

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA DE SUELOS Y SEDIMENTOS DE
LA CUENCA DE MACEDA

Romero, R.; García, C.; Pérez, A.; Macías, F.

Edafología y Geología. Fac. de Biología
Universidad de Santiago de Compostela



Resumen:

Se estudia la mineralogía de la fracción arcilla de los sedimentos terciarios y cuaternarios que rellenan la depresión de Maceda, así como de las rocas que constituyen el marco y sus productos de alteración.

Las rocas que rodean la cuenca están sometidas actualmente a un proceso de alteración de tipo hidrólisis ácida (caolinita, gibbsita y oxihidróxidos de hierro son los productos de alteración más significativos).

Los sedimentos terciarios presentan en su fracción arcilla un filosilicato 1:1 dioctaédrico (haloísitico o caolinítico) como mineral más abundante, micas, micas degradadas, goethita y, ocasionalmente, hematita, observándose la presencia de vermiculitas de baja carga en las capas más profundas.

Los depósitos más recientes contienen abundante filosilicato 1:1 dioctaédrico de bajo grado de orden y gibbsita, micas degradadas en cantidades variables y goethita.

Summary:

The igneous and metamorphic rocks that surround the Maceda depression are subjected to a weathering of acidic hydrolysis type (kaolinite, gibbsite and Fe-oxihydroxides are the more representative weathering products).

The tertiary sediments have as principal component a 1:1 dioctahedral phyllosilicate (halloysite or kaolinite) associated with micas, degraded micas, goethite, occasionally hematite and in the deepest layers, low charge vermiculites.

The newest deposits have disordered 1:1 dioctahedral phyllosilicate and gibbsite, changing proportions of degraded micas and goethite.

INTRODUCCION

Con este trabajo se pretende hacer una contribución a la caracterización mineralógica de la fracción arcilla de los sedimentos y suelos de la Cuenca de Maceda y, puesto que muchos de estos materiales proceden de la alteración de las rocas del marco, este estudio se tendrá que hacer extensivo a dichas rocas y a sus productos de alteración para poder comprender, en cierto modo, la mineralogía de la propia depresión.

No se pretende realizar una interpretación genética, sino que únicamente se trata de precisar la naturaleza y algunas propiedades superficiales de las fracciones coloidales de los suelos y sedimentos de esta cuenca, estudio que se ve justificado si tenemos en cuenta que muchas de las propiedades y procesos del suelo que tienen importancia decisiva a la hora de planificar el uso más adecuado tales como la capacidad de cambio, superficie específica, capacidad de floculación, dispersión y formación o degradación de estructura, formación de costras y capas impermeables, formación de grietas..., guardan una estrecha relación con la proporción, naturaleza y disposición de la fracción arcilla. Así por ejemplo, concretamente en nuestra zona de estudio, aunque el régimen general de temperaturas es de tipo mésico y el de humedad de tipo xérico, esperándose por tanto una situación de déficit hídrico acusado en la época de sequía, se ha comprobado que la presencia de texturas finas en el substrato sedimentario próximo a la superficie en la mayor parte la cuenca, contribuye en buena medida no sólo a que esta situación teórica no se produzca, sino a que se origine todo lo contrario, siendo muy frecuente la aparición de zonas encharcadas y regímenes acuicos en muchos de los suelos de la depresión de Maceda.

Situación.

La Cuenca de Maceda encuadrada entre los paralelos 42°20'-42°10' latitud N. y los meridianos 7°34'-7°40' longitud Oeste; emplazada por tanto en el Sur-este gallego, tiene una extensión aproximada de 42Km² y muestra una forma en general alargada.

Ha sido estudiada desde distintos puntos de vista por numerosos autores, así Raynal y Nonn (1), Brell (2)(3), Brell y Doval, (4)(5), Martín

Serrano (6) , aportan datos referentes a la mineralogía de los depósitos terciarios y Ferragne (7) , IGME(8) , elaboran mapas geológicos de distintas escalas, tanto de la propia depresión como del marco en que se encuentra situado.

Material.

La cuenca está rodeada por dos grandes grupos de rocas: Metamórficas y Graníticas.

Las rocas metamórficas afloran como una amplia banda, de dirección NW-SE, que ocupa fundamentalmente los bordes nor-occidental y sur-occidental; los materiales más antiguos afloran en las proximidades de Niñodagua constituyendo una serie esquistosa probablemente del Precámbrico-Cámbrico, que presenta niveles de cuarcitas y cuarcitas granatíferas; los esquistos tienen como paragénesis mas frecuentes cuarzo-moscovita-clorita, cuarzo-moscovita-biotita, y cuarzo-moscovita-biotita-sillimanita-estauroлита-granate (8) . El borde SE está dominado por la presencia de esquistos grafitosos cuyos componentes principales son cuarzo y mica, y cuya edad mas probable es elCámbrico-Tremadoc. Concordante con estos materiales se encuentra la serie del Arenig formada por cuarcitas con niveles esquistosos, predominando estos últimos en los afloramientos metamórficos existentes en la zona mas septentrional de la cubeta de Maceda (8).

Los granitos ocupan gran parte de los sectores nororiental y occidental , son granitos de dos micas, de edad Hercínica, de la serie alcalina definida por Capdevila y Floor (9), diferenciándose dentro del área dos tipos según su grado de tectonización. El primero de ellos, el más cataclástico, aflora en las proximidades de la falla del Rodicio, es de textura milonítica y está constituido por cuarzo, biotita (a veces cloritizada), moscovita, feldespato potásico (microclina) y plagioclasa (8) . El otro tipo de granito, adamellítico, ocupa fundamentalmente la zona occidental de la Cuenca extendiéndose hacia el sector nor-este donde constituye el límite oriental del anteriormente descrito. Es probablemente de origen anatéxico y muestra una gran variabilidad de tamaño de grano. Sus componentes fundamentales son cuarzo, biotita, moscovita, plagioclasa y feldespato potásico y como accesorios contiene circón, apatito y en ocasiones sillimanita.

Depósitos sedimentarios:

Fueron estudiados por Brell y Doval (4,5) por una parte y Martín Serrano (6) por otra, encontrando ambos unas características sedimento-mineralógicas similares, lo cual no impide la existencia de grandes diferencias interpretativas entre ambos. En lo que estos autores están de acuerdo es en la existencia de tres miembros, definidos por Brell y Doval como miembro de la Vega formado por sedimentos detríticos finos entre los que se intercalan arenas y lignitos. Miembro del Corno de color grisáceo y sedimentos arcillo-arenosos, y miembro del Pías formado por sedimentos rojos, arcillosos, arenosos y conglomeráticos; en cuanto a la mineralogía de la fracción fina destacan la presencia de caolinita, e ilita en las partes inferiores junto a la aparición esporádica de esmectitas. A medida que avanzan en la columna estratigráfica aumenta la presencia de ilita y disminuye la caolinita.

Sin embargo, en lo que no coinciden es en la datación de tales capas, pues para Brell y Doval el miembro de la Vega es el más antiguo -de edad Mioceno Inferior y contemporáneo a la formación de lignitos en el resto de las cuencas terciarias gallegas-, mientras que Martín Serrano sitúa al miembro del Pías en la base de la secuencia de Maceda, indicando además que la formación de los lignitos del NW peninsular son de edad Paleocena o Eocena inferior, por tanto anteriores a la sedimentación de Maceda.

