

# EL FACTOR MATERIAL DE PARTIDA EN LOS SUELOS DE «LAS MARIÑAS».

## 1. ALTERACION DE LAS ROCAS METABASICAS.

Por F. Macías Vázquez (\*); C. García Paz (\*); M. Giménez de Azcárate (\*) y M. C. Villar Celorio (\*\*).

### RESUMEN

El estudio de las transformaciones químicas y mineralógicas que experimentaron las rocas metabásicas de las Mariñas durante su alteración indican la actuación de un proceso fersialítico en medio ácido, con formación de caolinita y oxihidróxidos de Fe y pérdida prácticamente total de los elementos alcalinos y alcalino-térreos.

La fosilización de las saprolitas y suelos formados a partir de estas rocas alteradas por los diversos niveles de terrazas del río Mero y/o abanicos aluviales permiten afirmar que se trata de una alteración pre-würmiense.

### SUMMARY

The study of the chemical and mineralogical changes experimented by the metabasic rocks in «Las Mariñas» during its weathering, shows the action of fersialitic process in an acid environment, resulting weathering products as kaolinite and hydrated iron oxides and almost complete loss of bases.

The fossilization of the saprolites and soil derived from these weathered rocks by the terraces of the river Mero and/or the alluvial fans, let us state that we are dealing with a pre-würmiense weathering.

### INTRODUCCION

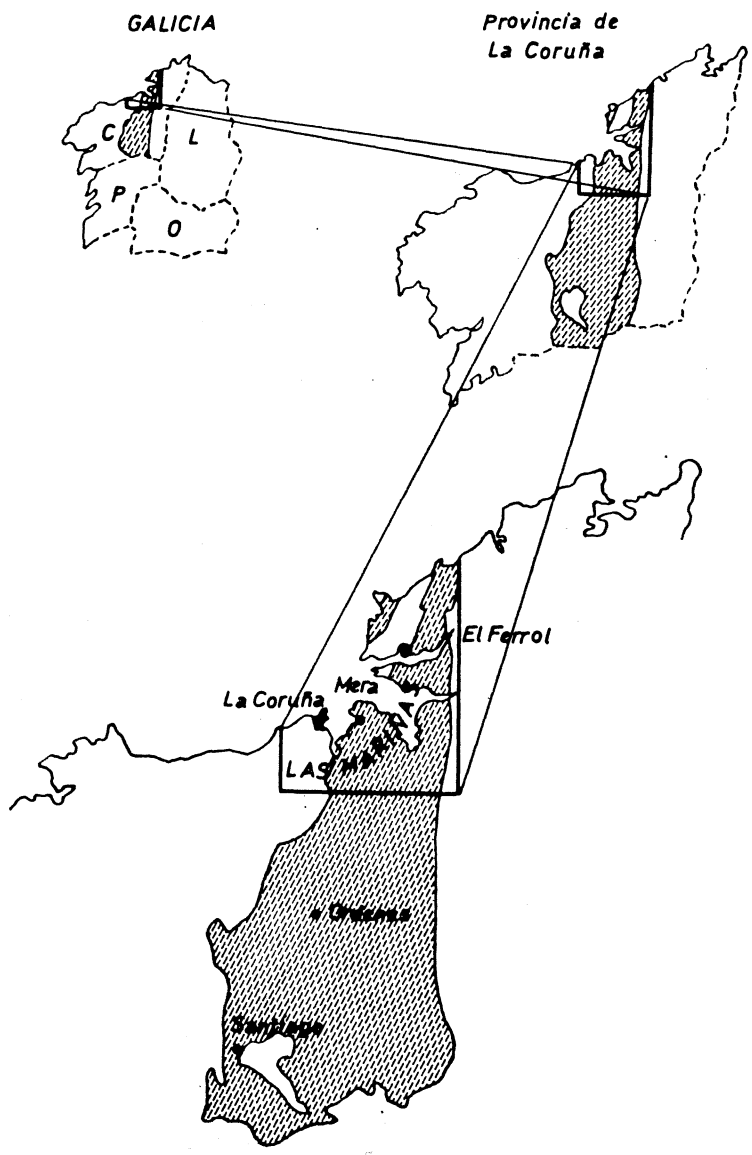
La influencia del factor «materia original» sobre los procesos de edafogénesis y las propiedades del suelo, ha sido señalada por un gran número de autores, desde la denominada «escuela alemana» de finales del siglo XIX hasta los autores actuales. Al mismo tiempo, ya desde antiguo se reconoce la diferencia que hay entre la roca o material geológico y la saprolita formada por alteración de ella y a partir de la que se forma el suelo, a veces directamente, pero en la mayor parte de los casos tras haber sufrido un proceso de movilización en el curso del cual se producen una serie de modificaciones físico-químicas que van a jugar un gran papel en el desarrollo futuro del suelo.

---

(\*) Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia. Santiago.

(\*\*) Instituto de Investigaciones Agrobiológicas. C. S. I. C. Santiago.

SITUACION DE LA ZONA DE LAS MARIÑAS, Y AREA DE LAS ROCAS DE LA SERIE DE ORDENES-BERGONDO.



