

CARACTERISTICAS LITOESTRATIGRAFICAS DEL TRIASICO MEDIO Y SUPERIOR EN EL «BAIX EBRE» (TARRAGONA-ESPAÑA)

Por F. ORTI CABO * y A. BAYO **

RESUMEN

Dentro de una amplia campaña de sondeos mecánicos de reconocimiento con destino al Anteproyecto del Transvase Ebro-Pirineo Oriental (M. O. P., 1972), se ha seleccionado unos 500 m. de testigo continuo que cubren todo el Triásico medio y superior (zonas de Rasquera-Benifallet y de Vandellós, provincia de Tarragona). Se destaca las diferencias litológicas entre la zona de alteración superficial y las más profundas, tanto en los carbonatos como en las evaporitas. Se constata el marcado carácter evaporítico del Muschelkalk medio y del Keuper, así como la presencia frecuente de materiales volcánicos interestratificados. Se admite como secundario la totalidad del yeso, tanto de superficie, como de profundidad, y se discute las dificultades en aceptar un origen primario para la anhidrita. Finalmente, se propone un modelo general de hidratación de la anhidrita.

ABSTRACT

Among a wide number of boreholes belonging to «Anteproyecto del Transvase Ebro-Pirineo Oriental (M. O. P., 1972)», about 500 m. of lithologic sequence covering the whole Middle and Upper Triassic (Rasquera-Benifallet and Vandellós areas, Tarragona provinz) was selected for study. This paper emphasizes the petrologic differences in carbonate and evaporitic materials between the weathering zones and deeper ones. A marked evaporitic character in the «middle» Muschelkalk and Keuper deposits was observed, as well as the presence of frequent interlayered volcanic materials. It is accepted in this paper a secondary origin for the gypsum, either close to the surface or in deeper zones, and some difficulties in considering a primary origin for the anhydrite are discussed. Finally, a general hidration pattern for the anhydrite is proposed.

Agradecimientos

Los resultados aquí presentados, preliminares de una más amplia investigación en marcha, han sido posibles gracias al ofrecimiento desinteresado

(*) Departamento Petrología, Universidad de Barcelona.

(**) Servicio Geológico de Obras Públicas.

de todo el material de perforación por parte del Servicio Geológico de Obras Públicas en Barcelona. Nuestro agradecimiento va dirigido, en especial, a la persona de su Delegado, don José Antonio Fayas.

INTRODUCCION

El abundante material procedente de sondeos mecánicos efectuados con destino a la definición de posibles trazados del Anteproyecto Ebro-Pirineo Oriental, proporciona una valiosa información litológica de detalle del Triásico (Muschelkalk y Keuper) de unas zonas concretas del «Baix-Ebre».

Unos 4.000 metros de testigo continuo pertenecientes a un total de 30 perforaciones, permiten el estudio de las rocas en profundidad sin las alteraciones y transformaciones de superficie, que afectan particularmente a los sedimentos evaporíticos y algunos carbonatos.

En el presente trabajo, se ofrecen las conclusiones preliminares de la investigación estratigráfica y petrológica que de tales materiales se ha comenzado. Dada la fase muy inicial de los trabajos de laboratorio, desea advertirse que las técnicas de investigación aplicadas son aún restringidas, y que los resultados obtenidos deben considerarse provisionales. Por el contrario, se dispone de cartografías geológicas muy detalladas de la zona que nos ocupa, realizadas a escala 1:10.000 sobre restitución fotogramétrica.

RASGOS ESTRUCTURALES DE LA ZONA

Es importante el número de autores que han desarrollado estudios a nivel regional (ASHAUER y TEICHMÜLLER, 1935; LLOPIS, 1947; VIRGILI, 1958; CANICIO et al., 1974; ROBLES, 1975; entre otros). Sintetizando las diversas interpretaciones y avances en las mismas, se aceptan dos alineaciones estructurales NE-SW coincidentes más o menos con las cordilleras Litoral y Prelitoral Catalana, entre los ríos Tordera (Barcelona-Gerona) al N y Llastres (Tarragona) al S. A partir de aquí, lo que se denomina «arco Beceite-Tivissa-Montroig-Salou», que es un frente de corrimientos con sentido general de movimiento hacia el N y NW (dirección de los ejes y accidentes tectónicos de la cordillera Ibérica), bisela con importantes cabalgamientos de plano poco inclinado, asimilables a grandes pliegues recumbentes, las alineaciones estructurales NE-SW (Fig. 1). Destacan asimismo, los diferentes espesores sedimentarios en ambos dominios.

Los sectores a que se hace referencia en el presente artículo, se ubican precisamente en el sector denominado por LLOPIS (1947) Bloque del Cardó, cuyo frente septentrional forma parte del anteriormente mencionado arco de corrimientos.

LITOSTRATIGRAFIA

Resulta difícil, dada la compleja tectónica de los sectores que se van a considerar, encontrar cortes completos de todo el Triásico, debiéndose reconstruir la litoestratigrafía del mismo a base de cortes parciales.

Zona de Vandellós-Tivissa

Refiriéndose al flanco meridional, poco alterado por la tectónica, del gran pliegue recumbente en que se resuelve la zona de choque entre el bloque del Priorat (zona subtabular) y el Baix Ebre-Cardó (zona muy plegada), puede reconstruirse la serie estratigráfica completa del Triásico, que alcanza una potencia total de 550 m. (Buntsandstein 120 m., Muschelkalk inferior 120 m.; Muschelkalk medio 130 m., Muschelkalk superior 110 m. y Keuper 70 m.) aproximadamente. Se ha comprobado en ella la existencia de importantes laminaciones o acumulaciones en los niveles más plásticos.

