



Meteorización en una zona de contacto: granito-lamprófido

Weathering in granite and lamprophyre contact

TABOADA, T. M.; ROMERO, R.; GARCIA, C.; MACIAS, F.

Se realiza el estudio microestructural, mineralógico y geoquímico del proceso de meteorización en una zona de contacto granito-lamprófido. En la roca granítica se observa gibbsita, en los medios muy lixiviados, y filosilicatos 1:1 en los menos drenados. En el lamprófido los productos son filosilicatos 1:1, integrados vermiculíticos y oxi-hidróxidos de hierro; la abundancia de estos óxidos permite la conservación de la estructura original hasta etapas muy avanzadas de la meteorización.

El proceso global es de tipo monosialítico (fermonosialítico en las rocas básicas) con una tendencia inicial alitizante en las rocas graníticas.

El pH de abrasión constituye un buen índice del grado de meteorización de estas rocas.

Palabras clave: Meteorización, Granito, Lamprófido, Contacto, pH de abrasión.

In this paper is developed a microstructural, mineralogical and geochemical study of the weathering process in a contact between a granitic rock and a lamprophyre. In the granitic rock the main weathering products are gibbsite, under strongly leaching conditions, and 1:1 phyllosilicates when the drainage is lesser. In the lamprophyre the products are 1:1 phyllosilicates, vermiculitic integrades and iron oxides; the abundance of this oxides permit the conservation of rock structure till advanced stages of weathering.

The overall process is monosiallitic (fermonosiallitic in the basic rock), although an alitic tendency can be appreciated during the initial stages of the granitic rock weathering. The abrasion pH is good index to asses the weathering degree of these rocks.

Key words: Weathering, Granite, Lamprophyre, Contact, Abrasion pH.

TABOADA, T. M.; ROMERO, R.; GARCIA, C.; MACIAS, F.

(Departamento de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Biología. Universidad de Santiago)

INTRODUCCION

Los estudios sobre meteorización realizados hasta ahora en Galicia tenían por objeto analizar los procesos desarrollados en extensos afloramientos rocosos en los que las condiciones del medio de alteración (climáticas, topográficas, de drenaje, etc...) presentaban ciertas variaciones. En este caso se realiza un estudio en el que, manteniendo constantes todos los factores que influyen en los procesos de meteorización, es la composición de la roca original la única variable; con este fin se analiza una zona de contacto entre una roca ácida (granito) y una básica (lamprófidio). El análisis de los procesos de meteorización en zonas de contacto es un tema no sólo inabordable en Galicia, sino también muy poco frecuente en la bibliografía y únicamente cabría destacar en este campo los trabajos de CLEMENCY, Ch, V. (1976) y CLEMENCY Ch, V. y BUSEMBERG, E. (1976), llevados a cabo en regiones de clima tropical.

CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

El contacto estudiado se encuentra situado en la zona noroccidental gallega (coordenadas aproximadas 42° 56' 45'' N - 8° 56' 40'' W), muy próximo a la localidad de Mazaricos y cerca del lugar donde el río Beba vierte sus aguas en el Xallas. Se sitúa sobre el granito de la Ruña perteneciente al grupo de los granitos sincinemáticos hercínicos (Arps. C. E. S., 1970); se trata de un granito porfídico con abundantes megacristales de hasta 4 cm de longitud, orientada por el flujo magmático y reorientado por las últimas fases de deformación hercínica (BARRERA, J. L. et al. 1981). El lamprófidio asociado es horbléndico y ha hecho intrusión después de la última fase de deformación hercínica (FLOOR, P. 1968).

Geomorfológicamente la zona presenta una superficie con altitud media en torno a

los 400 m con cumbres que superan los 500 m. Por tratarse de una zona muy fracturada con grandes diferencias litológicas la red de drenaje que la recorre se adapta, generalmente, a los materiales que oponen menor resistencia a la erosión.

El clima que soporta actualmente el área se caracteriza por registrar una elevada precipitación, la cantidad de lluvia caída anualmente oscila entre 1.400 y 2.100 mm. El régimen térmico es suave y regular; así, la temperatura media del mes más cálido no supera los 21 °C y la temperatura media del mes más frío no baja de 6,8 °C (CARBALLERA, A. et al. 1983).

Según los criterios de la Soil Taxonomy (1975) el clima del suelo se caracteriza por un régimen hídrico de tipo údico y un régimen térmico méxico.

MATERIAL Y METODOS

En el contacto se han tomado muestras de ambos tipos de rocas en estado fresco y alterado; además se ha recogido una muestra de un pequeño enclave de saprolita granítica que aparece entre la saprolita básica (Fig. 1).

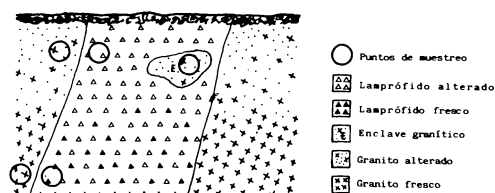


Fig. 1

Las muestras disgregables se recogieron en cajas de Kubiena, procurando no alterar su estructura y anotando su orientación.