En los estudios que está llevando a cabo Pérez Alberti (10), para dilucidar la evolución geomorfológica de la zona, establece una serie de "formaciones" que nos han servido como base de muestreo, y son las siguientes:

PIAS: Localizado en torno a la aldea del mismo nombre, coincide en su descripción con la anteriormente dada, y está de acuerdo con Martín Serrano al datarla como la más antigua de la depresión.

VEIGA-CHA: Cubre prácticamente toda la cubeta y su descripción es análoga a la dada por Brell y Doval para los miembros inferiores a la formación de Maceda.

ARNUIDE: Claramente aluvial compuesta fundamentalmente por gravas angulosas de cuarzo y cuarcita, con intercalaciones de paleocanales en los que abundan arenas y cantos rodados; es frecuente en esta zona la estratificación cruzada. Esta "formación" parece acuñarse en Veiga-Cha, por lo que le atribuye a ambos la misma edad (finiterciaria).

Pérez Alberti señala la aparición de una discordancia sobre la "formación" Veiga-Cha, que se encuentra fosilizada por la que denomina formación Niñodagua. También Brell y Doval mencionan la aparición de discontinuidades sedimentarias lo cual no les permite el establecimiento para la Cuenca de Maceda de una columna estratigráfica completa.

A partir de este nivel comenzarían los depósitos considerados por Pérez Alberti como cuaternarios y en cuyas descripciones señala:

Formación NIÑODAGUIA: Se compone de cantos heterométricos de cuarzo y cuarcita, rodados, englobados dentro de una matriz limosa. En conjunto presenta coloraciones rojizas. Se trata de una formación claramente aluvial, un derrame que alisó todos los materiales existentes hasta ese momento (¿inicio del Cuaternario?). Los cantos descienden en tamaño de Norte a Sur, existiendo además claras evidencias de rubefacción.

Formación BALDREI: Se encuentra tanto en la depresión como en los alrededores. Se trata de depósitos detríticos, con predominio de los de cuarzo y cuarcita, angulosos y de escaso retoque, de disposición caótica, indicativa de un transporte brusco de tipo torrencial. No aparecen, o son muy escasos, los cantos de esquisto o granito del marco, por lo que debe de tratarse de material movilizado después de haber sufrido una intensa alteración en su lugar de origen. Su potencia visible rara vez supera los 2 m., siendo fundamentalmente una formación superficial que en ocasiones aparece fosilizando a otros depósitos de textura areno-arcillosa (11).

Formación TIOIRA y St^a. MARTA: Extendiéndose la primera de Pías hasta cerca de Os Milagros, y localizándose en Santa Marta la segunda. Son materiales claramente aluviales, tipo terraza, compuestos por cantos redondeados de cuarzo y cuarcita, de potencia variable, en torno a los cuatro metros.

Toma de muestras:

En el área de estudio se han recogido un total de 49 muestras, cuya situación se recoge en la tabla nº 1, correspondientes a tres tipos de materiales:

- Rocas del marco en distintos estados de alteración
- Sedimentos pertenecientes a las diversas unidades antes descritas.
- Horizontes superficiales pertenecientes a suelos desarrollados sobre los sedimentos. En este caso, la toma de muestras se ha realizado de acuerdo a las normas del Soil Survey Manual (12) y la descripción morfológica según los criterios de la FAO (13). La determinación de colores tanto en las capas sedimentarias como en los horizontes superficiales se hizo siguiendo la Mounsell Colour Charts (14). La mayor parte de los análisis se han realizado en la fracción inferior a 2 mm.

Tabla Nº 1.- Situación de las muestras

Muestras nº	Coord. aproximadas	Muestras nº	Coord. aproximadas:
1	7°38'6"W-42°18'40"N	11 y 12	7°18'03"W-42°25'05"N
2	7°34'58"W-42°13'17"N	13 y 14	7°38'30"W-42°25'05"N
3	7°34'20"W-42°15'20"N	15	7°38'30"W-42°25'05"N
4	7°38'58"W-42°19'57"N	16	7°37'58"W-42°18'45"N
5	7°34'18"W-42°14'30"N	17	7°35'28"W-42°15'58"N
6	7°36'06"W-42°18'59"N	18	7°38'30"W-42°15'05"N
7	7°43'55"W-42°19'30"N	19	7°37'45"W-42°16'30"N
8	7°34'45"W-42°13'15"N	20	7°37'58"W-42°18'25"N
9 y 10	7°35'15"W-42°13'12"N	21	7°36'04"W-42°14'30"N
		22 y 23	7°34'45"W-42°13'15"N

Situación de los perfiles

P1	7°37'35"W-42°19'05"N	P4	7°38'30"W-42°25'05"N
P2	7°37'30"W-42°19'05"N	P5	7°34'45"W-42°18'45"N
P3	7°37'35"W-42°18'32"N	P6	7°37' W-42°16'30"N

Métodos

Determinaciones físicas:

1. Análisis granulométrico , según el método internacional para suelos descrito en Guitián y Carballas (15) y clasificación de texturas según los criterios de la Soil Taxonomy (16).
2. Superficie específica de la arcilla, mediante adsorción de EGME (17)

Determinaciones químicas:

1. pH en agua y en C1K (15)
2. Test del FNa (18)
Ambas medidas fueron realizadas en un pHmetro Crison.
3. Carbono total, por el método Sauerlandt, modificado por Guitián y Carballas (15)
4. Materia orgánica total (15)
5. Nitrógeno total, método Kjerldahl, modificado para suelos por Guitián (15)

Determinaciones mineralógicas:

El análisis por DRX, se ha realizado en 35 muestras, aplicándose tanto al estudio de muestras totales como a la fracción arcilla en particular.

Se obtuvieron diagramas de polvo antes y después de extraerle los geles con ditionito sódico, así como agregados orientados saturados, en ocasiones en magnesio (15). Para el estudio de las redes expandibles se solvataron las muestras en etilenglicol y, en los casos necesarios, se calcinaron a 550°C, utilizándose un aparato de difracción Philips PW 1010/30, con registrador PW 1051/31. La transformación de los datos en espaciados se realizó mediante el uso de las tablas de Parrish y Mack (19). Para la identificación de los compuestos minerales se han seguido fundamentalmente los datos tabulados de Grim (20), Brown (21) y Thorez (22), así como las fichas del J.C.P.D.S. (23), Dixon y Weed (24). Se realizó una estimación semicuantitativa expresando los resultados de acuerdo a la siguiente notación :

