

Relaciones entre los sedimentos neógenos de Galicia y las alteraciones de su substrato. Interpretación paleoclimática.

por J. M. BRELL* y M. DOVAL**

* Depto. Estratigrafía y Geología Histórica, Universidad Complutense, Madrid.

** Depto. Cristalografía y Mineralogía, Universidad Complutense, Madrid.

ABSTRACT

In all Neogene basins of northwestern Spain a very close relation ship can be observed between mineralogical composition of sediments and the alteration of basement. The mineralogical evolution of sediments, as well as alteration types are practically independant of the petrographic features of the parent rocks. The study of this evolution gives some clues to the climatological variations which took place in this zone during the Upper Tertiary.

RESUMEN

En cada una de las cuencas neógenas de Galicia se observa una estrecha relación entre la composición mineralógica de los sedimentos y la de las alteraciones de su substrato. La evolución mineralógica observada en los sedimentos y en las alteraciones, es prácticamente independiente de las características petrográficas de la roca madre. El estudio de esta evolución permite conocer las variaciones climáticas que probablemente afectaron a esta zona durante el Terciario superior.

Los sedimentos neógenos del noroeste de la Península se encuentran sobre pequeñas cubetas de origen tectónico y están constituidos por materiales de facies continental, preferentemente de naturaleza detrítica fina, arcillosos o limo-arcillosos, entre los que se intercalan, en algunos casos, niveles de margas, de lignitos e incluso detríticos groseros. Una descripción detallada de las características de algunas de estas cuencas, así como de sus respectivos sedimentos fue ya publicada por Birot y Solé (1954) y posteriormente por Virgili y Brell (1972), Brell y Doval (1975). Por otra parte, la existencia en cada cuenca de una secuencia muy característica en los minerales de la arcilla permitió realizar un ensayo de correlación litoestratigráfica, cuya metodología y resultados ya fueron descritos anteriormente (Brell, 1975). Para realizar estas correlaciones se consideró que la evolución mineralógica no era casual y que debía ser función de factores paleogeográficos relacionados con el tiempo.

Estudios posteriores más detallados han permitido interpretar con bastante precisión el significado de estas secuencias mineralógicas, que parecen estar íntimamente relacionadas con al evolución climática que afectó al noroeste de la Península durante el Neógeno. Para llegar a esta conclusión, hemos comparado en varias cuencas la composición de los sedimentos terciarios con la composición de sus respectivas áreas fuente y de sus productos de alteración. A continuación

describiremos someramente los resultados obtenidos y las conclusiones a que hemos llegado.

LAS ÁREAS FUENTE DE LOS SEDIMENTOS NEÓGENOS

El origen de los sedimentos neógenos ha podido ser fijado en la mayor parte de los casos con bastante exactitud. Esto ha sido posible debido al origen tectónico que tiene la mayor parte de las cuencas, presentándose aún en la actualidad como pequeñas dovelas hundidas rodeadas de relieves lo suficientemente elevados para dar a la cuenca un carácter intramontañoso, lo que determina que el origen del relleno proceda fundamentalmente de los relieves periféricos. Por otra parte, y salvo algunas excepciones como las cuencas de Roupay y Sarria, la mineralogía de la fracción arenosa permite, en gran parte, controlar y ratificar con bastante exactitud esta procedencia, que como ya hemos indicado, se intuye en muchos casos directamente en el campo al observar las litofacies.

En la mayor parte de las cuencas, los aportes durante el Terciario superior provienen de zonas de naturaleza ígnea o metamórfica. Los materiales metamórficos, paleozoicos o más antiguos, son de distinto grado y a su vez derivan frecuentemente de rocas ígneas más antiguas. En estas condiciones y dada la gran variedad petrográfica que pueden presentar las respectivas rocas madre, es lógico deducir que las asociaciones teóricas de minerales detríticos que podrían llegar a las zonas de sedimentación durante el Neógeno, podrían formar asociaciones mineralógicas muy amplias, que incluirían especies con capacidad de alteración muy distinta.