La determinación del color en húmedo y en seco se ha hecho de acuerdo con las claves internacionales Munsell Soil Color Charts (1975).

Con las muestras se realizaron: Análisis mecánico (GUITIAN, F. y CARBALLAS, T., 1976); densidad real (GUITIAN, F. y

CARBALLAS, T. 1976); densidad aparente (mediante picnómetro, en muestras secas al aire e impermeabilizadas con una laca); análisis de la microestructura (las descripciones siguen la terminología de STOOPS, G. et al., 1979 y BULLOCK, P. et al. 1984); análisis mineralógico, tanto por D.R.X. (polvo cristalino y agregado orientado de la muestra total y de las fracciones arena, limo y arcilla) como por observación al microscopio óptico (láminas delgadas de la muestra total y preparaciones de arenas). Las determinaciones químicas realizadas son: pH en agua (1,5 gr: 2,5 ml), pH de abrasión y concentración de cationes en la solución de abrasión (GRANT, W. H., 1969), análisis químico total (GUITIAN RIVERA, F. 1981); análisis químico de la fracción arcilla, para lo cual los cationes que ocupan posiciones de cambio se determinan utilizando como solución reemplazante Cl_2Ba 0,6 M y en la solución obtenida se valoran Ca, Mg, Al, Na y K por espectrofotometría de absorción y de emisión atómica. El residuo sólido de la operación anterior se lava con

agua y alcohol, se deja secar a 110°C y se disuelve (GUITIAN RIVERA, 1981) analizándose en la solución resultante Ca, Mg, Na, K, Al, Si, Fe y Ba.

La suma de Ca, Mg, Na, K y Al, expresada en meq/100 gr de suelo, obtenidos en la cuantificación de la solución de reemplazamiento, representa la capacidad de cambio efectiva CICE; mientras que la cuantificación del Ba, expresada en meq/100 gr de suelo nos permite conocer la capacidad de cambio total (T).

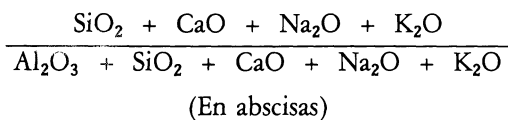
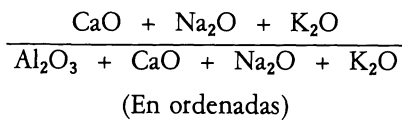
La evolución geoquímica que sufren los materiales durante la alteración se ha estudiado con la ayuda de los diagramas triangulares del tipo de los propuestos por CHESWORTH W. (1973), observándose además el comportamiento relativo de lo que dicho autor denomina «sistema residual» (sistema $SiO_2 - Al_2O_3 - Fe_2O_3$).

Los índices de PARKER, A. (1970), en cuyo numerador se expresan las cantidades de Ca, Na, Mg y K en átomos-gramo y en cuyos denominadores figuran las energías de enlace de estos cationes con el oxígeno:

$$I_a = \left(\frac{Ca}{0.7} + \frac{Mg}{0.9} + \frac{K}{0.25} + \frac{Na}{0.35} \right) \times 100$$

nos proporcionan una buena información de los elementos más móviles del sistema de alteración.

Siguiendo a KRONBERG, B. I., y NESBITT, M. (1981) se ha representado en un diagrama la evolución de los valores molares:



Finalmente se ha tratado de determinar el orden de movilidad de los elementos a partir de cálculos isovolumétricos, iso- Fe_2O_3 e iso- Al_2O_3 ya que Fe y Al son considerados normalmente como los elementos menos móviles en los medios de alteración no hidromorfos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Morfología

En la zona de contacto el aspecto más llamativo es la diferencia de color de los productos de alteración de los dos tipos de

rocas; así puede observarse que estos colores varían entre pardo amarillento claro (2,5Y 6/4 en húmedo y gris claro (2,5 Y 7/2 en seco) en el granito alterado; y pardo fuerte (7,5 YR 5/8 en húmedo) y amarillo rojizo (7,5 YR 6/8 (s)) en el caso del lamprófido alterado. El enclave granítico presenta zonas abigarradas con tonos blanco rosáceo (7,5 YR 8/2) y rojo claro (10 YR 6/8) en húmedo y blanco (10 YR 8/1) y rojo claro (10 R 6/6) en seco. También hay que señalar la presencia de recubrimientos sequioxídicos de Fe y Mn en la zona de alteración del lamprófido, películas que en algunos casos llegan a introducirse ligeramente en el enclave granítico.

Otro rasgo diferenciador de los productos de alteración de los dos tipos de rocas es el grado de compactación del material, mucho más alto en el caso del lamprófido, ya que los materiales graníticos presentan una fácil disgregación como corresponde al proceso descrito clásicamente como arenización de este tipo de materiales.