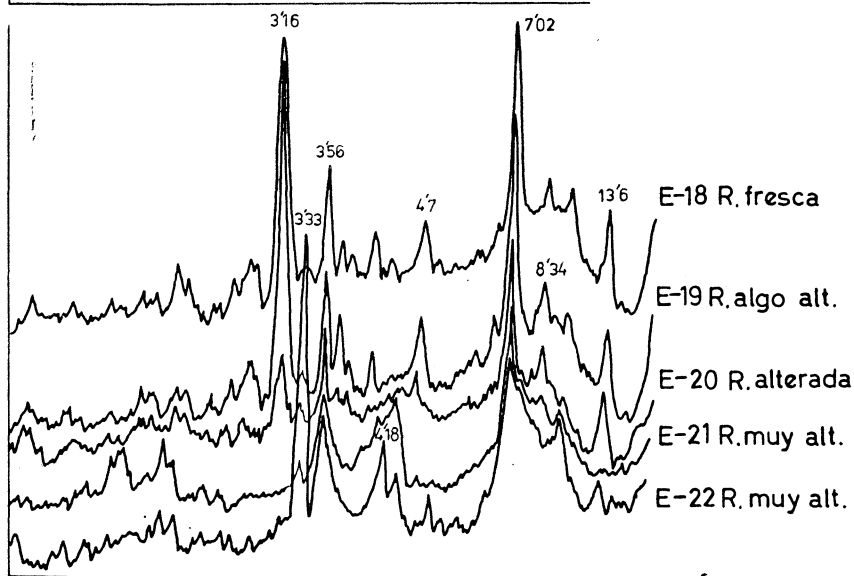
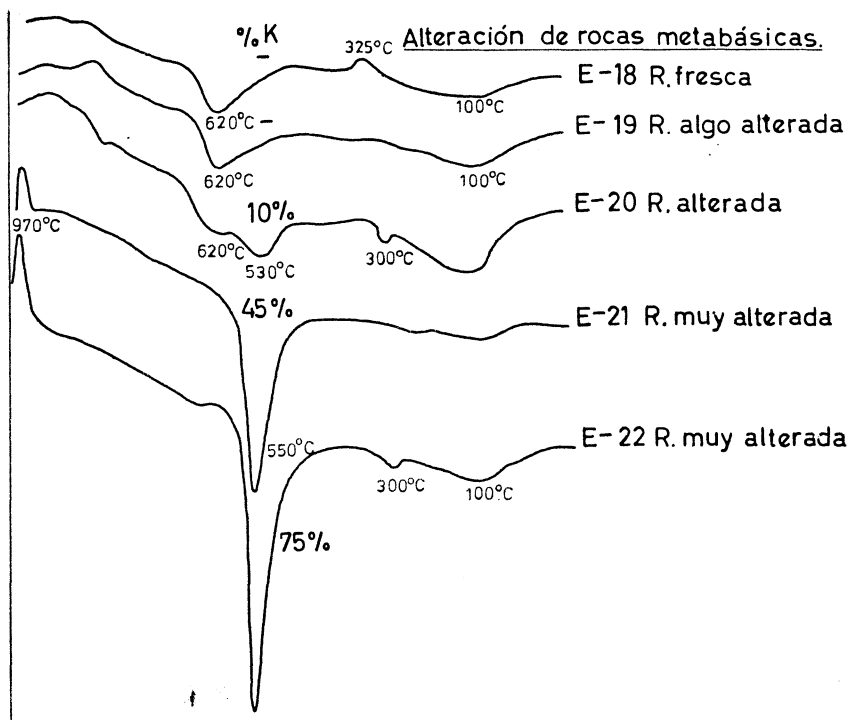


Fig. 2.—Diagramas de ATD y DRX de la secuencia de alteración de las rocas metabásicas de las Marifías

Teniendo en cuenta lo anterior, resulta curioso observar cómo en muchos trabajos en los que se analizan los factores de formación, el material de partida queda reducido a un análisis de la geología de la zona, lo que sí en terrenos sedimentarios ya es discutible, en zonas donde las rocas han sido consolidadas en remotos períodos geológicos es totalmente inadmisibile. Así pues, en estos casos se hace necesario conocer no sólo la composición petrológica de esas rocas, precámbricas o paleozoicas, sino también las modificaciones que han sufrido a lo largo del tiempo, pero especialmente en los períodos terciario y cuaternario, donde verdaderamente se ha formado el material original de la mayor parte de los suelos que, en muchos casos, es ya muy diferente del material que nos indican los mapas geológicos.

Por consiguiente, hay que analizar esos procesos de alteración y comparar posteriormente los minerales existentes en los suelos no sólo con la roca subyacente, sino mucho más estrechamente con el producto de la alteración removido o no, en el que muchas veces ya se encuentran los principales minerales del suelo, tanto los heredados como los de neoformación. En este sentido podemos señalar la presencia de minerales como la gibbsita que se ha puesto en evidencia en repetidas ocasiones en las saprolitas graníticas (Dejou et al 1975), y en gabros en vías de alteración (Macías et al 1979), y de otros minerales como caolinita, haloisita, alofanos, etc., identificados por un gran número de autores ya en las fases iniciales de la alteración de diversos tipos de rocas.

### **Materiales originales de los suelos de las Mariñas**

Los materiales originales de los suelos existentes en el área de las Mariñas pertenecen en su mayor parte a la denominada serie de Ordenes-Bergondo, Precámbrico-Silúrico (Den Tex, 1978), que han sufrido una serie de procesos de alteración y redistribución a lo largo del tiempo, de los que únicamente se reconocen las huellas de los períodos más recientes: Cuaternario y finales del Terciario.

En la zona de Mera los materiales que se han identificado son los siguientes:

- a) **Rocas esquistosas frescas o muy escasamente alteradas.**—Únicamente en las zonas de fuerte erosión, próximas a la costa.
- a) **Rocas esquistosas con alteración intensa en buenas condiciones de drenaje.**—Constituyen el material de partida de la mayor parte de los suelos desarrollados en las penillanuras altas de las Mariñas que forman, según Nonn (1966), los restos de la superficie Tortoniense.

La profundidad de la alteración es variable, llegando en ocasiones a un espesor superior a los 20 metros.

- c) **Rocas esquistosas con alteración intensa en condiciones de drenaje alternante.**—Dada la textura fina de los productos de alteración de estos esquistos, el drenaje no siempre se produce con

facilidad, por lo que es frecuente encontrar en zonas de escasa pendiente y/o próximas a los cursos de agua, antiguos o actuales, los característicos moteados con fuertes contrastes de tonos rojos, amarillos y blancos.

En su mayor parte son, en la actualidad, rasgos paleoedáficos (seudogleys fósiles).

- d) **Rocas esquistosas con alteración intensa en medio de drenaje impedido.**—Aunque este caso es muy poco frecuente y en el área de Mera no podemos considerarlo nunca como material de partida de suelos, se ha seleccionado por su interés genético una muestra, de color gris verdoso, alterada en estas condiciones en las proximidades de Cecebre.
- e) **Rocas metabásicas intensamente alteradas en medio bien drenado.**—Las rocas metabásicas ocupan poca extensión en el área de las Mariñas. Se trata de rocas de tipo anfibolítico que se alteran liberando grandes cantidades de hierro y comunican un intenso color rojo tanto a las saprolitas como a los suelos desarrollados sobre ellas. En la zona de Mera se han localizado en el área de la costa próxima al islote de Santa Ana, pero para el estudio de la alteración hemos utilizado el afloramiento de Cecebre (Parga Pondal, 1966), donde se encuentra la roca en diversos grados de alteración y existe un suelo desarrollado sobre la saprolita.
- f) **Depósitos cuaternarios.**—Por la naturaleza del proceso que les da origen diferenciamos los siguientes:
- «Conos torrenciales» o «abanicos aluviales».
  - «Depósitos de ladera».
  - «Depósitos aluviales».
  - «Depósitos eólicos».