Esta zona de Vandellós-Tivissa ofrece buenos afloramientos, y además los espesores de las diferentes formaciones han podido fijarse bien mediante sondeos. Se ha dispuesto, en dicha zona, de un total de 700 m. de testigo repartidos en 4 perforaciones, que abarcan la totalidad del Muschelkalk y del Keuper. De ellos destacamos el sondeo 6 Vandellós (Fig. 3) que atraviesa completamente el Muschelkalk medio, y el «sill» dolerítico que aflora bordeando la carretera de Hospitalet a Vandellós a lo largo de unos 4 kilómetros. Se inyecta en el contacto Muschelkalk inferior-Muschelkalk medio, y está comprobada su existencia en profundidad mediante sondeos, estableciéndose su potencia en 14 m. Por otro lado, se ha observado que el tránsito Muschelkalk inferior-Muschelkalk medio es brusco y brechificado. La disposición estructural de la zona queda reflejada en el perfil A de la figura 2.

Zona Rasquera-Benifallet

Esta zona sólo permite la visión completa de la parte alta del Triásico. Se trata de un complejo anticlinorio (perfiles B y C, Fig. 2): serie calcodolomítica del Muschelkalk superior en los anticlinales, y margas y evaporitas del Keuper más o menos pinzadas en los sinclinales.

Se dispone en esta zona de dos áreas principales de sondeos. En una de ellas, la que denominamos Embalse de Rasquera o del Plá dels Hons (perfil B, Fig. 2), se ha cortado unos 1.800 m. de testigo repartido entre 19 perforaciones. En la otra, que denominamos Planelles (perfil C, Fig. 2), se dispone de unos 1.000 m. repartidos en 5 perforaciones. Esta última zona corta Muschelkalk superior casi en su totalidad, mientras que en la primera el 55 por 100 de los testigos pertenecen al Muschelkalk superior y el 45 por 100 al Keuper.

Ninguno de los sondeos de esta zona atraviesa la totalidad del Muschelkalk superior, cuya columna estratigráfica sintetizamos no obstante, sin dificultad, de los cortes parciales ofrecidos por los diferentes sondeos. Otro tanto ocurre para el Keuper, aunque se dispone de perforaciones bastante completas del mismo (sondeo 2E, sondeo 7, sondeo 11). No obstante, en la carretera Rasquera-Balneario de Cardó afloran los niveles más altos, y su estudio permite conocer la integridad de la serie Keuper. Una síntesis litoestratigráfica de algunos de los sondeos del área Embalse de Rasquera se presenta en la figura 3.

En conjunto, los espesores detectados en esta zona son de casi 200 m. en el Muschelkalk superior y de 100-120 m. en el Keuper. Debe remarcarse el aumento de potencias con respecto a la zona de Vandellós, y asimismo la abundancia de manifestaciones ígneas en el Keuper a modo de coladas basálticas melafídicas, intrusiones doleríticas y pitones basálti-

cos (A. SAN MIGUEL ARRIBAS, 1950). Destacamos la presencia de una colada basáltica muy alterada y con material piroclástico localmente, de posición estratigráfica muy definida en la parte alta de la serie Keuper, y que puede seguirse entre Rasquera-Carretera Balneario de Cardó-Benifallet, a lo largo de unos 15 Km., así como al otro lado del Ebro.

Los datos suministrados por los sondeos difieren ligeramente de los ofrecidos por C. VIRGILI (1958) en su estudio de la zona Rasquera-Benifallet. Para el Keuper dicha autora da un espesor que oscila entre los 52-65 m. únicamente. Ello puede deberse a que en el afloramiento por ella estudiado (Carretera Rasquera-Benifallet, ladera Carmull-La Tosa, próxima al Camp de la Bassa), el Keuper está sensiblemente laminado. En el presente trabajo se ha considerado principalmente el afloramiento y los sondeos de la mancha Keuper que desde Rasquera se extiende hacia el SW y en la que está abierta la carretera del Cardó. Dicho afloramiento podría presentarse relativamente completo. En síntesis, puede distinguirse dos tramos bien definidos. El basal, y más potente, está integrado por capas de yeso-anhidrita con intercalaciones de arcillas gris-amarillentas y capas carniolares y limoníticas. El superior presenta una serie de aspecto rojizo, integrada por arcillas rojas y grises, algunas capas de caliza más o menos carniolares, limolitas rojas, y por intercalaciones volcánicas. En este tramo superior los horizontes yesíferos son escasos. En el mismo tránsito del Muschelkalk superior al Keuper, localmente se desarrollan niveles arcillosos versicolores con intercalaciones yesíferas (Fig. 3).

Respecto al Muschelkalk superior, en el trabajo anteriormente citado se admite un espesor que oscila entre los 90-106 metros, en oposición a los casi 200 metros que nosotros hemos registrado. Respecto al Muschelkalk medio se admite como tal en aquel trabajo algunos afloramientos cortados por la carretera entre Rasquera y Benifallet, que nosotros atribuimos al Keuper basándonos en criterios cartográficos y estructurales. Igualmente, la totalidad de las yeseras de esta zona estudiada estarían, en nuestra opinión, implantadas en los yesos del Keuper.

Las secuencias estratigráficas tipo para el Muschelkalk y el Keuper observables en las dos zonas precedentes aparecen sintetizadas en la figura 4.