Evolución microestructural y mineralógica

En la muestra de granito fresco se aprecia como los fenocristales de feldespato alcalino se encuentran pertitzados y maclados según CARLSBAD; se observa también, a veces, la macla polisintética de la albita, apreciándose en algún caso, intercrecimientos mirmequíticos.

El cuarzo es heterogranular, alotriomorfo y con frecuencia tiene extinción ondulante. La moscovita aparece en grandes cristales tabulares; la biotita, con inclusiones de circon, está frecuentemente orientada y, finalmente, la clorita aparece como mineral accesorio.

La muestra de granito alterado está constituida por una masa basal arcillosa, con contextura de tipo cristalítico (BULLOCK, P. *et al.*, 1984), que con la ayuda de los análisis por D.R.X. puede identificarse como gibbsítica; en esta matriz destacan granos heterométricos constituidos por

cuarzo y nódulos pseudomorfo graníticos, apreciándose también restos de feldespatos con alteración lineal paralela de grado 3 y 4 (Stroops *et al.*, 1979) y biotitas, fracturadas y desfleçadas, con alteración lineal paralela de grado 1 y 2 (STOOPS *et al.*, 1979) pero que todavía conservan su color y pleocroismo.

Existen dos diferencias fundamentales entre la muestra anteriormente descrita y el enclave granítico, la primera de ellas radica en que la masa basal de este último es más caolinítica, hecho que se ha comprobado con la ayuda de la D.R.X., si bien el estudio microscópico permite ver zonas donde ya parece identificarse este tipo de filosilicato, entre estas zonas destacan las asociadas a las numerosas venas y grietas que, como un entramado, recorren la saprolita. La otra diferencia destacable es que prácticamente los únicos granos que se conservan en el enclave son los de cuarzo.

La roca básica es un lamprófido horbléndico de textura porfídica con fenocristales de anfíboles idiomorfos o subdiomorfos y pequeños granos alotriomorfos de feldespatos, con clorita y minerales opacos como accesorios.

En las primeras etapas de la alteración se observan ya ligeras transformaciones en los anfíboles que adquieren un color verde pálido y un débil pleocroismo; por otra parte, tanto las líneas de exfoliación de estos minerales como las grietas interminerales comienzan a rellenarse de oxi-hidróxidos de hierro. Los feldespatos sufren inicialmente un modelo de alteración de tipo punteado pero, tras las etapas iniciales del proceso, sólo se conservan de ellos diminutos residuos dispersos.

Finalmente la saprolita básica aparece constituida por una masa arcillosa con abundante oxi-hidróxidos de hierro (en muchos casos se observa goethita) que al haber penetrado a través de las grietas de los anfíboles, facilitando su alteración lineal entrecruzada, permiten la conservación de «fantasmas» de estos minerales. Esta saprolita es

tá atravesada por venas rellenas de arcilla con películas de oxihidróxidos de hierro y manganeso en su interior.

La textura de las muestras alteradas se refleja en la tabla n.º I, en ella puede observarse que las muestras graníticas poseen tex-

turas más gruesas, que van de franco-arenosa a franca; mientras que en el lamprófido alterado, aunque el análisis granulométrico da como resultado una textura franca, se ha observado la formación de pseudopartículas (constituídas por la agrupación de arcillas

Tabla n.º I. Análisis granulométrico (%)

	Granito alterado	Enclave granítico	Lamprófido alterado
Gravas	7.1	12.4	2.1
A.G. 2-0.2 mm	40.6	39.6	17.5
A.F. 0.2-0.05 mm	18.6	10.9	23.6
L.G. 0.05-0.02 mm	14.0	5.1	14.3
L.F. 0.02-0.002 mm	16.9	27.9	30.2
Arcilla ≤ 0.002 mm	9.9	16.5	14.4
Textura	Franco-arenosa	Franca	Franca

protegidas por una película sesquioxídica) que son muy difíciles de destruir por los procedimientos usuales de la dispersión, lo que nos conduce a pensar que los resultados del análisis granulométrico de estas muestras son deficitarios en fracciones finas. Esta

característica es similar a la descrita por PEDRO, G. et al. (1976) para suelos fuertemente alterados y ricos en sesquioxidos.

La identificación microscópica de la fracción arena (Tabla n.º II) refleja diferencias importantes entre los dos tipos de saprolitas

Tabla n.º II. Identificación microscópica de la fracción arena (%)

	Granito alterado	Enclave granítico	Lamprófido alterado
Cuarzo	45.6	40.2	1.0
Feldespatos	37.9	38.1	--
Micas	8.2	12.7	--
Clorita	6.8	6.9	--
Opacos	--	0.6	--
Fragmentos de roca	1.5	1.5	--
Alteritas **	--	--	99.0

** Las alteritas han sido identificadas por D.R.X., análisis que se recoge en la Tabla n.º III

estudiados, puesto que las arenas graníticas están constituidas fundamentalmente por cuarzo, feldespato y mica y en las arenas básicas, salvo una pequeña proporción de cuarzo y anfíbol, los componentes mayoritarios son materiales muy alterados, cuya identificación al microscopio petrográfico no es posible, por lo que se hace necesario acudir a la realización de análisis por D.R.X., cuyos resultados se recogen en la tabla III.

