 cm - Yeso microcristalino en capitas oscuras, que engloba algunas venillas arcillosas, especialmente en la base. Localmente el techo presenta textura nodular media con abundantes cuarzos blancos bipiramidados pequeños en la superficie de los nódulos.
- 30) 15 cm - Arcilla verdosa, yesífera, que contiene finas vetas de yeso blanco fibroso perpendicular al plano de la veta.
- 31) 27 cm - En la base alternancia de capitas arcillosas verdes, con capitas oscuras de yeso de clara textura nodular por agregados radiales zonados, que pasa en el centro a conjunto de vetas de yeso oscuro, más espesas y de tendencia ovalada, en las que aparecen porfiroblastos aislados de yeso negro. Existen pequeños cuarzos negros bipiramidados (4 mm).
- 32) 40 cm - Nivel de yeso microgranudo arcilloso en la base, apareciendo en el techo nódulos sacaroides oscuros exteriormente y de color más claro en el interior que tienden a unirse dando nivel continuo.
- 33) 40 cm - Banco compacto de yeso cristalino de textura bandeada por finas vetas oscuras, conteniendo algunas verdosas en la base debido a la existencia de hilados arcillosos.
- 34) 1 m - Banco compacto de yeso cristalino con bandeado negro en la base, pasando a tonalidades más claras en el centro y techo.
- 35) 40 cm - Yeso sacaroides en tránsito progresivo de base a techo a típica textura nodular.
- 36) 10 cm - Capa característica de yeso fibroso blanco (ft. 11). En el techo las fibras son muy alargadas (10-15 cm) y rectas, paralelas entre sí y a la estratificación. Hacia el centro y base hay dos y hasta tres subcapas del mismo yeso pero de fibras más cortas y oblicuas al plano de la capa, estando incluso plegadas en forma de S. Existen películas arcillosas entre estas subcapas, más o menos englobadas o anuladas por ellas. Todo este nivel muestra claras señales de deformación tectónica, producida posiblemente por deslizamientos de los niveles superiores e inferiores. Las fibras originariamente perpendiculares a la estratificación, formadas dentro de un nivel arcilloso, han sufrido una deformación plástica muy particular.
- 37) 70 cm - Yeso sacaroides rosado de textura nodular media acentuada.
- 38) 20 cm - Nivel arcilloso grisáceo.
- 39) 40 cm - Yeso sacaroides rosado de textura nodular media.
- 40) 4 m - Yeso blanco granudo, poco coherente. Se intercala algún lecho cavernoso, en cuya proximidad aparece algún porfi-

roblasto monocristalino de yeso negro.

- 41) 2 m - Yeso sacaroideo nodular rosado. El techo no puede precisarse por no existir un buen corte y por el contacto mecánico con las margas carboníferas superiores.

En otras localidades las descripciones de esta formación pueden variar debido a las dominancias de ciertos tipos de texturas en los yesos, pero en general suelen presentar las mismas características generales.

En la Zona Norte las potencias de los Yesos de Ayora oscilan entre los 20-30 m, no habiendo sido observada esta formación en Montcañudo de las Salinas y Esquidanos (Cuenca). En la Zona centro las potencias están comprendidas entre 20 y 60 m, y no puede asegurarse su existencia en la región entre Castellón de Rugat (Valencia) - Sagra (Alicante). En la Zona Sur los espesores son decididamente mayores, entre 40 y 100 m, siendo generalizada la presencia de la Formación. En esta zona además, concretamente en el Sector Villena-Pinoso-Jumilla existen rocas ofíticas enclavadas en la formación.

FORMACION "ARCILLAS YESIFERAS DE QUESA"

Por debajo de la Formación K₅ y en acentuado contraste litológico, aparece un conjunto arcillo-yesífero de aspecto caótico por la falta o pobreza de la estratificación, de tono rojo claro dominante, y morfología muy particular, todo lo cual conduce a su fácil caracterización sobre el terreno. Esta formación contiene los mejores ejemplares de jacintos y aragonitos, y una predominancia de ciertos tipos de texturas en sus yesos, los cuales no llegan a ser nunca explotables por su alto contenido en arcilla. No es fácil, para esta formación, el establecer un corte tipo detallado, aunque no hay inconveniente en señalar localidades tipo y de referencia.

ANTECEDENTES

Parece ser que es a esta Formación a la que se refieren las citas de algunos autores que hablan de las arcillas yesíferas con abundantes jacintos, aunque no hay bases sólidas para hacer esta suposición.

LOCALIDADES TIPO Y DE REFERENCIA

Como localidad tipo propugno la de Quesa (Valencia), aunque no presenta en realidad muchas preferencias sobre otras posibles. El afloramiento Keuper tiene allí una estructura anticlinal clara y la carretera de Quesa a Bicipr proporciona en el lado S de la misma exposiciones ejemplares. Como localidades de referencia pueden considerarse:

- 1) Villagordo del Cabriel (Valencia), un km al O del desvío hacia Fuenterrobles de la carretera Villagordo - Camporrobles. Existe allí una amplia exposición, de gran interés por sus aragonitos.
- 2) Anna (Valencia), a lo largo del flanco NE de la cresta montaña

sa entre esta localidad y Chella. La formación está muy bien desarrollada y es particularmente yesífera.

3) Teresa de Cofrentes (Valencia), sobre la carretera N.330 en la proximidad a la Yesería Abarca (km. 30)

4) Alborache (Valencia), sobre la misma carretera que se dirige a Turis, al atravesar el puente sobre el río Buñol.

En todas estas localidades las mejores exposiciones se dan en los cortes de torrentes o de carreteras, que han permitido a las aguas trabajar la formación, lavando las arcillas y haciendo más patentes las texturas de los yesos y el colorido particular.

AMBITO GEOGRAFICO DE DISTRIBUCION

Puede admitirse como general la presencia de esta formación en toda el área de estudio. Ello no obstante, ciertas variaciones litológicas de la misma pueden dificultar su reconocimiento en el extremo NE, en los valles del Palancia y Mijares.

DESCRIPCION Y EVOLUCION LATERAL

En el área tipo, en el citado flanco S del anticlinal, las arcillas yesíferas de esta Formación están en contacto directo con las dolomías del techo de la Formación K₅, excepto a lo largo de una pequeña franja en la que ésta llega a aflorar. Respecto a la base, tampoco se efectúa un contacto continuo con la Formación K₃ inferior, por motivos tectónicos. Ello no obstante, no hay problemas serios para el reconocimiento y cartografía de las arcillas yesíferas.

Las arcillas rojas imponen el tono dominante en la formación y facilitan la morfología de pendientes suavizadas. El yeso, como se ha dicho, presenta típicamente estas cuatro texturas, que naturalmente no son exclusivas de esta formación:

- 1) travecular fibrosa: vetas de yeso fibroso blanco normales al plano de la veta) cruzan la masa arcillosa en todas direcciones. Estas vetas o travéculas pueden ser rectas o estar suavemente plegadas, al igual que las fibras cristalinas de las componen, y tener espesores que oscilan entre pocos mm y algunos cm.
- 2) nodular: el yeso se presenta en masa nodulares ya sea aisladas o arracimadas de color blanco o rosado, con la superficie enrojecida por las arcillas y sobre la que se implantan pequeños cristales blancos de cuarzos bipiramidados.
- 3) masiva: el yeso, blanco y sacaroides al corte, no presenta estratificación ni bandeados, sino que parece como una masa indiferenciada que desplaza a la arcilla.
- 4) hematoidea: masas ya sea nodulares o estratiformes de yeso hematoideo (por las impurezas de arcilla) compuesto de grandes láminas cristalinas, incluyen jacintos de Compostela de tamaños que superan frecuentemente los 2 cm.

En la textura travecular fibrosa puede existir direcciones preferentes en las que las travéculas están más desarrolladas (fot. 12). En ocasiones toda la masa arcillo-yesífera travecular presenta una macrotextura en lentejones, evidenciados por mayor riqueza de yeso entre las

juntas de los micras (fot. 13). En la textura nodular, los nódulos pueden aparecer a lo largo de un plano (fot. 14) o individualizadas en la masa arcillo yesífera. Un ejemplo de nódulo-lentejón de yeso hematoidal puede verse en la fot. 15.

En algunas localidades, como Anna-Chella (Valencia), Manzanera (Teruel), Villena (Alicante), además de este conjunto arcillo-yesífero rojo, puede observarse hacia el contacto con la Formación K₅, una mayor proporción de yeso, pasando el color rojo de dominante a alternar con otros, principalmente el blanco, y en disposición más claramente estratificada.

En otras localidades, como es el caso de la región Villena-Sax (Alicante) esta Formación intercala yesos negros de alto contenido en hierro, que han permitido el intento de explotación. Los bandeados oscuros pueden ser del orden del mm o bien alcanzar varios decímetros.

La Formación contiene en Minglanilla y Villagordo del Gabriel importantes yacimientos de aragonitos, de tamaños que superan los 5 cm. Yacimientos de esta importancia son exclusivos de esta unidad.

Esta Formación no comporta en general rocas efíticas, aunque en la zona Sur (sector Jumilla, Pinoso-Villena) ha sido atravesado por aquellas, ya que se presentan en el contacto con la Formación K₅.

Respecto a espesores, los mayores desarrollos de la formación se dan en la Zona Sur, oscilando entre 40 y 150 m, sobre todo en Jumilla-Pinoso-Villena. En la Centro las potencias son variables entre 20 y 80 m, no habiendo reconocido su existencia en la región Castelló de Rugat (Valencia) - Sagra (Alicante), posiblemente como para el caso de la formación K₅, por motivos tectónicos y erosivos.

En la Zona Norte las potencias oscilan entre 20 y 100 m. Debo advertir aquí que al NE del Turia (Sierras de Calderona y Espadán, y valles de Palancia y Mijares) la formación pierde un poco su carácter yesífero y se vuelve margosa y carnolar, se enriquece en niveles arcillosos que contienen cuarzos blancos bipiramidados y se adelgaza sensiblemente, de modo que puede haber dificultado en su distinción. Ello no obstante puede superarse ya que la otra formación roja inferior, la Formación K₃, conserva en esta región su litología típica inconfundible. En la Zona de Arcos de las Salinas, por el contrario, el carácter yesífero está muy desarrollado, siendo más patente la estratificación y los tonos claros intercalados. Abundan también, no obstante, los niveles arcillosos de tonos violáceos ricos en cuarzos blancos bipiramidados, que como veremos son más propios de la formación K₃. Algunos bancos de yeso tienen texturas nodulares perfectas, pero el carácter arcilloso impide siempre la explotación.

FORMACION "ARCILLAS DE COFRENTES" (K₃)

Las "Arcillas yesíferas de Quesa" hacen en la base un tránsito neto en general, a un potente paquete de arcillas y arcillitas rojas: las "Arcillas de Cofrentes". Esta formación es de las más típicas y fácilmente reconocibles del Grupo, tanto en campo como sobre la fotografía aérea, por su color rojo oscuro, su morfología particular de erosiones en "bad lands" y por la implantación sobre ella de profundas barrancadas. En ocasiones alguna de estas capas rojas tienen un carácter mar

LAMINA III

FORMACION ARCILLAS YESIFERAS DE QUESA (K₄)

Foto 14 - Textura nodular en yeso desarrollada en una capa replegada, dentro de la textura travecular. Carretera Cofrentes-Ayora, km. 29,5

Foto 15 - Nódulo-lentejón de yeso hematoideo. Carretera Valencia-Játiva, km. 51,5 (puerto de Cárcer)

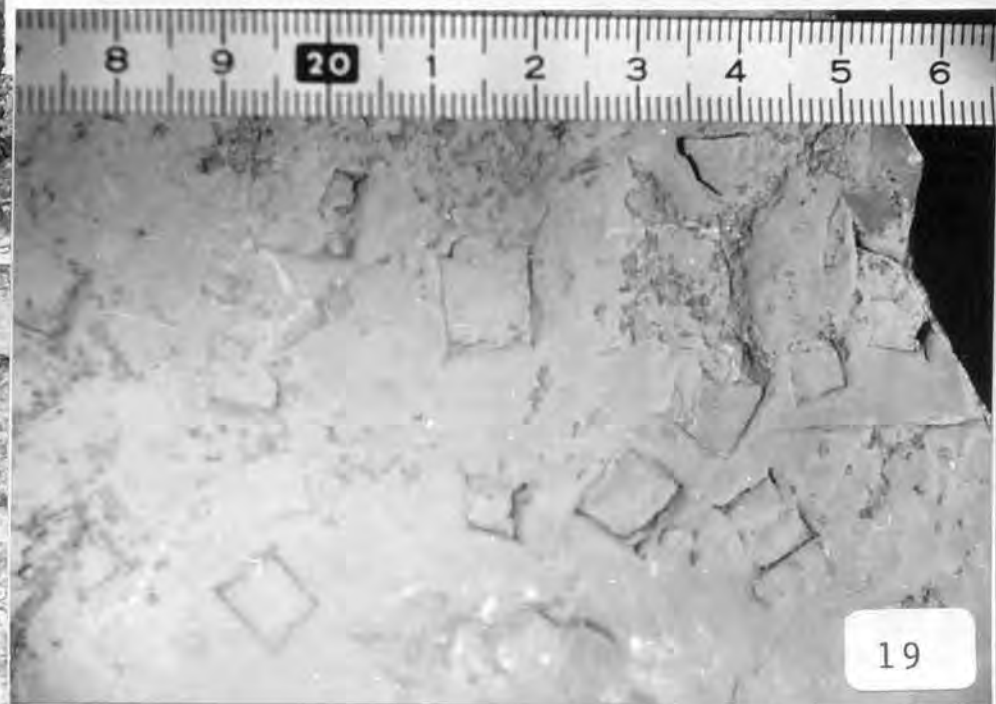
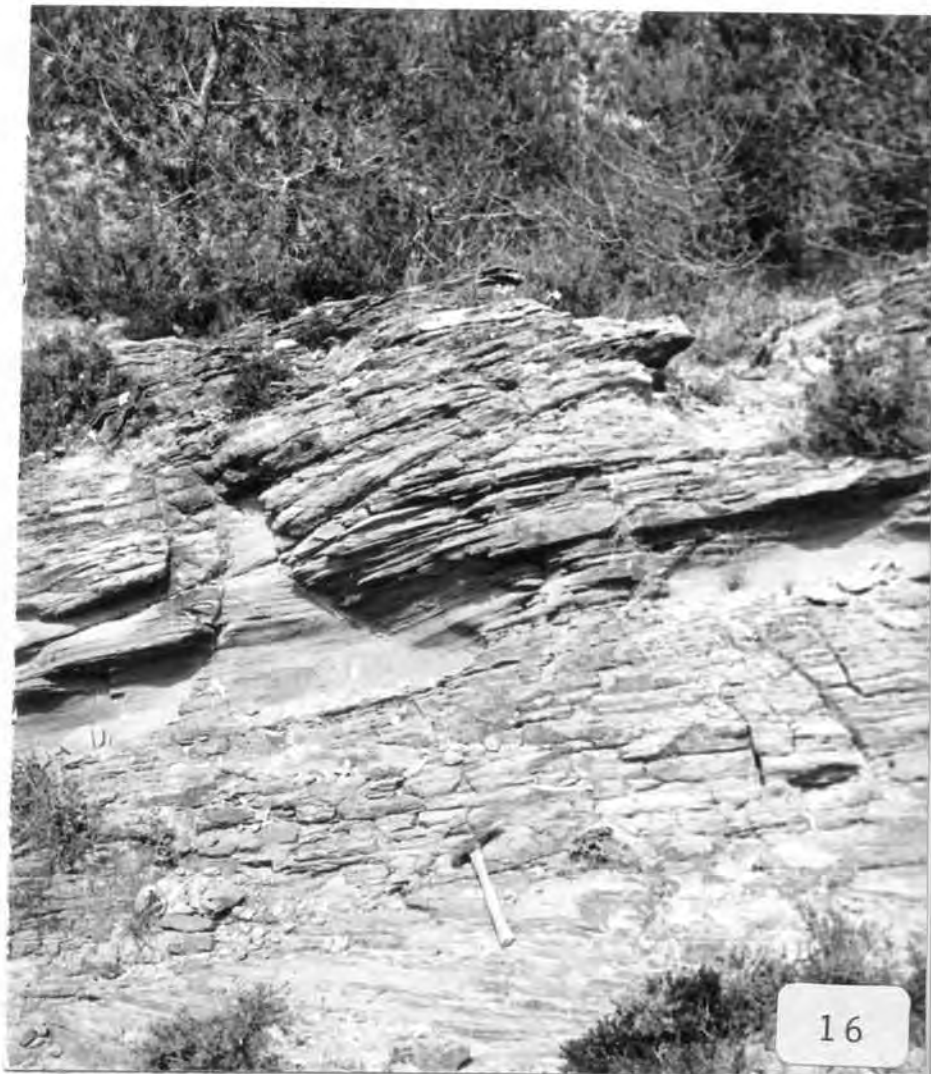
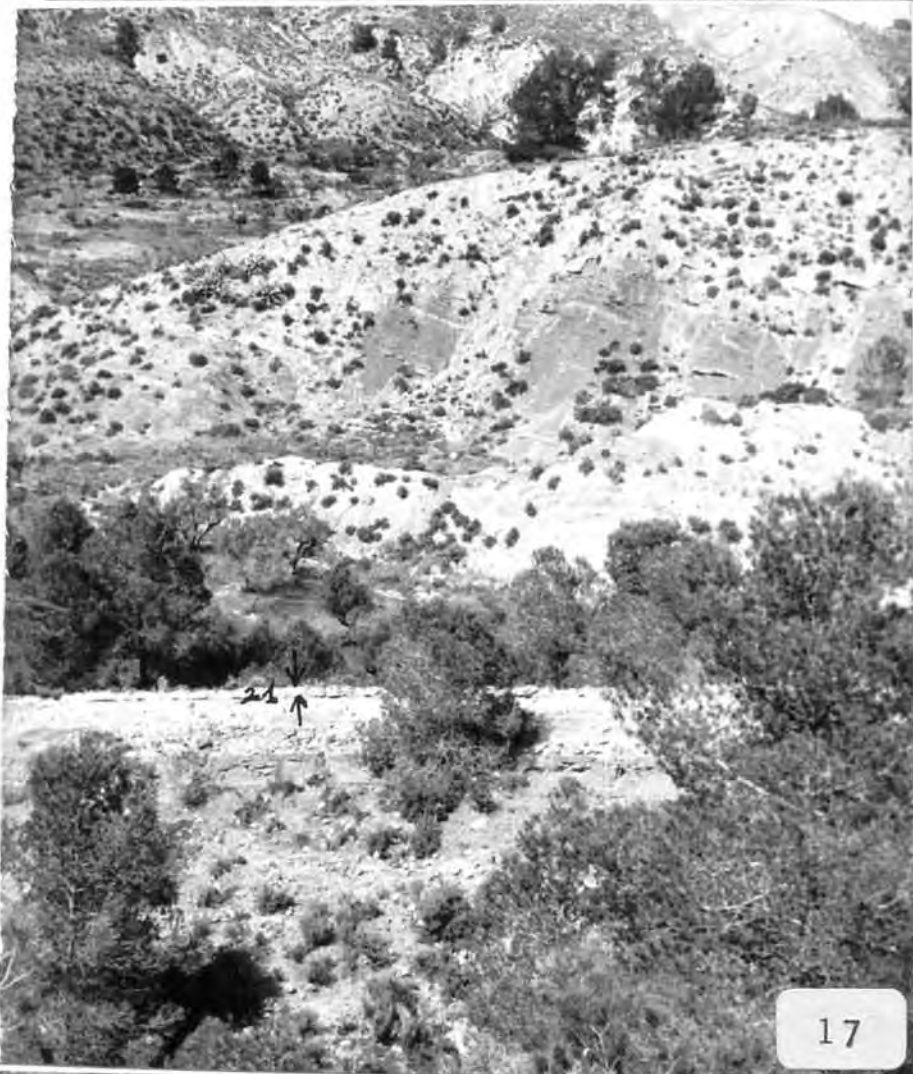
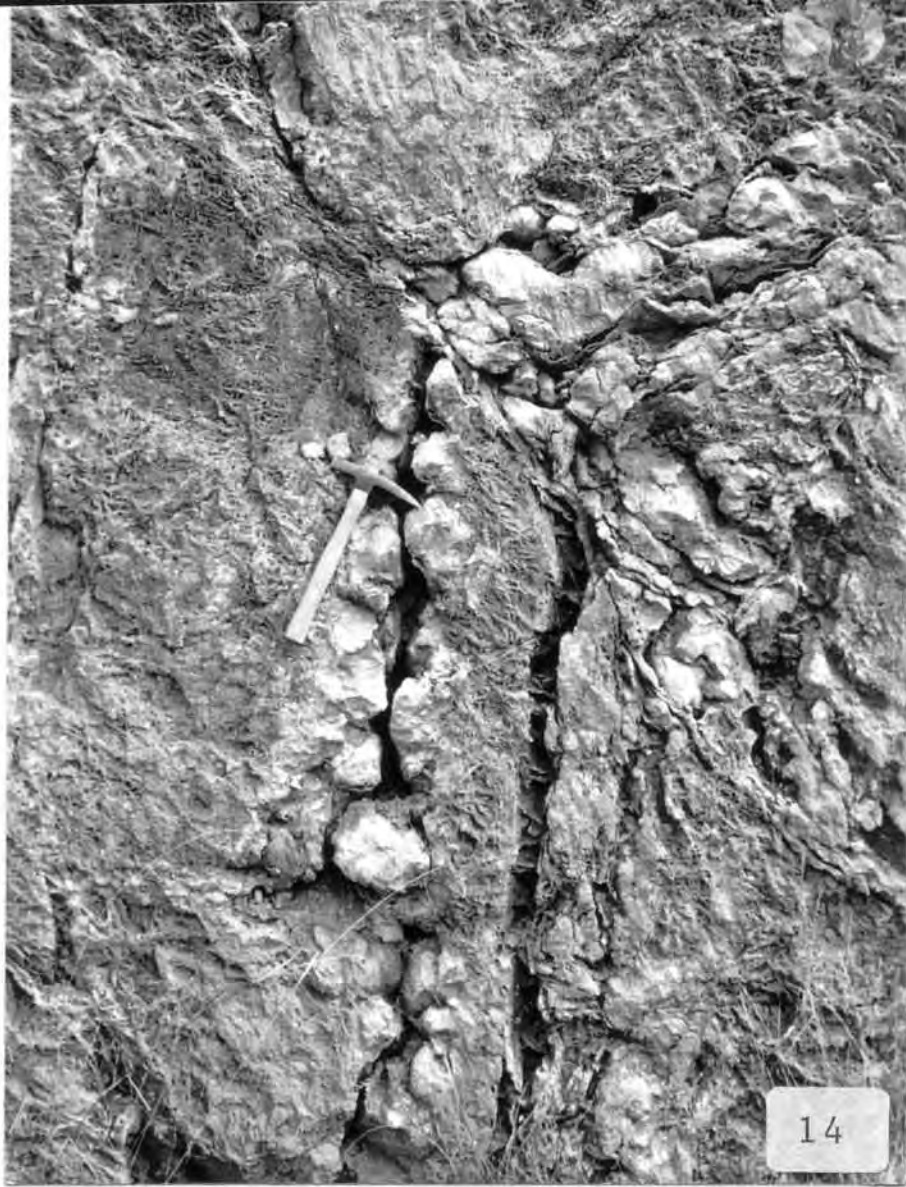
CORTE ESTRATIGRAFICO DEL SINCLINAL AL SO DE MANUEL (FORMACIONES K₂ Y K₃)

Foto 16 - Estratificación cruzada en las areniscas rojas de la base del nivel 16

Foto 17 - Panorámica parcial del corte. En primer término el nivel 21

Foto 18 - Techo del nivel 18, con acusado cuarteamiento de las capas tableadas que lo componen

Foto 19 - Improntas de cristales cúbicos de sal sobre delgadas capas micríticas del nivel 26



goso bien definido, resaltando ligeramente en el relieve, y de rápida evolución lateral.

ANTECEDENTES

Parece ser que es a esta Formación a la que se refieren las citas bibliográficas muy generalizadas que hablan de las arcillas o margas irisadas, y en ocasiones directamente de las "arcillas rojas". Respecto a la primera denominación, está justificada por las alternancias de tonos rojos y verdes claros, que pueden intercalar incluso el violáceo (ya comentada por J. Cisneros, 1928). Esta suposición parece además justificada por la gran extensión geográfica de esta Formación, o al menos de estos mismos materiales, independientemente de su posición estratigráfica. Algunos autores consideran (F. Macau - O. Riba, 1962) como "típica facies Keuper las margas irisadas: arcillitas rojas y grises (verde, azul), con yeso, anhídrita y sal".

LOCALIDADES TIPO Y DE REFERENCIAS

En todo el afloramiento de Casas del Río - Cofrentes - Jarafuel - Ayora (Valencia) son frecuentes las buenas exposiciones de esta formación. Propongo como localidad tipo el corte que ofrece la carretera N. 330 en el km. 27,5 próximo a Cofrentes, de fácil observación y acceso directo. El carácter dominante allí es de arcillita.

Otras muchas localidades de referencia pueden citarse en otros afloramientos:

- 1) Manuel (Valencia), al SO de esta localidad, en el barranco Largo. También en la Canal de Navarrés: a lo largo de las vertientes NE de las crestas que unen Anna, Chella y Bolsate; en las proximidades a Sellent, en el cauce del río del mismo nombre; en la proximidad al puente de la carretera Quesa-Bicorp sobre el río Escalona.
- 2) Alborache (Valencia): en los afloramientos al NE de esta localidad, y en las explotaciones de arcillas de la Zona Montroy-Montserrat.
- 3) Villagordo del Cabriel (Valencia), en las barrancadas de traza paralela a la carretera hacia Fuencaliente, situadas al Lado N de esta carretera.
- 4) Calles-Domeño (Valencia): en el lugar donde la carretera N.234 corta el barranco del Agua Salada: al NE del Balneario de Berche, en las mismas afluentes del barranco del Lopo; en el amplio codo del río Turia entre aquellas dos localidades; etc.
- 5) Toñas (Castellón), en el barranco de el Prao.
- 6) En las numerosas explotaciones de arcillas rojas extendidas ampliamente por toda la zona Sur (Sax, Elcha, Monóvar, Pantano de Elche, Agost, Los Vives de Abanilla, etc.)

AMBITO REGIONAL DE DISTRIBUCION

Toda la zona en estudio, sin excepción.

DESCRIPCION. EVOLUCION LATERAL

En la localidad tipo próxima a Cofrentes (Valencia) del km 26,5 de la carretera N. 330, no puede darse un corte tipo completo y detallado de la formación, debido a la complejidad tectónica (ver corte G estratigráfico del gráfico II). El afloramiento corresponde allí al flanco NE de un anticlinal de alineación NO-SE, con charnela visible en la Formación K₂. A su vez en el citado flanco NE las arcillas rojas deben formar un apretado sinclinal que está cabalgado por la formación K₂, de modo que no es posible tener un corte completo. La potencia visible, excluyendo la posibilidad del trazo sinclinal, es de unos 60 m, cifra que puede tomarse con carácter orientador. Se ha elegido no obstante este punto como localidad tipo debido a que los autores de la Hoja de Jalisco n° 745 (1960) atribuyeron el citado anticlinal al Buntsandstein, al que asignaron una potencia en ese corte de 306 m.

La formación "Arcillas de Cofrentes" es de una gran uniformidad litológica y morfológica a lo largo de toda la zona de estudio, y en general, debido a su plasticidad y a la tectónica asociada no puede tenerse en los afloramientos la certeza de que los cortes sean completos. Por ello no considero factible dar corte tipo alguno detallado.

El material casi exclusivo de esta formación lo componen arcillas o arcillitas, según las localidades, de color rojo vivo. Estas últimas pueden tener carácter margoso. En Cofrentes se trata de arcillitas, a pesar de la nomenclatura asignada a la formación, de espíritu generalizados, así como en general para la zona Norte y gran parte de la Centro. Por el contrario, hacia el S de esta última, y en toda la zona Sur predominan las arcillas, y es gracias a ello que han podido ser practicadas las intensas explotaciones.

El tono rojo vivo puede pasar a verde blanco, ya sea en capas o en núcleos más o menos esféricos. Son muy escasas las intercalaciones de otro tipo de material que rompan esta uniformidad arcillosa. Aunque ya he citado que el contacto con la Formación K₄ suele ser neto, en alguna localidad puede encontrarse en la Formación K₃ alguna intercalación de litología idéntica a la de aquella (de 18 m en el caso de Manuel, Valencia). Por el contrario hacia la base son más frecuentes las intercalaciones de areniscas rojas que caracterizan la formación inferior, de tal modo que la posición exacta del contacto entre ambas es más arbitraria.

An las Zonas Centro y Norte (excluido el sector oriental de esta última) se presenta con bastante constancia un banco calcáreo-dolomítico (de potencia entre 0,3 y 1 m), en ocasiones fosilífero, en el contacto entre las Formaciones K₂ y K₃, o bien ya claramente dentro de esta última (gráfico II). Es éste un buen ejemplo de nivel guía dentro del Keuper de Levante.

Localmente puede desarrollarse algún banco de yeso, de espesores variables, pobres en general (Barcheta, Valencia; Calles, Valencia; Sagra, Alicante; etc.)

