

HIPOTESIS Y PROBLEMAS ACERCA DEL ORIGEN
DE LAS ASOCIACIONES DE MINERALES PESADOS
DEL SENONIENSE DEL PIRINEO CATALAN

POR

ALICIA MASRIERA * y JUAN ULLASTRE

RESUMEN

Tras una exposición sucinta de los horizontes mineralógicos establecidos en la serie Santoniense-Rognaciense del Pirineo catalán entre el Empordà y el río Cinca se discute el origen de los cortejos minerales. Es motivo de especial discusión el origen de las asociaciones con granate-estaurolita-distena, el cual ha suscitado varias posibilidades que, a través de una puntual argumentación, son sucesivamente eliminadas para concluir con la hipótesis de un origen oriental sin mayor precisión por el momento. Las asociaciones con andalucita o con baritina parecen ofrecer menos problemas de origen por cuanto en numerosos puntos de la Cataluña oriental y meridional puede situarse el área fuente.

RÉSUMÉ

Après l'exposition succincte des horizons minéralogiques que nous avons établi dans la série Santonien-Rognacien des Pyrénées catalanes entre l'Empordà et le Cinca on discute l'origine des cortèges minéralogiques. C'est un motif de spécial discussion l'origine des associations avec grenat-staurotide-disthène, qui suscite plusieurs possibilités, lesquelles par moyen d'une ponctuelle argumentation sont successivement éliminées pour conclure avec l'hypothèse d'une origine orientale sans préciser plus par le moment. L'origine des associations

* Museo Municipal de Geología, Barcelona.

avec de l'andalousite ou de la barytine semble a notre avis offrir moins de problèmes, car en nombreux points de la Catalogne orientale et méridionale on peut situer l'aire de provenance de ces deux minéraux.

INTRODUCCION

En una nota anterior (MASRIERA et ULLASTRE, 1981) dimos cuenta de las fundamentales asociaciones de minerales pesados que caracterizan el Senoniense superior del Pirineo catalán. Recientes investigaciones nos han llevado a saber que algunas de las asociaciones referidas en la citada nota continúan hallándose con claridad hasta cerca del río Cinca, a la par que un análisis preliminar hecho en las Sierras marginales aragonesas al O del Cinca no permite asegurar su continuidad.

Fruto también de nuestros más recientes trabajos ha sido el hallazgo en otros niveles del Senoniense de las Sierras marginales leiridanas de nuevos indicadores mineralógicos que vienen a completar el cuadro que allí expusimos; cuadro que, como veremos, sugiere pensar sea debido a la alternativa denudación durante el Senoniense de dos zonas distintas. Una zona, temporalmente emergida en el Santoniense superior-Campaniense superior y luego al final del Cretácico (Rognaciense) aportó primero materiales básicamente de origen triásico y luego, en dos etapas, minerales de metamorfismo de contacto (Campaniense superior y Rognaciense) por un lado y graníticos por el otro (Rognaciense). La otra zona, posiblemente mucho más alejada de la cuenca debió ser un zócalo en el que, durante gran parte del Maestrichtiense, la erosión denudó materiales con un metamorfismo de tipo general. Concretar la ubicación de estas zonas, especialmente de aquella que aportó los minerales propios del metamorfismo general, es cuestión harto dificultosa que suscita diferentes hipótesis de las cuales trataremos a continuación no sin antes haber expuesto de modo sucinto el cuadro de las asociaciones minerales, con indicación en cada caso de su distribución estratigráfica y regional aproximadas.

CUADRO MINERALOGICO

El corte de la serie Santoniense-Rognaciense del Pirineo catalán (entre el Empordà y el río Cinca), que contiene la práctica totalidad de los horizontes mineralógicos que por el momento hemos establecido en estos materiales, se sitúa al Oeste del río Segre entre la sierra del Montsec al N (Vilanova de Meià) y la de Cubells-Rubió al S (Fig. 1).

Los niveles 1 y 2 de la figura 1 los encontramos sólo representados en el Montsec, concretamente en la zona de Vilanova de Meià. El nivel 1 por sus minerales pesados es banal, mas es interesante hacer notar que GARRIDO y RIOS (1972) señalaron en él la presencia de *litoclastos de Jurásico*. El nivel 2 sólo contiene minerales pesados ubicuos, siendo destacable, sin embargo, su riqueza en *cuarzos bipiramidados* muy probablemente de origen triásico (1). El nivel 3, asimismo poco característico por sus minerales pesados, es típico por sus *gravas y arenas de cuarzo* tipo «facies de Adraent», hallándose bien representado tanto al E del Segre (en los afloramientos occidentales de la zona del Pedraforca) como en la mayor parte de las Sierras marginales entre el Segre y el Cinca. Tanto el nivel 4 (margas santonienses) como el de calizas 5 son pobres en minerales pesados. Especial importancia adquiere no obstante el nivel 6, formado por unos pocos metros de areniscas y calizas arenosas en las que hemos detectado la presencia de *corindón azul* (2), mineral que por no hallarse en ningún otro nivel de la serie hemos creído poder utilizarlo como elemento de correlación (3). Inmediatamente por encima, en algunas localidades de las Sierras marginales al O del Segre (4), una capa de caliza arenosa de apenas dos metros (*nivel 7*) contiene *granate*

(1) Según el especialista André PRONE (Universidad de Marsella), que ha tenido la amabilidad de examinar estos cuarzos, podemos decir que su talla más frecuente está entre 3 y 7 mm y que en la fracción comprendida entre 1 mm y 0,25 mm los cuarzos bipiramidados se hallan en una proporción de 1/1.000 aproximadamente. Sus observaciones endoscópicas permiten decir: que son cuarzos sedimentarios prismáticos; que las numerosas inclusiones de anhídrita (a veces disuelta), así como los raros (mas, sin embargo, presentes) depósitos salinos muestran que se trata de cuarzos de medio evaporítico; y que esos cuarzos son frecuentes en el Triás, particularmente en el Keuper. Sus observaciones en microscopía electrónica, finalmente, parecen indicar un ligero «remaniement».