CONTRASTES LITOLÓGICOS EN LOS CARBONATOS Y EVAPORITAS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD

CARBONATOS

Ciertas características peculiares de las rocas carbonatadas del Muschelkalk de los Catalánides (e igualmente de la cordillera Ibérica), como son el fino tablamiento interno de los estratos y la presencia abundante de burrowing, no son detectables a partir de cierta profundidad.

El tableamiento, ya sea con superficies planas u onduladas parece ser, pues, un simple fenómeno de descompresión superficial. Asimismo, las clásicas figuras de los fucoides que se desarrollan tanto en techo y base como en el interior de las capas no son detectables en profundidad. Este hecho sugiere que el mayor o menor resalte de las mismas está asociado a diferentes grados de meteorización superficial del carbonato.

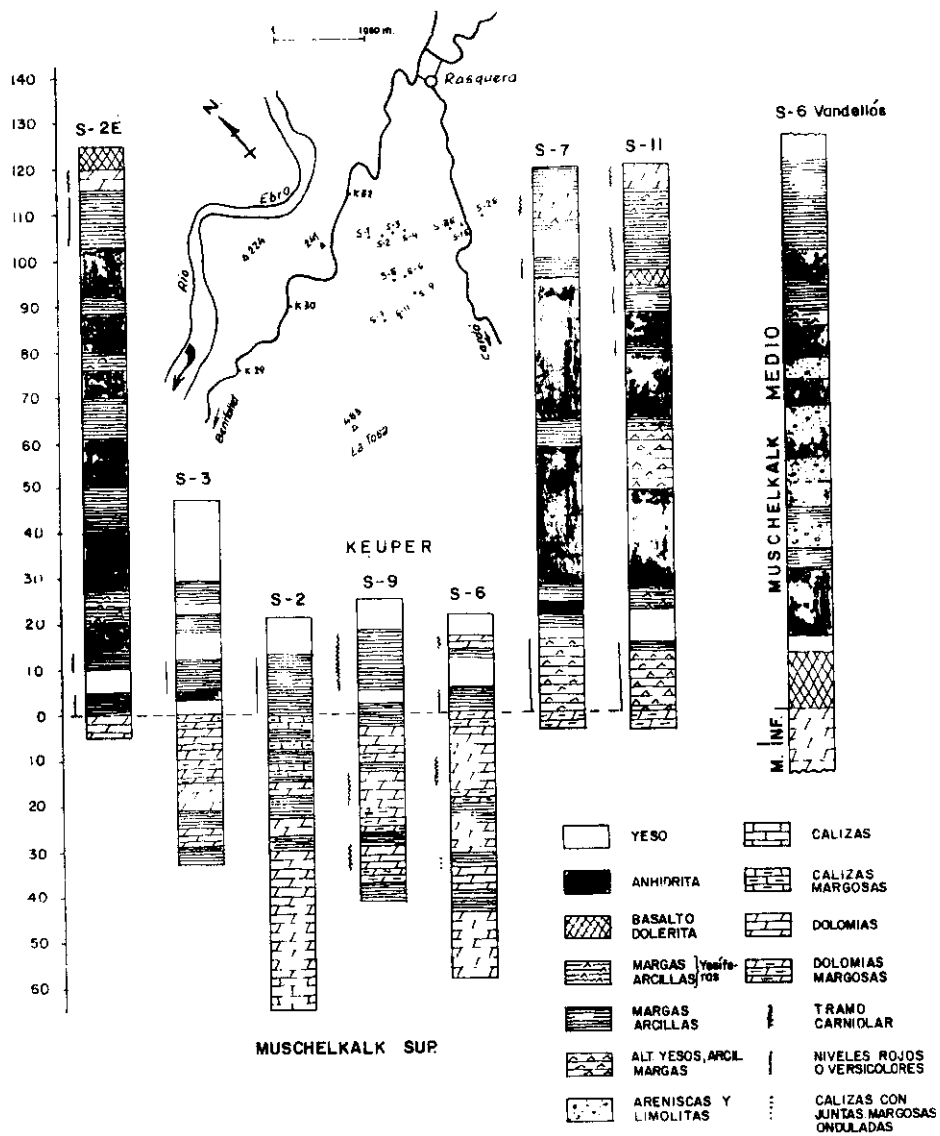


Fig. 3. Correlación estratigráfica de los sondeos Dels Hons

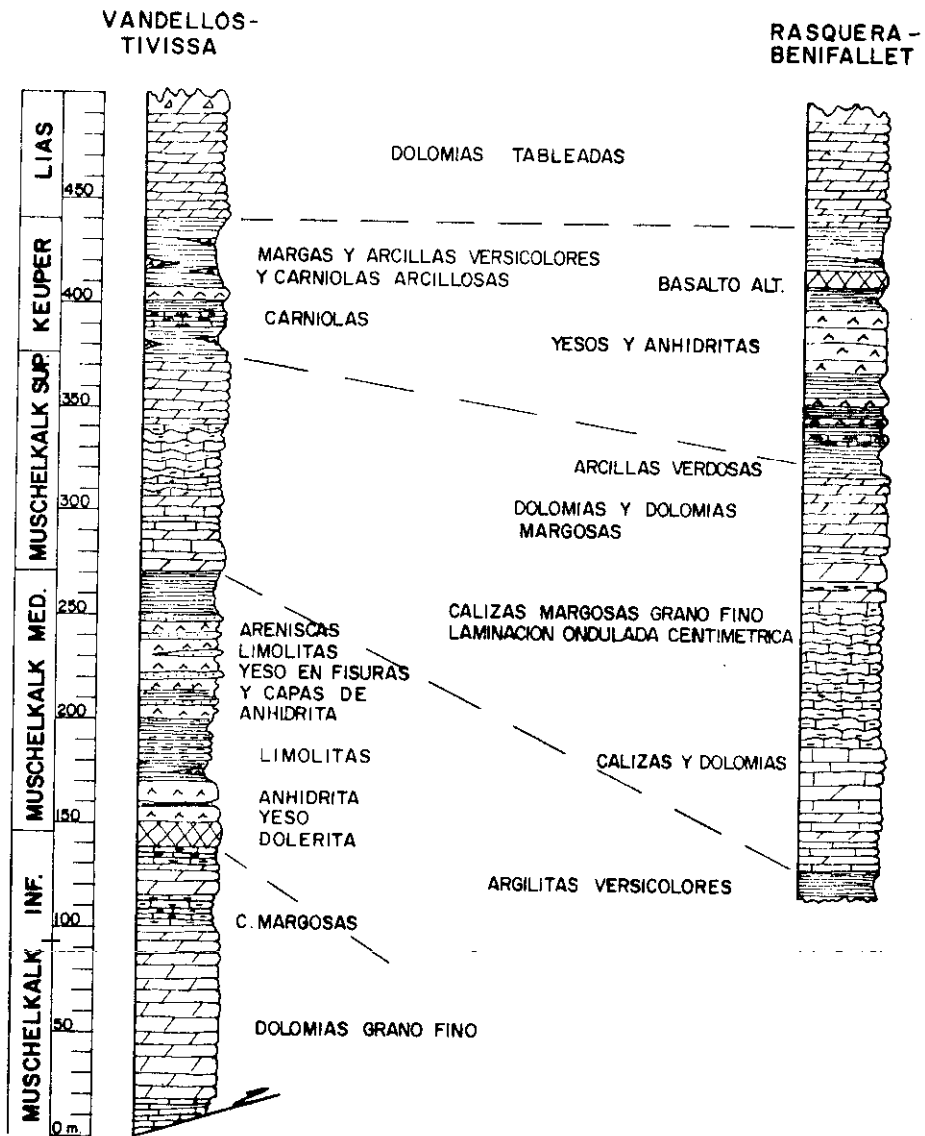


Fig. 4. *Secuencias litológicas tipo*

Por el contrario, la única estructura sedimentaria bien patente en profundidad en los tramos calcáreos son las juntas de estrato margosas onduladas (Fig. 9) con un espaciado de 2-6 centímetros, y que en su disposición ligeramente anastomosada individualizan cuerpos noduloso-lenticulares. A pie de sondeos estas juntas se mostraron muy oscuras y fétidas, sugiriendo ello la presencia de abundante materia orgánica. Tales juntas no han podido ser identificadas en los materiales aflorantes, pero suponemos que deben ser la causa del aspecto noduloso o tableado-noduloso de algunos niveles. La formación de las mismas debió estar relacionada con fenómenos tempranos de compactación.

EVAPORITAS

Desde el punto de vista sedimentológico y petrogenético, los sondeos que nos ocupan tienen interés por el contraste que evidencian entre los sulfatos de superficie y de profundidad, al mismo tiempo que plantean cuestiones de difícil solución. Se ha registrado la ya clásica dualidad anhídrita-yeso, y no se ha cortado ningún nivel de cloruros, aunque está comprobada por sondeo su existencia en el Keuper del Valle de La Galera, al otro lado del río Ebro. Del material evaporítico de perforación se ha preparado 48 láminas delgadas para su estudio petrográfico, el cual se ha comparado con el de un total de 25 láminas delgadas procedentes de una cantera de Muschelkalk medio en Pont d'Armentera (provincia de Tarragona), que muestra tanto yeso como anhídrita, así como con el estudio de una más amplia colección petrográfica de los yesos triásicos del Levante español (ORTI CABO, 1974).