Finalmente hemos de mencionar que en muchos casos el material de partida es una formación paleoedáfica, más o menos erosionada, en la que es frecuente observar una redistribución de los materiales edáficos por acción antropógena dando origen a los típicos suelos en bancales y terrazas en los que se realizan la mayor parte de los cultivos de esta zona (Bouhier, 1978).

## 2. ALTERACION DE LAS ROCAS METABASICAS DE LAS MARIÑAS.

Durante los últimos años se han desarrollado un conjunto de técnicas que pueden aplicarse al estudio de los procesos de alteración, permitiendo la comparación de los efectos de los diferentes sistemas de agresión y la respuesta específica de cada material de partida.

En nuestro caso se han utilizado las técnicas físico-químicas y mineralógicas de uso general (Guitián y Carballas, 1975) junto con algunos

métodos descritos y utilizados en este tipo de estudios por Dejou et al (1977), Chesworth (1973, 77), etc.

### Caracteres generales

Las rocas metabásicas de las Mariñas comprenden un conjunto de materiales de tipo gabroico y anfibolítico que se encuentra formando parte de los denominados «esquistos de Ordenes-Bergondo» (Parga Pondal, 1966). Se caracterizan por su elevado contenido en anfíboles (hornblenda), asociado a cantidades variables de plagioclasas, biotita, turmalina y zircón y granates como accesorios. El cuarzo es muy escaso y únicamente aparece en pequeños filoncillos.

Por su naturaleza fácilmente alterable, resulta difícil encontrar afloramientos en estado fresco, excepto en áreas recientemente erosionadas (zona de costa, valles fluviales, etc.). En estado alterado, su identificación y separación respecto a los esquistos puede resultar conflictiva, especialmente cuando estos últimos se encuentran totalmente meteorizados. Como criterio de diferenciación puede considerarse que los materiales procedentes de la alteración de las rocas metabásicas forman saprolitas y suelos de intenso color rojo y contenidos más altos en óxidos de hierro y arcilla que los procedentes de los esquistos; por otra parte el contenido en cuarzo es también un buen índice ya que en las saprolitas de rocas metabásicas este mineral no es tan abundante. Para el estudio de la alteración de estos materiales se han analizado tres muestras frescas (E-16, E-17 y E-18) y un perfil localizado en Cecebre, donde se pueden observar diversas fases de destrucción del material inicial (muestras E-18, E-19, E-20, E-21 y E-22).

Las características de color y grado de alteración de las diferentes muestras se encuentran en la tabla núm. 1.

TABLA NUM. 1.—LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LAS ROCAS METABASICAS ESTUDIADAS

Núm. muestra	Situación	Color (s)	Grado de alteración	Drenaje
E-16	Mera	Gris 2,5Y5/0	fresca	—
E-17	Mera	Gris 2,5Y6/0	fresca	—
E-18	Cecebre	Gris 2,5Y7/0	fresca	—
E-19	Cecebre	Gris 2,5Y6/0	escasamt. alterada	Medio
E-20	Cecebre	Pardo-amarillo 2,5Y6/4	alterada	»
E-21	Cecebre	Pardo-rojizo 2,5YR4/4	muy alterada	»
E-22	Cecebre	Rojo 2,5YR4/8	Muy alterada	»

### Composición química y mineralógica

Las rocas frescas o escasamente alteradas están constituidas fundamentalmente por **anfíboles**, **biotitas**, **cloritas** y **plagioclasas**, cuyos por-

centajes varían según el tipo de muestra, en unos casos hay un predominio casi absoluto de los anfíboles (hornblenda), mientras que en otros el material es más rico en plagioclasas y clorita.

TABLA NUM. 2.—COMPOSICION MINERALOGICA DE ROCAS METABASICAS EN DIVERSOS GRADOS DE ALTERACION

	E-16	E-17	E-18	E-19	E-20	E-21	E-22
	R. fresca	R. fresca	R. fresca	R. algo alterada	R. alterada	R muy alterada	R. muy alterada
Anfíboles	MA	MA	F	F	O	—	—
Micas	T	O	O	—	—	O	—
Clorita	—	T	A	A	F	O	—
Feldespatos	O	F	A	A	O	—	—
Cuarzo	T	O	—	—	—	—	—
Caolinita	—	—	—	—	O	A	MA
Goethita	—	—	—	—	—	—	T

MA = muy abundante (> 50 %); A = abundante (30-50 %); F = frecuente (10-30 %); O = ocasional (10 %); T = trazas.

Durante el proceso de alteración todos estos minerales son atacados, decreciendo muy rápidamente sus porcentajes en beneficio de la formación de minerales de tipo caolinita, asociada a cantidades elevadas de óxidos de hierro más o menos hidratadas. Estas formaciones pueden ponerse de manifiesto si comparamos los diagramas de difracción de rayos X y ATD de la secuencia de alteración de Cecebre (fig. 2 a y b). Los efectos más acusados son la desaparición de la difracción correspondiente a las plagioclasas (3, 16 — 3,20 Å) y el crecimiento del contenido de caolinita que pasa de no existir en los materiales frescos o escasamente meteorizados (E-18 y E-19) a representar el mineral dominante con un contenido del 75 por 100 en la muestra más alterada (E-22). Desde el punto de vista químico, es fácilmente apreciable la progresiva disolución del contenido en sílice y el fuerte incremento relativo en Fe, Al y H<sub>2</sub>O (Tabla 3).