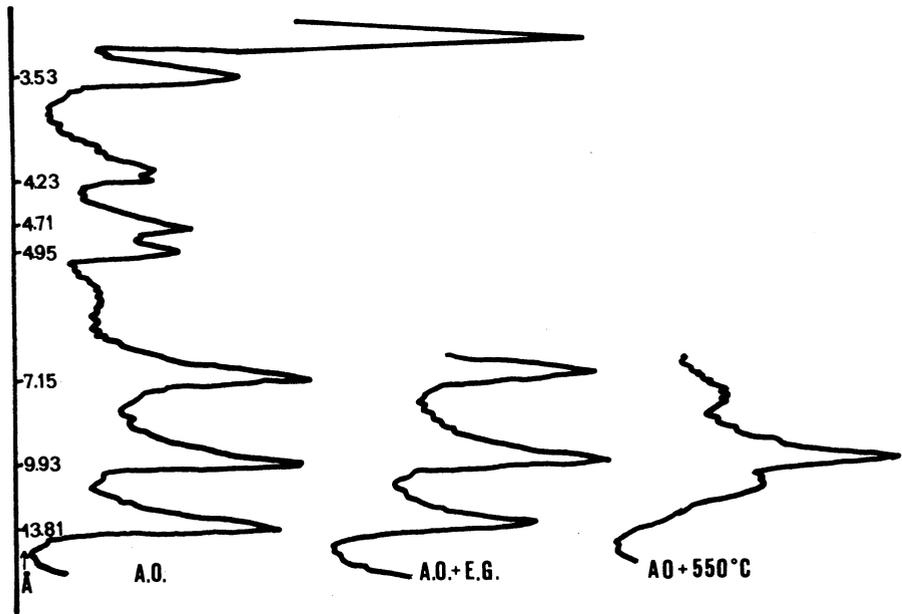
Trazas T	Presente x
Frecuente .. xx	Abundante ... xxx

En algún caso se estimó la altura del fondo de radiación como una medida de la abundancia de los oxihidróxidos de hierro no cristalinos, considerando como más adecuado el fondo de radiación correspondiente al intervalo entre 30° y 50°.

Cristalinidad : En el caso de la mica, se ha seguido el método cuantitativo propuesto por Dunoyer de Segonzac y Kubler (25) y modificado por Chamley (26).

Para el filosilicato 1:1 se han seguido métodos cualitativos, basados en los diferentes comportamientos que ante distintos tratamientos, presentan los minerales según su grado de cristalinidad. Entre los que se han utilizado figuran los de Dimanche (27) que establecen tablas comparativas, calculadas a partir de los diagramas de rayos X en polvo y en agregado orientado, y los de Brindley and Robinson (28) y Murray and Lyons (29), quienes presentan esquemas de formas y anchuras de los efectos de difracción de los minerales 1:1 dependiendo de su grado de cristalinidad.

Fig. n° 1
M. n° 2



RESULTADO Y DISCUSION

En primer lugar nos referimos a las rocas del marco de las que se han analizado 7 muestras entre metamórficas y plutónicas, y dos perfiles de alteración. El esquisto se muestreó en 3 lugares distintos, si bien la muestra 2 y 3 corresponde al mismo tipo de esquisto pero en distinto estado de alteración. La mineralogía puede verse en la tabla n° 2, siendo lo más destacable en los tres casos la presencia de un filossilicato 1:1 de tipo caolinítico bien cristalizado, pues siguiendo los criterios de Dimanche (27) los efectos a 7,15 y 3,56Å son agudos y simétricos y mayores que el efecto a 4,4 Å, el cual desaparece en el agregado orientado, realizándose los otros dos; estos efectos son destruidos al calcinar la muestra (fig. n° 1). Es conveniente indicar que en la etapa más alterada (3), se incrementa la proporción del filossilicato 1:1 apareciendo además gibbsita como producto de alteración, indicando por tanto, procesos de meteorización química de tipo hidrólisis ácida.

El mismo estudio se hizo con dos tipos de cuarcitas (muestras 4 y 5), cuya mineralogía se puede ver en la tabla nº 2.

Tabla Nº 2.- Rocas del Marco

Muestra	1 Esquisto	2 Esquisto	3 Esquisto	4 Cuarcita	5 Cuarcita	6 Granito	7 Granito
Cuarzo	xxx	xx	x	xxx	xxx	xxx	xxx
Mica	x	x	x	x	x	x	x
Mica degr /Verm.		x					
Feldesp.				xx		xxx	xxx
Clorita			x				
Filos. 1:1	x	x	xxx				
Gibbsita			xxx		T		
Ind. de Chanley	7.85 $\frac{100}{100}$	8.51 $\frac{100}{100}$	7.81 $\frac{100}{100}$	6.41 $\frac{100}{100}$	5.71 $\frac{100}{100}$	5.71 $\frac{100}{100}$	10.1 $\frac{100}{100}$

En cuanto a los granitos, se han muestreado los dos tipos presentes (muestras 6 y 7) tabla nº 2, así como dos perfiles de alteración (P1 y P2) cuyas descriptivas se realizan al final de este apartado, situados en las proximidades de la falla del Rodicio, precisamente la fracturación existente en esta zona debe contribuir al desarrollo de los procesos de alteración, originándose saprolitas de bastante espesor. Así en la zona de Xunqueira pueden observarse cortes de granito alterado, conservando la estructura original, con una potencia superior a los 3 m. Están constituidos por un elevado porcentaje de material arcilloso blanquecino, en el que destacan los granos de cuarzo, de tamaño medio, y la moscovita de grano muy fino. Frecuentemente y asociadas a las zonas con surgencia de aguas los perfiles presentan un aspecto reticulado con amplias zonas de color gris claro y franjas pardo amarillentas, en las que se encuentran oxihidróxidos de hierro.

Un corte del perfil P1, se puede ver en la figura nº 2, su mineralogía (recogida en la tabla nº 3, indica que, al igual que en los esquistos estos materiales están sometidos a mecanismos de hidrólisis ácida.