(2) Agradecemos el dictamen de Mme. Josette TOURENQ (Universidad P. et M. Curie, París), mediante la *microsonda electrónica* unida a un microscopio electrónico de barrido, que ha corroborado nuestra determinación.

(3) Las areniscas con *coridón azul* (nivel 6 de la Fig. 1) en el Montsec constituyen una débil intercalación dentro del potentísimo paquete de calizas consideradas campano-maestrichtienses, mientras que, en las sierras de Boada, Sant Jordi, Montroig y Os de Balaguer, dichas areniscas descansan prácticamente sobre los niveles detríticos blandos juzgados santonienses. De ser ciertas las edades atribuidas a unos y otros materiales, así como nuestra supuesta correlación, en las referidas sierras al sur del Montsec existiría un importante bisel estratigráfico que afectaría a una parte del Campaniense; por lo tanto, al sur del Montsec los primeros niveles postsantonienses serían tanto más recientes cuanto más al Sur. POCOVI (1978) y CALZADA y POCOVI (1980), a través de sus estudios bioestratigráficos, llegan a una conclusión semejante.

(4) Sierra de Boada, al S de la Font de la Forradella; La Sisquella, flanco S del sinclinal de Os de Balaguer; Font de Gaspaga, escama de Senoniense-Eoceno sobre Triás con ofitas al NE de Ivars de Noguera.

CUBELLS-RUBIÓ

BOADA
(*Plàs de Balaguer*)

MONTSEC
(*Vilanova de Meià*)

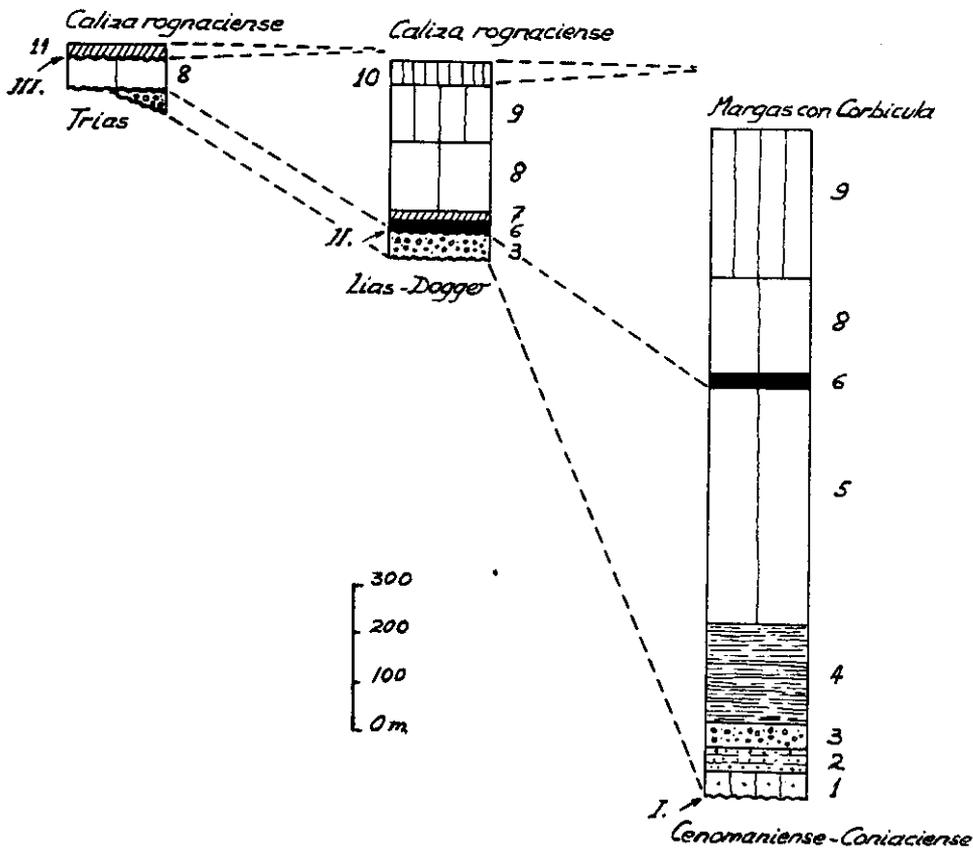


FIG. 1.—Ensayo de correlación litoestratigráfica basada en los horizontes de minerales pesados hallados en el Senoniense de las Sierras marginales leridanas al oeste del Segre.