Estos aspectos evolutivos son puestos de manifiesto mucho más claramente utilizando algunos métodos propuestos para los estudios de alteración. Así realizando el cálculo isovolumétrico propuesto por Millot y Bonifas (1955) pueden determinarse las pérdidas de elementos en un volumen dado de muestra, siempre y cuando no se haya producido una fuerte modificación estructural durante el proceso de alteración. En nuestro caso, este razonamiento es totalmente correcto hasta la muestra E-21 ya que en ella todavía se reconoce la esquistosidad original del material de partida, mientras que en la E-22 esta textura ya no es identificable. A pesar de ello y a título estimativo también se ha aplicado el razonamiento isovolumétrico a esta muestra encontrándose en la tabla núm. 4 los datos del balance geoquímico global de la alteración de las rocas metabásicas de Cecebre.

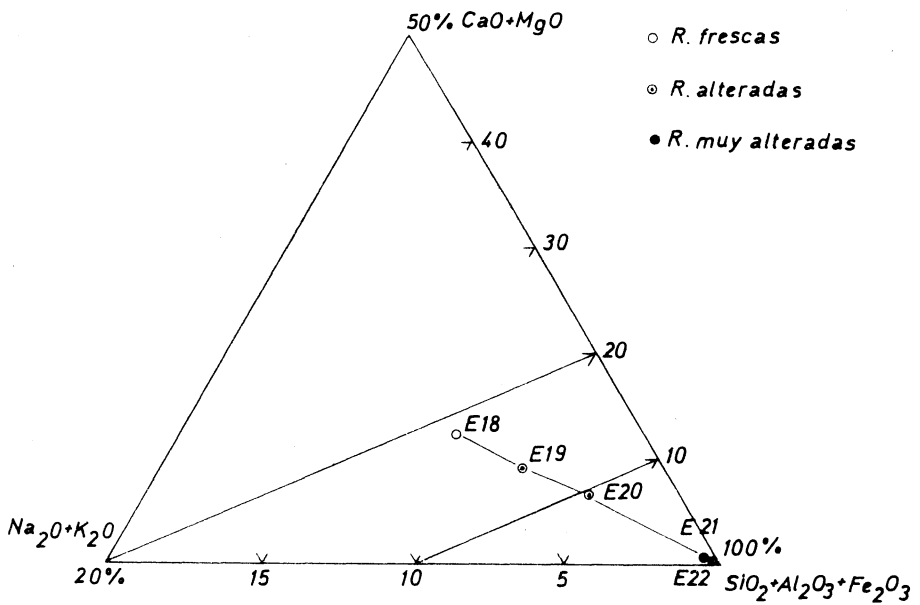
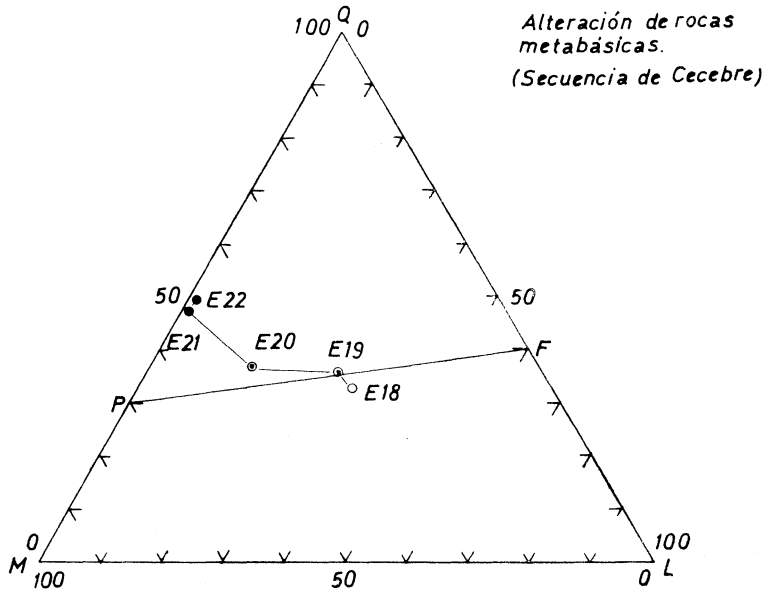


Fig. 3.—Evolución de la composición de las rocas metabásicas de las Mariñas en diversos grados de alteración: a) Diagrama QLM (Burri, 1964), b) Diagrama de Chesworth (1973)

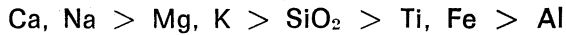


TABLA NUM. 3.—COMPOSICION QUIMICA DE ROCAS METABASICAS EN DIVERSOS GRADOS DE ALTERACION

	E-16 R. fresca	E-17 R. fresca	E-18 R. fresca	E-19 R. algo alterada	E-20 R. alterada	E-21 R. muy alterada	E-22 R. muy alterada
SiO <sub>2</sub>	54,5	56,5	53,0	51,0	43,0	43,0	39,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,6	12,6	11,8	10,7	16,8	23,7	25,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,6	12,0	10,85	17,0	17,50	17,65	17,75
MgO	5,25	4,85	6,8	5,0	5,0	0,31	0,25
CaO	5,40	5,55	4,95	3,3	0,95	0,03	0,03
Na <sub>2</sub> O	2,60	2,00	3,90	2,95	1,30	0,20	0,05
K <sub>2</sub> O	1,40	1,30	1,70	1,10	1,20	0,05	0,05
TiO <sub>2</sub>	2,70	2,30	2,00	2,00	2,70	2,60	2,75
MnO	0,17	0,21	0,11	0,13	0,13	0,15	0,16
H <sub>2</sub> O+	1,40	1,71	3,28	4,53	8,23	9,53	12,21
H <sub>2</sub> O-	0,36	0,41	0,45	0,99	2,74	2,07	2,22
$\rho$	n.d.	n.d.	3,32	3,00	2,87	2,62	2,64
$\rho$	n.d.	n.d.	n.d.	2,53	2,20	1,25	1,21

Se observa una pérdida importante en todos los componentes excepto en agua, siendo la eliminación de alcalinos y alcalinoterreos prácticamente total y de gran intensidad en la sílice cuyo contenido decrece fuertemente.

La movilidad de los componentes obtenida a partir de este balance sigue el siguiente orden:



lo que da lugar a un fuerte enriquecimiento del material residual en productos ricos en aluminio y en menor medida de hierro.