Macroestructuras (estructuras sedimentarias, diagenéticas y de deformación tectónica)

La estructura dominante del depósito evaporítico triásico que nos ocupa es la laminación alternante sulfato-carbonato, que ocurre a escala milimétrica, sólo ocasionalmente centimétrica. Tal laminación, al igual que el resto de macroestructuras que se describen, es totalmente independiente de la mineralogía (yeso o anhídrita) de las láminas de sulfato. Es algo más fina para el Muschelkalk medio que para el Keuper. Un detalle de la misma lo muestra la figura 5 (sondeo 6 Vandellós, a 147,9 m. de profundidad), en donde los tonos claros corresponden a anhídrita, y los oscuros a carbonato. En general, los límites de la laminación no son perfectamente paralelos, sino algo ondulados, e incluso irregulares, pudiendo realizarse tránsitos a formas nodulosas. En las láminas, no obstante, no se observan estructuras indicativas de transporte mecánico. Ocasionalmente se intercalan láminas oscuras muy delgadas que creemos ricas en materia orgánica, así como horizontes de carbonato arcilloso y de arcilla. Los niveles de carbonato algo potentes (orden de decímetros) son relativamente escasos. Por el contrario, con frecuencia las láminas de sulfato se engrosan, llegando a formar capas que superan el metro de espesor. Sólo en raras excepciones parece reconocerse en las láminas morfologías de posible control orgánico.

Las principales estructuras diagenéticas significativas observadas son de tipo nodular. Estas se presentan en forma de capas nodulares con abundan-

te matriz arcillosa, cuyos espesores oscilan entre pocos centímetros y algo menos que un metro, que se intercalan ocasionalmente entre las capas laminadas. Los nódulos suelen mostrar aplastamiento debido muy probablemente a la tectónica. Observadas en detalle, no obstante, algunas láminas parecen formadas por pequeños nódulos intensamente aplanados. Tales desarrollos nodulares los interpretamos como de diagénesis muy temprana, en posición de emersión de la cuenca, que facilite los procesos diagénéticos de la zona vadosa. No ha llegado a apreciarse desarrollos típicamente enterolíticos (contorsionados o ptigmáticos) en las capas nodulares de sulfato.