1) Caliza arenosa con litoclastos de Jurásico (GARRIDO y RIOS, 1972, p. 24).—
 2) Margas arenosas y areniscas ferruginosas con abundancia de cuarzos bipiramidados.—3) Gravas y arenas de cuarzo, en general poco cementadas, tipo «facies de Adraent», con dominio de minerales resistentes.—4) Margas santonienses.—5) Calizas pobres en minerales pesados; localmente contienen minerales ubicuos y granate.—6) Areniscas y calizas arenosas con minerales ubicuos-granate-(corindón azul).—7) Caliza arenosa con minerales ubicuos-granate-(andalucita).—8) Calizas más o menos arenosas con minerales ubicuos y granate.—9) Calizas arenosas y areniscas con granate-estaurolita-(distena).—10) Areniscas rognacienses con granate-(distena)-(estaurolita).—11) Areniscas rognacienses con turmalina-granate-(andalucita).

I) Discordancia intrasantonense; su equivalente septentrional estaría en las «brechas de Campo» y en la discordancia erosiva de las sierras de Aulet y de Sant Gervàs (GARRIDO y RIOS, 1972).—II) Discordancia intracampanense; su

y *andalucita* junto a minerales ubicuos. El nivel 8 son calizas más o menos arenosas con *minerales ubicuos* y *granate*; se encuentra tanto al O del Segre como en la zona del Pedraforca; a él pertenecen las calizas senonienses del S del Port del Comte y del N del Cadí. En el nivel 9 las calizas pasan a ser, en general, francamente arenosas, llegando a constituir las «areniscas de Areny»; su asociación típica es *granate-estaurolita-(distena)* con unos porcentajes promedio del 20 por 100, 13 por 100 y 1 por 100, respectivamente (5); se halla al O del Segre y en la zona del Pedraforca.

Por encima del nivel 9 se encuentran los materiales continentales del Maestrichtiense superior (Rognaciense). Los horizontes establecidos en el seno de las areniscas inferiores a la barra de caliza rognac (6) (MASRIERA et ULLASTRE, 1981) quedan bien especificados en la figura 2 (7). El horizonte 1 (Fig. 2) (= nivel 10 de la Fig. 1), caracterizado por la asociación *granate* (48 por 100)-(*distena*) (1,3 por 100)-(*estaurolita*) (2 por 100) lo encontramos invariablemente presente en las Sierras marginales a lo largo de 130 km desde el extremo oriental de la zona del Pedraforca hasta las proximidades del río Cinca. Debe señalarse que entre Os de Balaguer y Purroi de la Solana, esta asociación contiene además un 1 por 100 de *andalucita*,

(5) La turmalina ocupa un 30 por 100; circón, rutilo, anatasa, brookita, etc., constituyen el resto de minerales pesados transparentes, a cuyo total referiremos siempre los porcentajes.

(6) La edad Rognaciense de las areniscas (= Maestrichtiense superior continental) ha sido confirmada gracias al hallazgo en varias localidades de restos de vertebrados que, según la amable determinación del Prof. Philip TAQUET (Museum National d'Hist. Nat., París), pertenecen a Dinosaurios, todos indeterminables específicamente, a excepción de una magnífica extremidad distal de un fémur derecho de *Rhabdodon priscum*, MATHERON, 1869, hallada en Peguera (zona del Pedraforca). Debemos citar también el descubrimiento en estas mismas areniscas de huellas de pisadas de reptil, dadas a conocer recientemente por LLOMPART (1979).

(7) Al Norte del Montsec las areniscas rognacienses desaparecen, y de ahí que en el mapa no figure, momentáneamente, caracterización mineralógica alguna.

correspondiente al Norte sería la discordancia de Montesquú y Sallent de Coll de Nargó, de edad Campaniense terminal (GARRIDO y RIOS, 1972).—III) Discordancia intramaestrichtiense; al norte de la cuenca estaría en la base de los conglomerados de Coll de Nargó (PLAZIAT, 1972; PLAZIAT et ELLENBERGER, 1982).

Observaciones: A fin de facilitar la representación gráfica, las potencias de los horizontes 6, 7, 10 y 11, en especial, se han exagerado notablemente. Para el resto de niveles éstas tienen un valor aproximado. Figuran entre paréntesis aquellos minerales que, a pesar de hallarse en porcentajes pequeños, tienen gran interés como indicadores mineralógicos susceptibles de ser utilizados en correlaciones e interpretaciones acerca del origen de los materiales.

muy pleocroica, idéntica a la que hallaremos después, en el horizonte superior, sola, es decir, sin ir acompañada de los otros silicatos de metamorfismo. El *horizonte 2* (Fig. 2) (= *nivel 11* de la Fig. 1) presenta una composición mineralógica cambiante de O a E; en Castellonroi, Os de Balaguer, Cubells, Rubió y Oden contiene en promedio: 49 por 100 de *turmalina*-12 por 100 de *granate*-6 por 100 de (*andalucita*) (8); a partir de Queralt la andalucita ha desaparecido y junto a minerales ubicuos aparece la *epidota*; más al E todavía, en La Baells y Castell de Lillet, el mismo horizonte contiene *baritina* en abundancia. Al N de la zona del Pedraforca, en la sierra del Cadí, el *horizonte 2* toma el carácter de *arcosa con baritina*, especialmente a partir de El Pradell hasta más allá de Greixer.

Al N del Empordà, en la región de La Muga, varias muestras procedentes de niveles detríticos presumiblemente rognacienses, situados por debajo de las capas con *Microcodium*, han dado *baritina* en abundancia como en los afloramientos análogos del Cadí.