Este tipo de alteración tiene una tendencia similar a la que experimentan las rocas básicas o metabásicas en los medios de alteración tropicales, donde a la eliminación prácticamente total de las bases sigue, si el medio es bien drenado, un intenso lavado de sílice. En los casos extremos la caolinita e incluso el cuarzo se vuelven metaestables respecto a los otros componentes del sistema residual (gibbsita y goethita).

En nuestro caso, no se alcanza la ferralitización sino que el proceso conduce a la formación y predominio de los minerales de tipo caolínico por lo que nos encontramos en un proceso de alteración intenso pero dentro del campo de los procesos fersialíticos. En nuestra opinión esta tendencia fersialitizante está relacionada con las condiciones de drenaje que imponen las texturas finas de las saprolitas, ya que tanto la eliminación de las bases (prácticamente total) como la fuerte pérdida de sílice durante el proceso parecen indicar una clara tendencia a originar un material residual típicamente ferralítico. Es, una vez más, el drenaje el que dirige y condiciona los procesos de neoformación tal como ha descrito en sucesivas ocasiones Millot, que considera a este factor como

TABLA NUM. 4.—BALANCE GEOQUIMICO DE LA ALTERACION DE LAS ROCAS METABASICAS DE CECEBRE  
(Método isovolumétrico, Millot y Bonifas, 1955)

Constituyentes en mgrs. en 1 cm. <sup>3</sup> de roca	R. fresca E-18	R. algo alterada E-19	R. alterada E-20	R. muy alterada E-21	R. muy alterada E-22	Diferencias absolutas entre E-18 y E-22	Diferencias de la roca muy alterada (E-22) en % res- pecto a la roca fresca (E-18)
SiO <sub>2</sub>	1759,6	1290,3	946	537,5	471,9	— 1287,7	— 73,18 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	391,8	270,7	369,6	296,2	306,1	— 85,7	— 21,87 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	360,2	430,1	385	220,6	214,8	— 145,4	— 40,37 %
MgO	225,6	126,5	110	3,9	3,0	— 222,6	— 98,67 %
CaO	164,3	83,5	20,9	0,4	0,4	— 163,9	— 99,76 %
Na <sub>2</sub> O	129,4	74,6	28,6	2,5	0,6	— 128,8	— 99,54 %
K <sub>2</sub> O	56,4	27,8	26,4	0,6	0,6	— 55,8	— 98,94
TiO <sub>2</sub>	66,4	50,6	59,4	32,5	33,3	— 33,1	— 49,85
MnO	3,6	3,3	2,9	1,9	1,9	— 1,7	— 47,22
H <sub>2</sub> O	123,8	139,6	241,4	144,9	174,5	+ 50,7	+ 40,9

el principal «motor» condicionante de las tendencias termodinámicas de las reacciones de alteración.

Hay que destacar la intensidad del proceso de alteración que han sufrido las rocas metabásicas de las Mariñas que puede ponerse de manifiesto si se representan los datos analíticos en diagramas del tipo de los propuestos por Chesworth (1973), los clásicos diagramas de Niggli utilizados en los cálculos petrográficos (fig. 3, a y b) o se obtienen los índices de Parker (1970) para cada uno de los estadios de alteración (fig. 4). Puede observarse cómo en las muestras E-21 y E-22 prácticamente ya no existen bases y nos encontramos dentro de lo que Chesworth (1975-1977) denomina «Sistema residual», en el que según este autor sólo existen como fases estables los minerales: cuarzo, caolinita, gibbsita y goethita, bien como especies individuales o en todas las combinaciones binarias o terciarias en que no entren simultáneamente cuarzo y gibbsita. En nuestro caso, la tendencia dominante, comprobada por los análisis mineralógicos, es la de formación y estabilidad de caolinita.

El diagrama Q, L, M, obtenido a partir de los índices propuestos por Niggli y Burri (1964) nos permite realizar algunas consideraciones:

- 1) Durante el proceso de alteración la roca pasa de una composición en la que el cuarzo no puede estar presente (E-18) a otra, por encima de la línea PF, donde este mineral ya puede entrar como constituyente del sistema.
- 2) La alteración afecta de modo particular a los feldespatos, cuyo contenido, medido de alguna manera por el parámetro L, es prácticamente reducido a cero en las muestras más evolucionadas. Esto confirma una vez más la gran labilidad de estos minerales en los sistemas meteorizantes.
- 3) Los ferromagnesianos, relacionados con el parámetro M, también se ven afectados, pero al ser el Fe un elemento prácticamente inmóvil durante el proceso la disminución de este parámetro es mucho menos acusada que en el caso anterior.

El índice de alteración de Parker (1970) permite una nueva aproximación a la evolución geoquímica de la meteorización de las rocas metabásicas. Según este autor, se puede estimar la intensidad de la alteración de las rocas silicatadas a partir del cálculo de un índice que relacione las cantidades de los elementos de mayor movilidad en los diferentes estadios de evolución.

El índice se define por:

$$I_a = \left| \frac{\text{Na}}{0,7} + \frac{\text{Mg}}{0,9} + \frac{\text{K}}{0,25} + \frac{\text{Na}}{0,35} \right| \times 100$$

donde en el numerador se expresan las cantidades de elementos calculadas en átomos-gramo y en los denominadores figuran las energías de enlace de estos cationes con el oxígeno.