Un grupo interesante de estructuras diagenéticas tardías son las producidas en la hidratación de la anhidrita. El modelo mejor desarrollado es el de hidratación por venas, las cuales aislan bloques de la roca anhidrítica ofreciendo al conjunto un aspecto caótico. Sin embargo, tal efecto es sólo aparente, y no hay desplazamientos relativos de cada bloque. Ocasionalmente, la yesificación pone más de manifiesto la estructura laminada original de la roca, como muestra la figura 10 (sondeo 2E, a 108 m. de profundidad). En ella, el borde claro de los bloques de anhidrita indica el frente de yesificación, y en las venas intermedias de yeso, cuyo grano es extremadamente fino, la roca recupera su estructura laminada original. El modelo de hidratación por venas puede inicialmente responder a la presencia de zonas de debilidad en la roca anhidrítica.

Las estructuras de deformación mecánica afectan intensamente a gran parte de las capas evaporíticas y consisten en la producción de diferentes tipos de pliegues y de brechas tectónicas. La figura 11 (sondeo 2E, a 95,2 metros de profundidad) muestra pliegues cilíndricos asimétricos y disarmónicos, en los que las bandas de carbonato, menos plásticas (tonos claros) controlan la deformación. En las láminas más finas adyacentes se generan micropliegues. La figura 6 (sondeo 2E a 54,2 m. de profundidad) muestra micropliegues con ligera tendencia similar, disarmónicos, y algunas estructuras de acomodación a pequeña escala en la anhidrita (tonos claros). La figura 7 (sondeo 7, a 89,9 m. de profundidad) muestra deformaciones en las láminas de anhidrita (tonos claros), las cuales pudieron ser originalmente de tendencia nodular. La figura 8 (sondeo 6 Vandellós, a 148,3 metros de profundidad) muestra un ejemplo de brecha en la laminación carbonato-anhidrita.

Entre las estructuras propiamente nodulares y las de indudable control tectónico, las laminaciones sulfato-carbonato muestran toda una gama de tránsitos, en cuya génesis podría haber intervenido alguno de los siguientes factores: compactación diferencial, solución, conversión yeso a anhidrita, etcétera.

Microestructuras

Bajo tal denominación vamos a referirnos en este apartado indistintamente a las texturas o fábricas cristalinas de las anhidritas y los carbonatos.

En las láminas de anhidrita, la microestructura dominante la podemos describir como un denso mosaico relativamente equigranular de cristales con secciones desde rectangulares a cuadradas y cuyos contactos aparecen ligeramente interpenetrados (Fig. 12, sondeo 7, a 90,6 m. de profundidad). Los tamaños promedios de grano suelen estar próximos a las 15-20 mi-

cras y a las 40 micras. En algunos casos esta microestructura se muestra semejante a la «pile of brick», caracterizada por una disposición apretada de cristales ligeramente rectangulares de anhidrita. En ocasiones, sin embargo, se desarrolla una tendencia a microestructuras porfiroblásticas debido a la presencia de cristales de mayor tamaño (90-120 micras), ya sean aislados o bien en forma de agregados radiales. En tales casos, el tamaño promedio de la matriz anhidrítica suele ser igual o superior a las 40 micras. En láminas afectadas por intensa deformación tectónica la anhidrita muestra una orientación dimensional preferente alineada según los planos axiales de los pliegues, indicadora de una esquistosidad incipiente. En ciertas láminas de anhidrita parece apreciarse un tamaño de grano progresivamente mayor hacia el centro de la lámina.

Las láminas de carbonato están formadas por cristales anhedrales y equigranulares con tamaño promedio de 2-5 micras. No se ha observado hábitos romboédricos en este carbonato microcristalino. Estas láminas micríticas raramente son puras, sino que en general presentan siempre un cierto porcentaje de cristales de anhidrita que puede superar el 50 %, e incluso hacer una gradación total hacia lámina de sulfato (Fig. 16, sondeo 7, a 70,6 metros de profundidad; tono claro lámina de anhidrita, oscuro lámina de carbonato). Ocasionalmente algunas láminas intercalan arcilla, o cuarzos detríticos de tamaño limo.

La anhidrita presente en las láminas de carbonato, o bien en aquellas láminas más ricas en arcilla o materia orgánica, suelen mostrar microestructuras diferentes de las ya descritas en las propias láminas de anhidrita. El hábito es predominantemente prismático rectangular y la fábrica cristalina puede variar desde disposiciones abiertas y totalmente al azar con los cristales entrecruzados y más o menos separados por la micrita, hasta ocasionales disposiciones paralelas a la estratificación, pasando, a su vez, por frecuentes disposiciones subparalelas a ésta. El tipo primero, que denominamos fábrica no orientada, se muestra en la figura 16 (sondeo 7, a 70,6 metros de profundidad), y parece ser una microestructura de reemplazamiento de la anhidrita sobre la micrita. De hecho, es corriente encontrar tales fenómenos con toda claridad (Fig. 18, sondeo 7, a 89,9 m. de profundidad). El tipo de fábrica subparalela viene representado por la figura 14 (sondeo 7, a 124 m. de profundidad), donde puede observarse tal disposición aparente de los cristales, y se intuye un efecto de deformación y rotura mecánica de unos cristales por otros. Esta microestructura es similar a la textura elongada «aligned-felted» de Maiklem et al. (1969). Para la interpretación de la misma podría considerarse dos posibilidades:

- 1) Fábrica de reemplazamiento, quizá modificada por la tectónica, al igual que el tipo primero.
- 2) Fábrica primaria, quizá modificada por compactación o por la tectónica.