INTERPRETACION DEL ANALISIS MINERALOGICO

A la luz de las observaciones expuestas podría pensarse que los episodios detríticos del Santoniense (niveles 1, 2 y 3), de acuerdo con su carácter transgresivo sobre terrenos cada vez más antiguos a medida que vamos hacia el Sur (Fig. 1), obedezcan al progresivo desmantelamiento de una cobertera sedimentaria mesozoica. La denudación de un Jurásico estaría representada en el nivel 1, la de un Keuper en el 2 y posiblemente la de un Bundsandstein o Permotrias en el 3. El episódico aporte de andalucita del nivel 7 sería una continuación lógica del proceso de denudación: primero de la cobertera y luego de su zócalo; denudación de carácter probablemente local, puesto que su herencia la hallamos únicamente en las zonas más externas y aún en una área reducida.

--- La transgresión del Campaniense superior-Maestrichtiense debió neutralizar el referido aporte local, como lo prueba la asociación mineralógica que caracteriza las descargas detríticas del Maestrichtiense. En efecto, la estauroлита y la distena, rigurosamente ausentes en los niveles inferiores, están regularmente presentes en las facies arenosas del Campaniense superior (p. p.)-Maestrichtiense de todo el ámbito de la cuenca, caracterizando un aporte de dominio general para la zona prepirenaica entre los ríos Llobregat y Cinca. En relación a esa asociación de minerales pesados merecen ponerse de relieve los

(8) El contenido en *andalucita* varía de un 10 a un 12 por 100 en la zona de Castellonroi-Cubells a un 2 por 100 en las zonas de Rubió y Odén.

cambios de porcentajes expresivos de la frecuencia relativa de cada mineral dentro del conjunto de minerales pesados transparentes. Así es muy llamativo el extraordinario aumento del granate, en detrimento de la turmalina y de la estaurolita, que se observa al comparar los niveles detríticos del Maestrichtiense marino con el horizonte 1 de las areniscas rognacienses. Para explicar este hecho podrían argüirse efectos hidrodinámicos entre otros (9); sin embargo, éstos parecen improbables por cuanto la turmalina, la estaurolita y el granate se comportan hidrodinámicamente de modo semejante y es precisamente a expensas de una disminución en la frecuencia de aquellos minerales como se produce el aumento del granate (9); por otro lado la marcada uniformidad cuantitativa con que aparece difundida la asociación en las areniscas rognacienses y esto dentro de una área muy extensa, parece excluir también dicha posibilidad. Cabe por tanto pensar que las diferencias mineralógicas cuantitativas entre el Maestrichtiense marino y el horizonte 1 del Rognaciense se deban a la sucesiva denudación de terrenos con unas características metamórficas algo distintas.

Muy importante es, a nuestro entender, el radical cambio mineralógico que se experimenta en el horizonte 2 de las areniscas rognacienses y la variación de su composición en el sentido O-E, lo que prueba la existencia de diferentes aportes de carácter local, atribui-

(9) Las calizas arenosas y areniscas del Maestrichtiense marino tienen en promedio un 30 por 100 de turmalina, un 20 por 100 de granate y un 13 por 100 de estaurolita; mientras que el horizonte 1 de las areniscas rognacienses tiene un 16 por 100 de turmalina, un 48 por 100 de granate y un 2 por 100 de estaurolita. En ambos terrenos el circón, el rutilo y otros minerales aparecen en proporciones muy semejantes, a excepción de la distena, que en el horizonte 1 rognaciense aumenta sensiblemente, a la vez que su presencia se hace rigurosamente constante. Comparando estos porcentajes, podemos pensar que el aumento relativo del granate en el horizonte rognaciense sea debido a un descenso de las cantidades originarias de estaurolita y de turmalina; o bien debido a un aumento del granate y una disminución de la estaurolita (referidos también a las cantidades originarias), lo que supondría un descenso del porcentaje relativo de turmalina. Otra posibilidad de explicarse las diferencias porcentuales observadas entre uno y otro terrenos estaría en admitir que los terrenos del Maestrichtiense marino hubieran perdido granate, en relación a su contenido originario, por «disolución intraestratal» o por meteorización contemporánea a la sedimentación, y con ello el porcentaje relativo de los otros minerales hubiese aumentado. En los dos primeros supuestos las variaciones porcentuales deberían interpretarse como resultado de un cambio en la composición mineralógica de los aportes. En la última hipótesis la composición original sería siempre la misma; en este caso, sin embargo, no se explica de modo muy satisfactorio la gran diferencia del contenido en estaurolita, ni tampoco por qué la distena aparece invariablemente en todas las muestras del horizonte rognaciense, cosa que en rigor no sucede en las muestras del Maestrichtiense marino, donde a veces la distena puede llegar a faltar.

bles a causas epirogénicas que anulaban el aporte con minerales de metamorfismo general que caracterizó a una gran parte de la sedimentación maestrichtiense. Es una sugestiva coincidencia que, en la misma zona que en el Campaniense superior-Maestrichtiense se depositó el episódico nivel con andalucita (nivel 7 de la Fig. 1), con las últimas descargas detríticas del Rognaciense volviera a depositarse ese mineral sistemáticamente ausente en el resto de la serie estudiada; cabe pensar al respecto que al final del Cretácico fuera expuesta de nuevo a la erosión la misma porción de zócalo que antes había suministrado ya la andalucita. El que este mismo horizonte, mucho más hacia el E, en el extremo oriental de la zona del Pedraforca y en el Cadí y aún en el N del Empordà tenga una caracterización mineralógica completamente distinta, habla también en favor del carácter local de los aportes del horizonte 2 de las areniscas rognacienses (Fig. 2).