# ROCAS METABASICAS

Indice de Parker (1970)

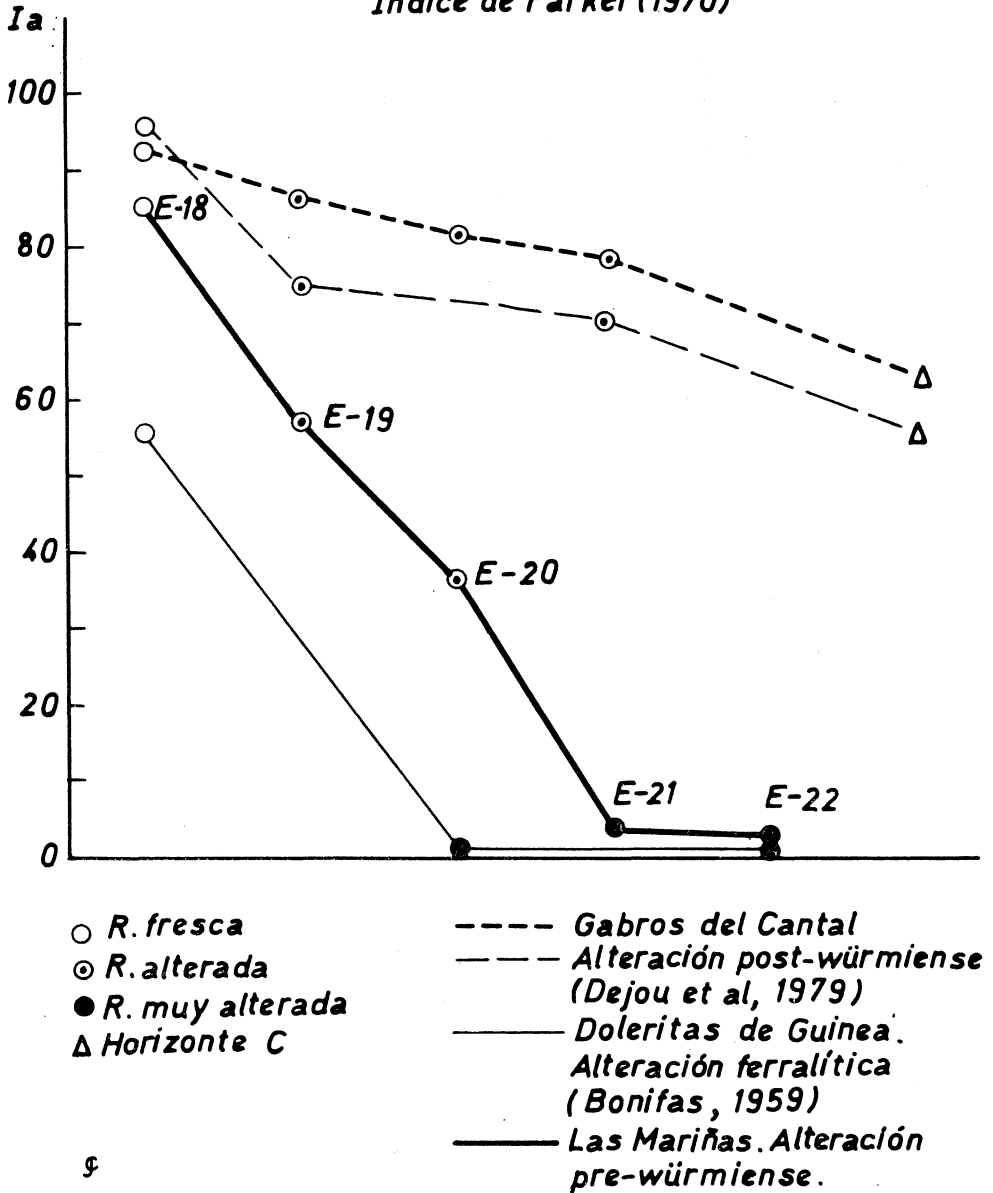


Fig. 4.—Variación del índice de Parker (1970) en la secuencia de alteración de las rocas metabásicas de las Mariñas

En la fig. 4 se representan las variaciones de este índice de Parker para la evolución de las rocas metabásicas de Cecebre, comparados con valores obtenidos por otros autores para la alteración de diversos tipos de materiales en climas templados (gabros del Cantal, Dejou et al, 1979) y tropicales (doleritas de Guinea, Bonifas, 1959).

Evidentemente la alteración de las rocas metabásicas de las Mariñas es un proceso que produce grandes modificaciones geoquímicas del material inicial, lo que nos lleva a pensar en la existencia de unas fases de meteorización cuaternarias y/o terciarias de gran intensidad, similares a las existentes en zonas con climas más agresivos que el actualmente existente en Galicia. No obstante, no hay que olvidar que la intensidad de la alteración no sólo depende de las condiciones climáticas, sino que la propia naturaleza de la roca y las condiciones específicas del clima del medio de alteración —especialmente la economía del agua— son factores tan o más decisivos que los efectos climáticos. Así Dejou et al (1979) han puesto de manifiesto en un reciente trabajo que la intensidad de la alteración post-würmiense de los gabros del Cantal es, desde el punto de vista geoquímico, casi tan intensa como toda la alteración producida a lo largo del Cuaternario en las dioritas del Limousin.

En Galicia, la gran diversidad de materiales geológicos existentes permite apreciar este efecto de la naturaleza de la roca madre, al ser prácticamente constantes las condiciones climáticas. Hay una tendencia general en la alteración hacia la caolinización de todos los materiales, tendencia que es tanto más manifiesta cuanto más antiguo sea el proceso meteorizante, pero que también se refleja en los distintos métodos de análisis de la evolución mineralógica actual (Cabaneiro y Macías, 1979; García Paz et al, 1977; Fernández Marcos, et al, 1979). Junto a esta tendencia definida por el imperativo termodinámico de los sistemas de agresión del país gallego, cada material da origen a una serie de peculiaridades, especialmente en las etapas medias e iniciales de la alteración. Así, nos encontramos con la presencia de cantidades importantes de gibbsita en la meteorización, bajo condiciones de drenaje libre, de gabros y granito mientras que este material no aparece o lo hace en cantidades poco significativas en rocas serpentinizadas o en las alteraciones antiguas de otros materiales (esquistos arcillosos...) (Macías et al, 1979).