Otras veces las arcillas rojas pueden incluir concreciones calcáreas botrioidales de tonos muy claros (Cofrentes, Bugarra) de tamaño superior a los 15 cm. También puede presentarse lechos margoarcillosos ricos en aragonitos de tamaños inferiores a los de la Formación K₄, frecuentemente en rosetas (Elda, Altea la Vieja, Montealegre del Castillo, Cañete).

En raros casos he recogido cristales de calcita de hábitos romboédrico agudos, de tamaños próximos a los 2 cm, implantados entre las arcillas (Villagordo del Cabriel) o en algún banco de yeso (Calle, Valencia). En el primer caso presentan tonalidades rojas, como los ja^l cintos.

Respecto a las potencias pueden considerarse relativamente uniformes. En la Zona Norte pueden oscilar entre 20 y 40 m. En la Centro se experimental claros aumentos que oscilan entre 25 y 70 m, perteneciendo los mayores a Cofrentes, Manuel y Navarrés. En la Zona Sur las potencias se conservan intermedias, entre 25 y 50 m, y el caracter arcilloso permite la explotación intensiva.

FORMACION "ARENISCAS DE MANUEL" (K₂)

Como ya indiqué, las arcillas rojas de la Formación K₃ hacen hacia su base un tránsito gradual a niveles de areniscas, los cuales considero el techo de la Formación Areniscas de Manuel (K₂). Estas son potentes en ocasiones, y de tonos dominantes también rojos. Presentan frecuentemente estratificaciones cruzadas y señales de sedimentación, y se intercalan con bancos de arcilla de color rojo también dominante. Inferiormente estos niveles detríticos se hacen más esporádicos y margocalizos, siempre poco potentes y en ocasiones fosilíferos, así como finos lechos limoníticos de tonos ocres y amarillentos, y también muy escasos bancos de yeso. Estas nuevas capas continúan estando intercaladas entre bancos de arcilla siempre dominantes, cuyos tonos han pasado a grises, amarillentos, negros y violáceos, desapareciendo paulatinamente los rojos. A su vez este conjunto detrítico de aspecto versicolor evoluciona en su base hacia una alternancia de colorido decididamente amarillento de bancos de yeso y arcilla, que será considerada como unidad litostratigráfica diferente, la basal del Grupo Valencia.

Así pues la Formación "Areniscas de Manuel" representa un conjunto cuyo carácter detrítico está principalmente acentuado en la parte superior. Podría muy bien proponerse aquí la distinción entre un miembro superior y otro inferior no detrítico, pero por el momento no lo considero necesario, por las razones que más adelante expondré.

ANTECEDENTES

Los únicas citas que pueden considerarse como antecedentes, son las que se refieren a niveles de areniscas, y son numerosos los autores a quienes se debe: J. Cisneros, R. Brinkmann, Ashauer-Teichmüller, M. Schmidt, D. Baráer Pericás, etc.

LOCALIDADES TIPO Y DE REFERENCIA

Para localidad tipo de esta formación propongo la de Manuel (Valencia) en la cabecera del Barranco Largo, al SO de esta localidad, en la zona próxima a las Salinas. Como localidades de referencia importantes, excluyendo las que se podría citar en la zona Sur, son las siguientes:

- 1) Cofrentes (Valencia), en el anticlinal del Km. 27 de la carretera N.330. Como ya se indicó para el caso de la formación K₃, es

te anticlinal presenta la characela replegada y algunas fracturas que dificultan su estudio, pero no lo imposibilitan.

- 2) Calles-Domenjo (Valencia), en el amplio arco que traza el río Turia entre ambas localidades, y donde los potentes bancos de areniscas son visibles desde la carretera N.234. Debe tenerse en cuenta que a pesar del buzamiento general 20° al O.SO, la formación está allí invertida. No obstante, otras observaciones de la misma, en su posición normal, puede hacerse en las inmediaciones hacia el NE y N.NE.
- 3) Villagordo del Cabriel (Valencia), en los pliegues apretados que afectan a las tres Formaciones inferiores del Grupo, alineados paralelamente a la carretera hacia Fuentealiente, al lado N de la misma. En la proximidad a Villagordo, al iniciarse el descenso la misma carretera proporciona una observación excepcional de la parte inferior, poco detrítica, de la Formación.
- 4) Engúldanos (Cuenca), en el km. 21 de la pista hacia Campocobles, después de atravesar el río Cabriel. Las areniscas en tonos rojos y claros, adquieren una potencia próxima a los 25 m y presentan interesantes marcas de sedimentación.
- 5) Gestalgar (Valencia), en el km 9 de la carretera hacia Chiva. Los bancos de arenas y areniscas son allí potentes y con claras señales de sedimentación, aunque algunas fracturas impiden el estudio detallado.

AMBITO REGIONAL DE DISTRIBUCION

Todo el área de estudio. En la Zona Norte su existencia es segura, aunque los espesores menores pueden dificultar su estudio detallado, el cual no obstante he podido hacer en Torás (Castellón), Manzanera (Ternuel) y Narboneta (Cuenca). He comprobado además su existencia en Cañete (Cuenca), proximidades a Ademúz (Valencia) y Ayódar (Castellón), aunque en estas localidades los bancos de areniscas se reducen a potencias variables entre 1 y 4 m., y son poco frecuentes.

DESCRIPCION. CORTE TIPO. EVOLUCION LATERAL

Considero conveniente incluir la descripción detallada del corte tipo, tomado al SO de Manuel (Valencia), en la cabecera del barranco Largo. Una amplia estructura sinclinal ofrece allí un corte completo de las formaciones K2 y K3, y parcial de las K1, K4 y K5, que es su conjunto el de más tranquila exposición en toda la zona de estudio. Existe una potencia medible aproximada de 160 m sobre el cierre periclinal del lado S que he verificado con Jacob'sy cinta métrica. Las capas buzan allí 36° al N 7° O. No existen fracturas importantes, aunque sí alguna de pequeño salto, perfectamente controlable. En el gráfico II he numerado de antiguo a moderno entre 1 y 24 los niveles atribuibles a la Formación K2:

- 1) 1 m - Arcillas amarillentas, gris verdosas hacia el techo.
- 2) 3 m - Areniscas rojas de grano fino y matriz arcillosa, con lechos arcillosos intercalados. Localmente aparecen tonalidades verdosas. Se presenta microestratificación cruzada.
- 3) 8 m - Arcillas pardas en la base, gris amarillentas en el centro y rojizas hacia el techo. En la base se intercalan finas capas limoníticas, y en el conjunto existen bancos de yeso rosado en formaciones nodulares bien individualizadas, y algún nivel

fino (10 cm) de arenisca blanca.

- 4) 1 m - Arcilla amarillenta en superficie (azulada en profundidad), limitada en techo y base por finas capas margo-calcáreas amarillentas bien cuarteadas por diaclasación, en cuyas juntas de estrato se presentan películas limoníticas con improntas de bivalvos, y que incluyen en las bases pequeños cantos arcillosos.
- 5) 2 m - Arcillitas rojas en el centro y amarillentas hacia base y techo. En profundidad se presenta una fina disyunción bolar.
- 6) 2 m - Arcillas amarillentas, con cristales de yeso muy escasos y pequeños.
- 7) 1,5 m - Banco de arenisca blanca, con matriz arcillosa hacia base y techo. En la base existe un fino lecho margo-calcáreo con trazas de "burrows". El banco presenta en sus diaclasas grandes cristales laminares de yeso transparente, de hasta 20 cm.
- 8) 50 cm - Arcillita verde
- 9) 1 m - Arcilla amarillenta en superficie (oscura en profundidad), limitada en techo y base por finas capas (16 y 8 cm respectivamente) de limonita bien cuarteadas por diaclasación.
- 10) 4 m - Arcillas amarillentas (oscuras en profundidad) y rojizas, con intercalaciones de areniscas blancas y rojizas con ripple y microestratificación cruzada.
- 11) 1,5 m - Arcillitas rojas (con tonos verdosos en lechos o núcleos). Contiene un fino nivel de arcilla yesífera que engloba pequeños nódulos de yeso rosado recubiertos por una película limonítica.
- 12) 3 m - Arcillas amarillentas con finas capas margosas, y delgados lechos ocre limoníticos.
- 13) 10 m - Alternancia de arcillas grises y negras con finas capas tabeadas de margas calcáreas amarillentas, margas amarillentas negras al corte, y bancos de yeso de bandeados negros, amarillentos y blancos. En el conjunto las diaclasas están ocupadas frecuentemente por yeso rosado secundario.
- 14) 1 m - Banco de arenisca blanca con microestratificación cruzada. Presenta finas y abundantes intercalaciones (mms) de yeso blanco fibroso, y localmente incluye pequeños cantos arcillosos verdes y amarillentos.
- 15) 6 m - Arcillas rojas con diferentes intercalaciones de interés: lechos finos de arenitas rojas; una capa (3-7 cm) calcáreo-margosa blanca de juntas de estrato onduladas (load coast?); un nivel de concreciones limoníticas ampliamente porosas; un fino nivel de arenitas amarillentas de grano grueso, porosas, de matriz arcillosa y con abundantes cuarzos bipiramidados blancos; lechos irregulares de yeso en nódulos bien individualizados (3-8 cm) de color blanco y con frecuencia rojizo en superficie; un nivel limonítico (5 cm); un nivel arcillo-margoso, más compacto que el conjunto, con formaciones tubulares de posibles "burrows".
- 16) 28,5 m - Conjunto detrítico rojo. En base (foto 16) y centro dominan areniscas y arenitas rojas, de grano fino, matriz arcillosa y más o menos abundante, y frecuentemente moscovíticas. Presen

tan amplia estratificación cruzada. En algunos techos de capas se observa microestratificación cruzada. Son abundantes las formaciones delgadas blanquecinas, tipo costra, separando la estratificación cruzada. Hacia el techo son cada vez más frecuentes las intercalaciones arcillosas rojas, haciéndose las areniscas y arenitas más ricas en matriz arcillosa y menos competentes.

- 17) 8 m - Alternancia de arcillitas rojas con bancos de arenitas y areniscas moscovíticas rojas (localmente grises), de matriz arcillosa y de grano fino. Existen algunas intercalaciones de finas capas margo-limoníticas amarillentas, de lechos de arcilla limonítica de textura bolax y porosa, y de delgadas capas de arcillita blanca.
- 18) 6 m - Arcillitas rojas, parcialmente ocultas por la vegetación.
- 19) 1,5m - Banco de arenita roja, de grano fino y matriz arcillosa, con microestratificación cruzada.
- 20) 4,5m - Arcillitas rojas con algunas intercalaciones: un nivel (10 cm) margoso blanco; un nivel limonítico pardo amarillento de textura bolax y porosa; concreciones ferríferas en las arcillas próximas a este último nivel, del tamaño del cm, localmente rojo-violáceas, con formas tendiendo a la esférica y tubulares propias de burrows.
- 21) 50cm - Banco de caliza margosa, tableado (fot 17). En la base se presenta localmente junta de estratificación ondulada y hacia el techo se manifiesta cuarteamiento (fot 18), en ocasiones asimilables a "mud crack".
- 22) 2 m - Arcillitas rojas, parcialmente ocultas.
- 23) 2,5m - Areniscas rojas, (localmente en tránsito lateral a blancas) de grano fino, matriz arcillosa, débilmente micáceas, y conteniendo restos vegetales limonitizados. Son fácilmente desgregables.
- 24) 4 m - Arenitas rojas (localmente blancas) de grano fino, matriz muy arcillosa, muy disgregables.
- 25) 20 m - Arcillas rojas. Tramo cubierto en gran parte por la vegetación, que dificulta las observaciones de detalles.
- 26) 18 m - Alternancia de yesos, en bancos o masivos, con niveles arcillosos. Estos últimos suelen ser gris-verdosos en superficies y negros y con disyunciones bolares marcadas en profundidad. Los yesos son de diferentes coloraciones: blancas, rosadas, violáceas. Presenta frecuentemente texturas nodulares de diferentes tamaños y abundan en superficie los cristales transparentes (o rojizos) idiomorfos. Se intercala algún nivel fino (5 cm) calcáreo criptocristalino, con improntas de cristales cúbicos (fot. 19). El conjunto resalta sobre el relieve.
- 27) 25 m - Arcillitas finamente disgregadas en superficie, de color rojo fuerte. Existen algunas intercalaciones de finos lechos de yeso con textura nodular acentuada, con tamaños de nódulos variables (0,5 cm - 8 cm), que resaltan bien sobre las arcillas (fot. 20). Se intercalan también algunos lechos de arcillitas de color verde. En el conjunto aparecen escasos cristales de yeso. Hacia el techo la masa de arcillitas apa

LAMINA IV

CORTE ESTRATIGRAFICO DEL SINCLINAL AL SO DE MANUEL (FORMACIONES K₂ Y K₃)

Foto 20 - Fina capa de yeso nodular entre las arcillas rojas del nivel 27.

CORTE ESTRATIGRAFICO DEL ANTICLINAL DEL KM 27, EN COFRENTES (FORMACIONES K₂ Y K₃)

Foto 21 - Cuarteamiento en el techo limonítico de escasos centímetros, del nivel 9.

Foto 22 - Nivel 9. Juntas de estrato onduladas, laminación en las capas margosas y lechos limoníticos más oscuros, intercalados hacia el techo.

Foto 23 - Bivalvos de diferentes tamaños en un bloque del nivel 13

Foto 24 - Techo del nivel 13. Moldes internos mal conservados de bivalvos.

Foto 25 - Trama de burrows horizontales en la base de la arenisca roja del nivel 18

Foto 26 - Base del nivel 24. Señales de sedimentación tipo groove cast, conservadas por pátina limonítica sobre la arenisca.



rece cruzada por vetas de yeso blanco fibroso en todas direcciones.

- 28) TECHO Yeso arcilloso de colores rojo, rosado blanco y gris, sin diferenciación en bancos, con textura trabecular también en yeso bien desarrollada cruzando el conjunto. Se incluyen formaciones nodulares dentro de la trama trabecular. El conjunto es asimilable a la Formación K_4 . El contacto con el nivel 27 es mecánico. El nivel 26 tiene características litológicas semejantes y puede ser considerado como una temprana manifestación de las condiciones propias de esta formación.

Los niveles 25, 26 y 27 corresponden a la Formación K_3 y 28 a la Formación K_4 . Incluyo también el corte de Cofrentes, Km 27 de la carretera n. 330, cuyas particularidades de disposición indiqué para la Formación K_3 , numerando de antiguo a moderno los 35 niveles que distingo como Formación K_2 :

- 1) 2 m - Bancos de arenisca roja de grano fino y matriz ligeramente arcillosa y microestratificación cruzada.
- 2) 75 cm - Arcilla roja, y verdosa hacia el techo, que aparece coronada por un nivel fino (7 cm) y bien destacado arcillo-limonítico, amarillento.
- 3) 2 m - Arenisca roja de grano fino y pequeños ripplex de corriente, en alternancia con lechos de arcillas rojas.
- 4) 40 cm - Arcillita de tonos verdosos y amarillentos. Contiene sólo localmente finas capas margo-calcareas de color amarillo claro bien destacadas.
- 5) 30 cm - Calizas micríticas de tonos amarillentos claros en finas capas y con intercalaciones muy finas de arcillas negras. Presentan halos de oxidación y planos de estratificación suavemente ondulados.
- 6) 60 cm - Arcillas amarillentas en superficie y en profundidad oscuras y con disyunción bolax. Localmente contienen nódulos arcillo-limoníticos pardos.
- 7) 80 cm - Banco de arenisca de tono verdoso claro, de grano fino y matriz ligeramente arcillosa, pasando en el techo a arenisca roja violácea fina mente laminada. Presenta estratificación cruzada bien marcada.
- 8) 1'5 m - Arcillitas rojas en la base y hacia el techo amarillentas (negro amarillentas en profundidad) y alternando con lechos margosos.
- 9) 25 cm - Nivel margoso. Hacia la base es más arcilloso y amarillento, hacia el centro más margoso claro y compacto y en el techo presenta capas oscuras ferríferas bien cuarteadas (fot. 21), de juntas de estrato onduladas (fot. 22) Puede también encontrarse capas de este tipo hacia el centro del nivel.

- 10) 90 cm - Arcillitas, amarillentas en superficie y oscuras en profundidad.
- 11) 40 cm - Finas capas margo-arcillosas-limoníticas de tonos pardo amarillentos.
- 12) 2 m - Arcillas amarillentas en superficie y oscuras en profundidad.
- 13) 15 cm - Nivel fosilífero característico, calcáreo margoso de color pardo amarillento claro, En la base presenta trama de burrows e improntas de clastos arcillosos. El techo aparece recubierto de moldes (y excepcionalmente conchas limonizadas) de bivalvos, de tamaños que oscilan entre 5 mm y algunos cms (fots. 23 y 24).
- 14) 1'2 m - Arcillas amarillentas en superficie y en profundidad oscuras y con disyunciones bolares.
- 15) 1 m - Arcillas ligeramente arenosas. La mitad inferior del nivel es de tono azulado y la mitad superior rojo oscuro.
- 16) 30 cm - Bancos de arenisca arcillo-margosa, con finos ripplex de oleaje particularmente visibles en las juntas de estratos. Abundan los pequeños núcleos (5 mm) rojo oscuros ferríferos.
- 17) 2'3 m - Arcillas de diversas coloraciones. De abajo a arriba: verdosa, amarillenta-verdosa y roja. El tramo inferior es verdoso también en profundidad.
- 18) 3 m - Arenisca de grano fino y tonos rojos (localmente verdes) En la base presenta trazos de burrows (fot. 25). Localmente suaves ripplex, convoluted, y en el conjunto estratificación cruzada. En el tramo superior se intercalan arcillas rojas (localmente verdes), con disyunción bolar.
- 19) 2 m - Arcillitas rojas, que intercalan lechos verdosos.
- 20) 1'1 m - Arcillas verdosas y amarillentas coronadas por capitas (20 cm en total) margosas claras y arcillosas oscuras.
- 21) 1 m - Arcilla blanca (verdosa en profundidad) coronada por capitas (30 cm en total) margosas y calcáreo-margosas, oscuras al corte, de 1 cm de espesor, limitadas por pátinas limoníticas amarillentas.
- 22) 2'5 m - Arcillas verdes (tanto en superficie como en profundidad), coronadas por un paquete de 40 cm de capitas margoso-calcáreas, y de areniscas, de tonos claros. Se intercalan algunos lechos arcilloosos negros y niveles calcáreo-limoníticos granudos y porosos, bien visibles al corte. Se presentan diseminadas en la arcilla concreciones botrioidales de hasta 30 cm calcáreo-ferríferas, con elevada porosidad interna.
- 23) 80 cm - Arcillas claro-oscuras en superficie (oscuras en profundidad).

- 24) 3 m - Bancos de areniscas blanca, localmente rojiza y amarillentas, de grano fino y micácea, que intercala algunos lechos arcillosos. Se presenta microestratificación cruzada, bien visible en los techos de las capas, algunos de los cuales muestra marcas de tipo "load cast". La base de este conjunto de areniscas está finamente tableada y es de grano medio, existiendo pátinas limoníticas pardas que han conservado señales de sedimentación de los tipos burrow, flut cast, groove cast, entre otros (fec. 26).
- 25) 6 m - Arcillas de tonos rojos dominantes, que intercalan finos lechos blanco amarillentos, siendo violáceos hacia el techo. Estos niveles del techo intercalan a su vez finos lechos discontinuos de arenitas amarillentas de grano medio y grueso que contienen abundantes cuarzos bipiramidados blancos. En el conjunto también se presentan capitas (5 cm) de margas blancas, y aparecen diseminados pequeños cristales de yeso.
- 26) 40 cm - En la base, nivel discontinuo de arenitas brechadas amarillentas que contienen abundantes cristales pequeños (1-4 mm) de cuarzos bipiramidados blancos intercalados en lechos de arcillas violáceas. En el centro nivel (7 cm) de vetas margo-calcáreas blancas. El resto, arcilla negra con disyunción bolal.
- 27) 1 m - Arenitas disgregables en lajas, amarillentas en la base y rojas en el resto. Presentan estratificación cruzada.
- 28) 1 m - Arcilla roja.
- 29) 29 cm - Nivel arcilloso margoso blanco, de aspecto brechoide e irregular.
- 30) 1'2 m - Areniscas rojas, de grano fino y matriz ligeramente arcillosa, que intercalan lechos arcillosos.
- 31) 1'5 m - Arcilla roja, con alguna intercalación muy fina margosa blanca.
- 32) 10'2 m - Banco de arenisca roja, micácea, de grano fino, con matriz arcillosa más o menos abundante. Presenta microestratificación cruzada. Localmente la coloración es verdosa (tanto en lechos como puntualmente). Se alternan algunos niveles arcillosos rojos.
- 33) 7 m - Arcillas rojas, con algunas intercalaciones de areniscas rojas en capas de 20-50 cm de espesor de características semejantes a las de nivel 32).
- 34) 50 cm - Arcillas verdes en la base y centro, y amarillentas hacia el techo.
- 35) 70 cm - Calizas y calizas margosas blanco-amarillentas, con juntas de estrato muy rectas.
- TECHO - Nivel tomado como techo de la serie, de potencia apreciable (no medida) próxima a los 60 m. La componen arcillitas

y arcillas de color dominante rojo oscuro fuerte, fácilmente erosionables. Existen intercalaciones de tonos blancos y variados, que pierden continuidad lateralmente en general. Se intercalan también algunas escasas capas de areniscas rojas. Localmente se presentan concreciones calcáreas blancas, bofrioidales. No se encuentran cuarzos bipiramidados, y el yeso, tanto en vetas o en niveles es muy escaso.

Además de estas descripciones detalladas incluyo el gráfico II de correlación estratigráfica a escala 1:100 de otras siete localidades en donde he podido estudiar la formación con detalle y resolver el problema de la situación estratigráfica exacta (Villagordo, Calles, Macastre, Narboneta, Manzanera, Torás y Bugarra), y como puede verse cubren la Zona Centro y gran parte de la Norte. En este cuadro se aprecia las particularidades siguientes:

- 1 - Los bancos de areniscas y arenas, aunque presentes en toda la formación, se desarrollan preferentemente hacia la parte superior y central de la misma. Presentan frecuentes estratificaciones cruzadas a macro y microescala, ripple de oleaje y corriente, pistas de burrows, señales de sedimentación tipo flutecast, groove cast, y algunas otras no bien identificadas, y también frecuentes restos vegetales carbonizados o limonitizados. Los granos son de cuarzo casi en su totalidad, bien seleccionados, medianamente rodados y de tamaño fino en general, ocasionalmente medio. Otros granos de moscovita detrítica y minerales opacos están presentes en pequeña proporción. La matriz es arcillosa y en ocasiones muy abundante por lo que los bancos son fácilmente desmoronables. Los tramos arenosos son frecuentes y tienen color blanco en general.
- 2 - Los niveles calcáreos son poco potentes y presentan en ocasiones grietas de desecación. Los que son fosilíferos se sitúan preferentemente hacia la parte inferior de la formación y contienen bivalvos y gasterópodos de conchas muy finas. Un tipo especial de crecimiento dolomítico (teruelítico) en alguno de estos bancos puede utilizarse como nivel guía.
- 3 - Los niveles limmíticos se sitúan preferentemente en la parte inferior de la Formación y son muy delgados.
- 4 - Los niveles de arcilla presentan cierto grado de compactación que permite disyunciones bolares en diferentes tamaños. Las arcillas de la parte superior de la Formación son predominantemente rojas y las de la inferior presentan tonos grises, verdes, amarillos, rojos, negros y violáceos.
- 5 - Diversos tipos de concreciones aparecen entre las arcillas, así como costras de cuarzos blancos bipiramidados, que pueden utilizarse como niveles guía de validez local.
- 6 - El límite superior de esta formación se establece algo arbitrariamente, teniendo en cuenta la decidida dominancia de arcillas rojas para la Formación K₃ y de areniscas para aquella. El nivel calcáreo que aparece próximo a este contacto y que contiene gasterópodos y bivalvos en Calles, Macastre y Requena podría tomarse como límite, pero está, no obstante, claramente incluido entre las arcillas rojas de la Formación K₃.

7 - El límite inferior pueda parecer más dudoso. El criterio que he seguido aquí es el situarlo en el punto donde la serie comienza a presentar bancos de yeso abundantes. En general este tránsito está bien marcado en el terreno por el tipo diferente de erosión. Las capas basales de la Formación K_2 , presentan juntas muy rectas y una erosión diferencial acusada, mientras que las arcillas y bancos de yeso tienen una erosión más pobre y dan pendientes más uniformes y suavizadas.

En algunas áreas donde, como se verá en el apartado siguiente, las capas superiores de la Formación K_1 no son yesíferas, sino arcillosas y margosas, la distinción puede también hacerse gracias al fuerte color amarillento que poseen, que las diferencias de las más suavizadas y variadas en tonos, de la base de la Formación K_2 .

Respecto a los espesores, hay cambios importantes en esta Formación. Así en la Zona Centro existen entre 25 y 70 m, mientras que en la Norte lo hacen entre 20 y 40 m. Ello es debido principalmente a las rápidas variaciones de las areniscas, pudiendo encontrarse puntos dentro de una misma localidad, donde la potencia total de aquellas se hace hasta 9 o más veces mayor. Esto ocurre sistemáticamente en todos los afloramientos, incluidos los dados como tipo y de referencia, y debe tenerse en cuenta al considerar el gráfico II.

En el afloramiento Montealegre del Castillo - Alpera (Albacete) las areniscas están particularmente desarrolladas presentándose en paquetes de potencias superiores a la decena de metros, en alternancia con arcillas, en espesor total próximo a los 200 m. Debe recordarse aquí que estos niveles de areniscas fueron dados por Buntsandstein por los autores de las Hojas de Alpera y Montealegre del Castillo.

En la región entre Castelló de Rugat-Ador (Valencia) las intercalaciones de areniscas son escasas, aunque con espesores totales superiores en general a los de la franja más septentrional de la Zona Norte. En la región de Sagra-Alcalalí (Alicante) alcanzan espesores más importantes.

En la Zona Sur se presentan los mayores contrastes en potencias. Para el área Yecla-Jumilla-Pinoso puede aceptarse un espesor máximo de 25 m para la Formación K_2 , siendo escasos y poco patentes los bancos de areniscas (3 m en Yecla). En la región Sax-Elda-Castalla se mantiene posiblemente esta potencia aunque las areniscas tienen mayor dominancia. Finalmente, para la alineación Jijona-Agost-Pantano de Elche-Abanilla las potencias se incrementan considerablemente, oscilando entre 50-60 m, y en este cambio son las areniscas las principales responsables.

FORMACION "ARCILLAS Y YESOS DE JARAFUEL" (K_1)

La base de los materiales que componen el Grupo Valencia la constituye una unidad característica, la más importante por su potencia y superficie ocupada en los afloramientos de las Zonas Centro y Norte, cuya litología dominante es una alternancia de bancos de arcilla y yesos ocupando aquellos mayores volúmenes que estos. Otros materiales ocasionales son capas de areniscas, dolomías, calizas, costras limoníticas y masas ofíticas. Este conjunto resulta de difícil estudio estratigráfico debido a su complejidad estructural asociada y a la falta de niveles guía, y no me es posible dar ningún

corte detallado en donde la disposición estratigráfica sea segura. Unicamente podré distinguir en él grandes paquetes con ciertas variaciones litológicas.

LOCALIDADES TIPO Y DE REFERENCIA

Como localidad tipo puede elegirse entre las muchas posibles a Jarafuel. Entre esta población y la de Teresa de Coirentos la carretera N.330 ofrece un corte aceptable entre los kms 30 y 32, aunque debe tenerse en cuenta que la formación está allí plegada.

Como localidades de referencia pueden darse prácticamente una por afloramiento importante.

- 1) Canal de Navarrés: Chella, en el asomo de trazo NO-SE que se extiende entre Bolbaita y Anna.
- 2) Turis (Valencia), a lo largo de la carretera hacia Alborache, y en los primeros kms de la que se dirige a Montroy.
- 3) Chelva (Valencia) al lado N de la carretera N.234, entre esta localidad y Calles.
- 4) Arcos de las Salinas (Teruel), en la magnífica exposición de las mismas salinas.
- 5) Narboneta (Cuenca), en el extenso afloramiento que intercala escamas de Muschelkalk.
- 6) Villagordo del Gabriel (Valencia), en el centro del afloramiento Keuper.

DISTRIBUCION AREAL

Esta Formación está ampliamente extendida a lo largo de toda el área de estudio. No obstante su existencia es difícil de reconocer en la parte central de la Zona Sur. Sus materiales han pasado allí desapercibidos a los geólogos ya que afloran sólo en puntos muy determinados, de extensión muy reducida, y en general de no fácil acceso. Creo conveniente citar aquí alguno de estos puntos:

- 1) En las proximidades a Jijona, en el cauce del río Torremanzanas, entre la Masia Feliu y las casas del Tío Mayor.
- 2) En el domo de Jumilla, en el centro del mismo y en su extremo SO.
- 3) En Agost, al S de esta localidad, en la misma base de los materiales terciarios de la Sierra de las Aguilas.

De todos modos es probable que en esta región incluya espesores de bancos de yesos desacomodadamente grandes.