SOBRE EL ORIGEN DE LOS CORTEJOS MINERALES

En primer lugar nos ocuparemos del origen de las asociaciones con granate, estaurolita y distena, que como ya se ha dicho dominan en la sedimentación del Senoniense superior del área pirenaica entre los ríos Llobregat y Cinca; después trataremos de las otras asociaciones, que sin duda plantean menos problemas.

A) *Las asociaciones con granate-estaurolita-distena*

Para explicar el origen de estos minerales el principal problema estriba en la distena, puesto que todas las áreas visibles de zócalo que rodean los afloramientos senonienses de la cuenca pirenaica carecen de ella; en efecto, ni en la actual zona axial pirenaica (10), ni en los macizos antiguos de la Cataluña oriental y meridional, ni posiblemente en el zócalo de la depresión del Ebro (Puig Moreno), ni tampoco en los afloramientos precámbricos y paleozoicos septentrionales de la cordillera Ibérica existen zonas metamórficas donde situar el área fuente de las distenas sedimentadas en el Senoniense pirenaico, Luego es preciso pensar en zonas metamórficas mucho más alejadas

(10) En las áreas metamórficas del Pirineo, en general, la distena es desconocida; sin embargo, debe citarse el descubrimiento de «distena reliquia» y «distena histerógena» por parte de FONTEILLES et GUITARD (1971) en algunas localidades del Pirineo oriental (s. s.) y en el Cabo de Creus. En esta última localidad, J. CARRERAS (Universidad de Barcelona) (com. or.) nos ha señalado una importante franja metamórfica que la contiene, aunque en todo caso asociada a la andalucita, la cual es siempre mucho más abundante.

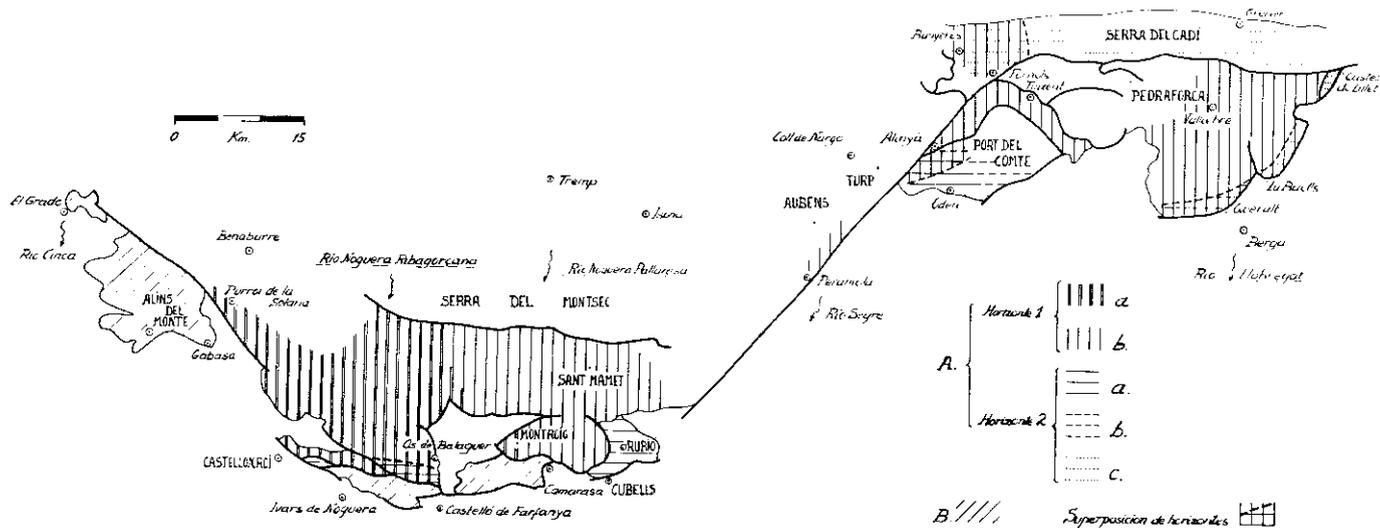


FIG. 2.—Distribución de los horizontes de minerales pesados hallados en los terrenos continentales del Maestrichtiense superior de las Sierras prepirenaicas catalano-aragonesas entre los ríos Llobregat y Cinca.

A) Facies tipo Rognac: Horizonte 1: a) con granate-(distena)-(estaurolita)-(andalucita); b) con granate-(distena)-(estaurolita).—Horizonte 2: a) con andalucita; b) con ubicuos; c) con baritina.—B) Facies esencialmente margosas tipo Alins del Monte.

y distintas a las referidas o bien que su presencia en los sedimentos de la cuenca pirenaica se deba a la resedimentación de terrenos sedimentarios que la contuviesen. A fin de dilucidar este problema analizaremos diferentes posibilidades.