El estudio mineralógico por D. R. X. de la muestra total (Tabla n.º III) señala como rasgo más característico el hecho de que, habiendo tomado las muestras de granito y de lamprófido fresco al mismo nivel, el primero de ellos está constituido exclusivamente por minerales primarios mientras que en el lamprófido ya aparecen minerales secundarios como son los filosilicatos 1:1 dioctaédricos e intergradados vermiculíticos.

En el granito la meteorización provoca la destrucción parcial de los feldespatos (efectos en torno a 3.18–3.22 Å) y la neoformación de gibbsita (4.82 Å), mientras que en las primeras etapas el cuarzo (3.33 Å) y las micas (10 Å) permanecen inalterados. En el caso concreto del enclave granítico sus constituyentes principales son cuarzo y filosilicatos 1:1 dioctaédricos (7.15 Å). Por tanto podemos ver que el grado de evolución de estas dos saprolitas graníticas es distinto, dato que se refleja todavía con más fuerza al analizar las arcillas de estas dos muestras. Así, mientras que las arcillas del «granito alterado» están constituidas fundamentalmente por gibbsita las del enclave presentan principalmente filosilicatos 1:1 dioctaédricos. Este hecho tendría su explicación en la existencia de dos microsistemas de alteración distintos. En el caso del «granito alterado» la gran permeabilidad de la saprolita granítica permitiría la fuerte lixiviación de la sílice con lo que permanecería el aluminio como único elemento inmóvil, mientras que, dado que el enclave granítico se encuentra sobre una saprolita de roca básica cuya permeabilidad es mucho menor, la sí-

lice se lixiviaría más lentamente (el tiempo de residencia sería mayor) y se facilitarían la formación de filosilicatos 1:1 dioctaédricos.

Por otra parte hay que tener en cuenta, tal como apuntan los datos encontrados hasta ahora en el estudio de los medios de alteración gallegos (MACIAS *et al.*, 1980), que la gibbsita es metaestable en estos medios por lo que en fases de meteorización más avanzadas se transformaría en minerales caoliníticos.

La fracción limo de las saprolitas graníticas tiene una composición mineralógica intermedia entre la de las fracciones arena y arcilla.

En la evolución del lamprófido lo más destacable es el descenso del contenido en anfíboles (efecto típico a 8.34 Å) y de la clorita (efecto en torno a 14.25 Å), produciéndose al mismo tiempo un incremento notable de filosilicatos 1:1 dioctaédricos (presentes en todas las fracciones pero cuya cristalinidad desciende a medida que disminuye el tamaño de partícula), integrados vermiculíticos (minerales que, saturados en Mg o K presentan efectos sobre 14 y 12 Å y que al calentar las muestras, saturadas en K, a temperaturas de 110° 300° y 550°, se produce un colapsamiento paulatino de las estructuras hasta un espaciado en torno a 10 Å).

La composición de las distintas fracciones granulométricas de esta saprolita es muy similar tal como puede observarse en la Tabla n.º III.

Evolución geoquímica

El primer indicio del grado de alteración que presenta cada una de las muestras, tanto de las rocas ácidas como básicas, nos lo proporciona el contenido en agua puesto que se incrementa a medida que la meteorización progresa. Además este dato pone en evidencia el distinto grado de alteración que presentan las rocas seleccionadas como más frescas dentro de cada perfil (Tabla n.º IV) ya que el granito posee una proporción de

Tabla III. Composición mineralógica (Análisis por D.R.X.)

		Cuarzo	Mica	Feldspatos	Anfíboles	Clorita	Integrados vermiculíticos	Filosil.1:1	Gibbsita	Goethita ^a	Fondo radiac.	
											30°	50°
Granito fresco	Muestra total	xxx	xx	xxx	--	--	--	--	--	--	10	7
Granito Alterado	Muestra total	xxx	T	xx	--	--	--	--	x	--	15	10
	Arena	xxx	T	xxx	--	--	--	--	--	--	15	10
	Limo	x	x	xx	--	--	x	x	xxx	--	15	10
Enclave Granítico	Arcilla	--	--	--	--	--	T	T	xxx	--	15	12
	Muestra total	xxx	T	--	--	--	--	xx	x	--	15	10
	Arena	xxx	--	x	--	--	xx	x	--	--	20	12
Lamprófidio Fresco	Limo	x	x	--	--	--	x	xx	x	--	15	10
	Arcilla	--	T	--	--	T	T	xxx	x	T	15	12
Lamprófidio Alterado	Muestra total	--	T	T	xx	xx	T	x	--	--	23	19
	Muestra total	--	--	--	T	--	T	xx	--	xx	25	23
	Arena *	T	--	--	T	--	xx	xx	--	xx	28	25
Lamprófidio Alterado	Limo	--	--	--	--	T	x	xx	--	xx	28	25
	Arcilla	--	--	--	--	--	x	xx	--	xx	30	27

* «pseudopartículas»

agua (1.77 %) mucho más baja que el lamprófido (14.02 %).