El estudio en lámina delgada y mediante difracción de rayos-X de las rocas que constituyen las posibles áreas fuente, ha permitido conocer con bastante exactitud cuáles deberían ser las asociaciones mineralógicas que hubieran podido llegar a las cuencas de sedimentación, si los procesos de alteración no hubieran actuado.

En la tabla 1, se indican, para algunas cuencas, la naturaleza petrográfica de sus respectivas áreas fuente, así como las asociaciones de minerales que contienen.

		Plagioclasas	Clorita	Feldp. K.	Moscovita	Cuarzo	Rutilo	Circon	Turmalina	Granates	Biotita	Apatito	Estaurolita	Distena	Epidota	Andalucita	Esfena	Anfib-Pirox.	Sillimanita	Cloritoide
ROUPAR	Pizarras y cuarcitas (Pal. inf.)	*	*		*	*														
SARRIA	Esquistos de Villalba (Prec.)	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*				
SARRIA	Granodiorita	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*			
PUENTES	Ollo de Sapo (prec.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
PUENTES	Pizarras (Pal. inf.)	*	*		*	*														
PUENTES	Granito de dos micas	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
BOIMORTO	Esquistos de Ordenes (Prec.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	
TUY	Neis (Pal. inf.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*			*
TUY	Ortoneis	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
TUY	Granito	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*		*	
MACEDA	Pizarras (Pal. inf.)	*	*		*	*														
MACEDA	Granito	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
MONFORTE	Ollo de Sapo (Prec.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
MONFORTE	Pizarras y cuarc. (Pal. inf.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
MONFORTE	Granito	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*		*	
VILLALBA	Esquistos de Villalba (Prec.)	*	*		*	*														
VILLALBA	Pizarras (Pal. inf.)	*	*		*	*														
VILLALBA	Granodiorita	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*		*	
TINEO	Esquistos y arcosas (Prec.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*		*	
TINEO	Pizarras y cuarc. (Pal. inf.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
PONFERRADA	Esquistos (Prec.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
PONFERRADA	Pizarras (Pal. inf.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
PONFERRADA	Neis (Pal. inf.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	

LAS ALTERACIONES DE LOS SUBSTRATOS

En la mayor parte de las cuencas estudiadas y debido al gran desarrollo superficial que presentan las formaciones que actuaron como área fuente, es posible observar como los substratos de las cuencas neógenas no son más que una prolongación de dichos materiales. Las alteraciones de los mismos, se pueden encontrar frecuentemente bajo el muro de la serie terciaria, en donde han quedado protegidos parcialmente de la erosión, gracias al propio recubrimiento sedimentario. En la base de muchas canteras en las que se extraen las arcillas terciarias, es frecuente encontrar estas alteritas, aunque también es posible encontrarlas en forma de bloques incluidos en los sedimentos de la parte basal de algunas series. Por su posición y características, estos materiales alterados pueden ser considerados con bastante seguridad como alteraciones de edad terciaria y por lo tanto, deben presentar una composición mineralógica muy similar a las que tenían las áreas fuente durante aquella época.

El estudio mineralógico de las alteritas en varias cuencas, nos ha permitido observar la existencia de cuatro tipos distintos de alteración de diferente intensidad. En la figura 1, se representa de forma esquemática la composición mineralógica de la fracción arcillosa para cada grupo, tanto en los sedimentos (Sed.) como en los alterados (Alt.). También se especifica el tipo de asociación mineralógica que presentan las fracciones arenosas, tanto en los alterados como en los niveles detríticos de los sedimentos, asociación que coincide prácticamente para cada grupo. Por último, se incluye a la derecha de la figura, una columna esquemática general para el Neógeno del noroeste de la Península, indicando la posición que ocupan las series de algunas cuencas dentro de la secuencia general.