a) *El origen septentrional.* Las reconstrucciones de la cuenca pirenaica muestran diferentes biseles estratigráficos que reducen las series hacia el S y hacia el E, siendo por esto y por las facies inevitable admitir que en tales direcciones existían bordes de cuenca; sólo a partir del Senoniense superior tenemos pruebas de que al N existiera algún relieve pirenaico capaz de aportar materiales a la cuenca, aunque en este caso éstos fueron de origen sedimentario (conglomerados de elementos mesozoicos, fundamentalmente, de Sallent, Coll de Nargó, etc.). Podría pensarse, sin embargo, en un origen del E pirenaico, ya fuera a partir de su cobertera permotriásica o de su zócalo. En cuanto a los terrenos permotriásicos debemos decir que son pobres en minerales pesados y que en ninguna de las pruebas realizadas hemos podido constatar la existencia de la asociación metamórfica en cuestión y menos aún de la distena en concreto. En relación a las posibilidades del zócalo de los Pirineos orientales o «Paleopirineos» de PLAZIAT (1981), posibilidad invocada por PLAZIAT et ELLENBERGER (1982) para explicar precisamente el origen de nuestra asociación metamórfica, nos parece poco convincente por varias razones: 1.^a, porque la distena creemos no se halla ni en cantidad («distena reliquia» y «distena histerógena» de FONTEILLES et GUITARD, 1971) ni en extensión suficientes para explicar una distribución del mineral tan generalizada como la nuestra; 2.^a, porque no tenemos pruebas seguras de que la actual zona con «distena reliquia» y «distena histerógena» estuviera expuesta a la erosión durante el Campaniense superior-Maestrichtiense; 3.^a, porque con las referidas distenas pirenaicas coexiste la andalucita como mineral metamórfico importante y este mineral es precisamente desconocido en la asociación motivo de discusión, y 4.^a, porque en el Maestrichtiense del N del Empordà no hemos hallado la asociación granate-estauroлита-distena que aparece al Oeste del Llobregat, siendo lógico que allí estuviera también si su área fuente fuese el zócalo de los Pirineos orientales.

b) *El origen meridional.* Es una posibilidad que suscita varias hipótesis cuya discusión ha requerido algunos análisis complementarios importantes. Estas son: 1.^a, el papel del supuesto «macizo del Ebro»; 2.^a, la posibilidad de una resedimentación de terrenos sedimentarios de la Ibérica anteriores al Senoniense que tuvieran granate, estauroлита y distena; 3.^a, que las descargas detríticas del Seno-

niense superior ibérico y pirenaico tuvieran un origen común en la Meseta castellana. Con el fin de argumentar las dos últimas hipótesis fue preciso estudiar personalmente y mediante la bibliografía la composición mineralógica de los depósitos detríticos del Cretácico medio y superior de la cuenca ibérica (Albiense y Rognaciense). Veamos la discusión de cada una de las hipótesis planteadas.

1.^a Si bien el umbral u supuesto «macizo» del Ebro debió ser una realidad que influyó en la delimitación de cuencas (pirenaica, ibérica y catalánida) durante parte del Mesozoico e incluso del Paleozoico (ASHAUER y TEICHMULLER, 1946), no puede pensarse que a lo largo del Senoniense aportara otros materiales que no fueran los de una cobertera sedimentaria y en último término los de un zócalo en todo caso localmente metamórfico. En efecto, según los sondeos realizados en la depresión del Ebro (11) se ha podido saber que, al menos al O de Lérida, el Paleozoico no es el substrato del Terciario continental, sino que éste es una serie mesozoica plegada. Quizá sólo a partir de Puig Moreno (Alcañiz) y hacia el NE puede pensarse que existieran áreas de Paleozoico metamórfico (de contacto) (Priorat) que hubiesen sido denudadas antes del Terciario. Estas consideraciones excluyen, por tanto, en principio, la posibilidad de situar en el supuesto «macizo del Ebro» el origen de las asociaciones con granate, estaurolita y distena.

2.^a La hipótesis de una resedimentación es lícito planteársela tomando en cuenta el rico contenido en estaurolita y distena de las arenas albienses («facies de Utrillas») de la Ibérica y el hecho constatado por CANEROT (1980) de que en algunas áreas limítrofes a la actual depresión del Ebro existió erosión del Albiense anterior al Paleoceno. A esta posibilidad se opone, sin embargo, el resultado de un estudio mineralógico bastante detenido de dichas arenas albienses (12); efectivamente, en estos terrenos la turmalina puede llegar a ocupar el 70 por 100 del total de minerales pesados transparentes, la estaurolita representa por término medio el 30 por 100, la distena puede alcanzar hasta un 10 por 100, mientras que el granate en

(11) Mapa Geológico de España a escala 1 : 200.000, Hoja de Lérida.

(12) Hemos estudiado personalmente arenas albienses («facies de Utrillas») procedentes de: Llavería (Tarragona); Gargallo (Teruel); Nuévalos, Alhama de Aragón, Torrijos y Torrelapaja (Zaragoza); Montes Universales y Algarra (Cuenca); Riofrío del Llano y Palmaces (Guadalajara); Torrelaguna y Guadalix de la Sierra (Madrid); además, hemos tomado en consideración los estudios de MELLENDZ y VILAS (1980) para la región de Picofrentes (Soria), y los de CURNELLE (*in* VIALARD, 1973) para el sector Priego-Beteta (Cuenca).

muchas muestras no llega ni al 1 por 100 (13). Queda, por tanto, claro que, siendo el granate un mineral importante en la asociación del Senoniense superior pirenaico (un 20 por 100 en promedio para el Maestrichtiense marino y un 48 por 100 para el horizonte 1 del Rognaciense) no es verosímil pensar en una resedimentación de minerales pesados a partir de las arenas albienses de la Ibérica para explicar el origen de la asociación metamórfica en cuestión.