Finalmente, en una sólo región, en Montealegre del Castillo-Alpera (Albacete) la formación pierde casi totalmente sus niveles yesíferos, los cuales son sustituidos por otros margosos y arcillosos, de tonos rojizos en ocasiones, incluyendo ofitas. El desarrollo es allí muy inferior en potencia.

DESCRIPCION

En las zonas donde esta formación presenta las mejores exposiciones, se destaca por su colorido amarillento. Su morfología es muy particular, siendo la erosión fácil, aunque no llega a dar profundos barrancos. Cuando se presentan bancos de yeso de cierta potencia, éstos suelen estar muy replegadas y sus tonos blanco, pardo amarillento, y oscuro se insertan bien en el conjunto.

Las arcillas son materiales de mayor porcentaje volumétrico. Los referidos tonos superficiales pasan rápidamente, a pocos centímetros de profundidad, a azulados, grises o negros, con claras disyunciones bolares y fragmentación propia de arcillitas. Son frecuentes los bancos de potencia superior a la decena de metros. En determinados casos puede distinguirse textura pizarrosa en las margas arcillosas.

Los yesos se presentan en bancos interestratificados con las arcillas sin llegar a superar fácilmente los 2 m de potencia. La textura de estos bancos de yeso es comúnmente bandada (o laminada), la cual está puesto de manifiesto por las diferentes coloraciones de estas bandas, entre las que dominan las blancas, oscuras, amarillentas y grises. El espesor de las mismas suelen ser del orden del cm, aunque en general el fondo de los bancos, sobre el que aquellas destacan es de color blanco o gris claro. Estos bancos de yeso presentan fácilmente pliegues de tendencia foliar más o menos marcada. Son relativamente frecuentes en ellos las mineralizaciones de teruelitas, y prácticamente inexistentes los porfiroblastos de yeso de tonos oscuros.

Las intercalaciones de bancos de dolomía clara, de espesor inferior en general a 1 m son también frecuentes, y están asociados a la mayor abundancia de bancos de yeso. Son propiamente lodos dolomíticos consolidados, de estructura micro y cripto cristalina.

Abundan también los niveles limoníticos de potencia inferior por lo general a los 30 cm. Pueden ser masivos o tener textura carniojar. Es frecuente en estos lechos la presencia de cristales de dolomita, que llegan a dar verdaderas capas limonítico-teruelíticas.

No faltan en esta formación las intercalaciones de bancos de areniscas, de color blanco o claro en general, y de potencia que no suele superar el m, aunque ocasionalmente puede llegar a los 5 m. Presentan estratificaciones cruzadas y frecuentes limonitizaciones. En estos bancos, y en otros de carácter más arenoso he encontrado algunos yacimientos de restos vegetales.

Particular interés tienen las finas capas de calcáreas o calcáreo-margosas, que aunque escasas, pueden encontrarse intercaladas en esta unidad. Muchas de ellas son fosilíferas y algunas casi lumaquéllicas. Se trata de pequeños bivalvos, de conchas delicadas, en general deterioradas, apreciándose solamente los moldes. Algunos de estos bancos, cuya potencia típica está próxima a los 10 cm, tienen en la base una trama de "burrow". La posibilidad de usar estas intercalaciones como niveles guía, no los descarto, aunque requeriría un estudio mucho más detallado de la unidad que ahora nos ocupa. Otras veces, sobre estas capas calcáreas se implantan piritoedros y también cristales pequeños (1-3 mm) de cuarzos bipiramidados oscuros.

En toda la unidad son escasos los cuarzos bipiramidados, y aún cuando aparecen suelen ser pequeños y de color blanco. Los peritoedros

del Keuper (muy poco citados) pertenecen propiamente a esta unidad, y su presencia, como más adelante veremos, parece restringida a ciertas regiones, y se implantan sobre calizas, sobre los yesos, y entre las arcillas.

Esta descripción general no abarca la totalidad de la Formación en realidad. Así es posible distinguir en cada afloramiento paquetes dentro de ella en los que los yesos tienden a desaparecer a favor de niveles de areniscas, capas limoníticas, margosas y calcáreamargosas. Tales ausencias de sulfatos se presentan claramente en la parte baja de la formación, en el tránsito del Muschelkalk, y esto es visible en Albentosa (Teruel) y Torás (Castellón), en la Zona Norte. En la Centro estos paquetes exentos de bancos de yeso pueden apreciarse al N.NE de Chella (Valencia), en la proximidades a las cotas 281, 276 y 279, y en muchos puntos de la zona Chelva-Calles (Valencia), y en los afloramientos de esta Formación en la región Castelló de Rugat - Àdor - Sagra - Alcalalí - Callosa de Ensarriá - Altea. Por el contrario, los escasos afloramientos citados para la Zona Sur son predominantemente arcillo-yesíferas, y yesíferas.

Las ofitas del Keuper pertenecen exclusivamente a esta Formación en la Zona Centro, siendo además muy escasos los afloramientos (Quesa, Barcheta, Montealegre-Alpera). En la Zona Norte están también prácticamente relegadas, aunque localmente (en Manzaneta, Teruel) pueden hacer contacto con las Formación K₂ y K₃, debido probablemente a causas tectónicas. Existen además en esta zona mayor número de afloramientos, aunque circunscritos más bien a determinadas áreas (La Olmeda, La Torre, Las alhambras, Los Cerezos, Manzanera, Torás, Altura, Villora). En la Zona Sur, finalmente, como ya dije, aperecen preferentemente en las Formaciones K₄ y K₅, es decir las superiores.

Las ofitas de la región Arcos de las Salinas, Torás y Altura llevan asociados niveles silíceos de aspecto margoso, en ocasiones de textura pizarrnosa, y tonos blancos y verde claro.

Finalmente cabe citar las intercalaciones de masas salinas. Aunque no llegan a poderse estudiar en superficie, en ningún caso para los afloramientos de esta Formación, es perfectamente admisible su existencia. Los pocos casos que he encontrado de imporantas de cristales cúbicos de sal sobre niveles de domolias o margo-calizas, se sitúan en esta formación. Otras prueba de tipo estructural la veremos en los capítulos de Geología regional, al ocuparnos de los núcleos salinos de los domos de Pinosa y La Rosa (Alicante y Murcia respectivamente).

DIFICULTADES DE CARACTERIZACION REGIONAL DE ALGUNAS FORMACIONES

Como ya he dicho, las cinco Formaciones se hallan bien desarrolladas en el centro del área de estudio. No obstante hacia los extremos Norte y Sur surgen ciertas dificultades de distinción para algunas de ellas ya sea por motivos puramente sedimentarios, o bien por causas tectónicas o erosivas. Aunque a lo largo de los tres capítulos siguientes daré más detalles sobre estos particulares, quiero anticipar de un modo resumido en la fig. 8 las conclusiones generales respecto a las citadas dificultades. El criterio que ha prevalecido en la confección de este esquema es la imposibilidad práctica de cartografía a escala 1:25.000.

Fig. 8 Dificultades de caracterización regional de las Formaciones del Keuper de Levante, basadas en las posibilidades de cartografía a escala 1:25.000



Digamos en primer lugar que la única formación que es claramente distinguible e incluso cartografiable (cuando los afloramientos lo permiten en conjunto) son las Arcillas de Cofrentes. A su vez en la Zona Centro no se presentan tales problemas para ninguna de las Formaciones, excepto en el ángulo SW, y en todo el límite S, como ya veremos en los párrafos siguientes.

En ciertas áreas de la Zona Norte son dos las unidades que presentan dificultades: la Formación K_4 y la Formación K_2 . Respecto a la primera, las dificultades son de tipo tectónico y erosivo, ya que puntualmente está bien desarrollada en la mayoría de los afloramientos. Sin embargo en el caso de los valles del Palencia y el Mijares el problema es más bien sedimentológico, ya que esta Formación pierde allí en buena parte sus características litológicas típicas. Respecto a la segunda, la dificultad se debe en general a la débil potencia de la unidad. No obstante he podido trazar cortes estratigráficos representativos en Manzanera y Torás. En el resto de afloramientos dentro del área enmarcada considero esto imposible.

En la Zona Sur las dificultades son algo mayores y afectan a todas las Formaciones, excepto a las Arcillas de Cofrentes, como ya he dicho. Ello es en general debido a la mayor complejidad tectónica y a la reducida extensión de los afloramientos. Sin duda alguna es la Formación K_1 la que con mayor intensidad experimenta estas dificultades, aunque anteriormente ya he indicado los escasos puntos donde sin lugar a dudas puede reconocérsela. La Formación K_2 está prácticamente ausente en la región de los grandes domos (Pinoño - Jumilla), debido a su mínimo desarrollo. En el área que abarca el NE de la Zona Sur y el SE de la Zona Centro, el desarrollo es muy irregular y pobre en general (excepto en Alcalalí); a ello hay que sumar la complejidad tectónica comentada. La Formación K_4 está desarrollada en toda el área situada al E, y es problemático en general su reconocimiento.

Finalmente, la Formación K_5 , sólo es de difícil distinción al SE de la Zona Centro, y ello está muy probablemente causado por la fuerte tectónica regional.

Al observar el escaso desarrollo de alguna Formación en unas áreas determinadas puede plantearse si está realmente fundamentada la distinción litostratigráfica de la misma en esa categoría. En mi opinión la justificación de esta distinción reside por un lado en la claridad de la Zona Centro, y por otro en el hecho de que siempre en algunos puntos de las áreas señaladas como dificultosas, puede distinguirse bien la Formación en duda. No obstante hace falta un estudio del Keuper en otras áreas marginales a ésta de estudio para saber qué Formaciones prevalecen y cuales no, es decir, cuales podrían relegarse en estas áreas marginales (que podrían afectar incluso a los extremos Norte y Sur del área de este estudio) a la categoría de miembros. Como se habrá podido ver, esta observación afecta muy directamente a la Formación Areniscas de Manuel. Esta ha sido definida como una unidad progresivamente detrítica hacia el techo, pero con niveles basales muy bien diferenciados, y en realidad ocurre que en las áreas señaladas como dificultosas para ella, únicamente puede distinguirse por los más o menos pobremente desarrollados bancos de areniscas.

APROXIMACION A LA GEOMETRIA DE LA CUENCA KEUPER EN LEVANTE

El gráfico III es un intento de síntesis de los datos obtenidos en los estudios estratigráficos referidos en este mismo capítulo, y de la Geología regional, que incluyo en la parte tercera. Creo que es posible en el momento actual y a la luz de toda esta nueva información, trazar las líneas generales de la cuenca sedimentaria durante el Triásico superior en Levante. Deseo también advertir que no puede exigirse exactitud al esquema de aquel gráfico, en lo que a potencias se refiere.

En efecto, para cada Formación los espesores han sido bien medidos, bien estimados. El primer caso afecta a la Formación K₂, frecuentemente a la Formación K₃ y ocasionalmente a la Formación K₅, pero sólo en ciertos puntos de las Zonas Centro y Norte, habiendo sido estimados en el resto de localidades de esas zonas y en la Zona Sur. Esta estimación ha sido generalizada para toda el área de estudio en el caso de la Formación K₁ y de la Formación K₄, en orden a las características litológicas y cartográficas de los afloramientos.

No obstante, aún en el caso de medición de series debe pensarse en que las potencias obtenidas pueden estar disminuidas considerablemente respecto a las originales sedimentarias por la plasticidad de los materiales. Pero, aún así, y no pudiendo trabajar en superficie de otro modo, creo que los resultados del gráfico III servirán en todo caso como buena guía para futuras investigaciones. Téngase además en cuenta que los errores cometidos en su confección pueden haber sido sistemáticos, y aunque los valores absolutos de potencias sean incorrectos, creo que siempre mantendrán su valor relativo.

En el mapa de isopacos que incluyo puede distinguirse claramente dos surcos o subcuencas principales: La de Minglonilla - Cofrentes - Navarrés y la de Pinoso - Jumilla, además de otras de menor subsidencia, como la de Arcos de las Salinas. La primera de aquellas presenta un eje de traza ibérica, mientras que la de Pinoso, aunque más indefinida, parece estar relacionada con la traza bética. Son también patentes los adelgazamientos de la cuenca en los ríos Palancia y Mijares por el NE y en todo el apéndice del Cabo de San Antonio, por el SE. Todo ello parece indicar claramente que ya durante el Keuper estaban marcadas las características experimentadas por estos dominios sedimentarios periféricos a la Meseta.

i

Sólo en dos ocasiones aparecen desarrollos anormales en los niveles detríticos de las Formaciones inferiores (particularmente de la Formación K₂) y ello, al menos en Montealegre puede ser claramente indicativo de proximidad al borde de cuenca. El corte VII del gráfico III parece claro en este sentido. Salvo esta excepción, toda el área central de la zona de estudio parece corresponder al centro de la cuenca. Desgraciadamente la falta de afloramientos hacia el O no me permite estudiar la evolución del borde de la misma, que sin duda ha de ser muy interesante para completar la información de que ahora disponemos sobre las cinco formaciones diferenciadas. Sobre la posible existencia de umbrales dentro de la cuenca en el área de estudio, haré referencias en el capítulo de Paleogeografía.

CORRELACION CON OTRAS CUENCAS KEUPER ESPAÑOLAS

Este apartado quedará, desgraciadamente, muy incompleto, por la falta de conocimientos prácticos del autor sobre otras cuencas Keuper españolas.

De los tres niveles referidos por C. Virgili en el Keuper de los Catalánides, únicamente del inferior "Margas irisadas yesíferas" podría intentarse una correlación litológica muy grosera con nuestras tres formaciones inferiores, aunque en realidad faltaría también allí el término equivalente a la Formación K_2 .

Con el resto de cuencas españolas omito cualquier intento porque la bibliografía existente sobre el tema no es suficientemente adecuada para ello.

Un caso aparte es el Keuper de las Baleares. He tenido ocasión de estudiar en Mallorca los afloramientos próximos a Soller, en particular el corte de la carretera entre esta localidad y Valldemosa. En este trayecto, especialmente endcollado antes del descenso a Soller, el Keuper está bien representado, aunque muy tectonizado. Se identifican perfectamente las Arcillas de Cofrentes, con las mismas tonalidades rojas y la típica erosión, los Yesos de Ayora, con importantes formaciones porfiroblásticas, y los Yesos y Arcillas de Jarafuel, con sus tonos amarillentos sus niveles carniolares y sus bancos yesíferos. Las ofitas son muy abundantes y al NE de Soller aparecen sensiblemente estratificadas. En las proximidades a la Formación K_3 he encontrado algunos finos niveles de areniscas, así como lechos silíceos con laminaciones plegadas, que podrían ser indicio de una poco desarrollada Formación K_2 . Al NE de Soller aparecen, en contacto con la Formación K_1 , espesores importantes de carniolas cuya posición exacta desconozco.

Sea como sea, creo que tras estudios más detallados podría establecerse sin dificultad una correlación bastante buena entre el Keuper de Mallorca y el de Valencia. Ello implica unas conclusiones sedimentológicas respecto a aquel bastante distintas de las corrientemente aceptadas, y que serán discutidas con más detalle en el capítulo 10.

CORRELACION CON LAS CUENCAS FRANCESAS Y ALEMANAS

La síntesis bibliográfica hecha en el capítulo 1 sobre cuencas Keuper extranjeras permite observar que el Keuper de Levante parece litostratigráficamente correlacionable en líneas generales con el francés y el alemán. Ello podrá verse en las descripciones de las cuencas de Lorena, París, el Jura y Aquitania. Tomemos como referencia la fig. 1 que representa el corte tipo del Keuper de la primera de aquellas, que como ya dije es el más importante y representativo de Francia, y a su vez prácticamente idéntico al del Keuper medio de los autores alemanes (Keuper, en general, de los autores franceses).

El Keuper inferior, la unidad más potente (100-150 m), contiene margas irisadas con yesos, anhidritas, y masas salinas (halita). Esta unidad parece corresponderse bien con la Formación Arcillas y yesos de Jarafuel (K_1), para la que también he propuesto la designación de Keuper inferior.

En el Keuper medio existe en la parte basal, bancos de areniscas (Crès à roseaux) que intercalan lechos carbonosos, en potencia de 15-55 m, y en el techo aparece un nivel dolomítico de potencia variable entre 0-10 m (Dolomie moellon). El Keuper superior comienza con 20 m de arcillas rojas yesíferas (Argiles de Chauville). No parece arriesgado comparar el nivel Gros a Roseaux con las Areniscas de Manuel (K₂) y las Argiles de Chauville con el conjunto rojo Arcillas de Cofrentes y Arcillas yesíferas de Guesa, yesífero en el término superior. Aunque aparentemente falte el nivel dolomítico "Dolomie moellon", en el gráfico II puede perfectamente observarse la presencia bastante constante de bancos calcáreo dolomíticos en el tránsito de las Areniscas de Manuel a las Arcillas de Cofrentes.

Finalmente el techo del Keuper superior contiene margas con bancos de yesos (Marnes irisées supérieures) sin halita. Este término no es, a pesar de la presencia yesífera, correlacionable con los Yesos de Ayora (K₅)

Lo dicho queda resumido en la fig. 9, que indica que la correlación es francamente buena para las divisiones media e inferior de ambos cortes tipo de Keuper.

EL PROBLEMA DE LAS ACUMULACIONES SALINAS

El estudio en superficie de los materiales del Keuper en Levante no permite, como ya he dicho, el conocer satisfactoriamente la posición de las intercalaciones salinas del mismo. Los indicios salinos son en general abundantes, especialmente los manantiales de alto contenido en sales disueltas. De ellos se han aprovechado las numerosas salinas de evaporación. No obstante, se puede plantear la duda de si el agua salada enriquece su concentración por circular a través de masas salinas, o bien si se trata simplemente de un proceso de concentración progresiva al discurrir subterráneamente por los materiales del Keuper, que sin duda contienen halita diseminada y de origen puramente diagenético, o si bien, juegan ambas posibilidades.

Para obtener más datos que permitan valorar justamente estas cuestiones creo que será necesario disponer de estudios geoquímicos de las aguas del Keuper, realizados de un modo sistemático.

No obstante, existen evidencias de concentraciones de masas salinas, como atestiguan las minas de Minglanilla, donde la sal aflora en forma de pitón diapírico entre la Formación K₄, y Pinoso, en el núcleo del domo. Por otro lado los sondeos de algunas compañías privadas han cortado capas de sal en algunas localidades.

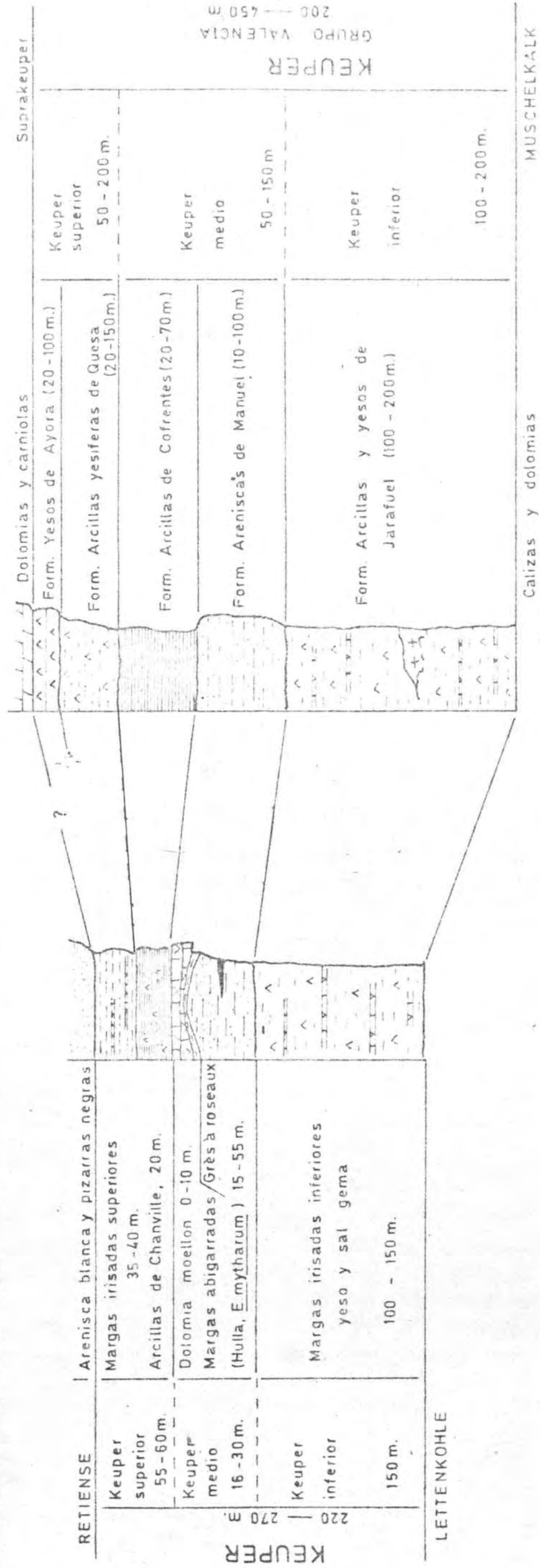
El autor se inclina por ello a pensar que la existencia de salinas de evaporación implica realmente la existencia de intercalaciones salinas bien definidas en los materiales del Keuper, aunque esta regla no se cumple siempre, naturalmente, a la inversa.

Otro problema importante es la posición original de las intercalaciones. Aparte de las asociaciones ya comentadas con la Formación K₁, en algunos lugares (Villena, Jumilla) las salinas se sitúan sobre la Formación K₄. En Minglanilla la sal aflora igualmente entre las arcillas yesíferas de esta Formación, pero el carácter intrusivo impide

Fig. 9 Correlación entre el Keuper de Lorena (según J. Ricour, 1963) y el corte tipo del Keuper del Levante español.

Cuenca de Lorena

Cuenca levantina



KEUPER
GRUPO VALENCIA
200 - 450 m

hacer deducciones en este sentido. En mi opinión, también las Arcillas yesíferas de Quesá podrían contener originalmente intercalaciones salinas, al igual que la Formación K_1 , siendo general para ambas el carácter arcillo-yesífero. No obstante, esta cuestión es difícil de demostrar con los medios de que he dispuesto y por ello no la he introducido en los perfiles litostratigráficos del Gráfico III.

PARTE II.

Petrologia

Esta segunda parte del trabajo está destinada a profundizar sobre algunos tipos de rocas, y sobre ciertos procesos petrológicos del Keuper, poco conocidos. Se ha dado la mayor importancia al estudio de los sulfatos, y posteriormente a los materiales silíceos y carbonatados y a los procesos de ferruginización. Se hace algunas observaciones sobre los niveles de arenas y areniscas y sobre ciertos minerales autígenos. Algunos grupos, como las arcillas, y las rocas ofíticas no han podido ser abordadas en este trabajo. Tampoco ha podido estudiarse los niveles de sal común al no disponerse de muestras de sondeo. En superficie el estudio es prácticamente imposible.

CAPITULO 4

Yesos y Anhidritas

Este capítulo tiene particular interés en el estudio que nos ocupa, ya que si bien es cierto que los yesos del Keuper, y en general los del triásico, han sido citados numerosas veces, faltan trabajos mineralógicos y petrográficos detallados sobre ellos, que nos permitan conocer algo más sobre su génesis y evolución. La importancia económica de tales materiales merece también que dediquemos parte de nuestra atención a la investigación sobre los mismos.

Por ello intentaré hacer una síntesis sobre los diferentes tipos, texturas y estructuras que presentan, así como sus minerales autígenos acompañantes, estructuras tectónicas y algunos otros aspectos.

Tal como ya se indicó, todo el estudio realizado en este sentido sufre de una importante limitación: las muestras han sido tomadas en superficie. Esto significa que podremos acercarnos sólo de lejos al problema del ciclo yeso→anhidrita→yeso, cuyo estudio completo será tan deseable en el caso del Triásico. Por las condiciones de hundimiento importantes bajo las cargas hidrostáticas de los materiales del Jurásico y Cretácico, es necesario que los sulfatos cálcicos triásicos, que fueran depositados bajo la fase general de yeso, hayan pasado posteriormente a anhidrita durante la subsidencia. Aquí se presenta ya el primer problema: si este paso a anhidrita ha destruido y en qué modo las texturas sedimentarias de origen y de diagénesis temprana. El segundo problema aparece cuando estas anhidritas, por la proximidad a la superficie y los consiguientes efectos de descompresión e hidratación, han pasado nuevamente a yeso. Es sabido que en esta transformación el aumento de volumen puede ser considerable y frecuentemente se producen plegamientos a diferentes escalas dentro de las mismas capas y masas yesíferas. El efecto combinado de transformación mineralógica y transformación tectónica debe sin duda haber afectado más o menos ampliamente las texturas y estructuras de la anhidrita.

Consiguientemente, el yeso de final de ciclo puede tener características totalmente distintas del original, o mantenerlas en parte, o bien puede mantener características de la fase intermedia anhidrita, etc. Las posibilidades son muchas, y sólo un examen detallado de los materiales en profundidad y en superficie puede ayudar a resolver este problema. En el segundo caso, que es el que nos ocupa, la observación ha debido hacerse con más detalle para poder disponer de la máxima información sobre el particular.

LAS TRANSFORMACIONES YESO-ANHIDRITA-YESO

CONOCIMIENTOS FISICO-QUIMICOS EXPERIMENTALES

El ambiente físico-químico que favorece la precipitación primaria de yeso o anhidrita o el remplazamiento de un mineral por otro ha sido muy estudiado desde el primer trabajo de Van'Thoff (1900).

R.C. Wallace (1914) estableció que la presión no podría contar en la transformación anhidrita a yeso pues el volumen molecular de una unidad masa de yeso es menor que los volúmenes combinados de anhidrita y agua de los cuales puede haberse formado el yeso.

Posteriormente Posnjak (1938, 1940) hizo esenciales aportaciones, basadas en constataciones experimentales:

- 1) El estudio de la estabilidad del yeso y la anhidrita en función de la temperatura, obtenida por solución de estos minerales en agua destilada mostró que por encima de los 42° la anhidrita es muy estable (menos soluble) y por debajo de esta temperatura lo es más el yeso.
- 2) El estudio de la estabilidad, de estos minerales en soluciones de agua marina a 30°, mostro que un incremento en la concentración de sal baja la citada temperatura de idéntica solubilidad.

Posnjak concluyó de estos experimentos que:

- 1) Los depósitos sedimentarios marinos de anhidrita pura tienen que haber sido derivados parcialmente de yeso original, o bien han sido formados cerca o por encima de los 42°C. Sin embargo, para consideraciones de estabilidad, algo de anhidrita puede haberse formado por debajo de esta temperatura.
- 2) El yeso formado era siempre muy persistente y cristalizaba fácilmente incluso en su estado metastable.

King (1947) realizó también investigaciones semejantes en este campo.

Mac Donalds (1953) abordó termodinámicamente este problema para estudiar el efecto de las soluciones salinas de la presión en la temperatura de transición de yeso a anhidrita. Sus principales conclusiones fueron:

- 1) La temperatura de transición para la reacción $SO_4Ca \cdot 2H_2O \rightleftharpoons SO_4Ca + 2H_2O$ en agua pura, puede establecerse en 40°C.
- 2) Bajo condiciones hidrostáticas, la curva de transición tiene pendiente positiva, por lo que un incremento en la presión total aumentará la temperatura de transición y favorecerá la formación y preservación de yeso.
- 3) La temperatura de transición decrece con el incremento de la concentración en sales. Para una concentración supuesta 3,35 veces la normal del agua marina (punto de saturación del SO_4Ca en

la evaporación del agua del mar) la temperatura de transición es de 34°C. Siendo la deposición un fenómeno de equilibrio se precipitará yeso como base estable a partir del agua del mar a temperatura interior a 34°C y anhidrita encima de ella.

Henderson (1954) presentó datos adicionales de la solubilidad relativa del yeso y anhidrita en soluciones salinas y concluyó que el yeso sería estable, como máximo, a una profundidad de 2000 pies.

Conley y Bundy (1958) estudiaron experimentalmente el mecanismo de paso de yeso a anhidrita y corroboraron la persistencia y fácil cristalización de yeso en estado metastable, así como la temperatura de transición 42°C, dada por Ponsjak. Pero en oposición a las conclusiones de este último y de Mac Donald, mostraron la existencia de ciertos activadores de la hidratación, incitando a la conversión de anhidrita en yeso en condiciones teóricamente favorables a aquella. Las sales que se comportaban como mejores activadores eran sulfatos de Na y K. En consecuencia las principales conclusiones de Conley y Bundy fueron:

- 1) Es muy improbable la precipitación primaria de anhidrita a partir del agua del mar porque:
 - a) el yeso cristaliza fácilmente en su estado metastable
 - b) tan pronto como un cristal de anhidrita comienza a formarse, los activadores producirán su transformación en yeso a temperatura inferior a los 42°C.
- 2) Las reglas termodinámicas que precedían hasta entonces la formación de anhidrita y yeso en soluciones concentradas eran incompletas por no incorporar el efecto de los activadores.