Las alteraciones incluídas en el grupo n.º 1, como las que se encuentran en las cuencas de Sarria y Roupár, se caracterizan por haberse originado bajo procesos de alteración intensos, que afectaron indistintamente a los materiales ígneos y

metamórficos de aquella zona. Las alteraciones derivadas de las rocas metamórficas paleozoicas o más antiguas, se presentan actualmente constituidos por cuarzo y caolinita como componentes fundamentales, acompañados de pequeñas cantidades de ilita «abierta», gibbsita o goethita, según los casos. Contienen además abundantes minerales opacos de alteración, junto con algunos minerales resistentes como granates, circón, turmalina, etc. Las alteraciones de la granodiorita que forma la parte occidental del substrato de la cuenca de Sarria, presenta una composición mineralógica muy similar a la anterior, con una fracción fina constituida por contenidos muy elevados en caolinita, junto a pequeños indicios de ilita «abierta» e interestratificados (10-14 m).

Las alteraciones presentes en las cuencas de Meirama, Boimorto, Laracha, Maceda y Tuy, se han agrupado por su similitud en el mismo grupo n.º 2. Como en el caso anterior, los alterados estudiados proceden indistintamente de rocas ígneas y metamórficas. Las alteraciones derivadas de rocas

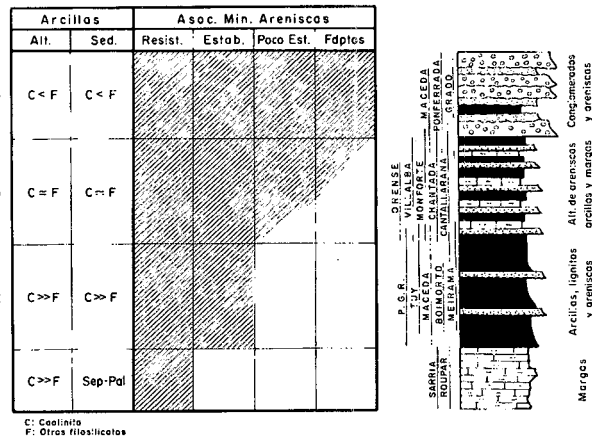


Fig. 1. Ver texto.

metamórficas, como las de los esquistos de Órdenes, encontradas en Meirama y Boimorto, de los neises feldespáticos de Tuy o de los esquistos micáceos de Laracha, presentan composiciones muy parecidas. En la mayor parte de los casos estudiados, la fracción fina presenta como filosilicato dominante caolinita, acompañada generalmente de ilita «abierta» e interestratificados (10-14 m) y con mucha menos frecuencia clorita, en contenidos muy bajos. Las fracciones más groseras están constituidas por cuarzo, abundantes minerales opacos de alteración, algunos minerales bastante resistentes a la misma como granates, circón y turmalina, junto con otros de menor resistencia como estauroлита y distena. Dentro de este mismo grupo, las rocas ígneas, como el granito de dos micas de Meirama y Maceda, el granito con biotita de Tuy, etc., presentan también en sus alteraciones composiciones similares, constituidas por elevados porcentajes de caolinita. Contienen además, aunque siempre en mucha menor proporción, gibbsita, ilita, frecuentemente «abierta» e interestratificados del tipo (10-14 m) y 14 v-14 m) y como minerales accesorios rutilo, circón y biotitas parcialmente cloritizadas.

Las alteraciones procedentes de las cuencas de Cantallarana, Chantada, Monforte de Lemos, Villalba y Orense, presentan también entre sí, características mineralógicas bastante uniformes, lo que nos ha llevado a incluirlas dentro de un mismo grupo, que hemos denominado como n.º 3. Las alteritas de las rocas ígneas procedentes de estas cuencas, como las del granito de dos micas de Cantallarana y Chantada o de la granodiorita de Orense, presentan una fracción fina constituida por caolinita acompañada de ilita y de esmectitas. Estos dos últimos filosilicatos en porcentajes muy variables pero que, en conjunto dan valores análogos o algo superiores a los que presenta la caolinita. Se encuentran además pequeños contenidos de clorita, e interestratificados (14 c-14 m) y (14 v-14 m). Las fracciones más groseras contienen, en algunos casos, junto con el cuarzo, feldespatos potásicos y sólo excepcionalmente plagioclasas, además de una asociación bastante amplia de minerales accesorios. Las alteraciones pertenecientes a este grupo, derivadas de rocas metamórficas, como la de los neises micáceos de Laracha y Chantada, de los esquistos paleozoicos de Monforte y Orense o de los esquistos de Villalba, presentan una fracción fina constituida por caolinita, ilita y esmectitas, en proporciones también variables, junto con pequeños contenidos según los casos de clorita, vermiculita e interestratificados (10-14 m). Las fracciones groseras presentan asociaciones bastante amplias de minerales accesorios, muchos de ellos de estabilidad relativamente moderada, como epidota, andalucita, sillimanita, etc. También se encuentran en estas fracciones feldespatos.