El caso de los gabros es particularmente interesante, ya que en climas templados Pedro et al (1974) habían puesto de manifiesto la existencia de un efecto de inversión hidrolítica según la cual la formación de gibbsita en nuestras latitudes se encuentra favorecida en los materiales de naturaleza granítica, al contrario que en los trópicos donde son las rocas básicas las que más fácilmente dan origen a este mineral. Vemos entonces como en el caso de Galicia al menos en su zona costera puede hablarse de una alteración más intensa que la que vendría dada por una consideración zonal. Este hecho es particularmente evidente cuando se hacen consideraciones geoquímicas ya que tanto los elementos alcalinos y alcalinotérreos como la sílice son rápida e intensamente eliminados de los sistemas de alteración, dando origen a saprolitas y suelos de reacción ácida y fuerte desaturación en los que la acumulación

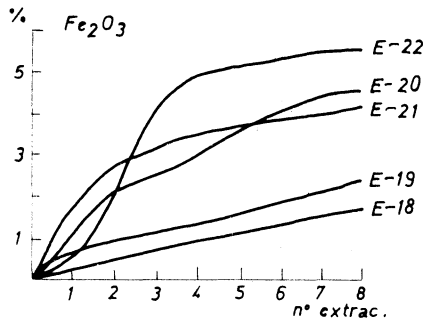
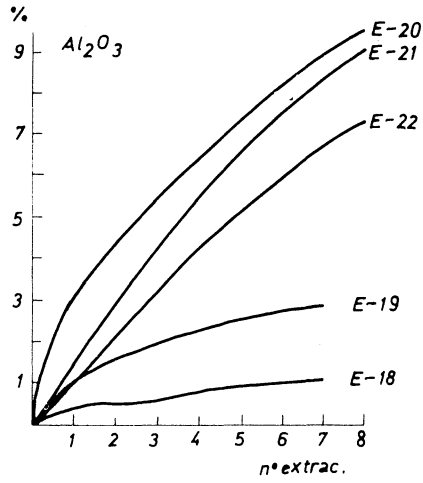
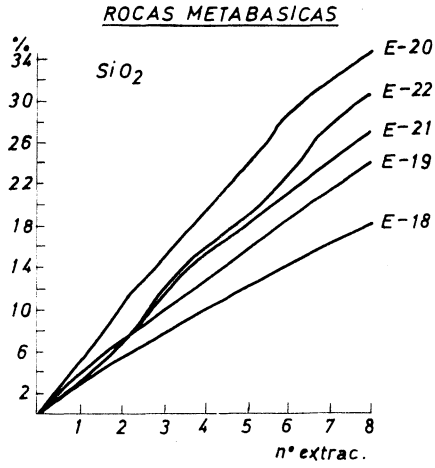


Fig. 5.—Curvas de extracción por el método de Segalen (1968) en la secuencia de alteración de las rocas metabásicas de las Mariñas

TABLA NUM. 5.—DISTRIBUCION DE LAS FORMAS DE Fe EN LA SECUENCIA DE ALTERACION DE LAS ROCAS METABASICAS DE CECEBRE

Núm. muestra	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> total	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> extraído (8 ext.) (Segalen 1968)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ext. (8) × 100		% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> amorfo (Segalen)	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> amorfo/ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ext. (8)) × 100	
			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> total	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> total		(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> amorfo/ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> total) × 100	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ext. (8)
E-18	10,85	1,75	16,1		0	0	0
E-19	17,0	2,30	13,5		0,45	2,6	19,5
E-20	17,5	4,55	26,0		1,10	6,3	24,1
E-21	17,65	4,15	23,5		2,75	15,5	66,2
E-22	17,75	5,50	30,9		4,25	23,9	77,2

de productos orgánicos acelera los procesos de evolución geoquímica de los materiales alterables. La evolución geoquímica es así mucho más avanzada que la mineralógica. El resultado final al que se llega viene dado por la acumulación de productos resistentes (especialmente cuarzo), asociado a coloides organo-metálicos y/o minerales de baja cristalinidad (amorfos, micas muy degradadas, caolinitas desordenadas y gibbsita) en las alteraciones actuales, mientras que en las relictas, más evolucionadas, es la caolinita junto con los óxidos de Fe más o menos hidratados los componentes que se encuentran asociados a los resistentes. Esta situación contrasta fuertemente con la típica en los medios templados en los que hay un predominio claro de los minerales 2:1 de tipo mica y esmectita.

La alteración de las rocas metabásicas de las Mariñas, no es un proceso actual, sino que hay que remontarlo a períodos pre-würmienses (Cuaternario medio o antiguo) y quizás a las fases finales del Terciario. Hay bastantes evidencias de que se trata de procesos muy antiguos porque en muchos casos Saprolitas e incluso suelos aparecen fosilizados por formaciones cuaternarias, terrazas y/o abanicos aluviales.

Concretamente en el caso del perfil de Cecebre la secuencia de alteración se ve interrumpida por un depósito de terraza a 20 metros sobre el nivel del río actual.

Se trata por consiguiente, de una fase de alteración relictas, de gran intensidad y naturaleza caolinizante, que ya alcanzó un elevado grado de evolución tanto geoquímica como mineralógica. Este último aspecto puede ponerse de manifiesto si se estudia la distribución de los principales elementos Si, Al y Fe en las fases cristalinas y amorfas.

El método propuesto por Segalen (1968) permite comprobar (fig. 5) la naturaleza esencialmente cristalina en que se encuentra la sílice y el aluminio, cuya extracción sucesiva da valores prácticamente lineales propios de los materiales cristalinos. Las diferencias en la cantidad extraída, da mucho mayor en las fases alteradas (E-20, 21 y 22), se explican por la diferente composición mineral (anfíboles y plagioclasas en las rocas frescas y caolinita en las alteradas) de las sustancias cristalinas. En el caso del hierro el resultado es otro, los materiales frescos (E-18) no contienen elementos amorfos, pero a medida que se encuentran más alterados hay un incremento tanto en el F extraído como en el contenido de hierro amorfo (Tabla 5) que llega a representar más del 75 por 100 de las formas de Fe extraídas.

La presencia de formas amorfas o criptocristalinas de compuestos de hierro es un hecho frecuente en las alteraciones y suelos muy evolucionados por lo que, al contrario que las formas amorfas de Si y Al, no pueden utilizarse como indicios de una transformación incipiente. Es interesante destacar en este caso como las únicas muestras en las que hay aluminio amorfo (E-20 y E-19) representan las fases iniciales de la alteración de estos materiales.



## CONCLUSION

A partir de este estudio de la alteración de las rocas metabásicas de las Mariñas se pone de manifiesto la gran intensidad de la evolución tanto geoquímica como mineralógica que presenta el proceso, en el curso del cual los minerales primarios (Plagioclasa y ferromagnesianos) son sustituidos por una masa de textura fina formada por Caolinita ( $\approx 75\%$ ) y oxi-hidróxidos de Fe pobremente cristalinos.