Otro rasgo que también demuestra el distinto grado de alteración de las dos muestras es la densidad, como se ve en la Tabla n.º IV, las densidades son similares, pero hay que tener en cuenta que las rocas básicas, dada su naturaleza mineralógica,

poseen densidades más elevadas que las ácidas y, por tanto, si el lamprófido estuviera fresco su densidad sería más alta. En la Tabla n.º IV también puede apreciarse que en cada uno de los tipos de rocas la densidad desciende a medida que avanza la alteración.

En los materiales alterados, tanto ácidos

Tabla n.º IV. Composición química de la muestra total y densidades

	Granito		Enclave granítico	Lamprófido	
	Fresco	Alterado		Fresco	Alterado
SiO ₂	76.61	74.59	66.34	35.55	39.92
Al ₂ O ₃	12.75	12.05	18.04	18.28	23.15
Fe ₂ O ₃	1.63	1.79	1.97	10.49	13.30
MnO	0.02	0.02	0.05	0.15	0.05
MgO	0.39	0.27	0.66	4.39	2.28
CaO	0.73	0.05	0.31	13.61	<0.002
Na ₂ O	0.27	<0.002	<0.002	0.24	<0.002
K ₂ O	4.98	3.45	0.36	1.33	0.27
TiO ₂	0.82	0.68	0.66	1.94	1.94
H ₂ O ⁻	0.33	1.95	3.21	4.68	7.21
H ₂ O ⁺	1.47	5.15	8.4	9.34	11.81
Densidad aparente	--	2.36	1.60	--	1.58
Densidad real	2.66	--	--	2.58	--

como básicos, el curso de la meteorización nos muestra una importante pérdida de bases, fundamentalmente Ca, Na, Mg y K, hecho que queda reflejado en los índices de PARKER (Fig. n.º 2); el que este índice sea más elevado en la roca básica de partida se explica porque estas rocas presentan mayor proporción de bases, especialmente elementos alcalinotérreos. También puede observarse como los valores de este índice en el enclave granítico y en el lamprófido alterado se sitúan en las zonas que se han definido para Galicia como de bajo contenido en bases (MACIAS, F. et. al., 1982).

La representación de los índices propuestos por KRONBERG y NESBITT (Figura n.º 3) sigue con una gran aproximación

la curva teórica definida por estos autores, llegando a situarse en zonas bastante avanzadas tanto el lamprófido alterado (cercano al punto donde se representan suelos muy evolucionados) como el enclave granítico (próximo al punto del cuarzo).

El diagrama de CHESWORTH (Figura n.º 4) sitúa a las muestras en lo que podríamos considerar dos campos, apareciendo el «lamprófido fresco» en la zona más alejada del vértice donde se representa el 100 % de SiO₂ - Al₂O₃ - Fe₂O₃ y las muestras graníticas, junto con el lamprófido alterado, próximas a este sistema residual.

El que la roca granítica fresca se aproxime al citado vértice se debe principalmente a su elevado contenido en SiO₂ y no que a se

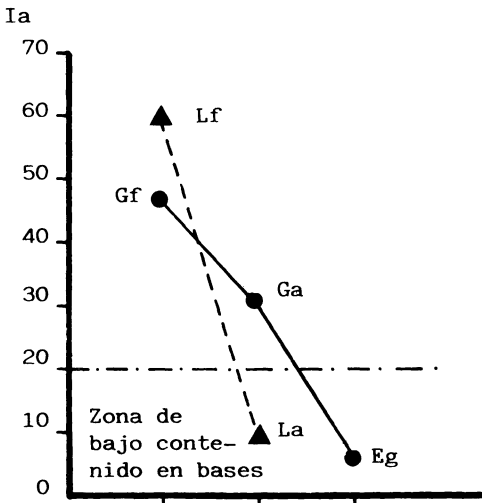


Fig. 2. Índice de Parker
 Gf = granito fresco
 Ga = granito alterado
 Eg = enclave granítico

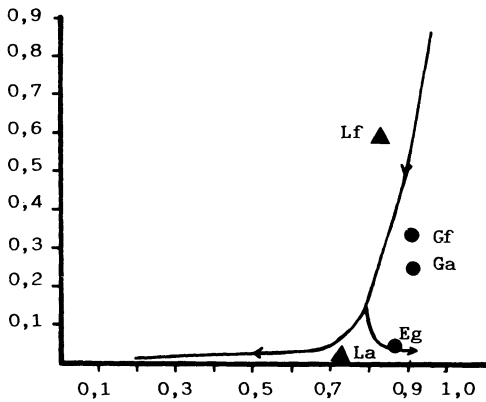


Fig. 3. Diagrama de Kromberg y Nesbitt.
 Lf = Lamprófido fresco
 La = Lamprófido alterado

encuentre en una fase avanzada de meteorización, dato que concuerda con los estudios de alteración de rocas graníticas realizadas en Galicia (CALVO, R. M. et al. 1981).