Otros autores han estudiado este tema desde el punto de vista de las condiciones ambientales de un lagoon. Goodman (1952) estableció, que además de la presión y temperatura otros factores intervienen, como la pérdida de calor a través del fondo del lagoon, y la adición de agua dulce con o sin arcilla de las áreas continentales de los alrededores, concluyendo que la temperatura y sus variaciones es sin duda el factor principal de control. Posteriormente Douglas-Goodman (1957) han profundizado en este tema. Estos autores refieren el estudio de D. M. Liddell calculado aplicando el cálculo de series de Fourier, así como los estudios de Kaleczinzky sobre los lagos salados de Hungría. El primero de estos estudios estableció las curvas de penetración de calor, de las cuales se deduce que la temperatura del suelo puede ser de 20°C mientras que la salmuera alcanza los 70°C. La justificación de esta alta temperatura se encuentra en el segundo de los estudios. Kalenzinzky comprobó que mientras la temperatura del agua (dulce) del lago era 21°C, la salmuera a 72 cm (de 240 ppm) era 56°C. Y en salmueras más profundas se encontraban a 70°C. La explicación de este hecho se ha basado en el efecto de calor radiante a través del agua. Un lagoon puede acumular calor durante el día, que será cedido durante la noche a través de la capa superficial, más dulce que la del fondo. Pero si esta agua superficial tiene arcilla en suspensión ocurrirá al contrario.

Douglas-Goodman han comprobado estas observaciones anteriores y han considerado estas posibilidades:

- 1) Agua del lagoon a una temperatura inicial de 40°C: precipitará normalmente anhidrita. Si entra en el lagoon agua con arcilla

descenderá la temperatura de la salmuera porque la arcilla absorberá el calor radiante y consiguientemente sobre la anhidrita se precipitará yeso y arcilla.

- 2) Agua del lagoon a una temperatura inicial inferior a 40°C: se precipitará yeso. Si entra agua dulce en el lagoon la temperatura podrá llegar a ser suficiente como para precipitar anhidrita sobre el yeso, pero si entra agua con arcilla la temperatura bajará y se formará más yeso.

Los autores aplican estos hechos y sus combinaciones posibles para explicar las secuencias evaporíticas de algunos lagos tipo: Nova Scotia y Amaranth de Manitoba.

OBSERVACIONES GEOLOGICAS

Los estudios geológicos han demostrado que en general el yeso se encuentra en los sedimentos actuales (incluso en zonas de elevadas temperaturas), y en los antiguos próximos a la superficie, mientras que la anhidrita es la forma común y prácticamente universal en profundidad (Véase, por ejemplo, las conclusiones petrográficas y mineralógicas de J. Ricour, 1960, para el Triás evaporítica frances).

El reemplazamiento en profundidad del yeso por la anhidrita ha sido observado en numerosas cuarteras de yeso que incluyen restos no transformados de anhidrita (Véase por ejemplo las conclusiones de A. Bonte (1963) sobre los yesos del Keuper francés). Las observaciones directas de esta transformación en capas de evaporitas masivas y profundas son, no obstante, muy raras. Stewart (1953) citó pseudomorfos de anhidrita a partir de yeso en las evaporitas de metayeso de las capas de anhidrita.

Se conocen algunas excepciones a esta regla general como es el emplazamiento de anhidrita por yeso a 3.500 pies, en la formación pérmica de San Andrés, Crane Country, Texas.

Existen igualmente, casos excepcionales de presencia local de anhidrita de diagénesis temprana por encima del nivel freático, como ocurre en las llanuras supralitorales de la Costa Trucial (Golfo Pérsico) atribuidas a las altas temperaturas ambientales (Curtis y otros 1963).

Así pues, aunque en la literatura puede encontrarse muchos autores que son partidarios del origen primario de la anhidrita, la idea más generalizada, apoyada por evidencias geológicas y experimentales es que el yeso es el modo predominante o único de deposición original del SO_4Ca (Talmage-Wootton, 1937; Masson, 1955; Morris-Dickey, 1957; Fisk, 1959; Sund, 1959; Phleger-Ewing, 1962; Wells, 1962; Murray, 1964 etc...).

CICLO GEOLOGICO DEL SULFATO CALCICO

La idea de la existencia de un ciclo diagenético de transformaciones yeso-anhidrita-yeso ha sido ampliamente tratado por Murray (1964) cuyo gráfico reproduzco en la fig. 9. Bajo condiciones de superficie el yeso será el sedimento producto. Con la subsidencia y recubrimien-

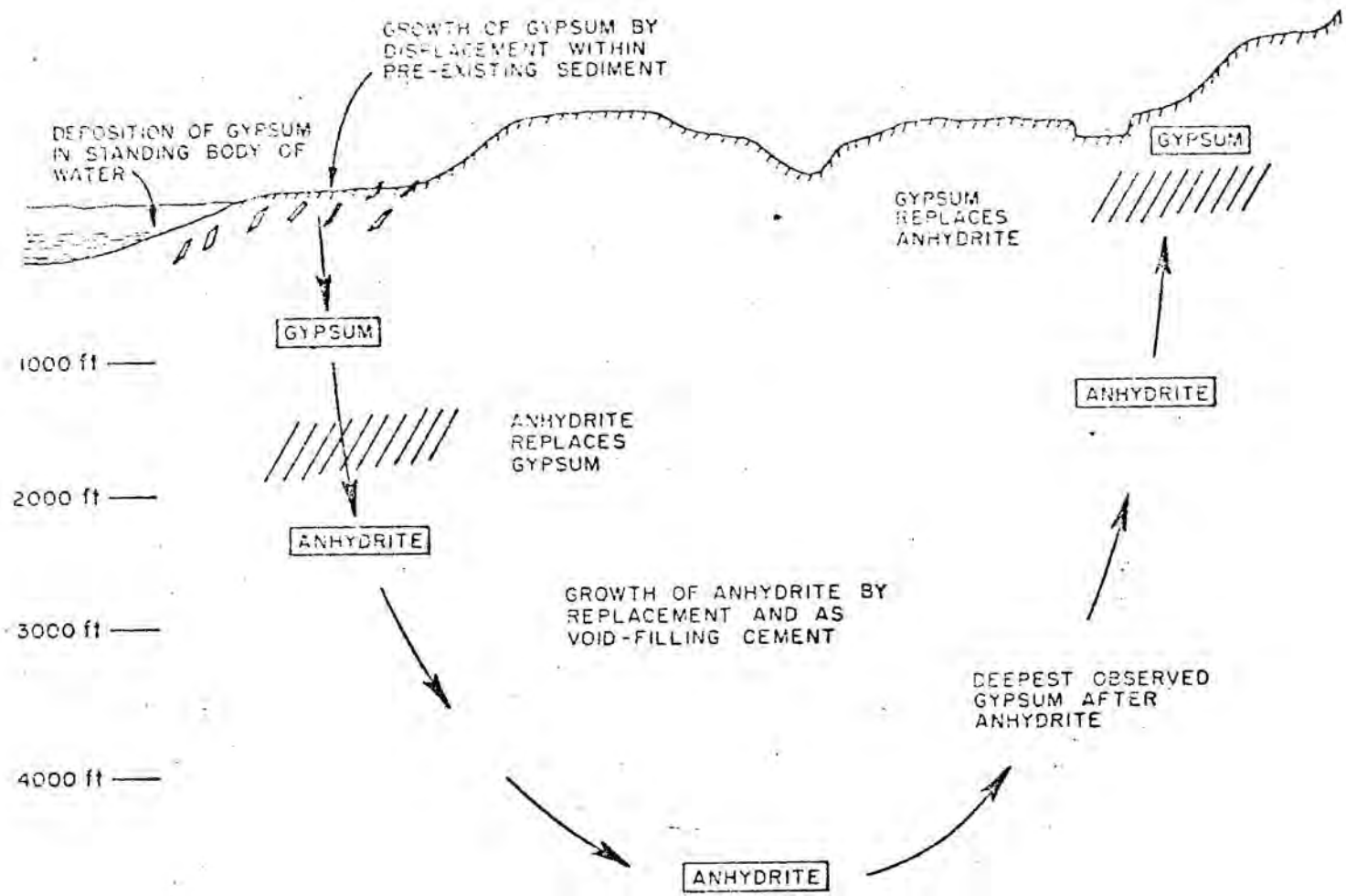


Fig. 10

Diagrama esquemático del ciclo diagenético
yeso - anhidrita - yeso

(según R. C. Murray, 1964)

to por nuevos sedimentos, el yeso será reemplazado por anhidrita a una profundidad mínima para la cual la temperatura de transición sea 42°C, corregida por el efecto de presión existente a esa profundidad. Por debajo de los 2000 pies la anhidrita es la forma prácticamente universal del sulfato cálcico. Posteriormente, con la elevación y erosión de la cobertera se producirá la transformación anhidrita-yeso.

Aunque algunos autores han citado casos en los que parece haber evidencia petrográfica de que en profundidad no se ha realizado la transformación yeso-anhidrita son en general casos dudosos y puede admitirse con tranquilidad que el ciclo referido afecta a todos los depósitos por debajo de la profundidad crítica.

Digamos, finalmente, que según Borchet-Muir (1965) "el metamorfismo de yeso en anhidrita es el cambio más importante en muchas evaporitas marinas, ya que las soluciones saturadas provocan una serie de cambios en las capas asociadas de halita y potasa, y en muchos casos son los responsables directos del metamorfismo retrógrado.

AMBIENTES DEPOSICIONALES, TEXTURAS Y PETROLOGIA DE LA ANHIDRITA

Este interesante tema no va a ser ampliamente tratado, ya que en general, son escasos los restos de anhidrita contenidos en los materiales de superficie del Keuper de Levante.

Los principales tipos estructurales han sido resumidos por A. Garozzi (1960): rítmica-primaria, recristalizada, epigenética (bacilar y "felty"), colítica, epigenética reyesificada, etc. Otros tipos de interés diagenético, como el ptigmático, enterolítico, etc. son citados frecuentemente en la bibliografía y corresponden a agregados nodulares en capas comprimidas.

C. Murray (1964) se ha ocupado de los tipos texturales de anhidritas desde el punto de vista de los modos de su formación. Por tener un gran interés estratigráfico y genético hago un breve resumen de las conclusiones del citado trabajo.

Los estudios realizados sobre la anhidrita en rocas carbonatadas y en asociación con carbonatos y rocas clásticas han sugerido a aquel autor una triple distinción respecto al modo de formación:

- 1) Anhidrita estratificada.
- 2) Anhidrita rellenando poros.
- 3) Anhidrita de reemplazamiento

Anhidrita estratificada.- De estos tipos, el primero representa la unidad sedimentaria de formación original, que junto con el yeso metastable son las fuentes del material para la formación de los otros dos tipos de anhidrita, que se consideran secundarios.

La anhidrita laminar y las capas de yeso laminadas representan precipitación y sedimentación en una masa de agua estática, sometida a evaporación. Estas capas de evaporitas muestran laminaciones continuas y en ocasiones estructuras sedimentarias y representan una facies sedimentaria deposicional que puede ser contemporánea con otras

facies, como sedimentos clásticos e incluso carbonatos. En lámina delgada se observa una fábrica íntimamente trabada de cristales aciculares a tabulares. Macroscópicamente aparece de granular a masiva y de traslúcida a opaca y puede ser blanca o claramente coloreada, dependiendo del contenido en impurezas. Raramente tiene espacios porosos, pudiendo actuar como barrera para el desplazamiento de hidrocarburos.

Las transformaciones masivas de capas potentes de yeso a anhidritas han sido demostradas en muchas series evaporíticas importantes. Borchet-Baier (1953) y Borchet-Mair (1965) han indicado para el caso, por ejemplo, de la Anhidrita Pegmatita del Zechstein germánico, que la transformación se realiza apareciendo progresivamente en la masa de yeso otra de anhidrita finamente acicular, sobre la que destacan las grandes porfiroblastos que son pseudomorfoseados por anhidrita.

Faltan sin embargo en la literatura trabajos específicos sobre esta primera transformación del ciclo del yeso.

Anhidritas nodulares y texturas enterolíticas.- Las anhidritas y yesos nodulares representan un problema diferente de génesis. Ocurren en espesas unidades relativamente libres de material carbonatado o clástico, aunque existen todas las gradaciones desde nódulos aislados en calizas fosilíferas o dolomita a espesas capas de nódulos apiñados con sólo una fina película calcárea, dolomítica, o de material clástico silíceo. La fábrica cristalina es semejante a la de la anhidrita estratificada, presentándose los cristales preferentemente orientados subparalelos a la superficie del nódulo.

Estos nódulos de anhidrita se presentan muy similares en formas y tamaños en rocas de litologías y edades diferentes. A causa de la ausencia general de inclusiones de rocas o minerales encajantes, no se considera que su origen sea de reemplazamiento y tampoco es coherente su presencia en rocas carbonatadas fosilíferas, como material evaporítico.

En la explicación del origen de estas capas nodulares se ha recurrido a los ejemplos de formación de cristales de yeso en los sedimentos actuales. En las plataformas del Lago Lucero (New México) existen crecimientos de cristales de yeso en los sedimentos aluviales recientes. Durante el crecimiento los cristales expulsan físicamente silt., arenas y gravas formando cristales claros de yeso selenita. Casos parecidos de crecimiento en rocas carbonatadas se dan actualmente en las llanuras supralitorales de clima árido del Golfo Pérsico. Según Murray (1964), estos cristales de yeso selenita formados por desplazamiento de sedimentos blandos dan lugar a nódulos de anhidrita cuando en la subsidencia alcanzan las condiciones físico-químicas de la transformación: pequeños cristales de yeso producirán nódulos de anhidrita pequeños como pellets y los cristales grandes darán lugar a amplios nódulos.

La formación misma de estos cristales de yeso selenita por desplazamiento de sedimentos blandos puede ocurrir:

- a) por evaporación subterránea en la zona capilar (Tálmage y Wootton, 1937)
- b) por evaporación de agua en una playa u otro cuerpo de agua, y movimiento descendente del agua densa hipersalina en los sedimentos inferiores.

El primer caso implica una exposición subaérea del techo de la roca o sedimento encajante de los cristales. Ejemplos del segundo caso se dan actualmente en las llanuras litorales de la Laguna Madre (Masson, 1955).

Con estos mecanismos se comprende que la presencia de nódulos de anhidrita no es necesariamente indicativa de agua hipersalina durante la deposición de la roca encajante.

Kerr-Thomson (1963) observaron pseudomorfos de nódulos de anhidrita a partir de cristales de yeso, e indicaron que las formas de los cristales de yeso no siempre son destruidas. Estos autores han sugerido también que los ambientes de inundación intermitente por agua marina ofrece un ambiente ideal para la formación de evaporitas nodulares.

Estas consideraciones llevan a aceptar esa anhidrita nodular originada por la transformación de cristales de yeso selenita crecidos por desplazamiento en el seno de sedimentos blandos, como una facies diagenética más que deposicional.

La anhidrita nodular será también indicativa de exposición subaérea de sedimentos blandos con aguas que contienen SO_4Ca . Tales condiciones existen hoy en las llanuras supralitorales de clima árido o en las playas desérticas.

Tanto la anhidrita laminada como la nodular podrán coexistir, según las condiciones existentes, que regularán la abundancia relativa, y distribución de ambos tipos, y ambos tipos de anhidrita estratificada actúan probablemente como material fuente para los otros tipos de anhidrita, de relleno poroso y de reemplazamiento, como lo demuestra el hecho de que estos tipos suelen encontrarse en la proximidad de la anhidrita estratificada.

Más recientemente D. J. Shearman - J.F. Fuller (1969) han dado valiosísimos detalles de la formación de algunos tipos de anhidritas nodulares de origen diagenético en las laminitas de la Formación Winnipegosis, del Devónico medio de Saskatchewan. La importancia de estas observaciones análogas a las de la Costa Trucial del Golfo Pérsico en lo que a formación de anhidritas nodulares se refiere, tiene el gran interés de interpretar los sedimentos orgánicos encajantes de las mismas (algal mats azul-verdosa) como originarios de llanuras supralitorales en contra de las clásicas ideas de la sedimentación de las laminitas y la halita suprayacente en aguas profundas.

Estos autores han explicado las estructuras de los nódulos de arcilla como un producto de compresión facilitado por la poca rigidez del estadio inicial y por la presión del agua intersticial. Los nódulos de elevada porosidad, están integrados por infinidad de laminillas cristalinas exfoliadas de los cristales originales, gracias a la progresiva deformación de los mismos. Hacia el centro del nódulo estas láminas se disponen intercompenetradas (estructura "decusada"), pero hacia los bordes tienden a ser paralelas a ellos, aunque ocasionalmente algunas pueden proyectarse en el sedimento encajante.

El crecimiento progresivo de los nódulos tiende a formar las curiosas texturas enterolíticas (ptigmáticas, según ciertos autores) con sus peculiares fenómenos diapíricos a pequeña escala.

Aún no existiendo este crecimiento progresivo, la textura final de los nódulos originados en el sedimento encajante, o bien simplemente de los cristales existentes, puede evolucionar según las condiciones de permeabilidad y rigidez de aquél, dando lugar a estructuras características con nódulos deformados, incluso laminados, y a bandas de cristales alineados paralelamente a la estratificación.

En los últimos años se han desarrollado ampliamente los conocimientos sobre evaporitos laminares de aguas someras en ambientes supralitorales. Además del trabajo citado en los párrafos anteriores, así como de los citados en el capítulo de Paleogeografía; otros muchos aspectos de interés pueden encontrarse en los artículos de C. Murray (1964); Fuller-Porter (1969), N.C. Wardlaw - G.E. Reinson (1971)

Digamos finalmente que si bien es cierto que todas estas investigaciones han aportado una explicación "de superficie" para las anhidritas nodulares, no obstante tales texturas son también conocidas en la mayoría de las grandes series evaporíticas de origen marino profundo, y en consecuencia no puede asegurarse en mi opinión, una determinada batimetría del material encajante, y otras pruebas deben ser además valoradas para estas consideraciones. NO olvidemos, de todos modos, que el origen secundario diagenético de estas texturas, ya sea a partir de cristales de yeso, o por neoformación, parece universalmente aceptado, y que las fluctuaciones del nivel freático próximas a la superficie parecen ofrecer el mejor ambiente para su formación.

Anhidrita de relleno poroso.- Cristales libres de anhidrita o yeso ocurren en espacios previamente existentes. Estos, debido a la poca oportunidad de incluir impurezas, suelen ser relativamente claros y grandes mostrando clivajes bien definidos. Los análisis de espectroscopía y rayos X efectuados sobre ellos han mostrado, efectivamente, una gran pureza. En ocasiones no obstante, pueden darse posteriores crecimientos a expensas de la roca encajante.

Con luz reflejada esta anhidrita se muestra transparente mientras que la estratificada suele ser traslúcida.

Anhidrita de reemplazamiento.- Los cristales de anhidrita de reemplazamiento crecen en la roca y ocupan espacios previamente ocupados por otros minerales. El proceso ocurre probablemente con disolución simultánea de la roca encajante, lo cual es a menudo incompleto por lo que este tipo de anhidrita se distingue fácilmente de los anteriores por ser opaca y presentar color oscuro con luz reflejada a causa de las numerosas inclusiones. En el crecimiento la anhidrita tiende a mantener su hábito rectangular pero a menudo las formas finales son parcialmente controladas por la del material que están siendo reemplazado. Esta anhidrita de reemplazamiento, por sí sola ni crea ni destruye porosidad. Sin embargo ella misma es comúnmente disuelta posteriormente dando poros de disolución con moldes de anhidrita.

LAS ANHIDRITAS OBSERVABLES EN SUPERFICIE, DEL KEUPER DE LEVANTE

Como ya he indicado son muy escasos los restos anhidríticos encontrados en los materiales de superficie del Keuper. Se presentan en general en forma de inclusiones y restos dentro de otros cristales, en las láminas delgadas. La foto 27 muestra sin embargo un ejemplo de agregados fibroradiales de una roca anhidrítica conservada. Un caso excepcional se muestra en la foto 28 donde un nivel nodular está casi totalmente compuesto por anhidrita fibrosa sobre la que crecen perfectas dolomitas. Este nódulo muestra una textura enterolítica claramente visible. Pero de todas estas texturas nodulares conservadas en yeso en superficie, nos ocuparemos en un próximo apartado.

Algunos crecimientos diagenéticos en calizas, parcialmente yesificadas pueden observarse en la fot. 29.

Sin embargo lo más corriente son las inclusiones de este mineral dentro de yeso (fot. 30), o bien cuarzos idiomorfos, y también en calizas y dolomitas.

PETROLOGIA DEL YESO

Antes de abordar el estudio de los yesos del triásico de Levante, creo necesario establecer algunas bases petrográficas, sintetizadas entre la escasa bibliografía existente del tema. Una distinción inicial fundamental en nuestro caso es la separación entre las estructuras y texturas primarias o sedimentarias, y las secundarias, o de hidratación (es decir del último pase del ciclo yeso-anhidrita-yeso próximo a la superficie).

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

Generalmente son aceptadas como de origen sedimentario las texturas laminadas de los yesos, que frecuentemente muestran claras estructuras de tal origen, como estratificación cruzada. En ocasiones es el viento uno de los agentes principales de transporte y algunos ejemplos han sido publicados sobre este particular, como el de J. Trichet (1963) en el S de Túnez.

L. Ogniben (1955, 57) reconoció ciertos tipos de estructuras microscópicas sedimentarias en los yesos: rítmica, a la que va asociada un "graded bedding" inverso de origen químico; resedimentada, intercalada entre los estratos del tipo anterior; etc. Todas las estructuras han sido compiladas por V.A. Carozzi (1960) en su "Microscopic Sedimentary Petrography".

ESTRUCTURAS DIAGENÉTICAS

Algunas estructuras de diagénesis temprana en los niveles de yeso han sido citadas desde hace muchos años en los bancos de yeso, aunque en general hacen referencia a procesos porfiroblásticos y a la conservación excepcional de los mismos en el proceso diagenético del yeso y en la posterior transformación a anhidrita. Tales porfiroblastos sobreviven a altos cambios ya que son pseudomórficamente reemplazados

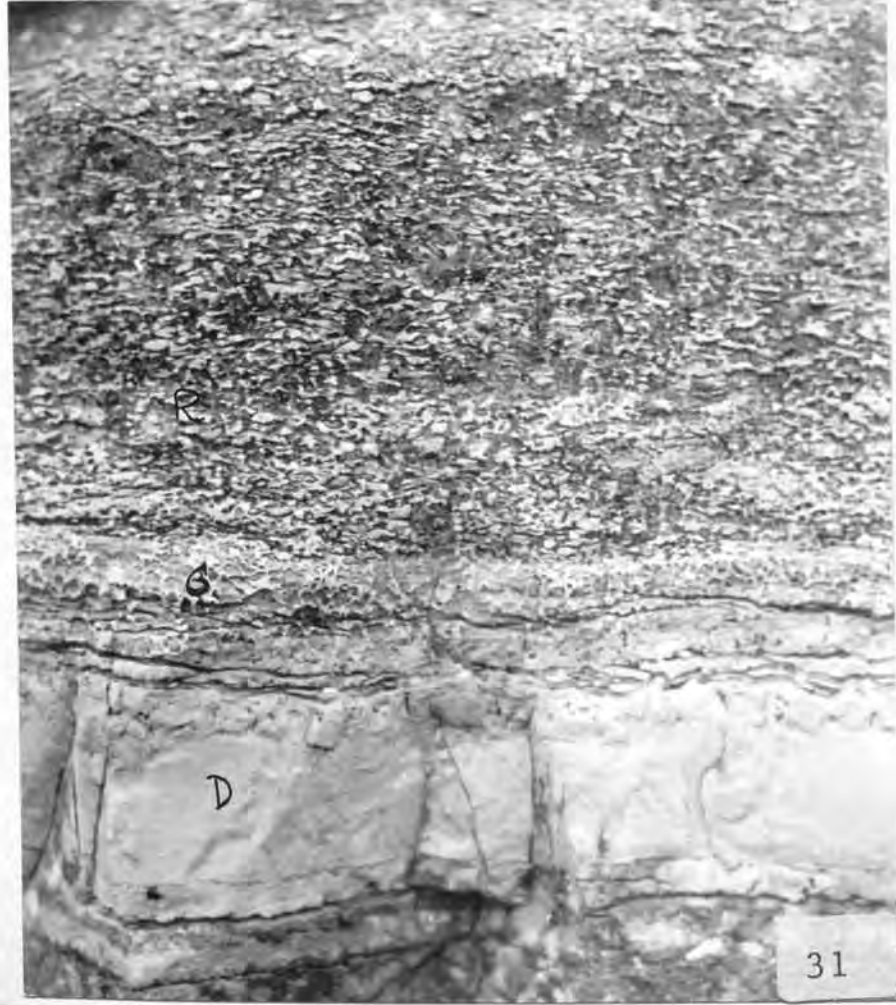
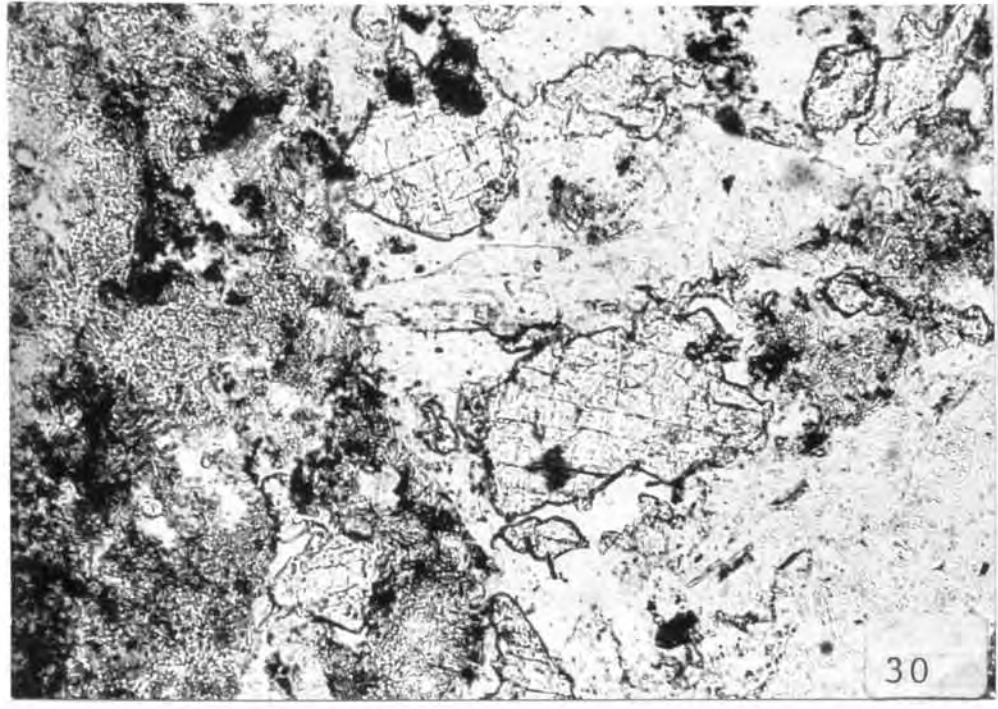
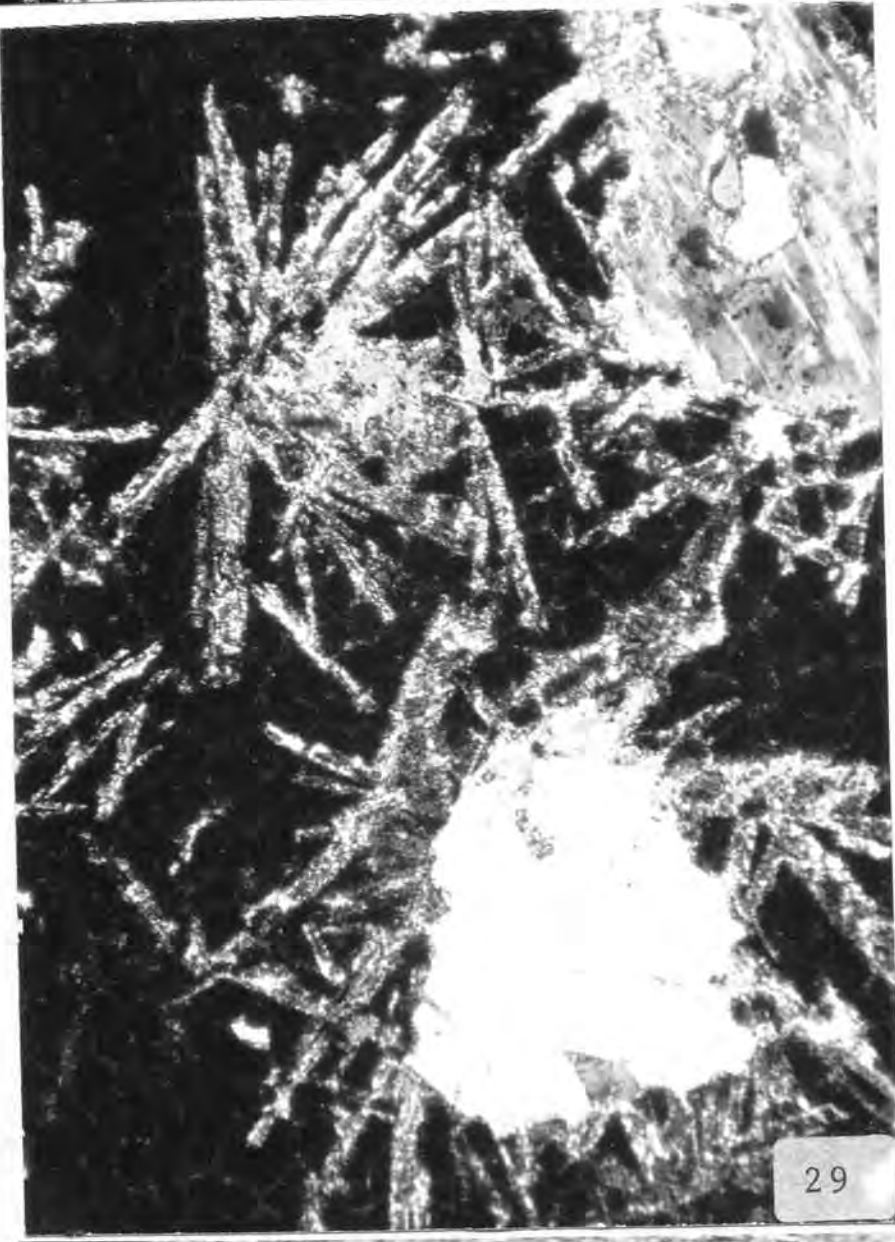
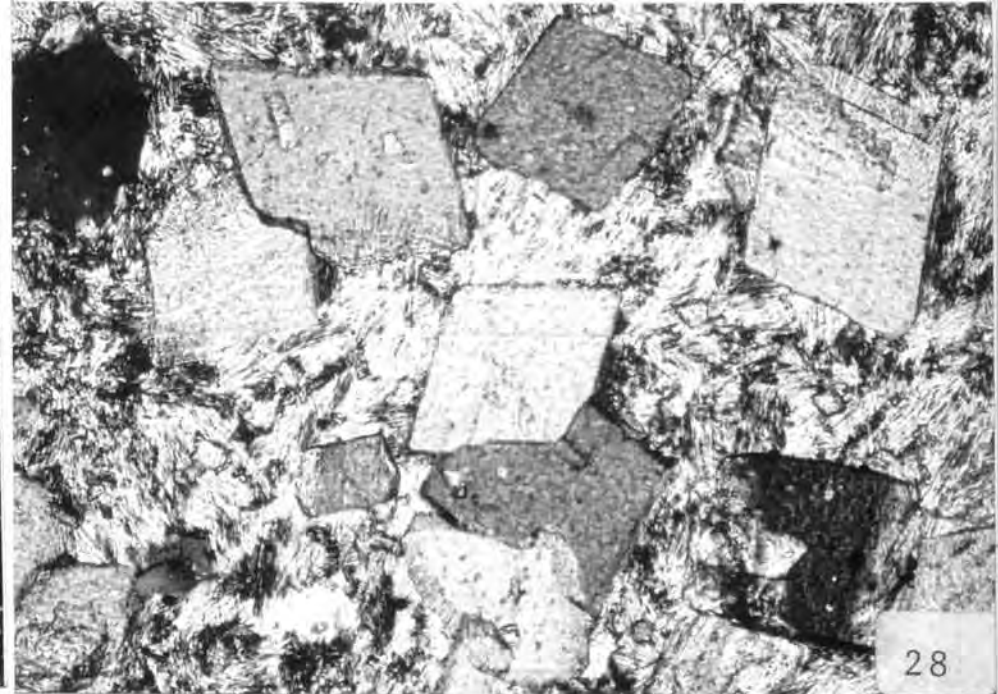
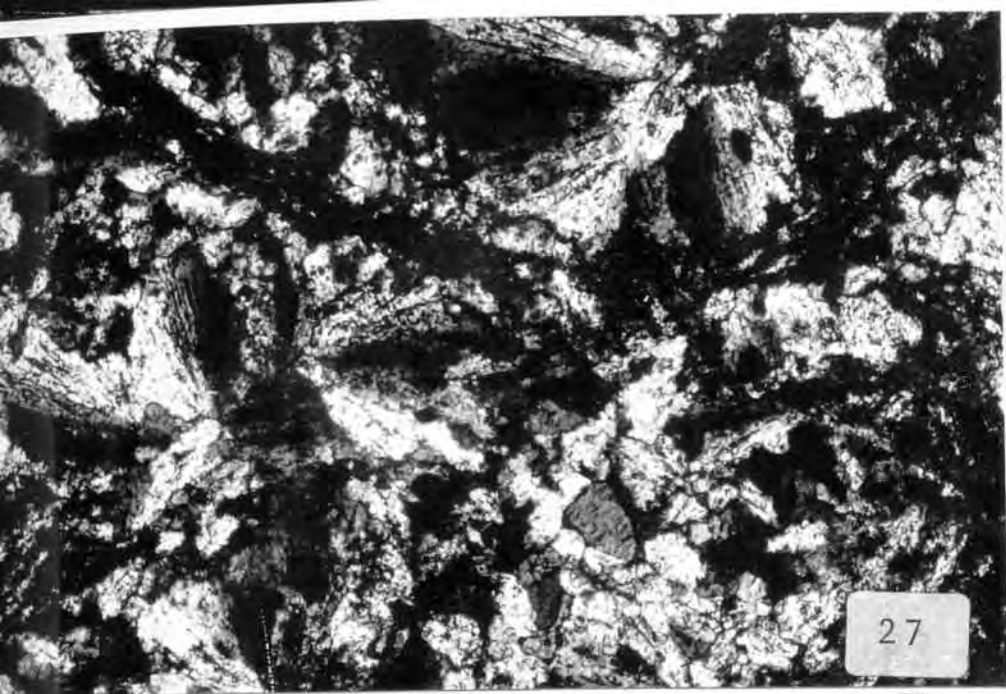
LAMINA V