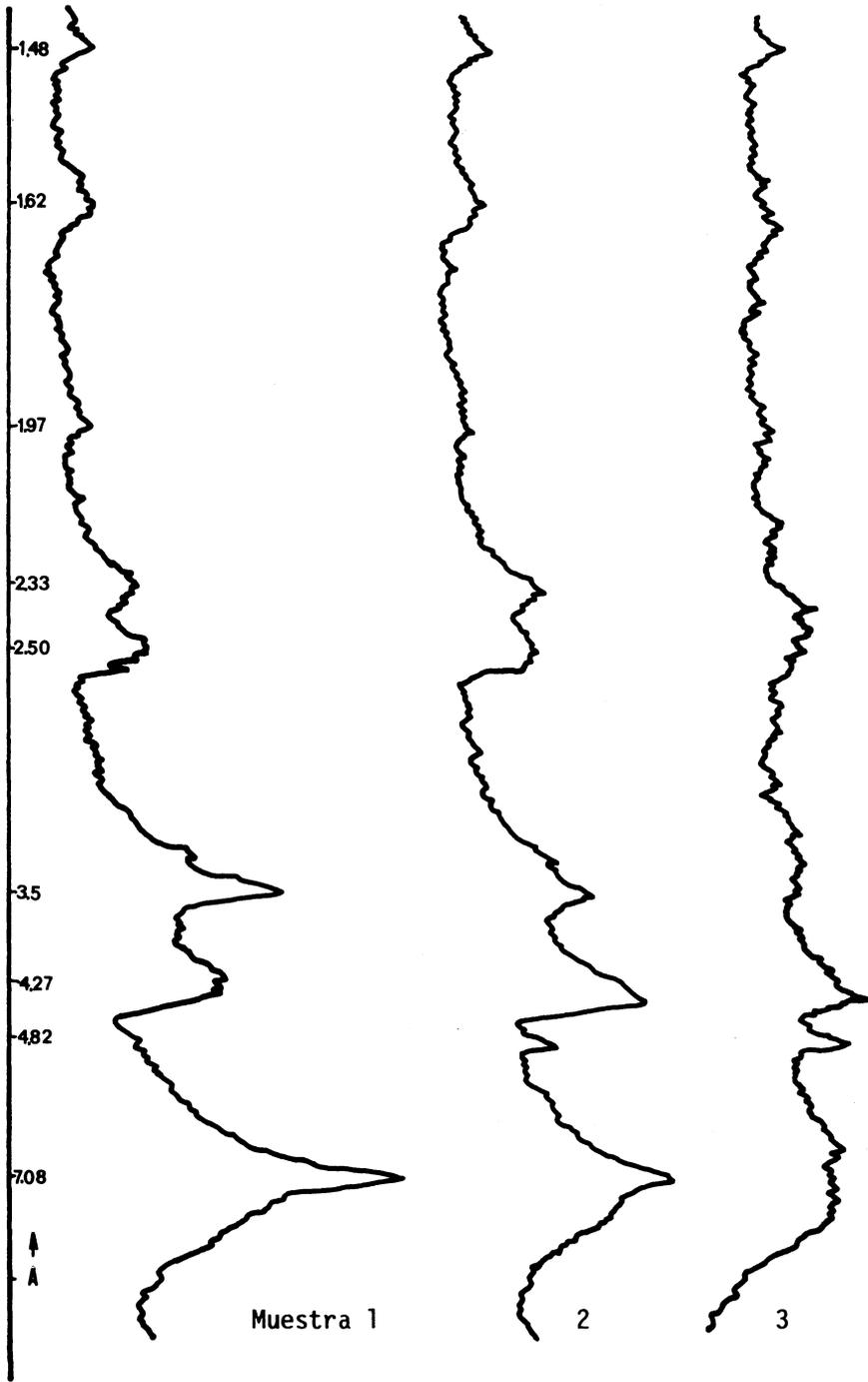
Tabla nº 3 .- Perfiles de alteración

Muestra	Perfil 1			Perfil 2	
	1	2	3	1	2
Cuarzo	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Mica	X	T	X	T	
Mica degrd.-vermiculita			T		
Feldespato				XX	XX
Clorita					
Filosilicato 1:1	XX	X	T	T	T
Gibbsita			X		
FRACCION ARCILLA					
Mica		T			
Mica degrd.-vermiculita	T			X	X
Filosilicatos 1:1	XXX	X	XX	XXX	XXX
Gibbsita		X	XX		
Ind.Chanley	2.85 $\frac{1}{10^8}$				
Sup.especifica m ² /g.	118,31	149,24	147	229	173
Fondo de radiación	30 ^º		con geles	sin con geles	con geles
	50 ^º		28	25	22
			25	21	19
					18
					17

El filossilicato 1:1 aparece en mayor proporción y mejor cristalizado en las zonas inferiores del perfil de alteración (muestra 1), pasando de una caolinita bien cristalizada en esas zonas hasta una haloisita en los niveles menos profundos (muestra 2), (fig.3), por ello, considerando que estas capas se encuentran alejadas de los horizontes ricos en materia orgánica (donde, como es sabido, generalmente estos minerales presentan bajo grado de orden), el comportamiento ofrecido por el filossilicato 1:1 dioctaédrico en este perfil, podría interpretarse como un posible indicio de la existencia de procesos de tipo hidrotermal. Conviene señalar por otra parte, la presencia de gibbsita en las zonas de mayor pendiente y fácil lavado, que coinciden con las zonas ricas en acumulación de hierro, si bien este no se ha identificado como una especie cristalina diferenciada sino que únicamente se reconoce su presencia por el elevado fondo de radiación y el color de los materiales.

La fracción arcilla del segundo perfil está constituida fundamental-

Fig. Nº 3 .-Perfil 1 - Fracción arcilla



mente por filossilicato 1:1 de tipo caolinita desordenada, cuya traza es similar a la definida por Brindley and Robinson (28) para las arcillas de tipo "fire-clay", comportamiento que se mantiene en toda la saprolita.

Figura nº 2 .

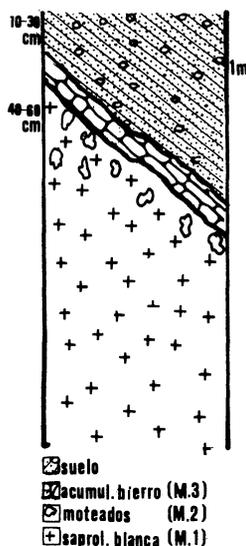


Fig. nº 2

Perfil 1 .

Se trata de un material granítico en la base, fuertemente alterado, pero conservando su estructura original, en la zona más profunda presenta coloraciones 2,5 Y 8/2 (s), textura limosa y masiva .

La zona superior de textura arcillosa y masiva, presenta un color 2,5 Y 8/2 (s) y 2,5 Y 7/2 (h) con moteados 5 YR 6/8 (s) y 5 YR 5/5 (h), lo cual supone existencia de hidromorfía, si bien hay que decir que las aguas circulan libremente en dirección de la pendiente.

Sobre la saprolita, aparece un suelo de origen alóctono, con una profundidad variable que se incrementa en el sentido de la pendiente, y en el que se encuentran fragmentos de esquisto escasamente alterado, y que como característica fundamental, presenta la formación de acumulaciones de hierro ligeramente endurecidas en la zona de contacto entre los aportes de ladera y la saprolita granítica

El suelo dominante en la zona se puede definir como una asociación Ranker-Cambisol húmico

Perfil 2 .

Constituido por una saprolita de mas de 140 cm. de espesor, de textura areno-arcillosa y compacta, con una organización muy característica en unidades poliédricas de borde redondeado de hasta 20 cms. de eje mayor, rodeados por un material fisurado que presenta diferentes colores, siendo el predominante el gris claro 2,5 Y 7/0 (s) y 2,5 Y 6/0 (h) con pequeñas manchas rojizas 2,5 YR 5/8 (s) y 2,5 YR 4/6 (h), dando un conjunto reticulado, en la base presenta cambios fuertes de color. La muestra nº 1 pertenece a la zona reticulada y la nº 2 a la decolorada.

Encima de la saprolita se desarrolla un horizonte A úmbrico, de 40-60 cms. de espesor, de origen alóctono, con evidencias de procesos de hidromorfía, reconocibles por la existencia de precipitaciones de hierro en algunos canales y en la superficie de las raíces .

Depósitos sedimentarios

PIAS

Esta unidad resulta bastante polémica desde el punto de vista de su posición estratigráfica ya que para Brell y Doval (4-5) el miembro de Pías constituiría el depósito más reciente dentro del Terciario mientras que Martín Serrano (6) lo sitúa, al igual que Pérez Alberti (10) (quien lo eleva al rango de formación), en la base de la columna estratigráfica de Maceda, si bien este último autor señala que nunca lo ha observado bajo los sedimentos arcillosos de Veiga-Cha.

Tal como se ha descrito anteriormente, esta unidad presenta el aspecto de "coladas de fango" de matriz rojiza con moteados amarillentos de bordes netos en la que se incluyen esquistos alterados; la composición mineralógica de estos esquistos (tabla 4), que presentan como mineral dominante de la fracción fina en la muestra más evolucionada un filosilicato de tipo caolinítico s.s. bien ordenado, indica que han sufrido un proceso de alteración similar al que se produce actualmente en las rocas del marco de la cuenca .