En cuanto a las variaciones que experimentan entre si los tres componentes del sistema residual (Figura n.º 5) cabe señalar

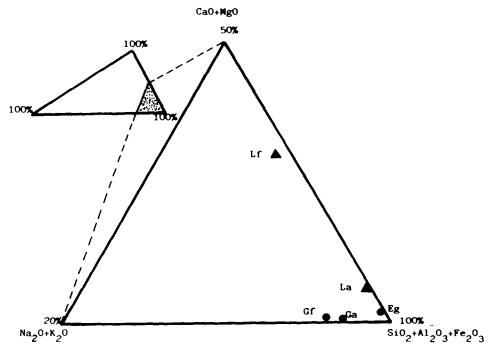


Fig. 4. Diagrama de Chesworth.
 Gf = Granito fresco
 Ga = Granito alterado
 Eg = Enclave granítico
 Lf = Lamprófido fresco
 La = Lamprófido alterado

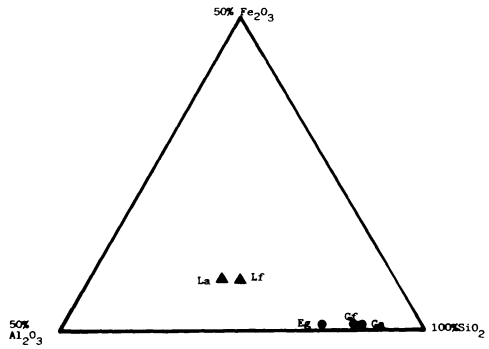


Fig. 5

que, tanto las rocas ácidas como las básicas, manifiestan una tendencia a la acumulación relativa de Al y pérdida de Si a medida que progresa la alteración.

Los diagramas iso-Fe₂O₃, iso-Al₂O₃ y los cálculos isovolumétricos propuestos por MILLOT y BONIFAS, M. (1955) muestran que la movilidad es:

— Entre granito fresco y alterado:
 Na > Ca > Mg, K > Si > Fe > Al

— Entre lamprófido fresco y alterado:
 Na, Ca > K > Mg > Si > Al, Fe

También hay que señalar que los resultados obtenidos a partir del estudio del pH

de abrasión concuerdan con lo predicho por GRANT, W. H. (1969), ya que tienden a descender a medida que se incrementa el grado de alteración; presentándose además una buena correlación entre estos valores y

los contenidos de Na y K de la solución de abrasión (Tab. 5; Fig. 6).

El estudio químico de la fracción más evolucionada de cada una de las muestras nos permite señalar, como era previsible,

Tabla n.º V. pH en agua, pH de abrasión y concentración de cationes en la solución de abrasión

	Granito			Lamprófido	
	Fresco	Alterado	Enclave granítico	Fresco	Alterado
pH agua	--	5,45	4,99	--	4,73
pH abrasión	6,95	5,23	4,84	5,53	4,44
Ca (ppm)	10,0	6,2	22,0	7,0	5,4
Mg (ppm)	1,4	0,6	3,0	1,7	0,7
Na (ppm)	15,0	7,2	8,4	6,0	5,8
K (ppm)	20,6	8,2	3,4	1,6	1,6

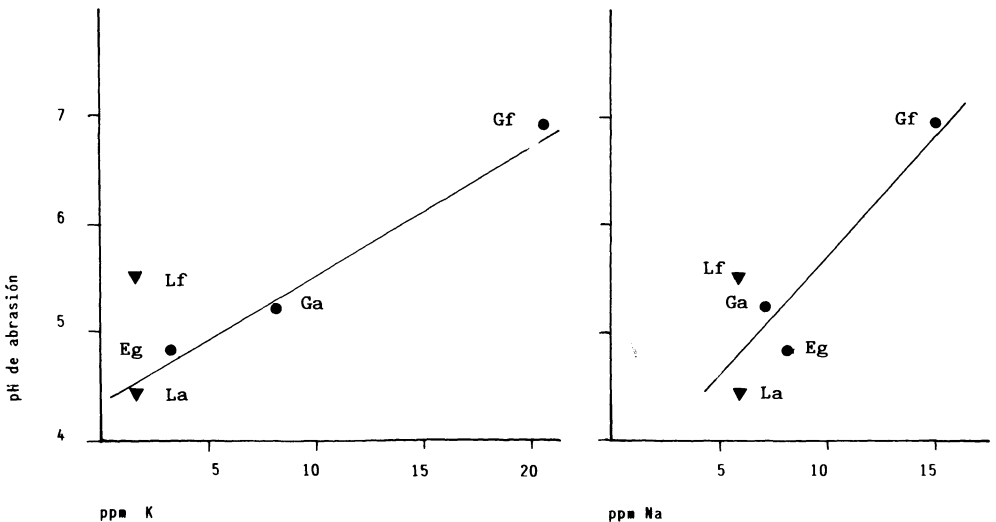


Fig. 6. Relación entre el pH de abrasión y la concentración de Na y K en la solución de abrasión.

que la fracción coloidal presenta en su composición química fundamentalmente SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 ; aunque, como puede observarse en la (Tabla n.º VI), la cantidad de Fe_2O_3 es muy superior en la saprolita básica y la de Al_2O_3 en las saprolitas ácidas.