Durante este proceso se produce la pérdida prácticamente total de los elementos alcalinos y alcalinotérreos alcanzando la saprolita de alteración un estadio muy avanzado, que prácticamente corresponde a lo que Chesworth ha definido como «sistema residual». La intensidad del proceso de desbasificación es similar al de la alteración ferralítica estudiada por Bonifas (1959) en las doleritas de Guinea y mucho más intensa que la alteración post-würmiense de los gabros del Cantal estudiados por Dejou y colaboradores (1979).

En las Mariñas, la alteración es claramente pre-würmiense; sin embargo, y a partir de la consideración exclusiva de nuestros datos, no puede precisarse si se trata del resultado de la actuación del Clima terciario o bien de un proceso que iniciado bajo estos ambientes se ha continuado a mayor o menor velocidad a lo largo del Cuaternario.

En cuanto al tipo de alteración, se corresponde con un proceso ferralítico en medio ácido, caolinizante, en el que los suelos originados se definirían correctamente por el término «**fermonosiales**» propuesto por Segalen y colaboradores en la nueva clasificación de la O.R.S.T.O.M. (1978), diferenciándose así claramente de los típicos suelos ferralíticos, con arcillas 2:1 y complejo de cambio relativamente saturado, propios de los denominados «Suelos rojos mediterráneos».

Desde el punto de vista de las propiedades tanto físicas como químicas, fundamento de la fertilidad de los suelos, hay una gran diferencia en que el material de partida sea la roca fresca o con alteración actual o incipiente, o bien se trate de una edafización de estas saprolitas relictas cuya textura, riqueza en bases, capacidad de retención de agua, están ya muy lejos de las de la roca inalterada.

Esto confirma una vez más la necesidad de caracterizar, del modo más preciso posible, el «material original real» de los suelos, lo que hace imprescindible el estudio de los procesos geo-edáficos producidos a lo largo del tiempo de cuya integración resultan las propiedades actuales de los suelos condicionantes de su correcta valoración agronómica. En este sentido es útil la comparación de algunos parámetros tales como profundidad efectiva, de minerales alterables, naturaleza y cantidad de los coloides, estado del complejo de cambio, etc., que presentarían los suelos formados directamente sobre las rocas metabásicas respecto a los que lo hacen sobre las saprolitas relictas de estos mismos materiales.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean expresar su agradecimiento a D. Francisco Gutiérrez Rivera y a D. José Caballo, por la realización de los análisis totales de las muestras y la elaboración de las gráficas y esquemas presentados en este trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

1. BONIFAS, M. (1959). Contribution à l'étude géochimique de l'alteration laterique. These Univ. Strasbourg.
2. BOUHIER, A. La Galice: Essai géographique d'analyse et d'interprétation d'un vieux complexe agraire. These Univ. Poitiers. 1978.
3. BURRI, C. Petrochemical calculations based on equivalents (methods of Paul Niggli). Ed. Davey and Co., New York. 1964.
4. CABANEIRO, A.; MACIAS, F. (1978). Mineralogía de las arcillas en sapropelas de Galicia. Trabajos Compostelanos de Biología, 7, 87-126.
5. CHESWORTH, W. (1973). The parent rock effect in the genesis of soil Geoderma 10; 215-225.
6. CHESWORTH, W. (1975). Soil Minerals in the system  $Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ . Phase equilibrium model. Clays and Clay Minerals 23, 55-60.
7. CHESWORTH, W. (1977). Weathering stages of the common igneous rocks, index minerals and mineral assemblages at the surface of the earth. J. Soil Sci. 28, 490-497.
8. DEJOU, J. et al (1974). Differentiations observées au cours de l'évolution géochimique superficielle entre les roches acides (granites, micaschist) et les roches basiques (dioritiques) dans les régions tempérées humides C. R. Acad. Sci. Paris 279, sér D, 223-226.
9. DEJOU, J.; GUYOT, J.; ROBERT, M. Evolution superficielle des roches cristallines et cristallophylliennes dans les régions tempérées I.N.R.A. Paris. 1977.
10. DEJOU et al (1979). Un exemple d'alteration superficielle naissante sur roches basiques en région tempérée humide. Cas des gabbros dioritiques de la Haute Vallée de la Jordanne (Cantal) Ann. Agron. 30 (1), 63-88.
11. DEN TEX, E. (1978): El zócalo policíclico y su importancia en la evolución de la cadena Varisca en Galicia Occidental. Cuadernos del Seminario de Estudios Cerámicos de Sargadelos, núm. 27, 141-157.
12. FERNANDEZ MARCOS, M.<sup>a</sup> L. et al (1979). A contribution to the study of the stability of clay minerals from the soil solution composition at different pH values. Clay Minerals 14, 29.
13. GARCIA PAZ, C. et al (1977). Relación entre la composición química de las aguas superficiales y la mineralogía de los suelos de Galicia. Acta Científica Compostelana XIV, 337-363.
14. GUITIAN, F.; CARBALLAS, T. Técnicas de análisis de Suelos. Ed. Pico Sacro. Santiago, 1975.
15. MACIAS, F. et al (1979). Origen y distribución de la gibbsita en Galicia (en prensa).
16. MILLOT, G.; BONIFAS, M. (1955). Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de lateritisations et de bauxitisation. Bull. Serv. Cart. Geol. Als. Lor, 8, 3-10.
17. NONN, H. (1966). Les régions cotières de la Galice. Tesis Doctoral Universidad de Strasbourg.
18. PARGA PONDAL, I. (1966). Geología de La Coruña. En «Estudio Agrobiológico de la Provincia de La Coruña». Publ. Excma. Diputación Provincial de La Coruña.
19. PARKER, A. (1970). An index of weatering for silicate rocks. Geol. Magaz. 501-504.
20. PEDRO, G. et al (1974). Sur la presence de gibbsite dans les arenas granitiques des pays temperes et la mise en evidence d'un phenomene d'inversion hydrolytique C. R. Acad. Sci. Paris. 279, ser. D. 1975-1978.
21. SEGALEN, P. (1968). Note sur un methode de determination des produits mineraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux Cah. ORSTOM, ser Peodl. VI, 105-126.
22. SEGALEN, P. et al. Pour une nouvelle classification objective des sols. 11 th. I.S.S.S. Edmonton. Canadá, 1978.