La diferencia fundamental que puede apreciarse entre las zonas rojas y amarillas de la matriz radica, como es lógico , en los compuestos de hierro; así , las áreas rojizas contienen junto con goethita y hematita una mayor proporción de oxihidróxidos de hierro no cristalinos, como queda reflejado en el fondo de radiación observado en los diagramas de D.R.X.

El filosilicato 1:1 parece ser, tanto en una como en otra zona, de tipo caolinítico bien ordenado.

Tabla nº 4 . PIAS

* con geles ; ** sin geles

Muestra	Muestra total				
	8(amarilla)	8(rosa)	9(esq. -alter.)	10(esq. +alter.)	10 (frac.arcilla)
Cuarzo	xxx	xxx	xxx	xxx	T
Mica	xx	xx	xxx	x	x
Feldspatos			x		
Mica degradada	T				x
Filosil. 1:1	x	x	x	x	xxx
Goethita		x			
Hematita		x			
Ind.Chanley	5.71 $\frac{10}{10}$	7.81 $\frac{10}{10}$	5 $\frac{10}{10}$		5.71 $\frac{10}{10}$
Sup.esp. m ² /gr.	105	127			106,94
Fondo radiación a 30º	26*	32*	26**		31* 23**
radiación a 50º	17*	27*	19**		28 17

El clima bajo el cual se formaron estos sedimentos también es bastante discutido; así, Brell y Doval (4-5) sugieren un clima de tipo árido mas bien frio, donde predominarían los procesos de alteración física; este razonamiento se debe al hecho de que observan un incremento respecto a los otros niveles (para ellos inferiores) de la illita sobre caolinita. para Martín Serrano (6) corresponderían a un clima cálido y húmedo comparable al de los medios ecuatoriales donde la alteración sería intensa, con un posterior transporte de estos materiales en las etapas rextásticas.

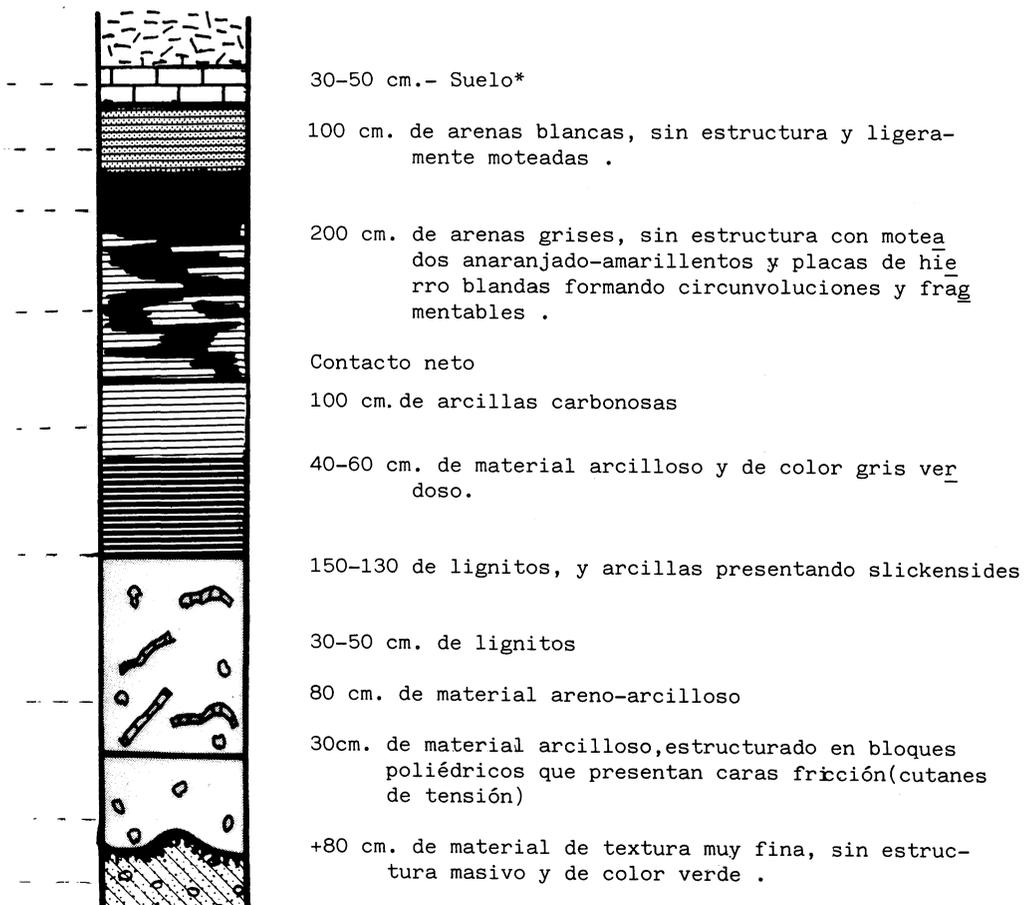
Del análisis mineralógico de esta unidad, realizado en este trabajo, puede deducirse fácilmente que la formación de estos materiales corresponde a un proceso de tipo fer-mono-sialítico; sin embargo, lo que ya no está tan claro es el clima bajo el cual se originó este proceso , pues, en nuestra opinion, bajo unas determinadas condiciones de drenaje, la fermonosialitización puede producirse en una gama bastante amplia de condiciones climáticas. En este sentido, interesa señalar que el simple análisis de la fracción arcillosa de un sedimento no permite deducciones precisas en cuanto a las condiciones climáticas de su formación .

Por lo que se refiere al aspecto morfológico y situación de los afloramientos de la "formación" o "miembro" de Pías debe señalarse que el hecho de que estos materiales descansen directamente sobre los esquistos no quiere decir que, inexcusablemente , sean el término inferior de la serie terciaria, sino que podría tratarse de una formación de borde; con referencia a este punto conviene recordar que se describen depósitos similares a este sobre los que se encuentran desarrollados suelos con horizonte de Fragipan en los bordes de varias cuencas terciarias gallegas (30) .El aspecto de "coladas de barro" que presentan estos depósitos puede compaginarse también con su posición en el borde de la cuenca además de sugerir un transporte en condiciones de aridez aunque el proceso de formación de los materiales que constituyen las coladas corresponde, como ya se ha señalado, a procesos de alteración en medio ácido con una precipitación y un drenaje suficiente como para eliminar del sistema bases y sílice y dar lugar a una neoformación fermonosialítica .

VEIGA-CHA.

"Formación" Veiga-Cha para Pérez Alberti o "miembro" de la Vega para Brell y Doval está considerada por todos los autores que estudian la cuenca como la de textura más fina, sin contenido alguno en gravas, pero se admite la presencia de niveles arenosos, zonas ricas en materia orgánica y lignitos, episodios que no vuelven a repetirse en los demás sedimentos que cubren la depresión . Un corte tipo donde se aprecian los niveles anteriormente mencionados, (correspondiente al perfil nº 3) se puede observar en la figura nº 4 .

Fig. nº 4 .- Perfil nº 3



* Suelo de espesor variable , removido muy pedregoso , limite neto e irregular. Según el espesor el Hor. A se define como A ócrico o A ùmbrico, definiéndose el suelo como Regosol o Cambisol fase somera con contacto paralítico respectivamente .