PETROLOGIA DE LA ANHIDRITA

- Foto 27 - Agregados radiales de cristales de anhidrita. N.C.X 33
- Foto 28 - Dolomitas sobre anhidrita fibrosa microcristalina, lámina delgada de formación nodular. N.C.X 40
- Foto 29 - Agregados radiales de cristales prismáticos de anhidrita reemplazados por yeso. Crecimiento diagenético sobre micrita con pellets poligonales por intensa compactación. Los centros de los agregados pueden estar disueltos o bien ocupados por grandes cristales de yeso. N.C.X 33
- Foto 30 - Reliquias de anhidrita sobre yeso. N.P.X 40

CORTE ESTRATIGRAFICO DE LOS YESOS DEL MUSCHELKALK "MEDIO" DE ALMANSA (ALBACETE)

- Foto 31 - Detalle de un lecho dolomítico (D) del nivel 3, en contacto con bancos de yeso. Obsérvese la transición gradual (C) entre ambos y la textura reticular dolomítica (R) dentro del yeso. Se trata de una recristalización diagenética del yeso de tendencia radial, muy temprana, estando el fango dolomítico inconsolidado.
- Foto 32 - Detalle del tránsito G de la foto 31. La recristalización del yeso separa en lajas el banco dolomítico muy pobremente consolidado.
- Foto 33 - Detalle de la recristalización radial del yeso de la foto 31. La expulsión del fango dolomítico es completa hacia los centros.



por aquella. No pueden ser considerados, en estos casos, de hidratación porque han crecido dentro de originales bancos de yeso. Son muy frecuentes estos hechos en las evaporitas del Zechstein germánico, y no sólo en la más conocida Anhidrita Pegmatita del mismo.

Schaller-Henderson (1932) y F.H. Stewart (1954) han hecho descripciones detalladas de pseudomorfo de yeso por anhidrita en los depósitos potásicos pérmicos de Texas y New México. Estos autores indicaron que además del desarrollo inicial de porfiroblastos de yeso en el precipitado sedimentario, el metamorfismo posterior les ataca en dos fases. En la primera el yeso de aquellos es reemplazado por anhidrita finamente aciculada, que sólo rara vez está horientada perpendicularmente a los límites de yeso original. En la segunda fase la anhidrita puede ser reemplazada por polihalita.

Recientemente se ha observado en la Costa Trucial del Golfo Pérsico porfiroblastos de yeso reemplazando la anhidrita, en un proceso de hidratación diagenética temprana (Shearman, 1966).

No obstante todo lo dicho, debe pensarse que el fenómeno más generalizado debe ser, sin duda la destrucción más o menos total de los porfiroblastos de yeso diagenético, en la transformación a anhidrita que implica la subsidencia. Aquellos porfiroblastos, de todos modos, en el caso de que se conserven, no deben ser confundidos con los de hidratación cuyo origen veremos a continuación.

ESTRUCTURAS DE HIDRATACION EN EL YESO SECUNDARIO

Se considera yeso secundario o de hidratación propiamente, al yeso formado en la transformación de anhidrita a yeso que ocurre a una profundidad crítica, en el momento en que las evaporitas que se encontraban enterradas por la subsidencia son expuestas a la superficie por procesos tectónicos u erosivos. Muchos autores han considerado el paso final del ciclo geológico del sulfato cálcico como un proceso de "metamorfismo regresivo".

De hecho la casi totalidad del sulfato cálcico próximo a la superficie ha sufrido este proceso, gracias al cual puede ser explotado. No obstante, los trabajos dedicados propiamente a la petrografía del yeso de hidratación han sido muy escasos. Por el extraordinario interés que presenta este proceso para el caso que nos ocupa, haré una discusión de las estructuras que le reconoce la bibliografía.

La primera descripción importante de las estructuras microscópicas del yeso secundario fue dada por L. Ogniben (1957). Sus estudios fueron realizados fundamentalmente en las Series Sulphur del Mioceno Superior de Sicilia, es decir, en materiales relativamente recientes y muy poco tectonizados. Este autor distinguió los siguientes tipos petrológicos;

1) Yeso selenita-secundario

El selenita (Brown, 1931; von Gaertner, 1932; Goldman, 1952; L. Ogniben, 1954, 55, 57) constituye un agregado de gemelos en (100)

de algunos mm a muchos cm de longitud. Este agregado muestra una fábrica peculiar de aquellos con (001) perpendicular o subperpendicular al plano de la capa, estando orientado el apéndice hacia la base de la misma. Esta orientación fue llamada regla de Mottura (Mottura 1872).

Al microscopio el selenita muestra tres elementos estructurales:

- 1) Un centro nítido que ocupa casi todo el volúmen del cristal.
- 2) Unas zonas periféricas discontinuas deformadas rupturalmente con extinción "superindividual" debido a la diferencia de orientación óptica entre los fragmentos.
- 3) Zonas intergranulares de finos individuos (0,05 - 0,5 mm) cementando los selenitos. Se trata propiamente de un agregado milonítico (o blastomilonítico).

La polarización superindividual puede ser de tipo irregular (nubosa o cribosa), o de tipo fibrosa. Las inclusiones de anhídrita se presentan del siguiente modo: en los centros nítidos son frecuentes en vetos o láminas relativamente largos; en la zona periférica superindividual son menos abundantes y más pequeñas; en los agregados intergranulares están ausentes.

2) Yeso alabastrino secundario

El yeso alabastrino tiene una apariencia macroscópica sacaróidea. Bajo microscopio Ogniben (1957) diferenció dos tipos:

- 1) Yeso alabastrino normal: en él existe un desarrollo máximo de las zonas de polarización superindividual de tipo nuboso, y los agregados intergranulares de fino tamaño son menos importantes, faltando los centros nítidos. No hay límites definidos entre los superindividuos, que se unen alcanzando varios mm, y suelen disponerse alargados y perpendiculares a los estratos. Las inclusiones de anhídrita aparecen sólo en los superindividuos.
- 2) Yeso alabastrino fibroso: presenta una trama de venillas de yeso anastomasadas perpendicularmente a la estratificación y rodeadas de un agregado fino homogéneo (0,01-0,05). Estas venas muestran polarización superindividual y la misma orientación óptica para varias de ellas vecinas, y anchuras del cm o más. Frecuentemente varias venas forman un único superindividuo. El agregado fino presenta amenudo estructura fluidal subperpendicular a la estratificación. Las inclusiones de anhídrita se presentan sólo en estas venas.

Mientras que en el tipo fibroso la distinción entre venas y agregados fino es muy clara, en el tipo normal hay gradación entre el agregado fino y las zonas superindividuales nubosas. Además en ambos tipos faltan los centros nítidos. En ocasiones el agregado fino milonítico puede recrystalizar adquiriendo un carácter cristaloblástico.

Posteriormente a Ogniben (1957) numerosos autores han aceptado el esquema esencial de esta clasificación. Recientemente D.W.Holliday (1970) ha realizado interesantes puntualizaciones sobre la petrología del yeso secundario, siempre en rocas no modificadas por las influencias tectónicas.

1) Yeso porfiroblástico secundario

En primer lugar este autor asimila la denominación "yeso selenítico secundario", descuidando la definición de selenita como agregado de dos gemelos; usa el término más general "porfiroblasto" para los cristales de yeso claramente diferenciados de la matriz, tanto sean euhedrales como anhedrales, gruesos o aciculares, aislados o en agregados, milimétricos o de varios pies de longitud. Este "yeso porfiroblástico secundario" no suele ser formador de rocas, ocurriendo más bien como cristales aislados o en grupos.

No es pues el caso del yeso selenita estudiado por Ogniben en las Sulphur Series de Sicilia, que formaba capas de muchos metros de potencia; pero esta nueva adopción de selenita tienen muy posiblemente mayor interés práctico.

En estos porfiroblastos son muy abundantes las inclusiones de anhidrita como granos carroidos rodeados del cristal de extinción uniforme.

2) Yeso alabastrino secundario

Respecto al yeso alabastrino secundario Holliday insiste en la gran variedad de texturas que ofrece, los cuales presentan además pasos graduales entre sí. Con carácter puramente descriptivo distingue dos tipos:

- a) Texturas hidratación tipo 1 - En ella los granos están pobremente definidos y tienen extinción ondulante o irregular. No obstante las variedades de estas texturas van de granos tan mal definidos cuyos límites son virtualmente inexistentes a claras fábricas granoblásticas. En ocasiones aparecen claras zonas de polarización superindividual. El uso de este término es apoyado por Holliday frente al de otros más indefinidos como "plumoso" (Richardson, 1921), o "escamoso" (Forbes, 1958). En estas texturas aparecen abundantes restos corroídos de anhidrita
- b) Texturas de hidratación tipo 2 - Se trata de yeso granoblástico que ocurre como anhedros equidimensionales bien definidos, intrincadamente entrelazados.

Son muy frecuentes las gradaciones entre ambos tipos de texturas de hidratación.

Así pues se ve que hay en general acuerdo en los tipos petrológicos fundamentales de yeso secundario. Las distinciones principales entre Ogniben y Holliday consisten en que el primero presenta al yeso selenita (o porfiroblástico) como formador de rocas, mientras que para el último predomina el carácter de cristal más o menos individualizado. Igualmente hay diferencias en los tipos petrológicos asignados al yeso alabastrino, aunque el tipo normal de Ogniben y el tipo 1 de Holliday están muy próximos.

Finalmente Holliday ha tratado con cierto detalle las estructuras de recristalización en los yesos secundarios. Según este autor el primer producto de recristalización, a partir de una textura de hidratación es yeso granoblástico anhedral equidimensional con extinción uniforme y con límites rectos en general. Progresivamente se llega a tamaños de grano más amplios y variables y a número creciente de granos que se vuelven subhedrales o euhedrales. Donde ocurría yeso secundario porfiroblástico junto con yeso alabastrino secundario recristalizado los contornos de los porfiroblastos se vuelven irregulares y dentados, la extinción irregular y se liberan de las inclusiones de anhidrita, debido a simultánea recristalización de aquellas. Puede, por otro lado, ocurrir que el yeso de recristalización de granos no equidimensionales presente textura porfiroblástica. Estos porfiroblásticos de recristalización se distinguen bien de los de hidratación de la anhidrita, por ser más limpios en inclusiones y por cruzar las texturas.

Interpretación de los tipos petrográficos

Las interpretaciones de las estructuras microscópicas del yeso secundario se han agrupado en dos directrices antagónicas. Por un lado Van Gaertner (1982), Goldman (1952) y Carozzi (1953) aceptaron que los 3 elementos estructurales que presenta el yeso selenita secundario por hidratación a partir de la anhidrita, se sitúan en el tiempo en el siguiente orden: el agregado de fino tamaño es el estadio inicial, el intermedio el de polarización superindividual, y finalmente los núcleos nítidos. Este mecanismo ha sido denominado de "integración".

Por otro lado Brown (1931), Ogniben (1957), Holliday (1970) han desechado por no válida esta secuencia y han aceptado como correcta la secuencia inversa. La hidratación de la anhidrita origina limpios cristales selenitas, cuyos bordes son posteriormente deformados produciendo primero la polarización superindividual y finalmente el agregado de fino tamaño.

Mecanismos de hidratación

Ogniben (1957) explicó la aparición y orden de estos 3 elementos estructurales del yeso selenita, por la progresiva deformación que sigue al incremento de volumen implicado en la transformación de anhidrita a yeso, lo cual corroboró con la descripción de estructuras de hinchamiento y efectos mecánicos, rupturales asociados tanto a escala micro como macroscópica, en la Sulphur Series de Sicilia, y con la aparición diferencial de inclusiones de anhidrita en cada uno de los citados elementos del yeso selenita, así como de los dos tipos de yeso alabastrinos secundarios. Este autor atribuyó la formación de los tipos selenita y alabastrino como consecuencia de la menor o mayor presión hidroestática de sedimentos, respectivamente, en el momento de la transformación de la anhidrita a yeso, admitiendo igualmente una edad temprana de diagénesis para el tipo selenita y una posible edad diagenética posterior para el alabastrino.

Esta idea del incremento de volumen en el paso anhidrita-yeso fue también compartida por autores como Brown (1931) y Pettijohn (1957).

Otro amplio grupo de autores, por el contrario, han encontrado pocas o ninguna evidencia de este incremento de volumen en la transfor-

mación anhidrita a yeso, tanto macro como microscópicamente y han aceptado como posible un proceso de yesificación volúmen a volúmen, en el cual el exceso de sulfatos es eliminado en solución (Van Gaestner, 1932; Goldman, 1952; Mc Whae, 1953; Ham, 1962; West, 1965; Holliday, 1967, 70) no resultando forzosamente de esto un incremento de volúmen e incluso apareciendo ocasionalmente una reducción del mismo por excesiva solución.

Harlie (1967) ha resumido en tres los mecanismos posibles en la transformación anhidrita a yeso:

- 1) Proceso de solución-precipitación.
- 2) Hidratación directa a yeso (por adición de agua estructural)
- 3) Hidratación escalonada a través del hidrato intermedio, basanita.

El último de ellos ha sido sólo muy esporádicamente citado en los depósitos de yeso secundario (Bundy, 1956) mientras que las evidencias petrográficas indican que los mecanismos 1 y 2 actúan ampliamente en la naturaleza. Holliday (1970) acepta el primero como responsable directo de la formación del yeso porfiroblástico secundario por la mayor posibilidad de producir cristales bien desarrollados y perfectamente orientados, y como mecanismo predominante en la formación de la textura de hidratación del tipo 2 de granos relativamente bien definidos y orientados, mientras que considera las texturas de hidratación tipo 1 del yeso alabastrino como más indicativas de rápidas hidrataciones que impiden el crecimiento de cristales bien definidos.

Las observaciones geológicas de Holliday sobre los yesos porfiroblásticos secundarios, le han llevado a admitir que la formación de estos tuvo lugar durante diagénesis o fases de hidratación y que los yesos alabastrinos son propios de hidrataciones más posteriores, más próximas a la superficie, a pesar de que ambos tipos aparecen juntos con cierta frecuencia.

TIPOS DE YESOS PORFIROBLASTICOS

La bibliografía consultada y la exposición de los apartados anteriores me lleva a distinguir cuatro tipos generales, según la génesis de porfiroblastos de yeso:

- 1) de diagénesis tempranas, tanto sobre capas de yeso primario como sobre anhidrita (en general diagenética).
- 2) de hidratación próxima a la superficie: dan lugar a la estructura porfiroblástica secundaria y engloban típicamente restos de anhidrita y tienen extinción uniforme. Varían en tamaño y formas, pudiendo presentarse en individuos o agregados radiales.
- 3) de hidratación-recristalización: son los del tipo anterior cuando en presencia de yeso alabastrino secundario recristalizado, recristalizan a su vez presentando límites dentados, extinción ondulante y pocos restos de anhidrita.
- 4) de recristalización: estos cristales son producidos por el crecimiento progresivo de ciertos granos de yeso una vez iniciado el proceso de recristalización. Se distinguen en ocasiones de los

porfiroblastos de hidratación en que suelen disponerse oblicuamente a las estructuras cristalinas, y por no presentar restos de anhidrita.

YESOS TRIASICOS DE LEVANTE

En algunos apartados del capítulo 3 he hecho ya referencia a este tema al ocuparme de la descripción de los yesos de las unidades litostratigráficas. Hablé allí de las principales texturas de los mismos: bandada, (o laminada), nodular, travecular, reticular, travecular, fibrosa, granuda, masiva, sacaroidea, fibrosa, hematoidea, etc. Los tipos enterolíticos y ptigmáticos han sido también citados al ocuparnos de la Petrología de la anhidrita.

- porfiroblástica: corresponde a la presencia de porfiroblastos macroscópicos en la masa de yeso; algunas capas están cuajadas de ellos.
- veteada: puede entenderse por veta aquella fina capa que contrasta fuertemente con el material en donde está enclavada, ya sea por la diferencia de litología, de textura de detalle, o por ser oblicua a la estratificación. Una capa de yeso en donde abundan las vetas puede asignarse como de textura veteada, la cual siempre será diferente de la laminada.
- pseudonodular: en el caso concreto de que las vetas adopten trazas onduladas y tiendan a dividir el yeso en bloques-lentejones, hablaremos de una textura "pseudonodular".

Antes de continuar creo conveniente incluir el corte estratigráfico de los yesos de Almansa, que presenta muy valiosos detalles petrográficos sobre este tema.

CORTE ESTRATIGRAFICO DEL MUSCHELKALK YESIFERO DEL CASTILLO DE ALMANSA (ALBACETE)

El cerro calcáreo-dolomítico sobre el que se asienta el Castillo de Almansa presenta unas intercalaciones de bancos de yeso de gran interés. Los niveles calcáreos contienen algunos fósiles que han permitido asimilar el conjunto al Muschelkalk. En la vertiente E. del cerro existen explotaciones de estos yesos que han servido para decorar y construir los caminales del recinto del Castillo, permitiéndonos observaciones cómodas de las particularidades diagenéticas de estos yesos. Este afloramiento, aunque sin pruebas paleontológicas definidas, puede considerarse como una intercalación evaporítica del Muschelkalk, y sin un sentido cronoestratigráfico riguroso, hablaremos de la intercalación evaporítica de Muschelkalk "medio".

La medición de esta serie la he realizado con cinta métrica y Jacob's Staff por el lado de la cantera, ciñéndome especialmente en su descripción a los niveles de yesos. El principal problema planteado es el de las ausencias de techo y base definidos, debido a la topografía y la tectónica particular del afloramiento. La dirección de las capas es N. 16° O-S 16° E, y los buzamientos oscilan entre 70° y 90° al O. 16° S. La base de las capas miran hacia el E. y el techo hacia el O., estando pues aquellas levantadas hasta casi la vertical, pero no invertidas.

La serie estratigráfica la incluyo en el gráfico X, con una explicación litológica resumida. La potencia total de los bancos de yeso de situación clara es de unos 11 m., aunque dentro del nivel 1 existen bancos de yeso blanco (que se han explotado en canteras) cuya posición estratigráfica no pueda precisarse, y cuya potencial supera al menos los 8 m.

Por el lado N. del cerro, próxima a las casas del pueblo, una masa de yeso blanco-gris con aspecto de inyección diapírica corta transversalmente las capas dolomíticas. Contiene escasos porfiroblastos oscuros de unos 3-5 mm. No puede precisarse si esta concentración proviene de alguno de los niveles citados (quizás el 1) o es suministrada por algún otro inferior, no visible en el afloramiento.

Las principales texturas presentadas por estos yesos son entre otras: nodular, pseudonodular, porfiroblástica, bandeada, veteada.

A continuación incluyo una descripción detallada de esta serie, numerada progresivamente de niveles inferiores a superiores.

- 1) 25 m. - Tramo parcialmente oculto. Próximos a 2) hay niveles dolomíticos, así como en la proximidad a la base, donde resaltan verticalmente. Todo el tramo intermedio debe corresponder al yeso blanco que ha sido explotado en las canteras del lado S. del afloramiento.
- 2) 1 m. - Banco de yeso blanco, cristalino.
- 3) 2,6 m. - Finas capas dolomíticas, con algunos delgados niveles de yeso blanco (Fots. 31, 32 y 33) de disposición irregular posiblemente originado en exposiciones subaéreas del fondo dolomítico en un cierto estadio de compactación inicial.
- 4) 4 m. - Banco potente de yeso blanco. En el contacto con 5 tiene textura nodular media (fot. 34) que hacia el centro pasa progresivamente a fina. Presenta algunas vetas de algunos centímetros de dolomia gris. Hay en el conjunto del banco un retículo muy fino dolomítico rodeando la textura nodular.
- 5) 90 cm. - Banco de dolomia criptocristalina clara, muy nítido en sus contactos.
- 6) 50 cm. - Banco de tránsito entre 7) y 5). Próximo a este último es dolomítico, con lechos de yeso blanco, bien estratificado, bien en masa de textura nodular, bien en íntima unión con la dolomia. En este último caso se observan texturas radiales en las superficies de estratificación. Hacia el centro y techo pasa a masa de yeso gris oscura, que tiene la particularidad de disgregarse en pseudonódulos en ocasiones de contornos dentados. Esta textura puede observarse en la caída a plomo de las capas. Este yeso presenta porfiroblastos verdosos y vetas también verdosas que delimitan los pseudonódulos. Localmente la dolomia basal pasa a margocaliza que ocupa casi todo el banco, y presenta contactos ondulados con el yeso del techo. Hay pues rápidas variaciones laterales tanto litológicas como en espesor, en este banco. Localmente la textura radiada yeso-dolomia se hace don dolomia negra. Localmente también todo el nivel pasa a yeso de textura bandeada en colores grises y oscuros, con porfiroblastos de estos mismos colores y tamaños relacionados con el bandeamiento.

LAMINA VI

CORTE ESTRATIGRAFICO DE LOS YESOS DEL MUSCHELKALK "MEDIO" DE ALMANSA (ALBACETE)

- Foto 34 - Contacto entre el yeso de textura nodular tectonizada del nivel 4 (izquierda) y el bando dolomítico del nivel 5 (derecha).
- Foto 35 - Nivel 7: banco de yeso oscuro cuajado de porfiroblastos negros. Nivel 6: yeso bandeado y laminado de tonos oscuros y verdosos, con porfiroblastos pequeños. Nivel 5: localmente transformado en yeso de textura nodular con abundante trama reticular dolomítica.
- Foto 36 - Estructuras sedimentarias en los yesos del nivel 8: textura bandeda cuajada de porfiroblastos cuyos tamaños parecen asociados a aquella.
- Foto 37 - Estructuras sedimentarias en los yesos del nivel 8: yesos con estratificación cruzada, y desarrollo porfiroblástico en ciertas bandas.
- Foto 38 - Nivel 8: estratificación cruzada y laminación en los yesos. Porfiroblastos asociados al bandeamiento.
- Foto 39 - Nivel 9: porfiroblastos zonados rojos que seccionan la textura veteada blanco-rojiza.
- Foto 40 - Nivel 9: estructuras diagenéticas tempranas: veteado radial.