3.^a A la hipótesis de que las descargas detríticas del Senoniense superior ibérico y pirenaico tuvieran un origen común en la Meseta castellana se opone también un argumento de composición mineralógica, al menos para los terrenos rognacienses. Mientras el Rognaciense pirenaico (horizonte 1) tiene un alto contenido en granate, los terrenos areniscosos aproximadamente sincrónicos de la región central de la Ibérica (Alto Tajo y Salvacañete; VIALARD, 1973) tienen un contenido en minerales pesados muy semejante al de las arenas albienses con un bajísimo contenido en granate (14).

c) *El origen occidental.* Las facies del Senoniense superior hacia el NO son fundamentalmente pelíticas y areniscosas y la distribución de las «areniscas de Areny» habla de una regresión que avanza del E hacia el O (GHIBAUDO *et al.*, 1973); por lo que si en dirección O nos alejamos de la zona litoral difícilmente pueden aceptarse aportes occidentales. Además, por lo que respecta al Maestrichtiense terminal, éste evoluciona hacia el NO a facies más carbonatadas de modo que a partir del río Esera cada vez se reducen más los niveles de

(13) La asociación de minerales pesados de las arenas albienses de la Ibérica es muy probable que sea distinta a la originaria, pues no es lógica la práctica ausencia de granate en una asociación rica en silicatos de metamorfismo. Así, pues, cabe pensar que el granate que debía contener la asociación originaria desapareciera por «meteorización sinsedimentaria» (GRIMM, 1973) (intraalbiense); meteorización que debió eliminar al propio tiempo gran parte de los feldspatos, en especial de las plagioclasas (dada su mayor sensibilidad), a través de un proceso de caolinización, y degradó las biotitas (AGUILAR, 1970); de este modo tiene fácil explicación el origen de las impregnaciones ferruginosas y de la matriz caolinítica que generalmente acompaña a esas arenas. Si, de acuerdo con VIALARD (1973) (pág. 179), la cuenca continental albiense era alimentada por materiales detríticos formados a expensas de los terrenos hercinianos o antehercinianos de la Meseta castellana, con mayor razón debemos pensar que la asociación originaria de minerales pesados debía contener granate en una proporción de, al menos, un 12 por 100, como lo contienen (en promedio) los sedimentos cuaternarios y terciarios arrancados sin duda de ella (BENAYAS *et al.*, 1960).

(14) Cabe pensar que los minerales pesados de los episodios areniscosos del Rognaciense de la región referida procedan de una resedimentación de arenas «facies de Utrillas».

arcillas rojas continentales de tránsito entre el Cretácico y el Paleoceno, de acuerdo con un alejamiento de la zona más externa del ámbito de sedimentación. Por último, en los niveles rognacienses de las Sierras marginales al Oeste del Cinca no hemos hallado continuidad de los horizontes establecidos en las regiones orientales, lo cual es también un argumento en contra de que los minerales metamórficos en cuestión procedan de aquel lado.

* * *

En conclusión: el origen debe buscarse al E, aproximadamente; en una parte del «macizo ibérico-provenzal» de PLAZIAT (1981), dominio cratónico permanente, a partir del Senoniense superior, que comprendía: Meseta castellana, Catalánides, Baleares, Cerdeña, Córcega, Provenza cristalina y regiones submarinas próximas. Mas queda por fijar en qué parte de esta vasta unidad paleogeográfica se hallaban los terrenos que suministraban a la cuenca pirenaica catalana los minerales de metamorfismo tantas veces citados; en estas páginas hemos excluido ya la posibilidad de la Meseta y de los Catalánides; ahora hemos emprendido un estudio preliminar de los minerales pesados de los terrenos sincrónicos de las Corbières y de la Provenza con la esperanza de llegar a delimitar más donde podía hallarse el área fuente de nuestra asociación metamórfica.

B) *Las asociaciones con andalucita y las areniscas con baritina*

Dado que los episódicos horizontes con andalucita se hallan dispuestos en una franja que ocupa una parte de los bordes S y SE de las Sierras marginales (desde Castellonroi hasta Oden) es lícito pensar solamente en un origen meridional u oriental. Los datos ya expuestos acerca de la naturaleza del basamento de los materiales terciarios de la depresión del Ebro parecen excluir la posibilidad de que allí estuviera, al menos totalmente, su origen; asimismo los materiales precámbricos y paleozoicos septentrionales de la cordillera Ibérica son exentos de intrusiones graníticas y de metamorfismo. Las cordilleras costeras catalanas, sin embargo, a partir del Priorat hasta Girona, cuentan con numerosas aureolas metamórficas de contacto ricas en andalucitas netamente pleocroicas semejantes a las que se hallan en los referidos horizontes del Senoniense pirenaico, siendo por tanto en esta zona donde, a nuestro entender, debe situarse su origen.

En cuanto a la baritina de las areniscas (a menudo arcósicas) rognacienses parece verosímil pensar en un origen a partir del E pirenaico «macizo catalán» (provincia de Girona), por cuanto existen

pruebas de que allí se denudaron antes del Paleoceno zonas graníticas y paleozoicas que la contienen (15).