En las zonas arenosas es destacable la presencia de moteados rojizos, e incluso de placas de hierro de origen freático, blandos y fragmentables, cuya formación es explicable, aún en la actualidad , si tenemos en cuenta que las mediciones del potencial redox muestran valores que van desde 170 mV. hasta 330, configurando un área reductora en la que la movilidad del hierro se ve asegurada al menos episódicamente, lo cual puede verse fácilmente en la fig. nº 5 .

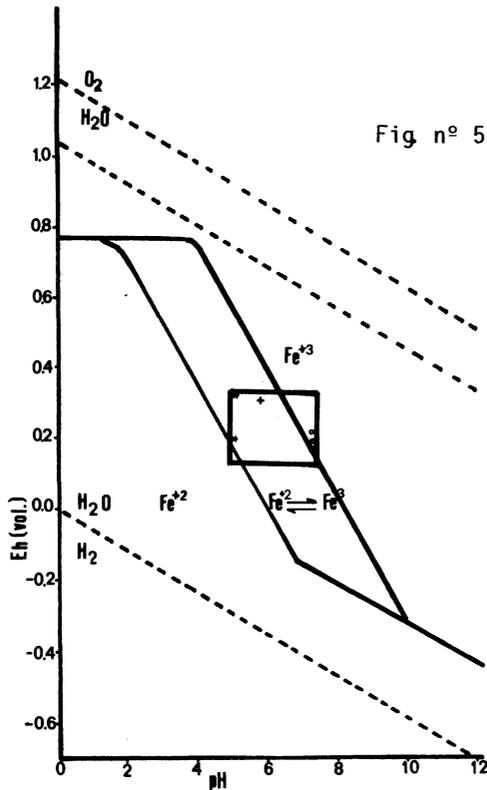


Fig. nº 5.- Diagrama Eh-pH

Intervalo de variación Eh-PH de la zona

 • zona de lignitos
 + zona rica en Fe.
 * zona arcillosa

La mineralogía se recoge en la tabla nº 5 , tanto en la zona rica en lignitos (muestra 1) como en la rica en arenas (muestras 2 ,11 y 12) lo más abundante es un filosilicato 1:1 dioctaédrico de tipo haloisita y/o caolinita desordenada.

Tabla nº 5 .- VEIGA-CHA

Muestra total	P3 muestra 1	P3 muestra2	P3 muestra 3	11	12	13	14
Cuarzo	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Mica	x	x		T	T	x	xx
Mica degr./verm.	+			T	-		
Feldespato		x					
Filosilicato 1:1	xx	xx		x	x	xx	xx
Goethita			xx				
Indice de Chanley	2.81 ^{1.50} _{10⁸}						
Eh	170-190 mV		320-330mV				
medidas pH H ₂ O	7,4	4,9	5,7				

Fracción Arcilla

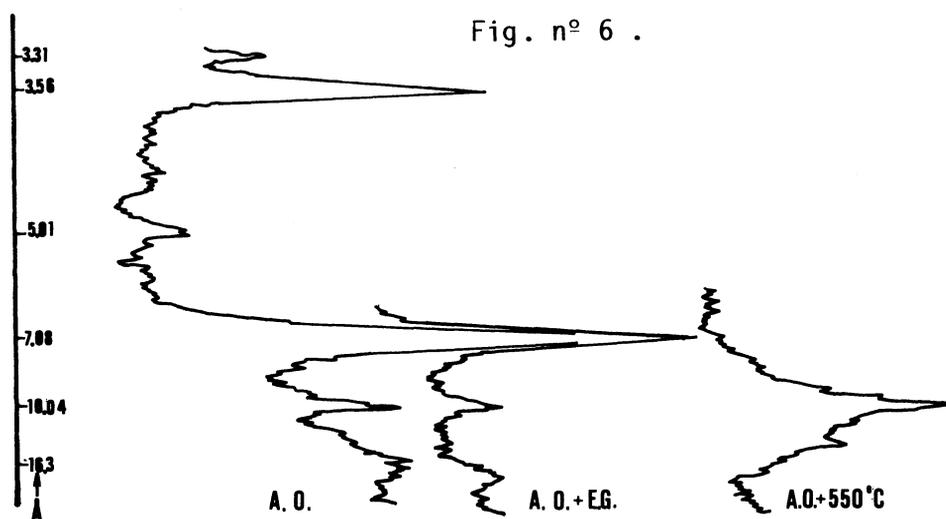
Cuarzo					T	T	T
Mica				T	x	x	x
Mica degr./verm.		x	xx	x	xx		
Filosilicatos 1:1	x	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx
Vermiculita baja carga						T	T
Goethita			xx	x		T	
Indice de Chanley						7.14 ^{1.50} _{10⁸}	7.71 ^{1.50} _{10⁸}
S.especifica m ² /gr.		167	301	193	253	194	215
Fondo de radiación a 30º			32* 31**	27* 24**	27* 23**	22* 22**	21* 21**
a 50º			30 30	22 18	21 17	18 16	15 15

* - con geles ; ** - sin geles .

Las partes mas profundas, de textura franco-arcillosa, se encuentran constituidas fundamentalmente por un filosilicato 1:1 dioctaédrico, siguiendo los criterios de Dimanche et al (1974) , este filosilicato presenta un comportamiento bastante anómalo , ya que si el efecto en el polvo cristalino a 4,4 Å es mayor que el de 3,56 y 7,08 Å , lo que indicaria la presencia de un mineral de tipo haloisítico, sin embargo en el agregado orientado los efectos a 3,56 y 7,08 Å sufren un fuerte incremento mien-

tras que el efecto a 4,4 Å prácticamente desaparece , por lo cual, según los citados autores se trataría de caolinitas de mejor cristalinidad. El comportamiento es muy similar al señalado por Galán y Carames (31), en caolines pertenecientes al yacimiento de Sta. Tecla, y que definen como caolinitas desordenadas (politipo pM).

Es destacable en todos estos sedimentos profundos la presencia de un mineral de tipo vermiculítico de baja carga con reflexiones iniciales a 14 y 17 Å , que con etilenglicol se desplazan a 16,3 Å y que al calcinar la muestra a 550°C colapsan dando un máximo a 10 Å , y un efecto secundario a 12,6 (Fig. 6) .



La presencia de minerales de tipo montmorillonítico ya ha sido mencionada por Brell y Doval (34) en los tramos inferiores de la serie de Maceda quienes, posteriormente (5) , precisan mas señalando que se trata de interstratificados de tipo (10-14 m,v) y (14v-14m) e identificando éstos tanto en los productos de alteración de los granitos de dos micas (en los que el mineral dominante es la caolinita que aparece acompañada de gibbsita, illita e interstratificados en mucha menor proporción) como en los sedimentos. Para estos autores la similitud de composición entre las alte-

raciones graníticas y los sedimentos, indica "una contemporaneidad de los respectivos procesos genéticos" , atribuyendo la formación de los interestratificados a una degradación parcial de las micas originada mediante una hidrólisis no muy intensa, proceso que hace pensar a Brell y Doval (5) en unas condiciones climáticas subtropicales.