Por último, en el grupo n.º 4 se han incluido las alteraciones procedentes de las cuencas de Ponferrada y Grado, junto con algunas de Sarria. A excepción de la cuenca de Sarria, la mayor parte de los alterados incluidos en este grupo derivan de rocas metamórficas, aunque de edad y características petrográficas distintas. En todos los casos estudiados, la fracción fina de los alterados se encuentra constituida por porcentajes elevados de ilita, a la que acompañan según los casos, pequeñas proporciones de clorita, vermiculita, caolinita e interestratificados de distintos tipos. Las fracciones groseras contienen junto con el cuarzo, prácticamente las mismas asociaciones de minerales accesorios que presentan sus respectivas rocas originales exentas de alteración. El contenido en feldespatos puede llegar a ser importante en algunos casos.

LA SEDIMENTACIÓN NEÓGENA

Las características de los sedimentos neógenos ya fueron expuestas en anteriores publicaciones (Virgili y Brell, 1972); Brell y Doval, 1975), por este motivo nos limitaremos en este apartado a describir de forma muy somera los rasgos principales que presentan en su composición mineralógica. Como en el caso de las alteraciones, los sedimentos de las distintas cuencas pueden agruparse atendiendo a su composición mineralógica mayoritaria en cuatro grandes grupos, cuyas características se presentan de forma esquemática en la figura 1.

En el grupo n.º 1 se han incluido las cuencas cuyos sedimentos están constituidos fundamentalmente por arcillas, margas o calizas con sepiolita y/o palygorskita, tal es el caso de las cuencas de Roupay y Sarria. Las fracciones arenosas son poco abundantes en los sedimentos de estas cuencas y están formadas por cuarzo y minerales opacos de alteración, junto con pequeños porcentajes de algunas especies minerales típicamente «resistentes» a la misma, como rutilo y circón.

En el grupo n.º 2 se encuentran las cuencas de Boimorto, Maceda, Meirama, Puentes de García Rodríguez y Tuy, caracterizadas por presentar sedimentos arcillosos muy ricos por lo general en caolinita, cuyos contenidos pueden llegar a alcanzar en algunos tramos valores próximos al 90 % del total de la fracción arcillosa. Contienen además ilita e interestratificados del tipo (10-14 v) y (14 v-14 m). Junto con los niveles arcillosos se encuentran tramos de areniscas, margas y lignitos, con desarrollo muy variable según las cuencas. Las fracciones arenosas presentan también elevados contenidos en minerales opacos de alteración, acompañados por una asociación de minerales transparentes mucho más amplia que la vista en el grupo anterior, al encontrarse junto con los minerales resistentes a la alteración especies con mayor vulnerabilidad a ella, tales como granates, estauroлита, distena, turmalina, etc., que frecuentemente son denominados en la bibliografía como «estables».

Los sedimentos de las cuencas de Cantallarana, Chantada, Monforte, Orense y Villalba, presentan notables analogías entre sí, lo que nos ha permitido incluirlas bajo un mismo grupo que hemos denominado como n.º 3. En general los sedimentos de estas cuencas están constituidos por una alternancia irregular de arcillas, margas y arenas. A pesar de la heterogeneidad de sus componentes litológicos presentan como característica común, un equilibrio entre los porcentajes de caolinita y los de los restantes filosilicatos, generalmente ilita y esmectitas. Los niveles arenosos presentan asociaciones muy variables que incluyen desde minerales muy resistentes a los procesos de alteración hasta minerales considerados como «poco estables» frente a la misma, como epidota, andalucita, sillimanita, feldespatos, etc.