34



35



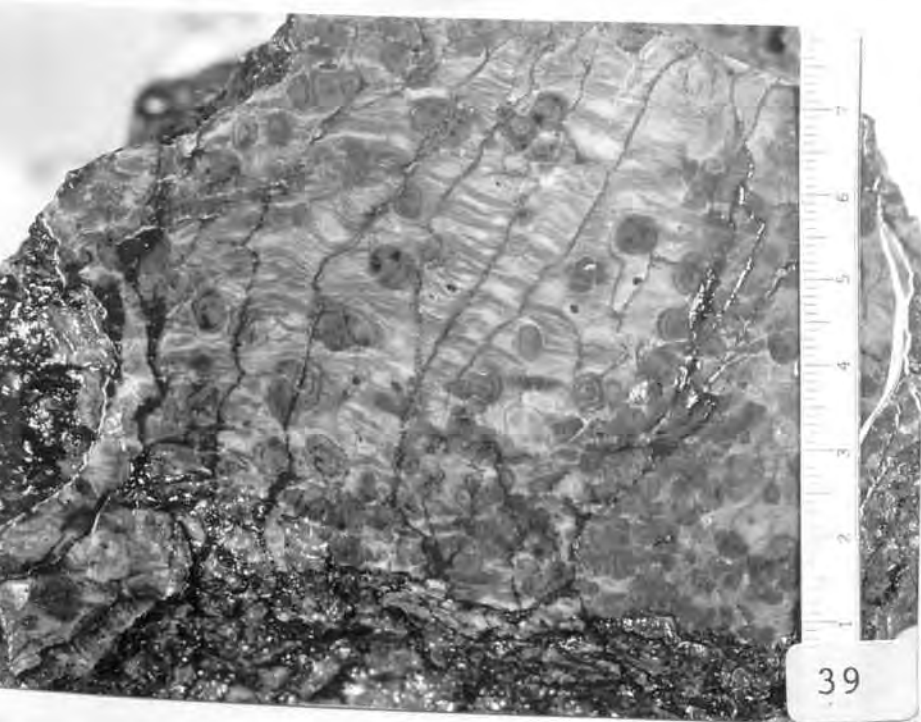
36



38



37



39



40

- 7) 1,6 m. - Banco masivo de yeso negro. La textura viene impuesta por porfiroblastos de yeso del mismo color próximos al cm. Estos cristales suelen estar rodeados de una película milimétrica de agregados cristalinos de yeso negro, perpendiculares al contorno. Localmente los porfiroblastos pueden no apreciarse. Hacia el techo y base el tono de este nivel pasa a pardo-ocre distinguiéndose menos los porfiroblastos, se trata de un nivel muy compacto, pero la hidratación lo ataca mucho.
- 8) 80 cm. - Yeso pardo amarillento, de textura bandeada, de tránsito entre 9) y 7). Presenta porfiroblastos asociados al bandeamiento (fot. 36), que puede desaparecer lateralmente. Localmente este presenta estratificación cruzada bien visible (fots. 37 y 38), convoluted o ciertas disposiciones abombadas.
- 9) 1,9 m. - Banco de yeso arcilloso rojo que contiene porfiroblastos y vetas apretadas, de tonos negros, pardos y muy rojizos, debido a las arcillás que contienen. Los porfiroblastos son rojizos, de tamaño próximo al cm., o menor, con contornos ovalados, y están interiormente zonados y exteriormente tapizados de una película del mismo yeso, milimétrica, de cristales dispuestos normalmente al contorno. Estos porfiroblastos no suelen estar cortados por las vetas (fot. 39) aunque ello ocurre en ciertas ocasiones bien claramente. Las vetas forman en sí la masa de yeso y tienen diferentes orientaciones. El espesor de las mismas suele ser próximo al cm. Dominan las negras, que engloban estrechamente a las grises, sacaroides (quizá el color original del banco). También entre las negras aparecen otras blancas que son menos abundantes, formadas por yeso fibroso blanco en agregados perpendiculares al plano de las vetas. El color rojizo es más vivo en el contacto con 10) y a ambos lados de ciertas grietas existentes transversales a la capa. Otro tono abundante es el rojo vinoso, más apagado, y que suele coincidir con locales acumulaciones de arcillitas rojovioláceas, entre la trama de las vetas de yeso. Estas acumulaciones son también negras y rojizas. En estas últimas especialmente, cuando son algo grandes, se desarrollan bien las vetas blancas fibrosas, que pueden formar dos sistemas oblicuos entre sí. Los sistemas de vetas son en principio paralelos a la estratificación, pero fácilmente se ancurvan, se hacen oblicuos a ella, y frecuentemente admiten disposiciones radiales. Parece ser que el color rojizo es secundario, influenciado quizá por la capa 10) arcillosa roja superior, y la circulación de aguas por las grietas transversales. En ellas los porfiroblastos están en efecto, totalmentne enrojecidas. En la base de esta capa también se observan disposiciones radiales en la cristalización del yeso, fácilmente observables por la impronta dejada sobre alguna capita calcárea (fot. 41).*
- 10) 30 cm. - Arcilla roja

LAMINA VII

CORTE ESTRATIGRAFICO DE LOS YESOS DEL MUSCHELKALK "MEDIO" DE ALMANSA
(ALBACETE)

Foto 41 - Improntas de recristalizaciones diagenéticas radiales de yeso, sobre fina capa calcárea en la base misma del nivel 9.

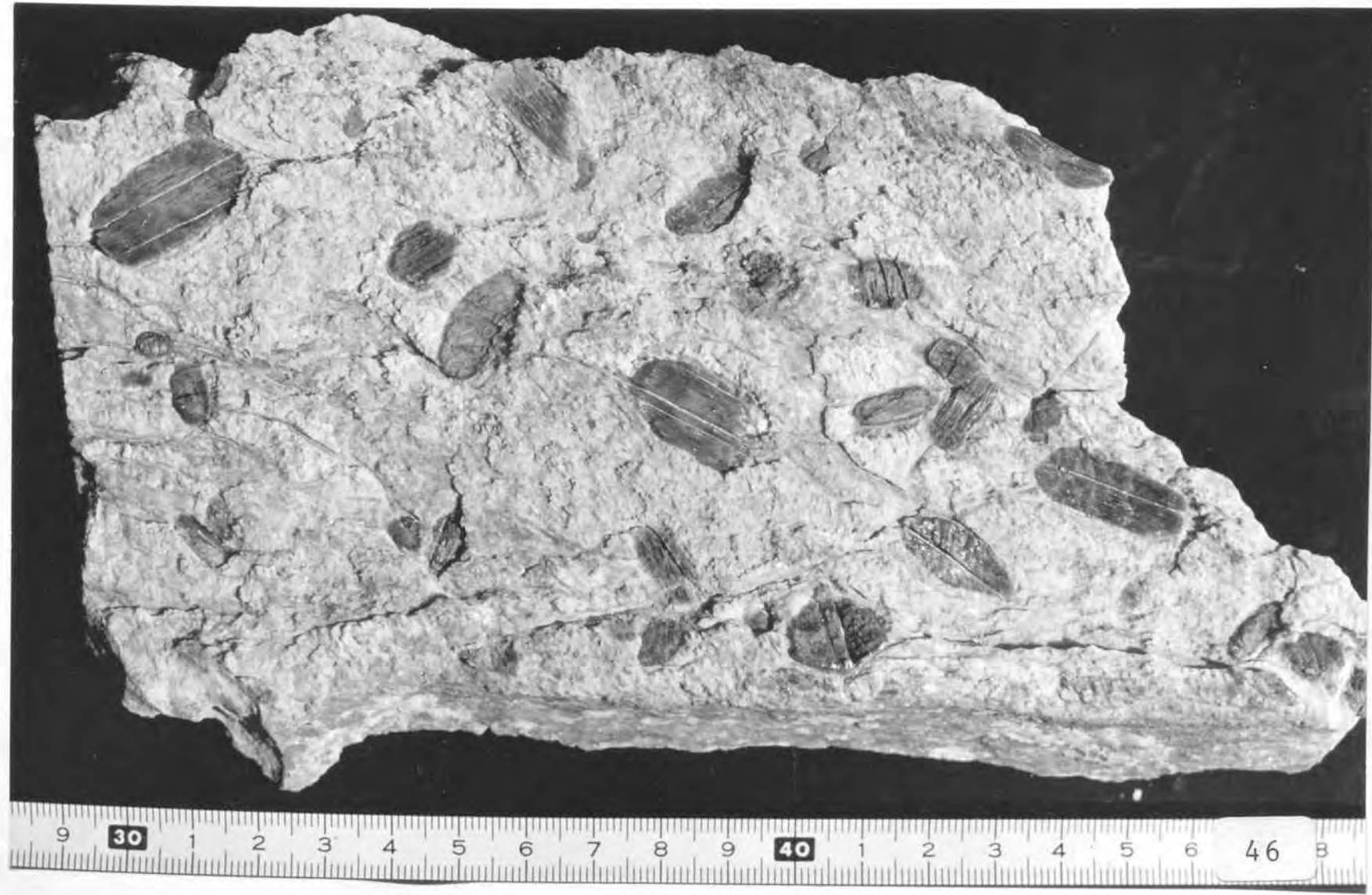
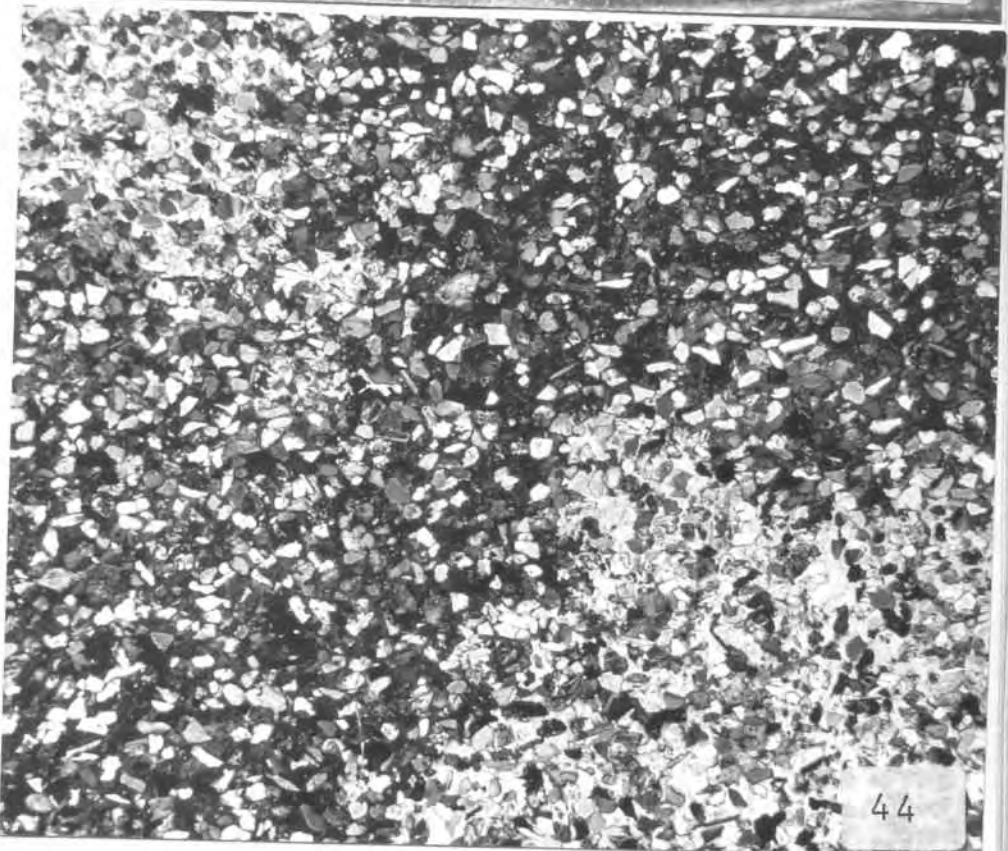
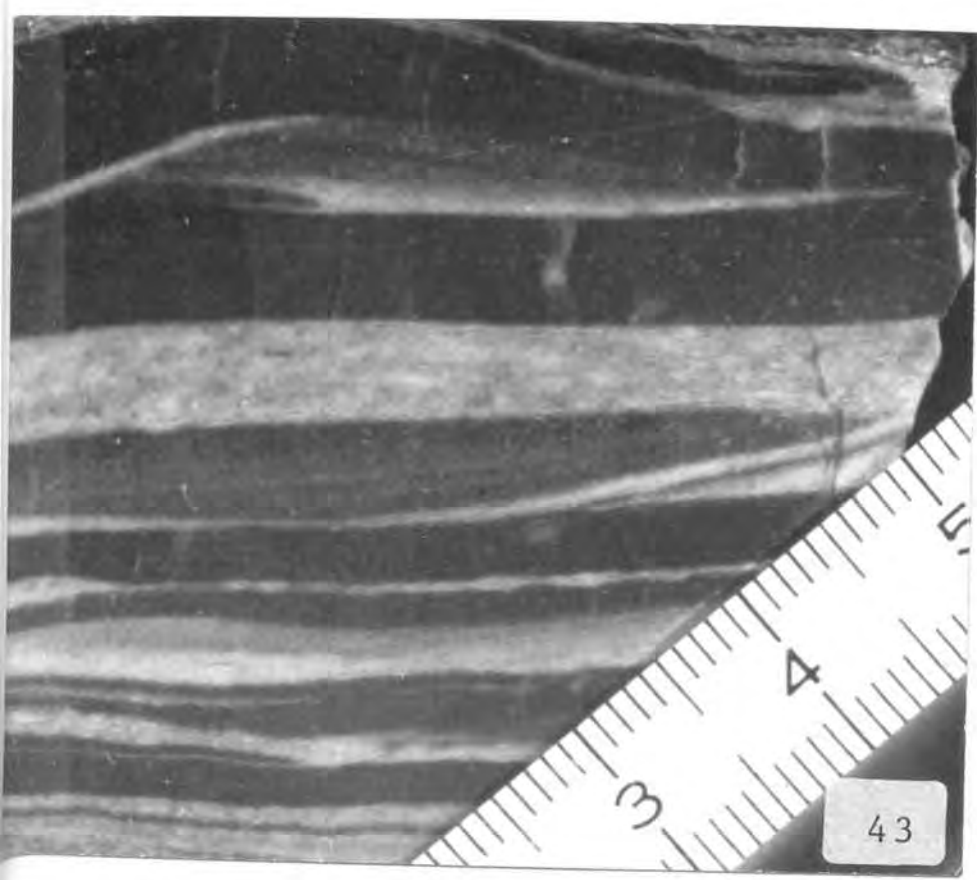
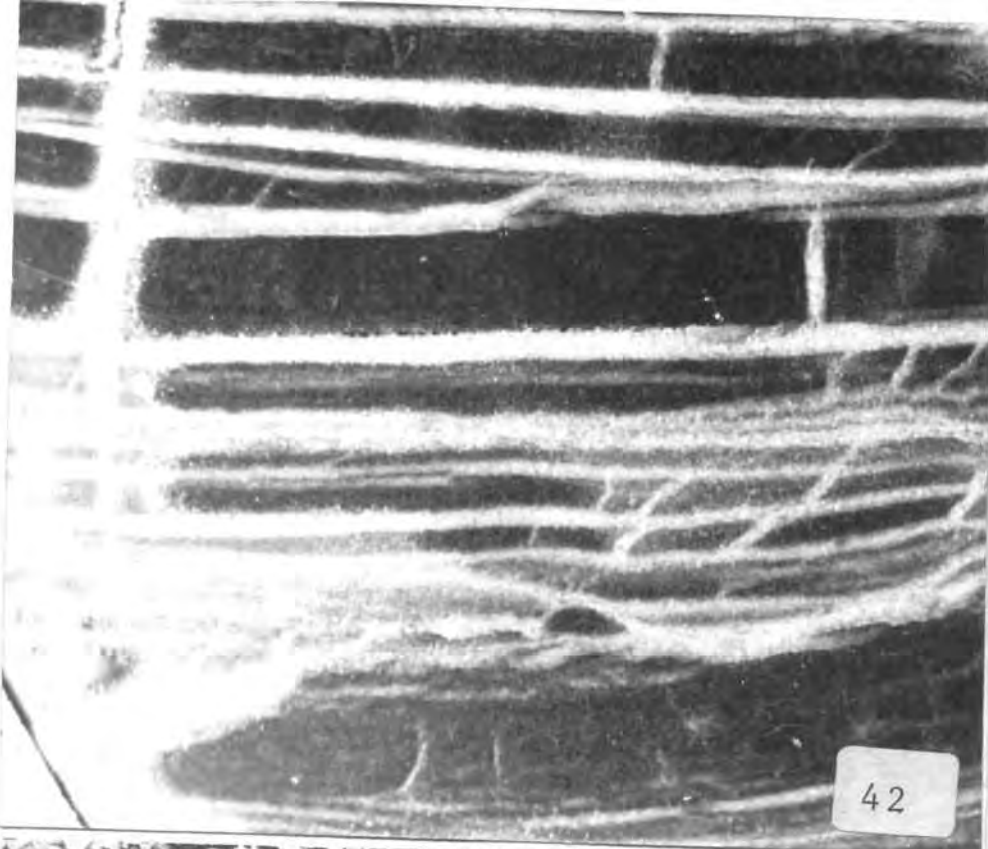
PETROLOGIA DEL YESO

Foto 42 - Laminación y estructura sedimentaria entre yeso y micrita.

Foto 43 - Fina laminación yeso-micrita, con fracturación ocupada secundariamente por yeso.

Foto 44 - Arenisca de granos de cuarzo cementados por grandes cristales de yeso. Al centro cristal único en extinción y a ambos lados cristales de yeso en máxima iluminación. N.C.X.

Foto 46 - Porfiroblastos de yeso negro sobre yeso blanco. Obsérvese la tendencia idiomórfica con frecuencia perfecta, y la ausencia de orientación única definida en el crecimiento de aquellos. Formación K₅, en la cantera del km 79 de la carretera Valencia-Ardemuz. Escala en cms.



- 11) 40 cm. - Arenita blanco-verdosa clara de matriz arcillosa, con finas vetas (2 mm.) de yeso cristalizado.
- 12) 30 cm. - Arcilla verdosa con finas vetas de yeso fibroso blanco, de fibras perpendiculares al plano de la veta.
- 13) 20 cm. - Arcillas amarillentas, con vetas limoníticas ocres intercaladas.
- 14) 50 cm. - Caliza micrítica gris parda.
- 15) 5 m. - Niveles calcáreos muy tableados, con marcas de burrows en las bases, que intercalan algunos niveles arcillosos.
- 16) 28 m. - Tramo parcialmente oculto formado por blancos calcáreos dolomíticos y por, algunas amplias intercalaciones erosionadas y recubiertas que deben corresponder a arcillas. En algunos de estos bancos hay fósiles, tramas de "burrows" y en algunas bases de capas ciertas figuras de disolución en forma de agujas intersectadas.
- 17) 1,7 m. - Banco de yeso blanco, de aspecto alterado en superficie.
- 18) - Bancos dolomíticos, fuera ya del recinto de las murallas, totalmente verticales que vienen a ser cubiertos por derrubios y vegetación.

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS Y DE DIAGENESIS TEMPRANA

Ciertas estructuras macroscópicas observables en los yesos triásicos de Levante no pueden ser atribuidas más que a procesos sedimentarios. Este es el caso, por ejemplo, de los yesos bandeados o laminados, tan abundantes en la mayor parte de los bancos de cierta potencia, y especialmente en los de la Formación K₁. Las diferentes tonalidades de las láminas, en ocasiones de rítmica repetición, recuerdan los procesos de deposición asociados a estaciones climáticas. El caso es todavía más claro cuando se trata de laminaciones carbonato-yeso, incluso con estructuras sedimentarias claras, como muestran las fotos 42 y 43. El nivel 8 del corte de Almansa mostraba también (fotos 37 y 38) estratificaciones cruzadas fácilmente reconocibles, y el nivel 6 ejemplares laminaciones.

Por otro lado he encontrado también bancos de areniscas integrados por granos de cuarzo unidos con cemento de grandes cristales de yeso, como es el caso de la fot. 44.

Algunos procesos de diagénesis, posiblemente temprana, parecen ser los responsables de la textura pseudonodular del nivel 6 de Almansa. Los pseudonódulos muestran ocasionalmente estrías en su contorno, semejantes morfológicamente a las citadas por A. H. Bouma (1962) para los depósitos de flysch.

También de diagénesis temprana deben considerarse las texturas indicadas en las fotos 31, 32 y 33 del nivel 3 de Almansa. En el yeso parece haber crecido dentro de un lodo dolomítico de muy débil compactidad y que ha sido progresivamente desplazado. La cristalización de este yeso se ha efectuado, como en el caso de muchos porfiroblastos de hidratación, con una tendencia al crecimiento de agregados fibroso radiales.

La estructura general vetada en curiosas disposiciones (Ocasionalmente radial) del nivel 9 (foto 40) de Almansa, puede también atribuirse a procesos diagenéticos tempranos. Tal disposición no ha sido observada como afectando a toda una capa potente en el Keuper, y no parece propia de hidrataciones tardías. Por otro lado estas vetas no cortan a los porfiroblastos que contienen.

También de diagenésis tempranas pueden considerarse todas las texturas nodulares. Otro problema de no fácil solución estriba en el posible origen de diagenésis temprana de algunos de los muchos porfiroblastos existentes en el Triásico levantino. Ambos aspectos habrán de discutirse con detalle en próximos apartados.

Todos estos indicios son muy significativos e implican que las transformaciones yeso-anhidrita-yeso se han hecho, en general, respetando las estructuras primarias. Estas observaciones coinciden con las citadas en el apartado de "Mecanismos de hidratación" en el sentido de aceptar el mecanismo de solución-precipitación como engendrador de la transformación final anhidrita-yeso.

PORFIROBLASTOS

Los yesos del Triásico levantino revelan una interesante colección de procesos porfiroblásticos.

Recordemos en primer lugar los cristales del nivel 8 del corte del Castillo de Almansa. Se plantea la duda de si estos porfiroblastos tan curiosamente asociados a estratificación cruzada y a laminaciones sedimentarias pudieran ser regenerados de porfiroblastos de yeso de diagenésis temprana asociados a aquellos bandeados. Estos habrían conservado su hábito al ser pseudomorfeados por anhidrita u otro mineral durante durante la subsidencia. El proceso parece demasiado complicado aunque es por otro lado asombrosa la conservación de las estructuras sedimentarias. La bibliografía muestra algunos casos en los que los diferentes cambios pseudomorfos respetan más o menos parcialmente los hábitos originales. Haría falta, de todos modos, un estudio geológico detallado para obtener más información sobre este problema.

En el mismo corte de Almansa recordemos también los niveles 6, 7, 8 y 9, con sus porfiroblastos. Estos son en general esféricos u ovalados y de textura zonada (foto 45) y presentan también recubrimientos de finos cristallitos fibrosos normales al cristal, también de yeso. Los colores son verdes, negros o rojos, según los bancos en que se emplazan.

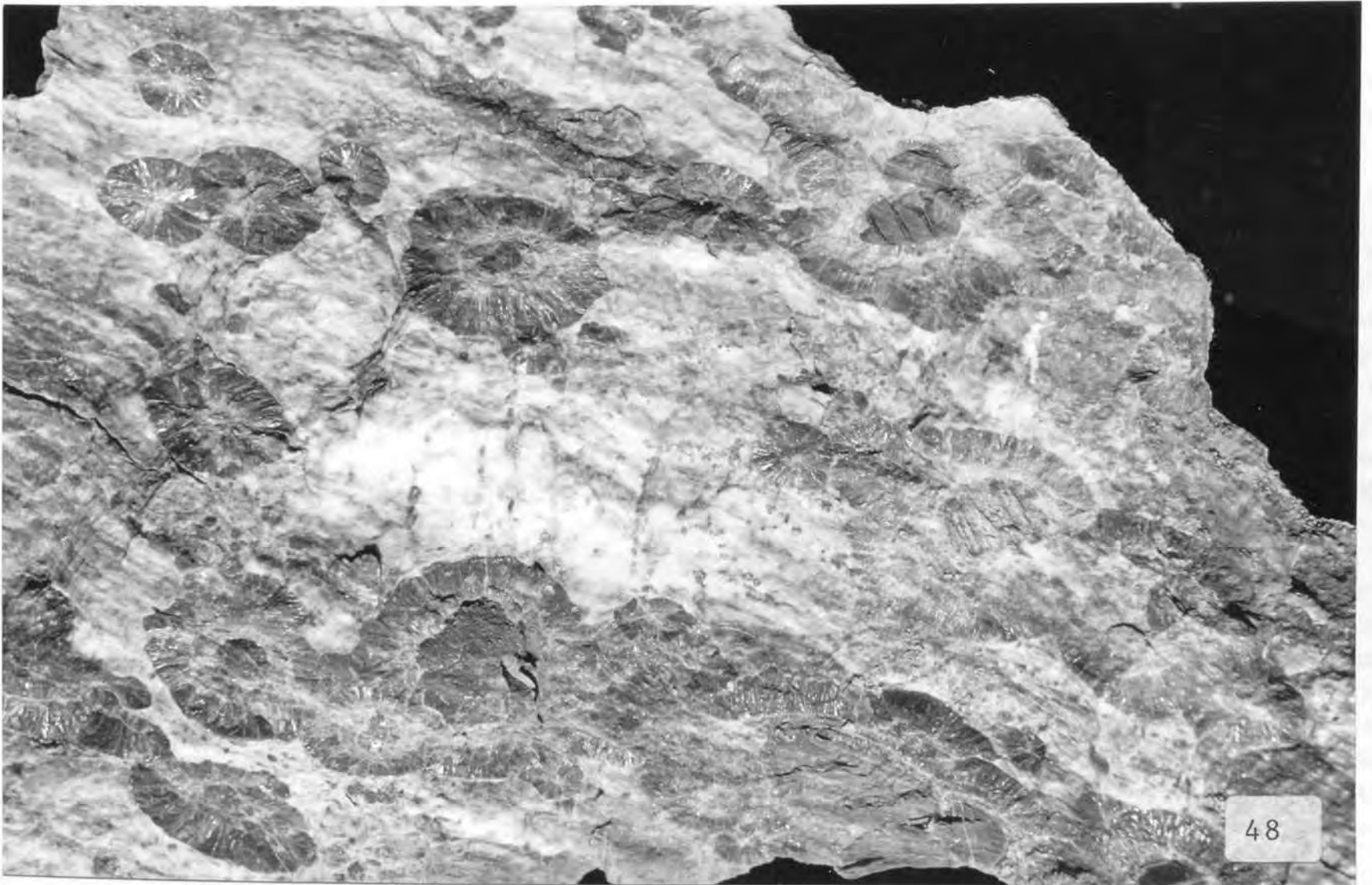
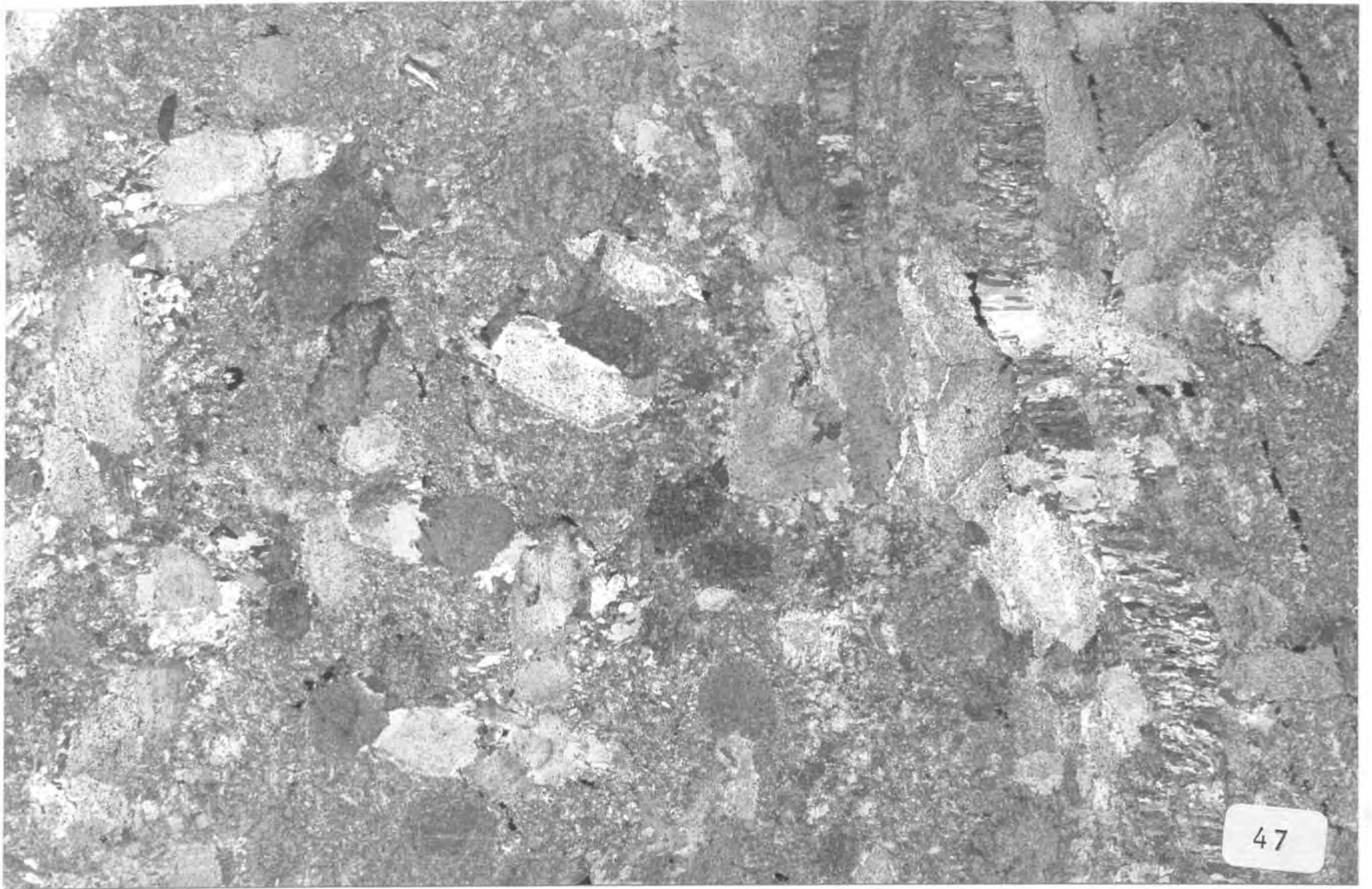
Muchos ejemplos nos ofrece la Formación de Yesos de Ayora sobre este particular. Recordemos, por ejemplo, del corte tipo de la cantera de Abarca, las fotos 6 y 7. Igualmente la cantera del km. 79 de la carretera Tuéjar-Titagnas muestra los porfiroblastos de la foto 46 con formas ovaladas que tienden claramente al idiomorfismo. La foto 47 muestra ejemplares de menores tamaños, ya claramente idiomórficos.