El resto de los elementos aparecen en una proporción mucho menor y en general se encuentran ocupando posiciones de cambio (Tabla n.º VII), a excepción del Mg que es en su mayor parte estructural (estaría formando parte de arcillas trioctaédricas).

Tabla n.º VI. Análisis total de arcillas (%)

	Granito alterado	Enclave granítico	Lamprófidio alterado
SiO ₂	60.66	71.25	70.68
Al ₂ O ₃	35.64	24.96	13.81
Fe ₂ O ₃	2.04	2.29	13.94
MgO	0.24	0.57	0.85
CaO	0.36	0.23	0.11
Na ₂ O	0.80	0.53	0.58
K ₂ O	0.26	0.17	0.03

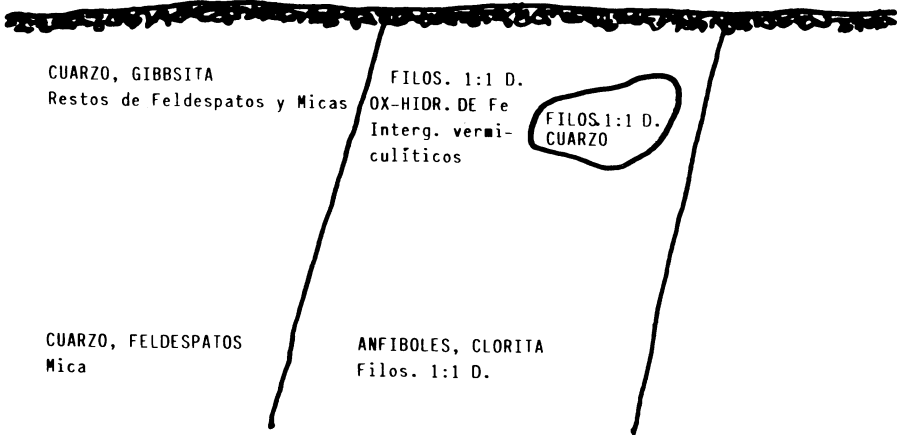
Tabla n.º VII. Capacidad de cambio de arcillas (meq/100 gr)

	Granito alterado	Enclave granítico	Lamprófidio alterado
Al	0.66	0.78	0.67
Ca	12.77	8.18	3.99
Mg	1.65	1.32	0.82
Na	20.27	16.18	14.18
K	1.10	1.00	0.74
CICe	36.45	27.46	20.40
T	35.13	41.32	42.96

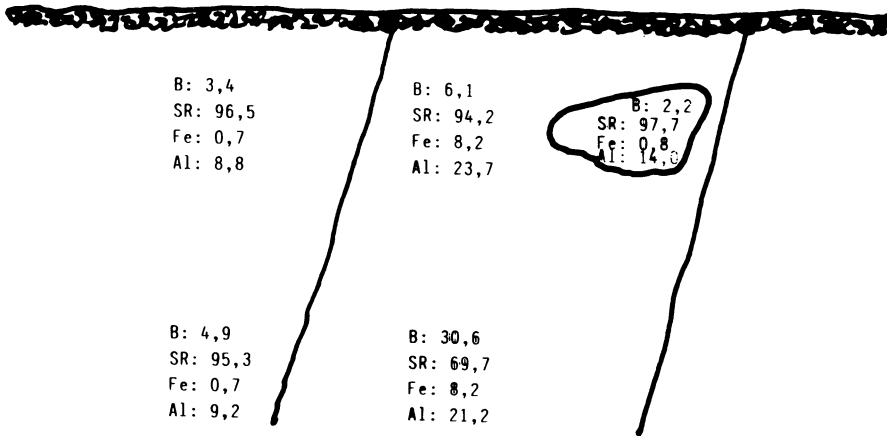
Tabla n.º VIII. Porcentaje de elementos en posiciones de cambio respecto a la composición total de la arcilla.

	Granito alterado	Enclave granítico	Lamprófidio alterado
Al	0.03	0.04	0.07
Mg	12.50	5.26	2.35
Ca	100.00	100.00	100.00
Na	78.75	94.34	75.86
K	19.23	29.41	100.00

EVOLUCION MINERALOGICA



EVOLUCION GEOQUIMICA



B= % molar de bases
 SR= Sistema residual (% molar de $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$)
 Fe= % molar de Fe_2O_3
 Al= % molar de Al_2O_3

Fig. 7. Esquema resumen de la evolución mineralógica y geoquímica.