El segundo caso implicaría un origen sedimentario (o diagenético muy temprano) de la anhidrita, lo cual estaría relacionado con la interpretación que damos a los niveles nodulares.

Sin embargo, un aspecto de gran interés, es la presencia de pseudomorfos de anhidrita según yeso en algunas láminas micríticas. Consiste en formas lenticulares, prismáticas monoclinicas o hexagonales, con orientación subparalela a las láminas, que están actualmente ocupadas por un mosaico

de anhidrita. Este hecho indica que hubo cristalización de yeso previamente a la anhidrita, pudiendo ser ésta secundaria y aquél primario. La anhidritización del yeso en tales láminas ocurriría al rebasarse la barrera termodinámica de estabilidad del yeso con la subsidencia. Sin embargo, anhidritizaciones mucho más tempranas en la diagénesis pueden estar representadas, como hemos dicho anteriormente, por las formas nodulares.

En rigor, el hallazgo de pseudomorfos en determinadas láminas no puede implicar que toda la anhidrita triásica sea de reemplazamiento, y la posibilidad de que parte de la misma sea primaria queda abierta. Para intentar resolver este problema habría que profundizar en el conocimiento de las fábricas cristalinas que aquí hemos descrito como subparalelas. De hecho, SHEARMAN-FULLER (1969) han descrito fábricas primarias en la anhidrita nodular actual del Golfo Pérsico, y en algún caso de depósitos antiguos con preservación excepcional de la fábrica cristalina primaria, caracterizadas por ser no orientadas, abiertas y altamente porosas. Estas fábricas, sin embargo, dan lugar con la compactación de subsidencia a otras más densas y con sus cristales en disposición paralela y subparalela a la estratificación.

Este no parece ser el caso que nos ocupa, ya que hemos constatado toda una gradación completa en la orientación de las fábricas, existiendo pocas dudas, además, de que algunos de sus términos son de reemplazamiento.

En consecuencia, aunque sin pruebas totalmente concluyentes y en la fase actual de esta investigación, nos inclinamos a pensar que la anhidrita triásica puede ser más un producto secundario que primario. Un punto de vista opuesto fue seguido por VIRGILI (1958). Esta autora concibió, por otro lado, estos depósitos evaporíticos no como marginales, sino de centro de cuenca. Nosotros coincidimos con esta opinión, en el sentido de que la presencia de importantes espesores de sulfatos con estructuras laminadas dominantes, poco distorsionadas por agentes del propio medio sedimentario, indica la presencia de un cuerpo de agua suficientemente estable. Esta cuenca debió experimentar ocasionales episodios de emersión con formación de horizontes de sulfatos nodulares. Por otro lado, la ausencia de fauna en estos materiales evaporíticos no permite el proponer una profundidad más concreta para la cuenca sedimentaria. La estructura laminada podría ser de origen estacional.

Yeso secundario y esquema regional de hidratación

La totalidad del yeso estudiado es secundario, es decir, procede de la hidratación de la anhidrita precursora. En los testigos de sondeo próximos a la superficie domina el tipo alabastrino, integrado por estos componentes petrográficos (según nomenclatura de ORTI CABO, 1976): agregado microcristalino (matriz), cristales netamente destacables sobre el anterior por su mayor tamaño y que van desde subhedrales a euhedrales, y venas de extinción óptica irregular. En las muestras de profundidad se presentan porfiroblastos muy ricos en inclusiones de anhidrita, en ocasiones dispuestas zonadamente, inmersos en un tipo alabastrino algo diferente del de superficie, formado por componentes cristalinos de pobre definición debido a su extinción no uniforme. Frecuentemente se observan tránsitos graduales entre éstos y los porfiroblastos (Fig. 17, sondeo 7, a 124 m. de profundidad). En los afloramientos es frecuente observar los porfiroblastos y venas porfiroblásticas en las láminas de yeso.

También están presentes en todo el depósito evaporítico venas de yeso fibroso blanco, de relleno de grietas. Estas se sitúan preferentemente en los niveles más arcillosos que alternan con las capas de yeso, y consideramos que pueden representar el exceso de sulfato cálcico producido en la hidratación isovolumétrica de la anhidrita en yeso.

En la cantera de Pont d'Armentera, donde la hidratación ha debido ocurrir ya muy cercana a la superficie debido a la conservación parcial de la anhidrita, el yeso es del tipo alabastrino, constituido por agregado microcristalino y componentes cristalinos de extinción no uniforme.

Las anteriores observaciones petrográficas concuerdan con la conclusión obtenida del estudio de los sondeos, según la cual existen tanto para el Keuper como para el Muschelkalk medio dos horizontes de yesificación, uno superior y otro inferior, separados por una intercalación anhidrítica más o menos amplia. En el caso del Keuper, el horizonte profundo puede ser debido a hidratación por el acuífero confinado del Muchelkalk superior, y su traza podría ser más o menos paralela al contacto Keuper-Muschelkalk superior. El horizonte superior de hidratación debe su causa, más posiblemente, a las aguas meteóricas de infiltración, facilitadas sin duda por los niveles carnolares y brechoides de la base del Lías. El límite en profundidad de este horizonte superior es de unos 30 m. en algunos sondeos, y podría ser fundamentalmente paralelo a la topografía. El caso del Muschelkalk medio parece similar, a la luz del sondeo 6 Vandellós. Existe también un delgado horizonte profundo de hidratación desarrollado entre los 154-157 m. A su vez, el horizonte del techo parece mucho más restringido, dominando la anhidrita en el conjunto. Quizá por esta razón puede encontrarse aún anhidrita en superficie, lo cual no ocurre en el caso del Keuper.