Mención especial merece la cantera situada aproximadamente 1 km al N del puente de la Canal, sobre la carretera de Albarache-Turis (Valencia). Se trata del mejor ejemplo que he encontrado en todo el Levante de formaciones porfiroblásticas, las cuales son allí de dos tipos: monocristalinas, o en agregados fibroso radiados con visibles

LAMINA VIII

PETROLOGIA DEL YESO

- Foto 47 - Yeso porfiroblástico. Obsérvese cierta zonación periférica en los cristales que crecen sobre una textura de hidratación microcristalina. Algunos porfiroblastos están recristalizados. Las vetas fibrosas de yeso secundario presentan muestras de deformación. N.C.X 12.
- Foto 48 - Porfiroblastos de hidratación de dos generaciones. La primera forma cristales ovalados (1) con sistemas de exfoliación bien patentes. La segunda está compuesta por agregados radiales que pueden crecer individualizados (2), o alrededor de un cristal de la primera generación (3), o arrosariados dando lugar a vetas (4). Formación Yesos de Ayora en la cantera de las proximidades a Alborache (Valencia).



texturas zonadas. Estas últimas pueden crecer solas, aisladas formando vetas, o alrededor de los porfiroblastos monocristalinos. La foto 48 muestra todas estas combinaciones. Los agregados radiales pueden tomar también como centros de cristalización restos dolomíticos (foto 49) y cuando forman vetas tapizan en general grietas preexistentes (fotos 50, 51). En esta cantera todas las formaciones porfiroblásticas destacan por sus colores oscuros sobre el yeso blanco. Parece haber habido en ella dos fases de formación de porfiroblastos. En una primera se formarían los grandes cristales, y en una segunda posterior, y de hidratación más avanzada y fácil, se originarían los agregados fibrosos creciendo a favor de diversos accidentes (foto 52).

En otras muchas localidades se encuentran ejemplos similares, aunque no tan admirables. Las fotos 53 y 54 nos muestran en sección pulida y bajo microscopio aspectos de los agregados fibroso radiales

En lámina delgada las observaciones resultan muy interesantes respecto al modo de crecimiento, y recristalización de porfiroblastos (fotos 54). En muchos casos las inclusiones de anhidrita son bien patentes y muestran claramente el origen secundario de este yeso (fotos 56 y 57).

Un buen ejemplo de vetas de agregados radiales lo muestra la foto 5 de la cantera de Abarca.

YESOS NODULARES

Estas texturas son muy frecuentes, y aunque conservadas en yeso, deben considerarse como propias de la anhidrita. En efecto, las anhidritas nodulares encontradas en todas las formaciones salinas del mundo aseguran este origen de la textura nodular, la cual sería heredada para el caso del yeso secundario.

La presencia de nódulos de yeso es constante a lo largo de las cuatro formaciones superiores del Keuper, pero no he observado su existencia en la Formación K₁, donde los yesos presentan esencialmente texturas laminadas.

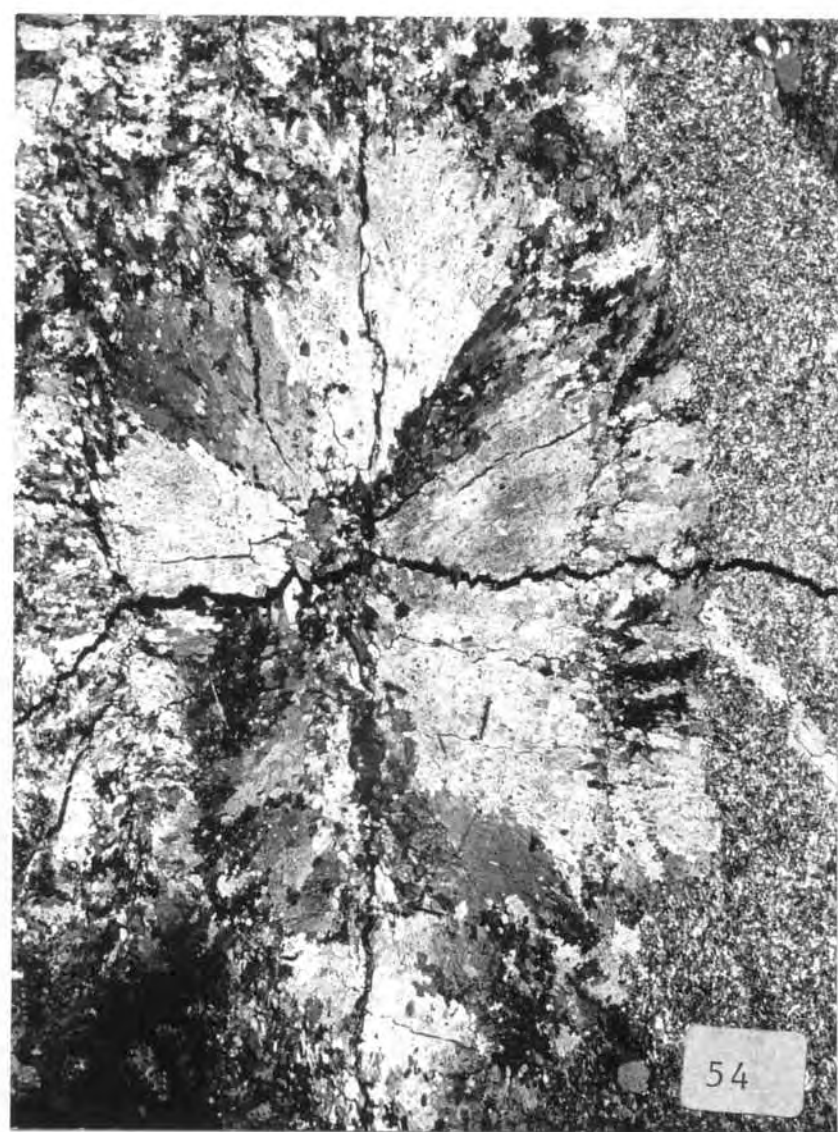
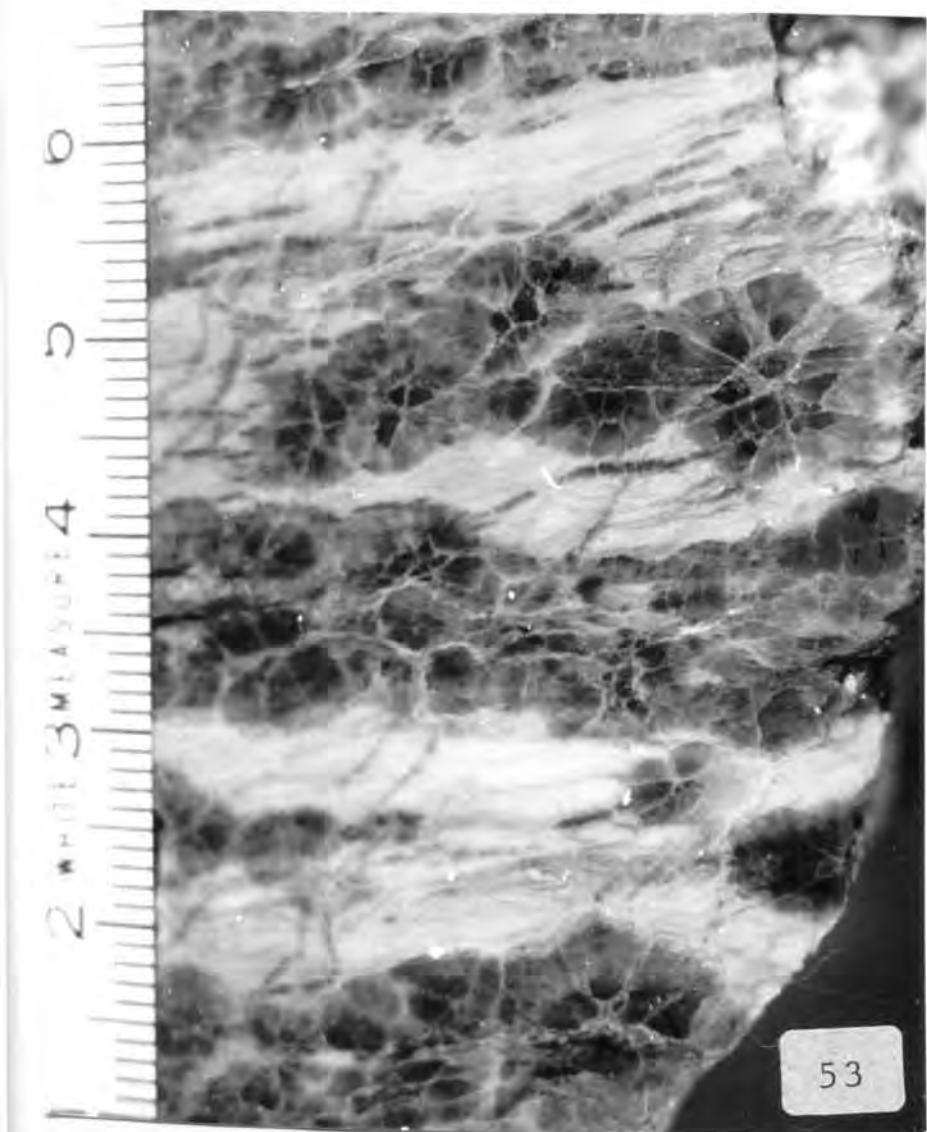
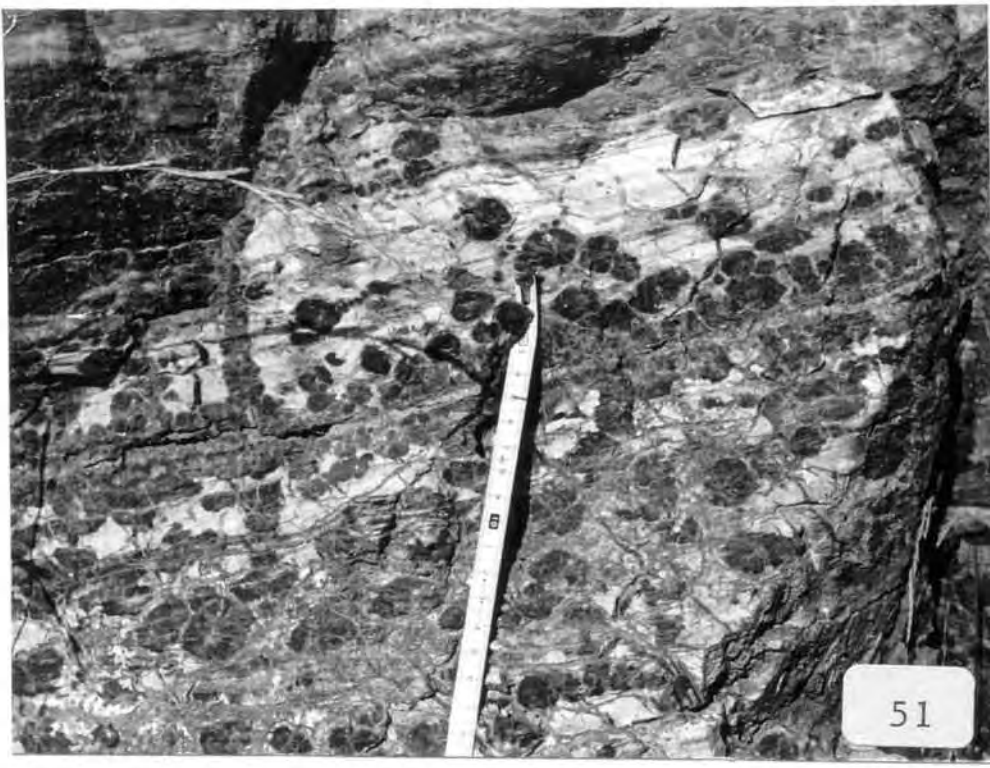
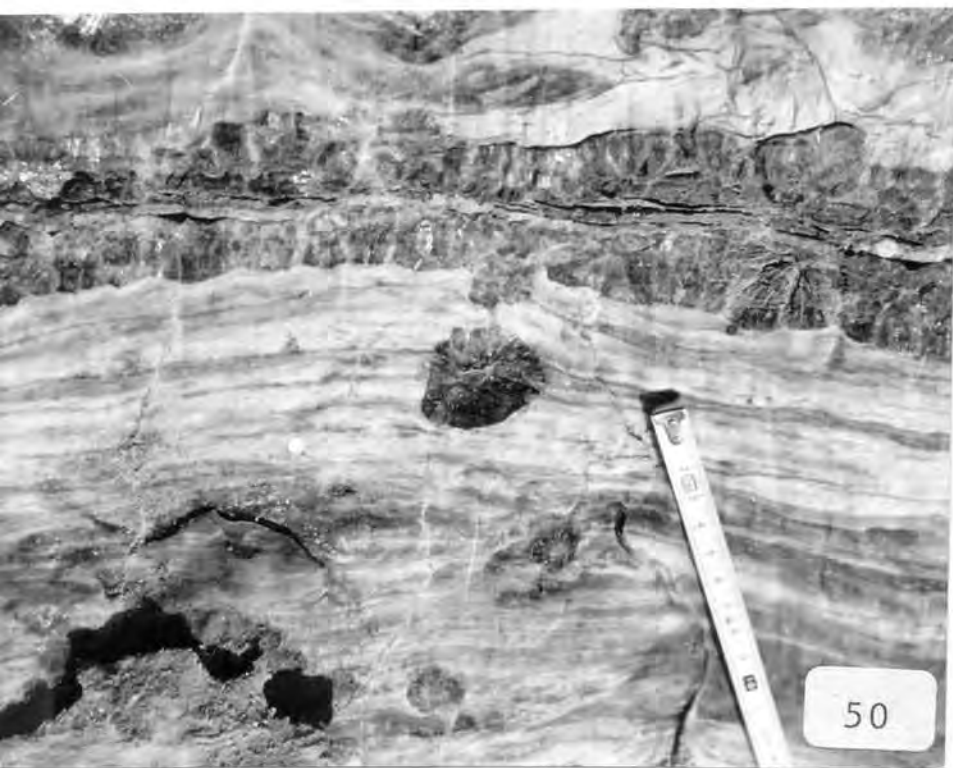
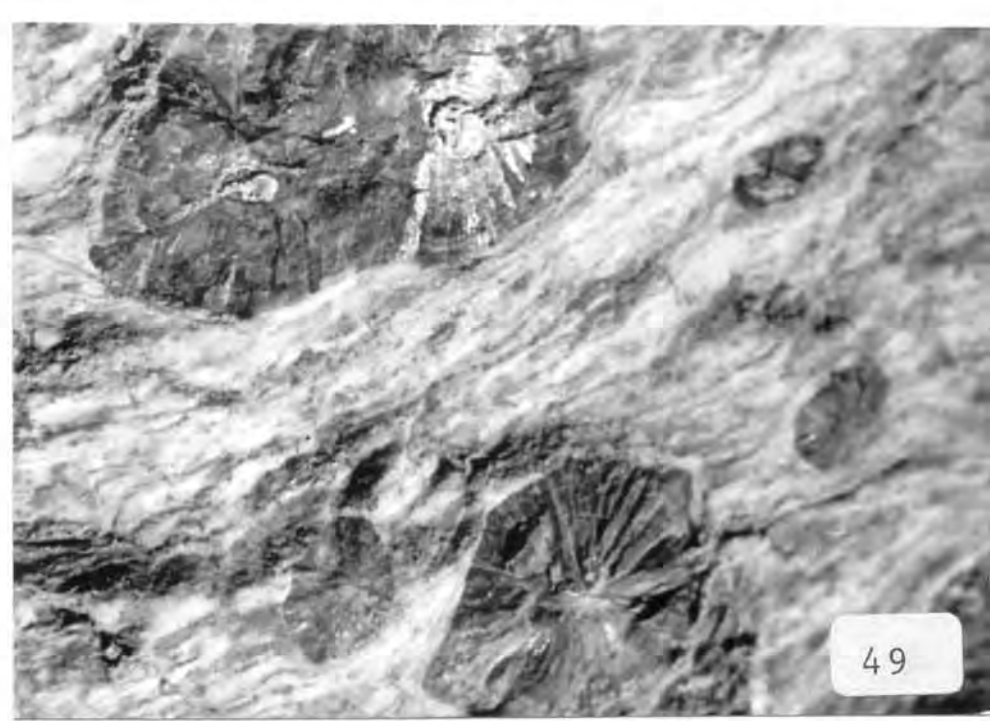
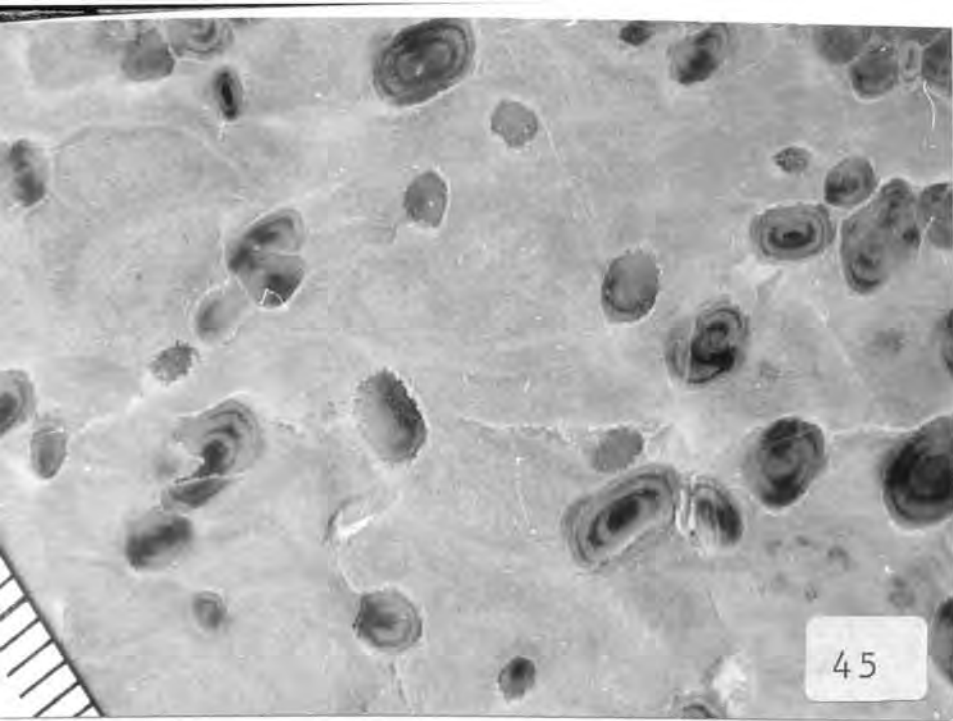
Dichos nódulos pueden encontrarse aislados en las arcillas (foto 58), más o menos distorsionado, o bien en las areniscas (foto 59) dolomias, etc. En ocasiones se encuentran varios nódulos compenetrados unos con otros (foto 60), o incluso llegando a formar verdaderos niveles dentro de las arcillas (foto 20). Estos niveles pueden ser potentes y presentar texturas nodulares muy bien definidas (fotos 1 y 4) o bien pueden ser lechos algo irregulares de nódulos bien enlazados, dentro de lechos arcillosos. Estos nódulos pueden ser incluso zonados (foto 10).

Hay ciertas evidencias de que estos nódulos de yeso estaban originalmente constituidos por anhidrita. En ocasiones puede observarse en ellos numerosas inclusiones de este mineral, que son restos de un proceso de transformación mineral incompleto (fotos 29 y 61). Otras veces (foto 15) los yesos hematoideos macrocristalinos, de origen secundario, han crecido adoptando una forma de nódulo o lentejón que implica necesariamente la preexistencia de la misma, ya que los crecimientos de yeso secundario, o de hidratación, no se hacen nunca según estas texturas.

LAMINA IX

PETROLOGIA DEL YESO

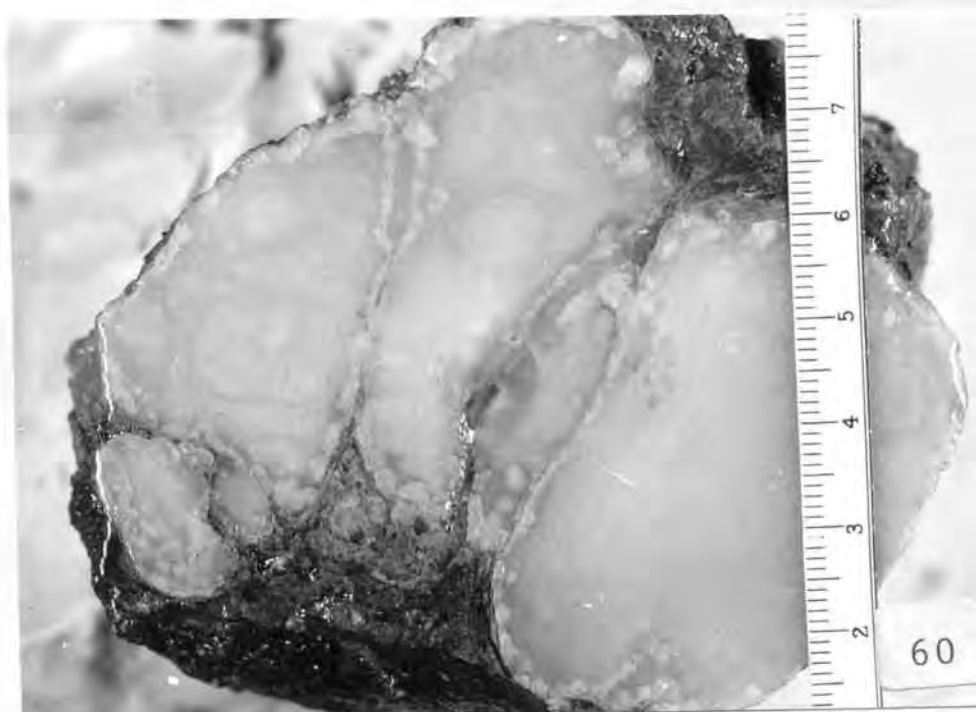
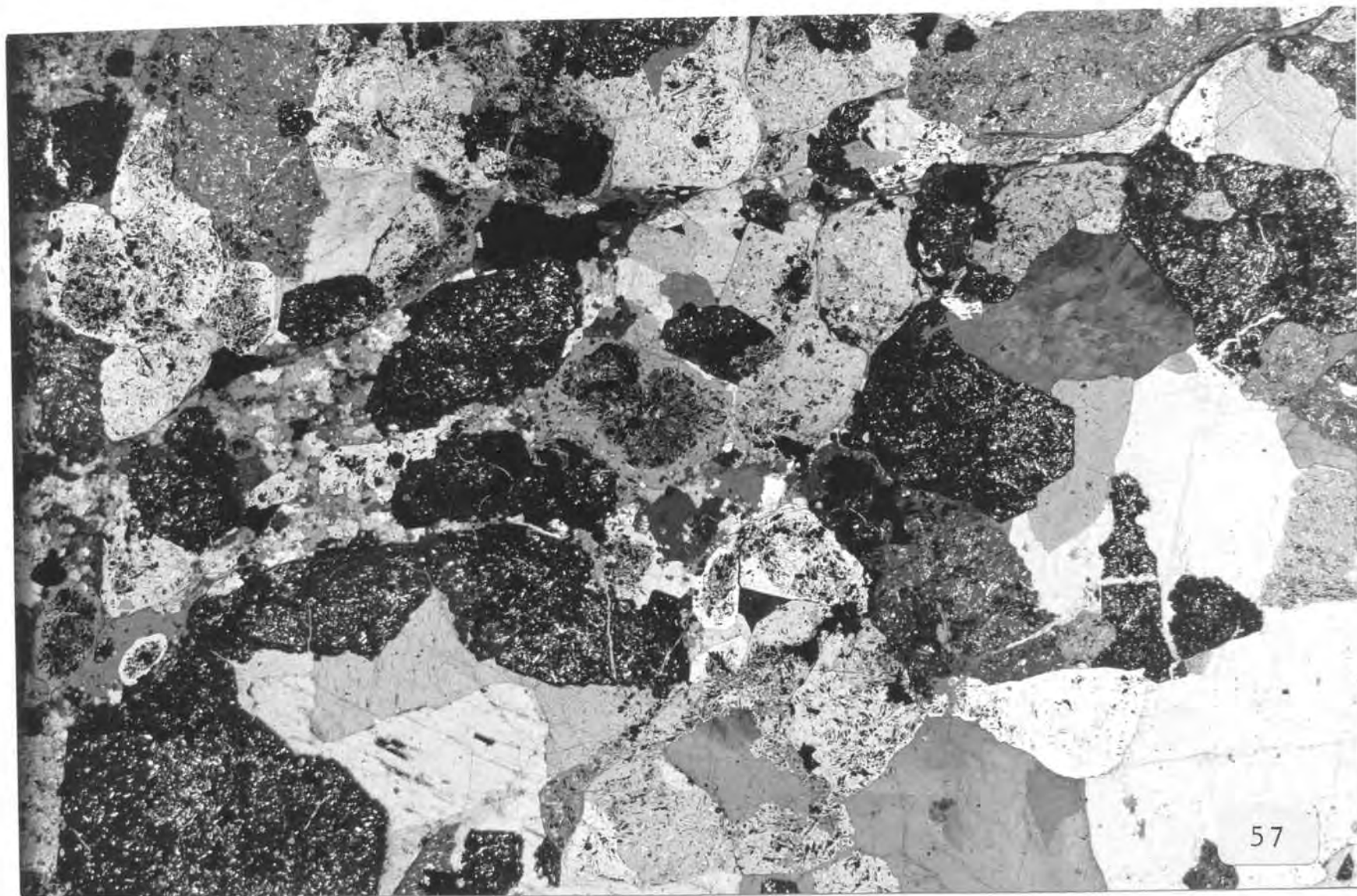
- Foto 45 - Porfiroblastos zonados de crecimiento ovalado, individualizados o formando vetas (ángulo superior derecho). Obsérvese la general presencia de tres zonaciones disimétricas, de tono claro. Escala en mms. Nivel 6 del Muschelkalk "medio" del Castillo de Almansa.
- Foto 49 - Detalle de agregados porfiroblásticos radiales negros, zonados. Los superiores presentan como núcleo de crecimiento restos dolomíticos. Los inferiores dan muestras de deformación tectónica. Cantera de Alborache (Valencia). Formación Yesos de Ayora.
- Foto 50 - Agregados radiales porfiroblásticos de yeso negro, aislados y enlazados en vetas. Escala en cms. Cantera de Alborache.
- Foto 51 - Idem foto anterior.
- Fotos 53 y 54 - Sección pulida y lámina delgada de agregados porfiroblásticos radiales. La textura radial está patentizada por la extinción de los individuos y a ella se superpone una cataclasis en los bordes y recristalización general. N.C.X 6. El agregado crece sobre un fondo de yeso alabastrino de textura de hidratación tipo 1 (Holliday, 1970).