Por último en el grupo n.º 4 se han incluido las cuencas de Ponferrada, Grado, así como la parte más alta de la secuencia de Maceda. Los materiales de estas cuencas están constituidos principalmente por sedimentos detríticos, frecuentemente de granulometría grosera, en cuya fracción fina se encuentra siempre ilita como mineral de la arcilla dominante. Las fracciones arenosas contienen asociaciones muy amplias de minerales, que abarcan desde minerales muy resistentes a la misma hasta minerales poco estables. La asociación mineralógica de estas fracciones depende principalmente de la composición de su correspondiente área fuente y no parece haber sido modificada sustancialmente por los procesos de

alteración.

INTERPRETACIÓN PALEOCLIMÁTICA

Los resultados obtenidos mediante el estudio de la composición mineralógica de los sedimentos, de las rocas madre y de sus respectivos productos de alteración, permiten observar grandes analogías dentro de cada uno de los grupos de cuencas que hemos establecido para el Neógeno del noroeste de la Península.

Las diferencias tan acusadas que se observan entre los distintos grupos, fue interpretada en trabajos anteriores (Brell, 1975) como un hecho ligado a factores temporales. También establecimos la serie general para el Neógeno del noroeste (Brell y Doval, 1975), así como la posición cronoestratigráfica de las distintas series locales. El gran paralelismo existente entre la composición de las alteraciones y de los sedimentos en cada cuenca, no puede considerarse como casual, sino debido probablemente a una contemporaneidad de los respectivos procesos genéticos, situados dentro de una misma etapa de la historia geológica de aquella región. Estas consideraciones nos permiten fijar en la escala del tiempo la posición relativa de los distintos tipos de alteración. Por otra parte, hay que destacar que tanto los sedimentos como las alteraciones siguen con el tiempo una evolución prácticamente paralela. Debido a la pequeña extensión de la zona y a la relativa proximidad geográfica que presentan las distintas cuencas entre sí, la forma más lógica de justificar e interpretar esta evolución es considerándola como de origen climático. Los cambios climáticos durante el Neógeno, marcan las características mineralógicas fundamentales de los sedimentos y de las alteraciones. El análisis e interpretación de estas características para cada una de las sucesivas etapas nos ha permitido llegar a conocer los grandes rasgos de la evolución climática de aquella región durante el Terciario superior.

Las alteraciones incluidas en la etapa n.º 1 deben ser consideradas por sus características como originadas bajo un régimen laterítico. Su composición anormalmente rica en caolinita, la presencia frecuente de gibbsita o goethita según los casos, así como la corrosión superficial que presentan en algunos casos los cristales de cuarzo, indica una génesis a partir de procesos de hidrólisis intensos. La hidrólisis, junto con una lixiviación importante, favorecida tal vez por unas condiciones débilmente ácidas debidas a la cobertera vegetal o incluso al mismo lavado, es capaz de liberar de la roca gran parte del calcio, magnesio y álcalis de sus constituyentes. Por el contrario la sílice, hierro y aluminio son evacuados sólo parcialmente. Estos elementos retenidos pueden reorganizarse para neofomar caolinita, goethita o gibbsita, probablemente siguiendo procesos similares a los descritos por Bonifas (1959) y Leneuf (1959). Todos estos fenómenos son frecuentes en las actuales zonas tropicales húmedas, caracterizadas por unas temperaturas elevadas y por importantes precipitaciones.

Paralelamente a estos procesos, las soluciones enriquecidas emigran y van a parar a las cuencas de sedimentación, en donde sus constituyentes precipitan en forma de calizas o margas con sepiolita y palygorskita, sedimentos totalmente neoformados en la propia cuenca. Sólo una pequeña parte de la fase residual logra escapar de las áreas fuente y emigra junto a las soluciones; se trata fundamentalmente de minerales opacos muy alterados junto con algunas especies resisten-

tes. Sólo una importante cobertera vegetal, que fácilmente de desarrollarse en estas condiciones climáticas, es capaz de retener la mayor parte de la fase sólida de los suelos, para que de esta forma los procesos de alteración adquieran gran intensidad y la sedimentación sea casi exclusivamente química. Bajo unas condiciones similares a la de las actuales zonas tropicales húmedas es como debían encontrarse las cuencas de Sarria y Roupar durante el Mioceno inferior, siendo posible en estas condiciones la coexistencia de caolinita como fase principal en las áreas fuente junto a minerales fibrosos de la arcilla en las cuencas de sedimentación.