Para Martín Serrano (6), la presencia de "montmorillonita" (se refiere al mineral identificado por Brell y Doval en 1974) asociada a la caolinita y niveles carbonosos responde fundamentalmente a deficiencias de drenaje en áreas pantanosas y advierte que, junto con el clima, deben tenerse en cuenta razones de índole paleogeográfico y sedimentológico para justificar su presencia.

Si bien ambas hipótesis podrían ser posibles , consideramos necesario insistir, una vez más , en que las interpretaciones paleoclimáticas no deben basarse únicamente en la naturaleza de los minerales arcillosos, salvo si estos son dominantes en grandes áreas. Así por ejemplo, en este caso concreto, si los interestratificados (o las vermiculitas de baja carga que nosotros hemos identificado) se originan a partir de la degradación de las micas, debe señalarse que estos procesos degradativos no dependen tanto de las condiciones climáticas como de la acidez del sistema, ya que pueden desarrollarse tanto en medios de tendencia podsolizante como en ambientes lateríticos. Por otra parte, si su origen es la neoformación solo se requiere un medio confinado , rico en cationes, con suficiente sílice como para originar un mineral de tipo 2:1 , reflejando su presencia unas condiciones de drenaje más que un clima global.

Suelos y formaciones más recientes :

NIÑODAGUIA:

Dentro de este apartado estudiamos un perfil (P4) que engloba dos capas sedimentarias (muestras 2 y 3) ,pertenecientes a la unidad Niñodagua y un horizonte superficial (muestra 1) desarrollado sobre ella. Su descripción se puede ver en la tabla nº 8 . La tabla nº 6 recoge la mineralogía de los tres niveles , así como la de un esquisto alterado encontrado en el propio perfil.

En todos los casos, el cuarzo es el mineral dominante en el ensayo de muestra total. En la fracción arcilla lo fundamental es la presencia

de gibbsita y un filosilicato 1:1 dioctaédrico de tipo haloisita, observándose que allí donde la gibbsita es mas abundante , es decir en las partes profundas del perfil de alteración (muestra 3),casi no existe haloisita mientras que en las zonas mas superficiales el mineral fundamental es este último; la figura nº 7 muestra la evolución de la gibbsita en el perfil .

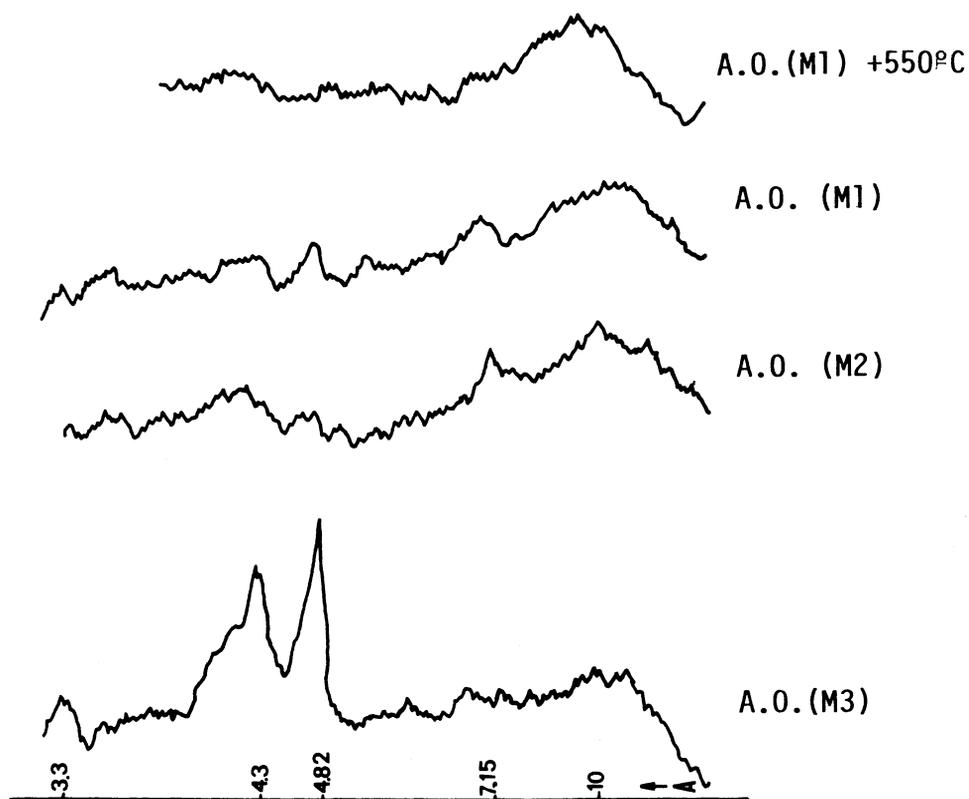
Tabla nº 6.- NIÑODAGUIA

Muestra Total	P4 ₁ (horz. A)	P4 ₂	P4 ₃	15
Cuarzo	xxx	xxx	xxx	xxx
Mica	T			
Filosilicato 1:1	T	T		T
Gibbsita			x	
Fracción Arcilla				
Cuarzo	T		T	
Mica		T		
Mica degradada				T
Filosilicatos 1:1	xx	xx	T	xx
Gibbsita	x	T	xxx	
Sup. específica	172	222	159	172
Fondo de radiación ^a 30º		28* 26**	26* 20**	
50º		18* 21**	22* 16**	

* = con geles ; ** = sin geles

Según los recientes trabajos sobre meteorización (32,33,34,35,36...) la gibbsita es un producto muy frecuente en Galicia (Dejou (37) lo califica como mineral "banal" en zonas de clima templado-húmedo) siempre que el drenaje esté favorecido. Dado que estos sedimentos presentan una matriz muy compacta y huellas de pseudogleyficación lo cual implica la existencia de procesos de hidromorfía y drenaje impedido, se puede concluir que la génesis de la gibbsita, en estas zonas, no es actual sino que está en consonancia con el origen de los materiales gruesos de esta formación, transportados bajo condiciones de fuerte pluviosidad donde las corrientes de agua tienen una gran competencia, como lo demuestran los grandes cantos en la matriz .

Fig. 7 .- Perfil 4 - Fracción arcilla



BALDREI

Estos depósitos, en los que se señala como característica definitiva la concentración anómala de estaño en forma de casiterita (38), aparecen tanto en la propia depresión de Maceda como en sus contornos; se trata, como ya se ha dicho, de una formación superficial que, en ocasiones, se encuentra fosilizando otro tipo de materiales.

En este trabajo se analizan, desde el punto de vista mineralógico un perfil y varios horizontes superficiales (horizontes A) desarrollados sobre esta formación; en la tabla nº 7 se recogen asimismo los resultados analíticos correspondientes a un perfil (P6) donde los depósitos de Baldrei descansan sobre unos materiales cuyas características morfoló-

gicas y mineralógicas parecen indicar su pertenencia a otra unidad .