En la figura 19 se da una idea esquemática del reparto litoestratigráfico encontrado para el conjunto anhidrita-yeso en función de la profundidad

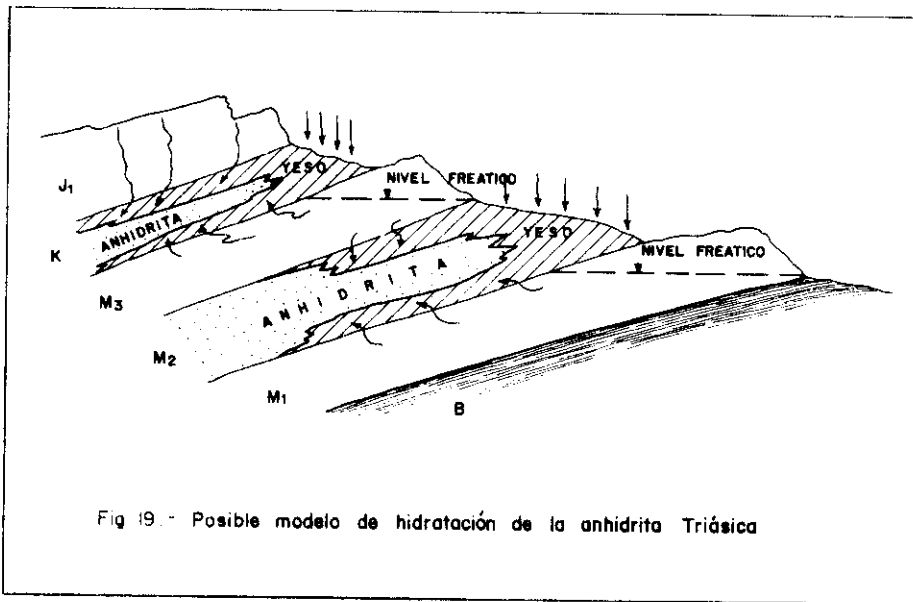


Fig 19. - Posible modelo de hidratación de la anhidrita Triásica

y la proximidad a la superficie topográfica. Es de suponer que alejándose de ésta las cuñas de yeso desaparezcan rápidamente debido al carácter de acuífero pobre, tanto del Muschelkalk superior como del inferior. Únicamente, quizá, la cuña del techo del Keuper profundice algo más debido a la mayor permeabilidad mantenida por las brechas de la base del Lías. ¿Puede ser extendido este modelo deducido en la zona que nos ocupa, a otras regiones Triásicas de los Catalánides o cordillera Ibérica con semejante litoestratigrafía y similares estructuras tectónicas? La comprobación requeriría sin duda, observaciones en este sentido.

Un último aspecto de interés es que en ningún momento se ha detectado ni al microscopio ni en el campo signos de hinchamiento de la anhidrita al hidratarse a yeso. Tal proceso petrológico parece operar por reemplazamiento sin variación de volumen total en la roca. En consecuencia, puede pensarse que de cara a problemas relacionados con las obras públicas, la anhidrita podría más bien experimentar reducción de volumen debido a su posibilidad de lenta disolución, que expansiones. Hidratación de la anhidrita triásica, sin ningún efecto expansivo aparente, está ocurriendo en la actualidad en algunas canteras del Muschelkalk medio del área que nos ocupa, y el mismo hecho ha sido observado por los autores en otras anhidritas de superficie de diferentes edades geológicas.

CONCLUSIONES

1.º El Triásico en Vandellós-Tivissa tiene un espesor total de 550 m. Ciertas formaciones del mismo, en especial del Muschelkalk superior, aumentan su espesor en dirección SW (zona Rasquera-Benifallet).

2.ª Además de otras manifestaciones volcánicas más puntuales, horizontes basálticos y doleríticos continuos y extensos se intercalan entre los materiales plásticos del Triásico de la zona de estudio, en posiciones estratigráficas bien determinadas.

3.ª En profundidad la litofacies carbonatada no dolomítica del Muschelkalk superior en la zona de estudio se caracteriza por carbonato microcristalino con juntas de estrato onduladas margosas, espaciadas de 2-6 centímetros, ricas en materia orgánica. El fino tableamiento y el burrowing (fucoides), típicos de estos materiales, sólo se observa en superficie. En el primero parece intervenir decisivamente la descompresión, mientras que el segundo es puesto de manifiesto por la alteración superficial.

4.ª A título provisional, del estudio petrográfico de las evaporitas, parece seguirse estos resultados:

a) La fina laminación sulfato-carbonato es la característica dominante de las evaporitas triásicas, la cual es independiente de la mineralogía (yeso-anhidrita) del sulfato. Esta característica es común a las evaporitas triásicas de otras partes de España.

b) La totalidad del yeso presente es secundario, procedente de la hidratación de anhidrita. Algunos hallazgos de pseudomorfos de anhidrita según yeso, indican que el yeso pudo ser un producto sedimentario. La hidratación de la anhidrita a yeso ocurre sin aumento de volumen, y según el esquema regional de la figura 19.

c) Las microestructuras presentes en la anhidrita triásica laminada no permiten aceptar inequívocamente un origen primario para la misma, como

fue anteriormente propuesto. Por el contrario, consideramos más probable que la anhidrita sea, al menos en parte, un producto secundario procedente de yeso precursor, aparecida con la subsidencia profunda.