Estas condiciones climáticas parecen suavizarse con el transcurso del tiempo, ya que tanto las alteraciones como los sedimentos que suceden a los anteriores en la secuencia general y que hemos incluido en la etapa n.º 2, presentan unas asociaciones de minerales más amplias, indicando unas condiciones de hidrólisis de menor intensidad. No obstante, el clima laterizante debía continuar pero un aumento del poder erosivo, ya sea debido a una destrucción parcial de la cobertera vegetal o al inicio de una etapa de inestabilidad, permite que la fase residual de naturaleza caolínica escape de las áreas fuente y junto con abundantes restos vegetales llegue a las cuencas de Boimorto, Meirama, Tuy, etc., consideradas como de un Mioceno medio. Los procesos de hidrólisis durante esta etapa ya no son tan intensos, pues a pesar del dominio de la caolinita, se encuentran en contenidos cuantificables ilita e interestratificados del tipo (10-14 m) y (14 v-14 m), originados por degradación parcial de las micas según algunos de los esquemas propuestos por Jackson et al. (1952-1954), Camez (1962), o Millot et al. (1965) entre otros y que por el momento no es posible precisar. Todo parece indicar el paso a unas condiciones climáticas subtropicales en donde tanto la temperatura como la precipitación han disminuido sensiblemente respecto a las de la etapa anterior.

Tanto las alteraciones como los sedimentos incluidos en la etapa n.º 3 indican que los procesos de alteración van progresivamente suavizándose con el transcurso del tiempo. En las cuencas de Villalba, Cantallarana, Orense, etc., se observa un aumento importante en el contenido de esmectitas, tanto en los sedimentos como en los alterados, probablemente originadas por procesos de degradación parcial de los minerales micáceos, según mecanismos análogos a los descritos por Droste et al. (1962), Pacquet (1970), entre otros. Algunos eslabones intermedios de esta degradación, tales como los interestratificados (14 c-14 m), (14 v-14 m) y (10-14 m) pueden encontrarse frecuentemente en la composición de las alteritas de este grupo. No hay que descartar tampoco un posible origen de las esmectitas a partir de las plagioclasas. En otros casos tal vez, las esmectitas están relacionadas con procesos de neoformación tales como los descritos por Pedro (1966-1968) y conocidos como bisialización. Para ambos tipos de génesis es necesario la existencia de climas con estaciones secas acusadas, capaces de permitir durante esta etapa una neoformación de las esmectitas o bien para que el proceso de lavado e hidrólisis no sea total y permitan a estos minerales encontrar cierta estabilidad después de su origen por degradación. Todos los datos parecen indicar una disminución sensible de las precipitaciones respecto a las de la etapa anterior, situándonos en climas templados con precipitaciones estacionales análogos a algunos de los climas mediterráneos actuales. La asociación de minerales detríticos de estas cuencas con porcentajes elevados de minerales

poco estables, ratifican estas nuevas condiciones.

Por último y ya dentro del Mioceno superior o tal vez Plioceno, las condiciones climáticas se encuentran situadas en extremos totalmente opuestos a los descritos para la primera etapa. Los sedimentos de Ponferrada y Grado, así como la parte alta de la secuencia de Maceda permite observar unas condiciones de alteración extremadamente bajas. Las fracciones finas de los alterados contiene la misma abundancia de minerales micáceos que sus respectivas rocas madre. Los sedimentos, frecuentemente de carácter detrítico grosero, tampoco acusan notables diferencias con la composición de sus respectivas áreas fuente. La asociación de minerales densos incluyen gran cantidad de especies, en cortejos similares a los de las rocas de origen. Todo parece indicar la desaparición casi total de los procesos de meteorización química para dar paso a una alteración puramente física. A su vez la cobertura vegetal debía estar muy poco desarrollada, dada la frecuencia con que aparecen sedimentos detríticos, groseros y heterométricos, en las secuencias de estas cuencas. La aparición de estaciones secas alternantes iniciada durante la etapa anterior parece hacerse extensiva durante todo este período. Aridez y meteorización física son los factores dominantes de esta etapa y el clima ha evolucionado a condiciones semiáridas, probablemente frías siguiendo el paulatino descenso iniciado por las temperaturas en etapas anteriores. En estas condiciones climáticas la sedimentogénesis se limita a simples procesos de herencia. Con estas condiciones climáticas semiáridas y con temperaturas más bien bajas finaliza la sedimentación durante el Neógeno en el noroeste de la Península.