LAMINA X

PETROLOGIA DEL YESO

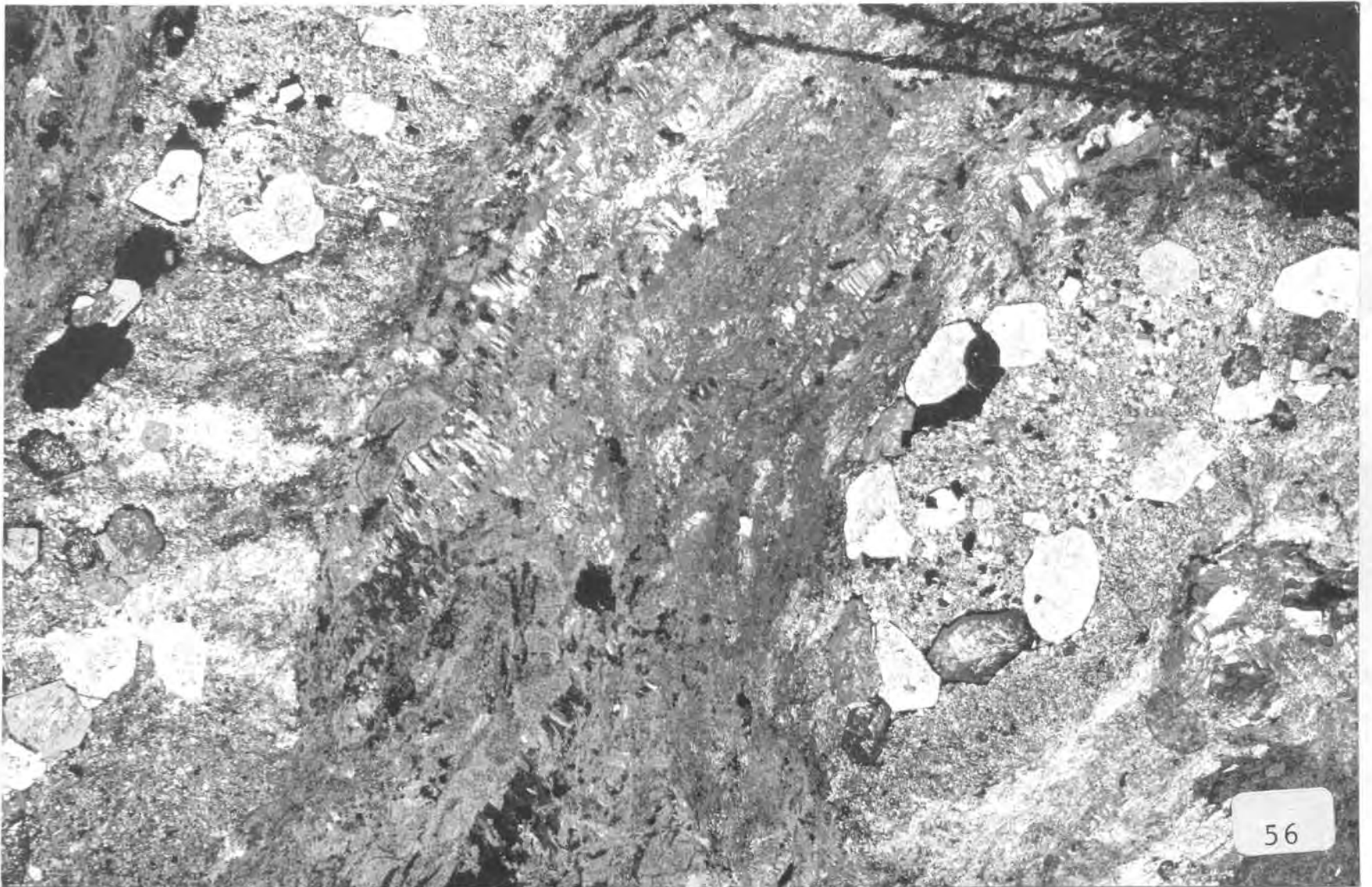
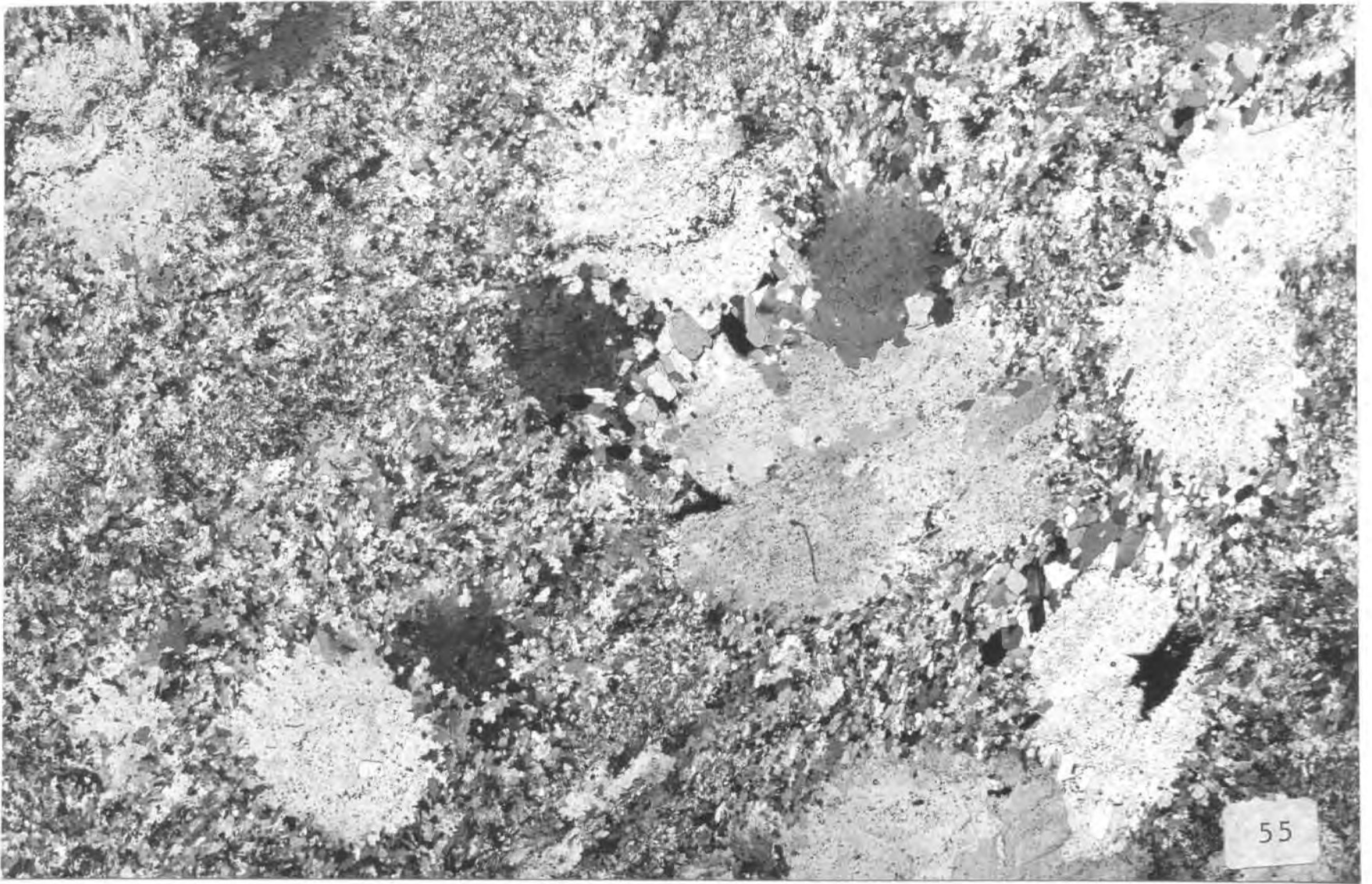
- Foto 57 - Estructura porfiroblástica de reemplazamiento. Cristales euhedrales y subhedrales de yeso en varias posiciones de extinción, muy ricos en inclusiones de anhidrita, ocasionalmente disueltas en los centros, crecen sobre grandes placas granoblásticas de dolomita. N.C.X 10.
- Foto 52 - Derecha: porfiroblasto de yeso, zonado y de tendencia idiomórfica, recubierto de agregado porfiroblástico de individuos radiales, también de crecimiento zonado. Izquierda: idéntico fenómeno, desarrollado bajo presión, que deforma la exfoliación del cristal central y orienta la disposición de los individuos del agregado radial, en prolongación de aquella. Este proceso es típico de ciertos crecimientos de porfiroblastos metamórficos. Escala en cms.
- Foto 58 - Nódulos de yeso deformados, entre las Arcillas de Cofrentes, en Torás (Castellón).
- Foto 59 - Nódulos de yeso en un banco de arenisca arcillosa, en la Formación K₂, en Gestalgar (Valencia).
- Foto 60 - Nódulos de yeso contorsionados, entre las Arcillas yesíferas de Quesa, en la proximidad a esta localidad. Obsérvese los pequeños cristales blancos de cuarzo enclavados de la periferia de los nódulos. Escala en cms.



LAMINA XI

PETROLOGIA DE LOS YESOS

- Foto 55 - Porfiroblastos de crecimiento esférico con bordes atacados por recristalización. Obsérvese algunas extinciones ondulantes y los crecimientos idiomórficos en los contactos entre porfiroblastos adyacentes. El fondo corresponde a una incipiente textura granoblástica desarrollada sobre un yeso alabastrino con textura de hidratación tipo 2 en fase de recristalización (Holliday, 1970). N.C.X 10.
- Foto 56 - Estructura porfiroblástica idiomórfica (lados izquierdo y derecho) de cristales de yeso sobre fondo de yeso alabastrino recristalizado, que muestra texturas de hidratación tipo 1 (Holliday, 1970). En la parte central, sobre una franja arcillosa deformada, se conservan restos tectonizados de vetas de yeso fibroso. N.C.X 10.



Frecuentemente estos nódulos contienen próximas a su superficie cristales de yeso bien desarrollados, distinguible por su color, de origen secundario. El color suele ser el de las arcillas que los engloban.

Ciertas texturas de estos nódulos, como la zonada, se pierden fácilmente al estar sometido el nódulo a últimas fases de compresiones. Ello es debido a la aparición de importantes recristalizaciones.

En ocasiones es posible ver todo un banco afectado de una textura pseudonodular como el nivel 6 del Muschelkalk "medio" de Almansa. Este hecho debe interpretarse más bien como una consecuencia de hechos sedimentarios o diagenéticos a macroescala, y no a nivel de las transformaciones minerales, lo cual impide que posteriormente ésta haya aprovechado las discontinuidades introducidas en los bancos.

Los nódulos de yeso de la Formación K_4 , que son los más abundantes y de mayor desarrollo, suelen contener, o estar en superficie recubiertos de pequeños cristales de cuarzos blancos. Ello parece indicar que estos cuarzos han crecido posteriormente a los nódulos.

Un tipo particular de yesos nodulares lo constituyen las capas ptigmáticas o enterolíticas, las cuales se originan por un crecimiento prolongado de nódulos de anhidrita, que obligan a ésta a interpenetrarse y plegarse, dentro de los niveles en que se encuentran confinados. La bibliografía moderna da numerosos ejemplos de estas texturas en las formaciones tipo laminitas y en las anhidritas que se desarrollan a escasos centímetros de profundidad de las sabkhas supralitoral actuales, como el caso de la Costa Trucial del Golfo Pérsico. Las fotos 62, 63 y 64 muestran algunos ejemplos que he encontrado entre los bancos de yeso, ocasionalmente arcillosos, de la Formación K_5 .

ESTRUCTURAS DE HIDRATACION Y RECRISTALIZACION

Los yesos triásicos de Levante muestran en lámina delgada una gran variedad de texturas de hidratación, acompañadas muy estrechamente de importantes efectos de recristalización. En general no puede establecerse normas respecto a la textura macroscópica de los bancos de yeso y sus estructuras microscópicas.

Un claro ejemplo de yesos secundarios seleníticos con los tres elementos estructurales descritos por Ogniben (1957) puede reconocerse en la foto 65. La recristalización ha actuado de diferentes modos en este caso. En el contacto de dos cristales selenitas, muy corrientemente se produce una zona de polarización superindividual con crecimientos idiomórficos orientados (foto 66), en ocasiones rotos o curvados por posteriores presiones (fot. 67).

La foto 68 muestra un ejemplo de diversos tipos de texturas afectadas por la recristalización.

Otros muchos detalles puede observarse en las fotos del apartado Yesos Triásicos de Levante, ya explicadas en los pies de aquellas, por lo que omito repeticiones en este sentido.

LAMINA XII

PETROLOGIA DEL YESO

- Foto 61 - Inclusiones de anhidrita en los porfiroblastos de yeso de la foto 57. N.C.X. 40
- Foto 62 - Textura nodular, incipientemente enterolítica en yeso blanco sobre yesos oscuros laminados. Proximidades a Alborache (Valencia).
- Foto 63 - Textura nodular-enterolítica en yeso blanco. Formación K₅, Cofrentes (Valencia).
- Foto 64 - Textura ptigmática de origen diagenético. Yesos de Ayora (Cofrentes, Valencia).
- Foto 65 - Estructuras de recristalización sobre yeso selenita. Centro izquierda: cristal selenita con indicio de extinción superindividual y con borde superior recristalizado en individuos orientados idiomórficos. En el borde inferior está destruido por la avanzada recristalización (diferentes tamaños de granos euhedrales y subhedrales). N.C.X.15

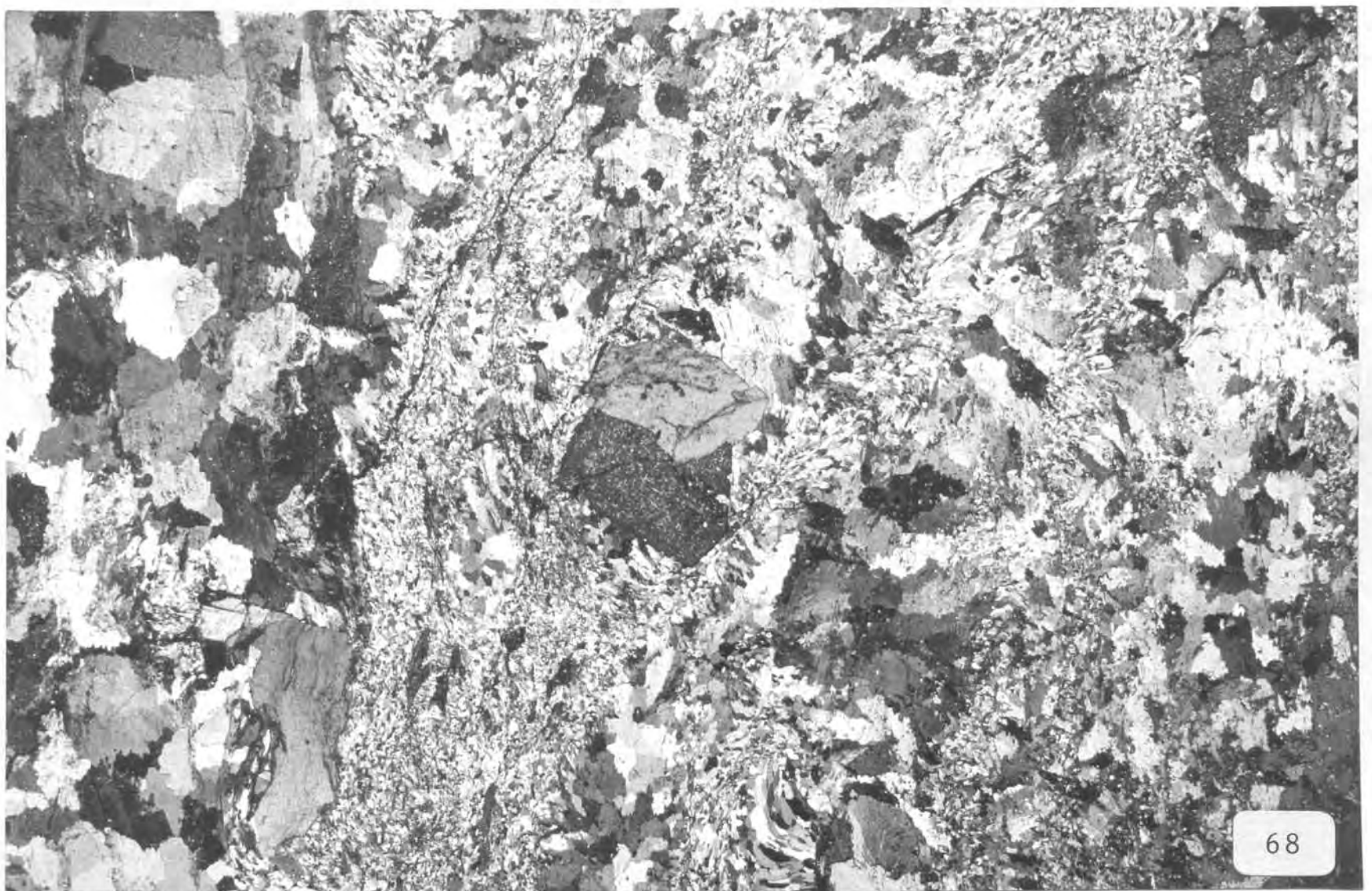
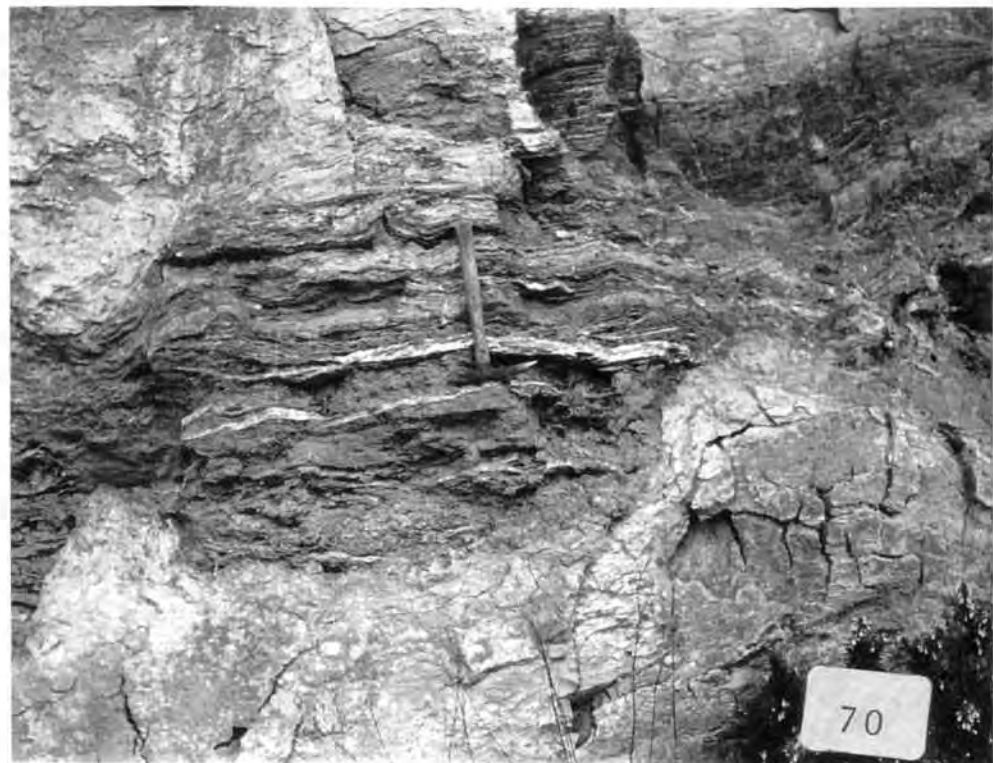
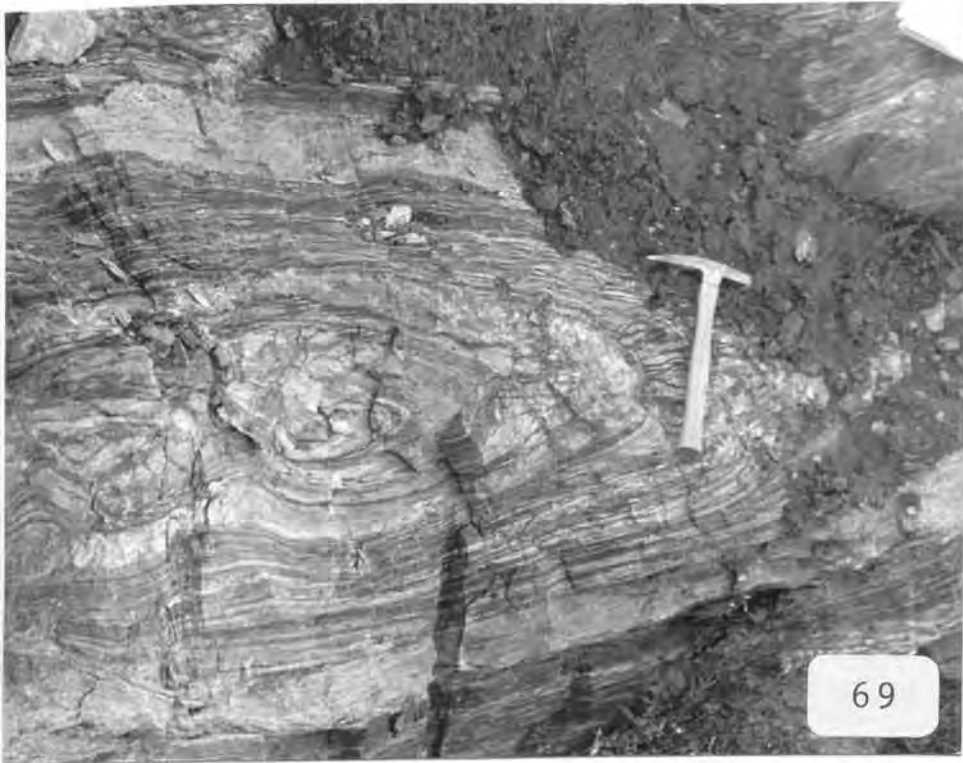
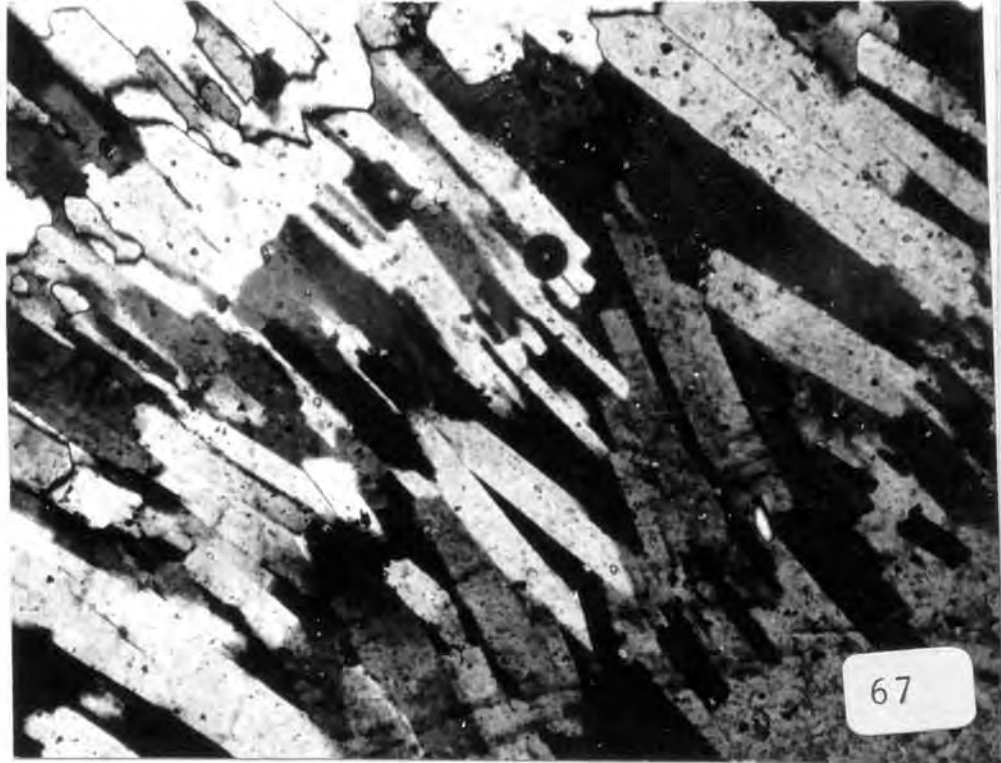
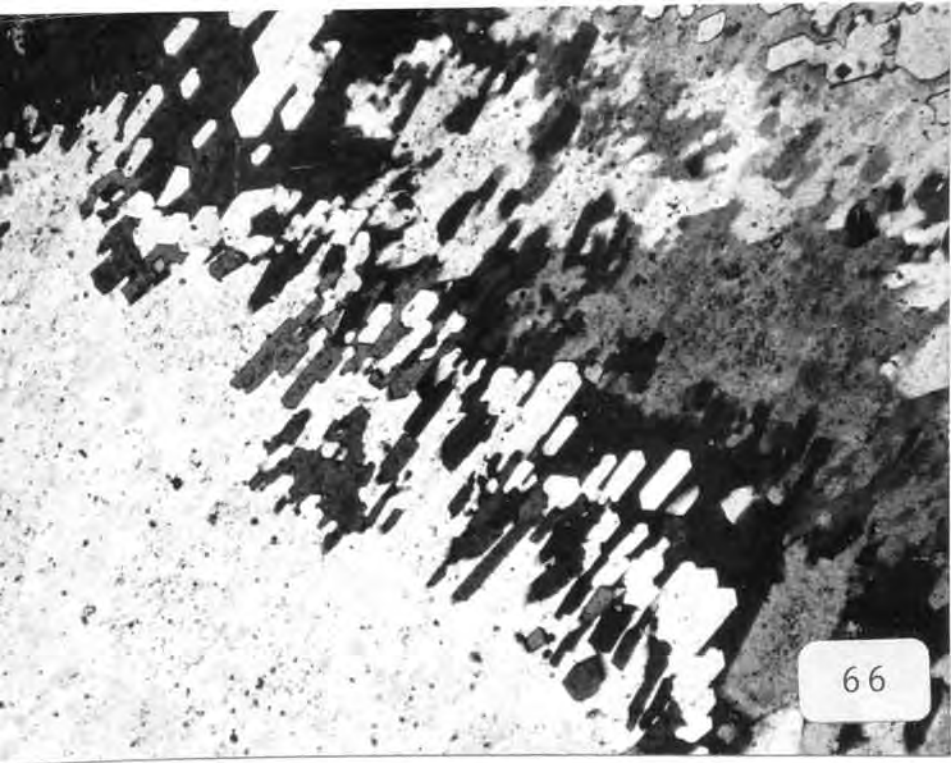


VERSIDAD
BARCELONA
MUSEO DE
GEOLOGIA

LAMINA XIII

PETROLOGIA DEL YESO

- Foto 66 - Detalle de intercrecimiento idiomórfico orientado en zona de contacto entre dos selenitas, por recristalización. N.C.X 20.
- Foto 67 - Fenómeno idéntico al de la foto 66, con deformación cataclástica de los individuos. N.C.X 30.
- Foto 69 - Pliegue tumbado en los Yesos de Ayora. Obsérvese la textura laminar, y las vetas oscuras de yeso que cortan la charnela en el plano del eje del pliegue. Proximidad a Alborache (Valencia).
- Foto 70 - Vetas de yeso blanco fibroso entre arcillas. Inferiormente apéndices diapíricos y desconchamiento por hidratación en el banco de yeso. Cantera del km 26,5 próxima a Teresa de Cofrentes (Valencia).
- Foto 68 - Recristalización y deformación sobre bandeados de yeso con diferentes estructuras. Una de ellas, la de cristales mayores (partes izquierda, derecha y algunas vetas centrales) da muestras de recristalización orientada en los contornos de aquellos, y puede corresponder a densas estructuras poriroblásticas antiguas. La segunda (parte central) parece corresponder a una textura de hidratación de yeso alabastro en microcristales, sobre la que se han implantado sistemas de vetas fibrosas, posteriormente deformadas.



YESOS EN VETAS

La aclaración del sentido en que uso el término de yeso veteado ha sido hecha al comienzo de este apartado, y de ella se deduce una clara diferencia con la laminación primaria. Sin embargo, resulta prácticamente imposible en ocasiones distinguir microscópicamente ambos elementos. La foto 69 muestra un ejemplo: las laminaciones originales tienen el mismo aspecto que las vetas de la charnela del pliegue. Este hecho es ya observable en las vetas de las fotos 2 y 9. Estas deben haberse originado asociadas a zonas de mínima resistencia, y posiblemente cristalizaron originalmente en anhidrita. Cuando por el contrario la formación de las vetas ha sido causada claramente por la hidratación de la última fase del ciclo del yeso, aquellas presentan texturas fibrosas con disposiciones de estas fibras perpendicularmente al plano de la veta. Estas suelen ser blancas y poseen gran fuerza de cristalización, que les lleva a deformar las texturas encajantes. Cuando han sufrido finalmente procesos tectónicos las vetas se comportan plásticamente y sus fibras son curvadas y alargadas, llegando fácilmente a plegarse o a disponerse paralelas al plano de la capa, y alcanzan varias veces su longitud inicial. Estas vetas de yeso fibroso blanco crecen particularmente entre los niveles arcillosos, y en los planos de descompresión. Las fotos 70, 5, 11, 12, 71, 72 y 73 dan muestra de todo ello.

Otros tipos de veteados asociados bien a posibles fases diagenéticas iniciales (foto 40), bien a hidrataciones en agregados porfiroblásticos (foto 7 y 5) han sido ya citados.

YESOS SELENITAS

El término selenita es usado aquí en un sentido amplio para referirnos a los grandes cristales limpios y transparentes, en ocasiones con exfoliación muy bien definida, que se encuentran entre los yesos y las arcillas del Keuper de Levante. Aparecen con desarrollo considerable, orientación óptica definida y son de transparentes a translúcidos, incoloros o teñidos de diferentes coloraciones. Cristales de este tipo son muy frecuentes en la superficie, donde suelen encontrarse aislados; en las carniolas, rellenando huecos preexistentes; en zonas de fuerte recristalización, donde suelen presentarse incoloros y transparentes, etc. Las fotos 74 y 75 nos muestran un selenita en un poro de carniola. La foto 76 presenta otro ejemplar que incluye jacintos rojos. Hábitos de rosas del desierto han sido también observados en superficie, a partir de selenitas, en tamaños que en general no exceden los 3 cm.

LAMINA XIV

PETROLOGIA DEL YESO

- Foto 72 - Vetas de yeso blanco secundario fibroso implantadas sobre yeso oscuro laminado. Localmente esta recristalización ha borrado totalmente la textura y el color original del yeso. Escala en mms.
- Foto 73 - Lámina delgada de la foto anterior. Obsérvese las vetas fibrosas deformadas y recristalizadas, implantadas sobre una estructura de yeso alabastrino de hidratación tipo 1 (Holliday, 1970), consistente en granos diminutos pobremente definidos. N.C.X 8.
- Foto 74 - Cristal selenita relleno de una cavidad en dolomia cavernosa del techo de la Formación K₅. N.P.X 6.
- Foto 75 - Idem en N.C. Obsérvese que los pequeños poros de la roca, visibles en la foto anterior, no están ocupados por yeso.
- Foto 71 - Veta de yeso fibroso, ajustada en un plano de discontinuidad, tapizado por vetas de agregados porfiroblásticos oscuros radiales y zonados. Formación Yesos de Ayora.
- Foto 76 - Cristal de yeso selenita de la Formación K₄, conteniendo jacintos rojos. Las zonas oscuras corresponden a disolución parcial. N.C.X 5.

BIBLIOTECA DE GEOLOGIA
Universitat de Barcelona-CSIC