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, M. J. (1970): «Algunas observaciones sobre el significado de los feldespatos en rocas detrítico-terrigenas». *Acta Geol. Hisp.*, 5, (2), 39-43.
- ASHAUER, H., y TEICHMULLER, R. (1946): «Origen y desarrollo de las cordilleras variscas y alpídicas de Cataluña». *Publ. Alem. Geol. España*, C. S. I. C., 3, 5-102.
- BENAYAS, J.; PÉREZ-MATEOS, J., y RIBA, O. (1960): «Asociaciones de minerales detríticos en los sedimentos de la cuenca del Tajo». *Ana. Edaf. y Agrobiol.*, C. S. I. C., 19 (11), 635-670.
- CALZADA, S., y POCOVI, A. (1980): «Braquiópodos senonienses de la sierra del Montroig (Prepirineo de Lérida)». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 78, 5-19.
- CANEROT, J. (1980): «Le Crétacé du Maestrazgo». Université Paul Sabatier, Toulouse.
- ESTÉVEZ, A. (1973): «La vertiente meridional del Pirineo catalán al Norte del curso medio del río Fluvià». *Tesis Doct. Univ. Granada*, 44, 1-514.
- FONTEILLES, M., et GUITARD, G. (1971): «Disthène relique et disthène hystérogène dans les terrains métamorphiques hercyniens des Pyrénées orientales franco-espagnoles». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 272, série D, 361-363.
- GARRIDO, A., y RÍOS, L. M. (1972): «Síntesis geológica del Secundario y Terciario entre los ríos Cinca y Segre». *Bol. Geol. y Min. España*, 83 (1), 1-47.
- GRIMM, W. D. (1973): «Stepwise heavy mineral weathering in the Residual Quartz Gravel, Bavarian Molasse (Germany)». *Contr. Sedimentology*, 1, 103-125.
- GUIBAUDO, G., et al. (1973): «Facies y paleogeografía de la "arenisca de Arén" (Nota preliminar)». *Acta Geol. Hisp.*, 8 (1), 13-15.
- LLOMPART, C. (1979): «Yacimiento de huellas de pisadas de reptil en el Cretácico superior prepirenaico». *Acta Geol. Hisp.* Libro homenaje a L. Solé Sabarís, 333-336.
- MASRIERA, A., et ULLASTRE, J. (1981): «Contribution des minéraux lourds à la lithostratigraphie du Crétacé terminal des Pyrénées catalanes et

(15) En la provincia de Girona el Paleoceno con *Vidaliella gerundensis* es transgresivo sobre terrenos graníticos en sus confines occidentales (lado de Vic), mientras que en las cercanías de la capital yace sobre pizarras paleozoicas (VIDAL, 1883, p. 349; PLAZIAT, 1973, p. 19). Asimismo en la Hoja de Olot la formación roja «garumniense» (paleocena?) descansa directamente en discordancia sobre el zócalo (granítico en Oix, Talaixà, Sant Aniol, etc.) (ESTEVEZ, 1973, pp. 207 y 432). En cambio, al SO del Montseny las capas con *Vidaliella* descansan sobre el Triásico (VIDAL, 1899, pp. 677-678). En numerosos puntos de estas áreas de zócalo se ha señalado la presencia de baritina, siendo incluso objeto de explotación minera.

- quelques conséquences paléogéographiques et tectoniques». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 293, série II, 179-182.
- MATTE, Ph., et CAPDEVILA, R. (1973): «La structure de la chaîne hercynienne dans l'Est de la Péninsule Ibérique». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 276, série D, 2867-2870.
- MELÉNDEZ, N., y VILAS, L. (1980): «Las facies detríticas de la región de Picofrentes (Soria)». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 78, 157-174.
- PLAZIAT, J. C. (1972): «Précisions nouvelles sur la position stratigraphique et structurale des conglomérats à ciment rouge de Coll de Nargó (prov. de Lérida, Espagne)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 274, série D, 2431-2434.
- PLAZIAT, J. C. (1973): «*Vidaliella gerundensis* (Vidal) et les autres bulimoïdes de l'Eocène du Nord de l'Espagne et du Sud de la France». *Paléobiologie continentale*, Montpellier, 4 (3), 1-34.
- PLAZIAT, J. C. (1981): «Late Cretaceous to Late Eocene palaeogeographie evolution of southwest Europe». *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, Elsevier, 36, 263-320.
- PLAZIAT, J. C., et ELLENBERGER, F. (1982): «A propos de la limite Crétacé-Tertiaire: la réconciliation moderne des conceptions continue et discontinue en stratigraphie et en tectonique». *Bull. Soc. Géol. France* (en prensa).
- POCOVI, A. (1978): «Estudio geológico de las Sierras Marginales Catalanas (Prepirineo de Lérida)». *Acta Geol. Hisp.*, 13 (3), 73-79.
- VIALARD, P. (1973): «Recherches sur le cycle alpin dans la Chaîne Ibérique sud-occidentale». Thèse.Trav. Labor. Géol. Méditerranéenne. Univ. Paul Sabatier, Toulouse.
- VIDAL, L. M. (1883): «Edad de las capas de *Bulimus gerundensis*». *Mem. R. Ac. Cienc. Artes Barcelona*, 2.^a época, 1, 343-359.
- (1899): «Compte-rendu de l'excursion de Gerona a Olot et a San Juan de las Abadesas». *Bull. Soc. Géol. France*, 3.^a serie, 26, 674-678.