BIBLIOGRAFÍA

BIROT, P. y SOIÉ SABARÍS, L. (1954): «Recherches morphologiques dans le nord-ouest de la Peninsule Iberique». *Pub. Inst. Geol. Univ. Barcelona*. Vol. 211, 61 p. Barcelona.

- BONIFAS, M. (1959): «Contribution à l'étude géochimique de l'alteration latéritique». *Mem. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, Vol. XVII, 159 p., Strasbourg.
- BRELL, J. M. (1975): «Aplicación de las correlaciones al estudio del Terciario continental». I y II Ciclo Corr. Estrat., *Trab. Cong. Reuniones Ser. 7*, n.º 2, p. 123-133. ENADIMSA. Madrid.
- BRELL, J. M. y DOVAL, M. (1975): «Un ejemplo de correlación litoestratigráfica aplicado a las cuencas terciarias del NW de la Península». *Est. Geol.*, t. XXX, p. 631-638. Madrid.
- CAMEZ, T. (1962): «Etude sur l'évolution des minéraux argileux dans les sols des régions tempérées». *Mem. Serv. Carte Geol. Als. Lorr.* Vol. XX, 90 p. Strasbourg.
- DROSTE, J. B., BHATTACHARYA, H. y SUNDERMAN, J. A. (1962): «Clay mineral alteration in some Indiana soils». *Clays and clay minerals* (Proc. 9th Nat. Conf. 1960) p. 329-343 *Pergamon Press*. New York.
- JACKSON, M. L., HSEUNG, V., COREY, R., EVANS, E. J. y VANDEN HEUVEL, R. C. (1952): «Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments». *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, Vol. XVI, p. 3-6. New York.
- JACKSON, M. L., WHITTIG, I. D., VANDEN HEUVEL, R. C., KAUFMAN, A. y BROWN, B. E. (1954): «Some analyses of soil montm., vermiculite, mica, chlorite and interstratified layer silicates». *Clays and clay minerals* (Proc. 2nd Nat. Conf. 1953) p. 218-240. *Pergamon Press*. New York.
- LENEUF, N. (1959): «L'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites en Cote d'Ivoire forestiere et les sols qui en sont dérivés». *Thèse Sci. Univ. Paris*, 210 p. Paris.
- MILLOT, G., LUCAS, J. y PAQUET, H. (1965): «Evolution géochimique par dégradation et aggradation des minéraux argileux dans l'hydrosphere». *Geol. Rund.* Vol. 55, p. 1-20. Stuttgart.
- PAQUET, H. (1970): «Evolution géochimique des minéraux argileux dans les alterations et les sols des climats méditerranéens tropicaux a saisons contrastées». *Mem. Serv. Carte Geol. Als. Lorr.*, vol. XXX, 212 p. Strasbourg.
- PEDRO, G. (1966): «Essai sur la caracterisation géochimique des diferents processus zonaux résultant de l'alteration des roches superficielles». *C. R. Acad. Sci. Paris*, n.º 262-D, p. 1828-1831. Paris.
- PEDRO, G. (1968): «Distribution des principaux types d'alteration chimique a la surface du globe. Presentation d'une esquisse géographique». *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn.*, Vol. 10, fasc. 5, p. 457-470. Paris.
- VIRGILI, C. y BRELL, J. M. (1972): «Algunas características de la sedimentación durante el Terciario en Galicia». *I Centenario R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Vol. Ext., p. 515-523. Madrid.

Recibido, septiembre 1978.