Los datos encontrados nos permiten decir que el tipo de meteorización (PEDRO, 1979) que se desarrolla en las rocas ácidas pasa, en medios bien drenados, por una fase inicial de alitización, manifestándose

posteriormente una tendencia monosialítica. En las básicas el tipo de meteorización es fermonosialítica (Figura n.º 7).

*Recibido 3-II-87
 Admitido 18-II-87*

BIBLIOGRAFIA

- ARPS, C. E. S. (1970). Petrology of a part of the Western Galician basement between the Rio Jallas and the Ria de Arosa (NW Spain). *Leidse Geol. Med.*, 46, 51-55.
- BARRERA, J. L.; BELLIDO, F.; CASQUET, C.; NAVIDAD, M. (1981). Memoria del mapa geológico n.º 93 (Outes) del I. G. M. E. Escala 1:50.000.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. (1984). *Handbook for soil thin section description*. Wayne Research Publications. London.
- CALVO DE ANTA, R.; GUITIAN RIVERA, F. MACIAS, F. (1981). Alteración del granito de Monte Meda (La Coruña). Datos preliminares. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 2, 245-251.
- CALVO DE ANTA, R. M.; GUITIAN, R. F.; MACIAS, F. (1981). Aspectos geoquímicos de la alteración de un granito de dos micas en Galicia. *Acta Científica Compostelana*, 18, 287-313.
- CARBALLEIRA, A.; DEVESA, C.; RETUERTO, R.; SANTILLAN, E.; UCIEDA, F. (1983). *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Barrié de la Maza. La Coruña.
- CHESWORTH, W. (1973). The Residua system of chemical weathering: a model for the chemical breakdown of silicate rocks at the surface of the Earth. *J. Soil. Sci.*, 24, 69-81.
- CLEMENCY, Ch. V. (1976). Simultaneous weathering of a granitic gneiss and a intrusive amphibolite dike near São Paulo, Brazil, and the origin of the clay minerals. *Proc. Int. Clay Conference*. Mexico (Ed. S.W. Bailey, (15-25).
- CLEMENCY, Ch. V.; BUSENBERG, E. (1976). A comparison of the chemistry and mineralogy of weathering sequences from quartz-rich and quartz-free rock from Brazil. *Proc. Symposium on water-rock interaction*. Geol. Survey. Praga. 54-63.
- CLEMENCY, Ch. V. (1977). A quantitative geochemical, mineralogical and physical study of some selected rock weathering profiles from Brazil. Dep. of Geol. Sciences. Univ. New York and Buffalo.
- FLOOR, P. (1968). Basement rocks of Western Galicia as source for the minerals in the Ria de Arosa. *Leid. Geol. Med.* 37, 69-79.
- GRANT, W. H. (1969). Abrasion pH, an index of chemical weathering. *Clays and Clay Minerals*, 17, 151-155.
- GUITIAN OJEA, F.; CARBALLAS, T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- GUITIAN RIVERA, F. (1981). Estudio de las materias primas cerámicas gallegas. Tesis Doctoral. Fac. de Químicas. Univ. de Santiago.
- KRONBERG, B. I.; NESBITT, M. (1981). Quantification of weathering soil geochemistry and soil fertility. *J. Soil Sci.*, 32, (3), 453-459.
- MACIAS, F.; GARCIA-RODEJA, E.; GUITIAN, F.; PUGA, M. (1980). Origen y distribución de la gibbsita en Galicia. *An. Edaf. Agrobiol.* XXXIX, 1533-1563.
- MILLOT, G.; BONIFAS, M. (1955). Transformation isovolumétrique dans les phénomènes de lateritisation et bauxitisation. *Bull. Serv. Carte Geol. Alsace-Lorraine. Strasbourg* 8, 3-10.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1975). Macbeth division of Kollmorgen corporation.
- PARKER, A. (1970). An index of weathering for silicate rocks. *Geol. Mag.* 501-504.
- PEDRO, G.; CHAUVEL, A.; MELFI, A. J. (1976). Recherches sur la constitution et genèse de terra roxa estructurada du Brasil. *Ann. Agron.*, 27, (3), 165-294.
- PEDRO, G. (1979). Caractérisation générale des processus de l'alteration hydrolytique. *Science du sol.*, 2-3, 93-105.
- SOIL CONSERVATION SERVICE (1975). *Soil Taxonomy* U. S. Dep. Agric. Washington D. C.
- STOOPS, G.; ALTERMULLER, H. J.; BISDOM, E. B. A.; DELVIGNE, J.; DOBROVOLSKY, V. V.; FITZPATRICK, E. A.; PANEQUE, G.; SEEMAN, J. (1979). Guidelines for the description of mineral alterations in soil micromorphology. *Pedologie*, XXIX. (1) 121-135.