BIBLIOGRAFIA

- ASHAUER, D. y TIECHMÜLLER, R. (1935): «Die variscische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens» *Beitr. z. Geol. West. Mediterraengebiete*, 17. Abh. Ges. Wiss. Traducción: Public. EXT. Geol. España. C. S. I. C., t. III, págs. 1-93. Madrid, 1946.
- CANICIO, A.; BAYÓ, A. y GOMÁ, J. L. (1974): «Contribución al conocimiento de la estructura geológica de la zona comprendida entre el río Ebro y la depresión de Reus (provincia de Tarragona)» *Serv. Geol. Obras Públicas*, Barcelona.
- LLOPIS LLADÓ, N. (1947): «Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los Catalánides». Public. del Inst. Lucas Mallada de Inv. Geol. del C. S. I. C., pág. 372. Barcelona.
- MAIKLEM, W. R.; BEBOUT, D. G. y GLAISTER, R. P. (1969): «Classification of anhydrite. A practical approach». *Bull. of Canadian Petroleum Geology*, vol. 17, núm. 2, págs. 194-233.
- ORTI CABO, F. (1974): «El Keuper del Levante Español». *Estudios Geológicos*, vol. 30, páginas 7-46.
- ORTI CABO, F. (1976): «An approach to the petrographical study of secondary gypsum microstructures, and their origin». D. I. C. Thesis Imperial College, University of London, June 1976, págs. 1-140.
- ROBLES OROZCO, S. (1975): «Síntesis de la evolución estratigráfica y tectónica de los materiales secundarios del bloque del Cardó y sectores adyacentes (provincia de Tarragona)» *Acta Geológica Hispánica*, t. X, núm. 2, págs. 59-66.
- SAN MIGUEL ARRIBAS, A. (1950): «Estudios del la región volcánica del bajo Ebro». Premio Juan de la Cierva, 1947. Publicaciones del C. S. I. C. Lucas Mallada, pág. 224. Madrid.
- SHEARMAN, D. J. y FULLER, J. C. (1969): «Anhydrite diagenesis, calcitización, and organic laminites, Winnipegosis Formation, Middle Denovian, Saskatchewan». *Bull. of Canadian Petroleum Geology*, vol. 17, núm. 4, págs. 496-525.
- VIRGILI, C. (1958): «El Triásico de los Catalánides». *Bol. I.G.M.E.*, t. LXIX, págs. 856. Madrid.

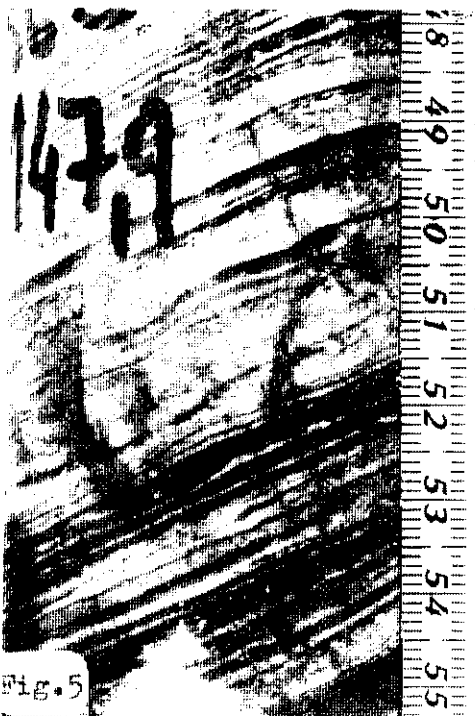


Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

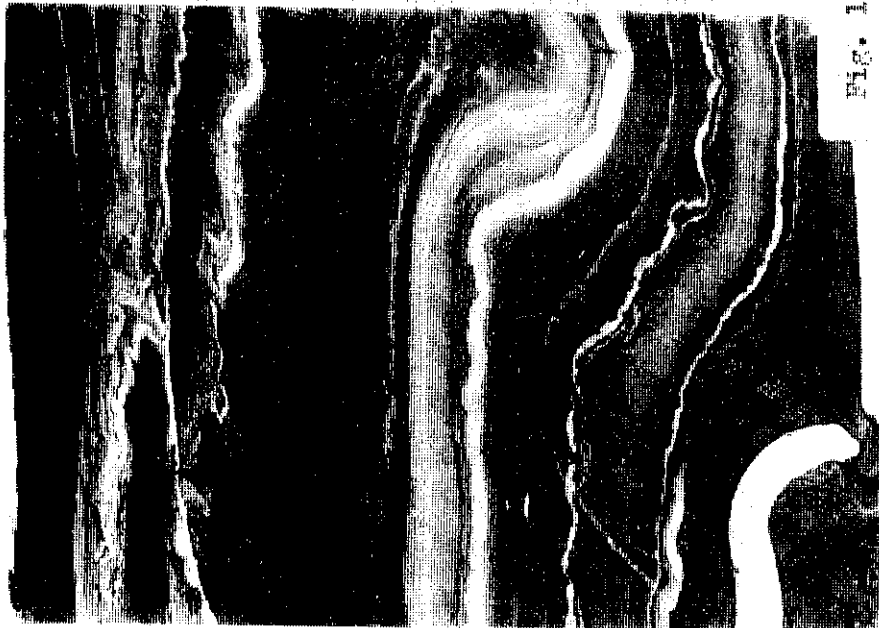


FIG. 11



FIG. 10