Tabla nº 7 .- Muestra Total - BALDREI

Muestra	16 (horz.A)	17 (Horz.A)	Perf.5 (Horz.A)	Perf. 5 (Horz. C)	P6 ₆₂	P6 ₆₃
Cuarzo	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Mica	T			T	x	T
Filosilic. 1:1	T	T	x	x	x	T
Gibbsita				T		
Goethita					T	T
Fracción Arcilla						
Cuarzo			T	T	x	
Mica dreg.-Vem.	x	x	T	T		
Filosil. 1:1	xxx	x	x	x	xxx	xxx
Vermiculita de baja carga					xx	x
Goethita		x			x	
Gibbsita			xxx	xx		
Sup.especifica	147	170	142	176	144	168
Ind.Chamley		285 ¹⁰⁸				
Fondo de radiación ^a	30° 50°	26* 26** 21* 20**		24* 22** 20* 17**	27* 25** 22* 18**	23* 18*
* = con geles ; ** = sin geles .						

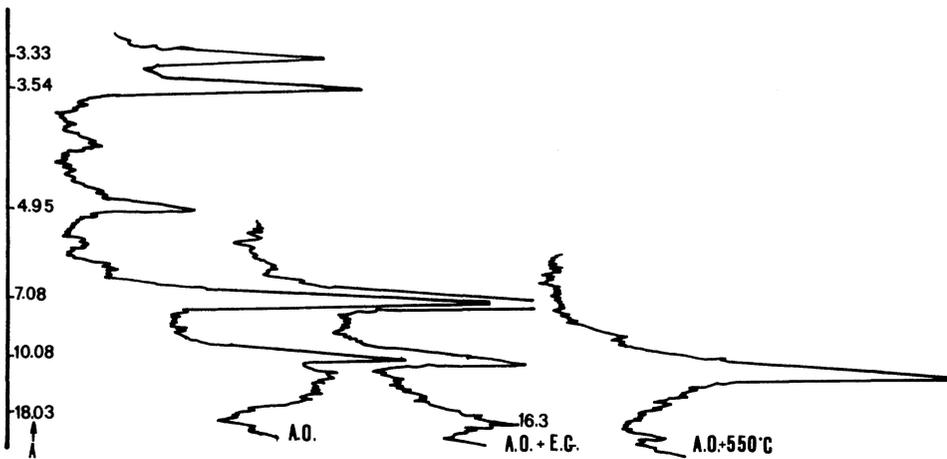
Los horizontes edáficos presentan texturas franco y franco-arenosas con abundancia de gravas. En la muestra total de estos horizontes el cuarzo es el mineral dominante; en la fracción arcilla lo más destacable es el bajo grado de orden del filosilicato 1:1 dioctaédrico, ya que generalmente parece ser de tipo haloisítico y, en algún caso, caolinítico de sordenado (según los criterios de Dimanche et al (27)); abunda también en esta fracción la gibbsita , llegando esta a ser en algunos horizontes el mineral más abundante , generalmente esto ocurre en detrimento del contenido en filosilicatos 1:1 .

Solo se han observado los efectos propios de compuestos de hierro cristalino (goethita y hematita) en un caso, pudiendo estar relacionada la

presencia de esta última con la quema que ha sufrido el suelo que la contiene.

Los horizontes inferiores del perfil nº6 (tabla nº 8) presentan texturas arcillo-limosas y franco-arcillo-limosas y ausencia de gravas; el análisis mineralógico de la fracción arcilla muestra la presencia de esmectitas o vermiculitas de baja carga (fig. 8) asociadas a un filosilicato 1:1 de tipo caolínico desordenado, cuyo comportamiento coincide con el observado en los caolines de Veigachã; este hecho junto con la aparición de vermiculitas de baja carga (Brell y Doval , citan su presencia en el miembro de la Vega), podría interpretarse como un indicio de que los depósitos recubiertos por la formación Baldrei correspondan a la formación Veiga-Cha; la posición topográfica de este perfil parece contradecir esta idea, si bien en algunas zonas los niveles de lignitos de Veiga-Chã han sido basculados (38) y la cota que ocupan actualmente con respecto al fondo de la cuenca es aproximadamente la misma que la correspondiente a este perfil, por lo que podría tratarse realmente de la formación Veiga-Cha.

Fig. nº8 .- perfil 6 , Muestra 3 . fracción arcilla



Comentario general acerca de los suelos.

Los tipos de suelos mas frecuentes encontrados en la zona, según la clasificación FAO (13) son : Litosoles, Regosoles, Fluvisoles, Ranker , Cambisoles húmicos, dístricos y gleycos, y Gleysoles húmicos. En algunos casos se evidencia la existencia de cutanes, por lo que habría que realizar un estudio más detallado para ver si son cutanes de tensión o de iluviación, en cuyo caso estaríamos en presencia de unidades FAO con presencia de horizontes argílicos (Acrisoles). Pese a que de la tabla nº 9 se deduce que las texturas de los horizontes superficiales varían desde franca a franco arenosa, siendo el contenido en gravas muy variable; la mayor parte de ellos entrarían (según la clasificación dada por la Soil Taxonomy (16) para los fragmentos mayores de 2 mm) en la clase denominada "gravillosa" (Gravelly) excepto los asociados a Niñodagua, que corresponderían a la clase "guijarrosa" (Cobbly); la presencia de moteados, indicativos de procesos hidromórficos es muy frecuente sobre todo en las zonas donde el substrato sedimentario es la "formación" Veigachá; sin embargo no debemos olvidar la importancia que tiene el escaso encajamiento de la red fluvial y la propia forma de la cubeta, ya que ambos factores están contribuyendo de forma decisiva a la creación de zonas con propiedades hidromórficas.

En todos los casos el pH es ácido (varía desde 4 hasta 5,8 en agua), y los valores del pH en FNa , nunca muy elevados , indican una baja reactividad a dicho compuesto y por tanto la ausencia de aluminosilicatos no cristalinos y otras formas de "aluminio activo" .

Tanto los valores de materia orgánica, como los de relación C/N varían ampliamente, pero no se encuentra relación entre dichos valores y las formaciones sobre las que están situadas .

Tabla n° 8.- Descripción de perfiles .

Perf.	Horz.	Prof.cm.	Color (s) (h)	Moteado	Cutanes	Textura <2mm.	%fr.>2mm. sin cantos	Presencia cantos	Estructura	Enraizamiento	Contacto	Drenaje	Consistencia(h)
4	A	0-18	10YR3/3 10YR3/2	n.p.	n.p.	franca	15,91	grandes redondeados abundantes	migajosa	muy fuerte	neto	fácil	
	B	18-38	10YR6/6 10YR3/6	frecuente	n.p.	franca	46,60	grandes redondeados abundantes	sin estrc.	n.p.	difuso	muy difict.	adhesivo compacto
	C	+38	10YR7/6 10YR4/6	frecuente	si zonales	fr.ar. arenosa	41,17	grandes redondeados abundantes	sin estrc.	n.p.		muy difict.	adhesivo muy compa to.
5	A	0-8	10YR3/1 10YR2/1	n.p.	n.p.	franco arenosa	44,39	no presenta	sin estruc.	fuerte	neto	bien dren.	suelto
	AB	8-28	- Horizonte de espesor variable (20-30 cm) con piedras de cuarzo y fragmentos de esquisto										
	C	+28	10YR5/6 10YR3/6	n.p.	n.p.	franca	23,89	no presenta	migajosa débil	n.p.		bien dren.	suelta
6	A	0-22	10YR3/3 10YR2/1	n.p.	n.p.	franca	3,76	n.p.	migajosa débil	muy fuerte	neto	fácil	suelto
	AB	22-27	- Zona de acumulación de piedras y gravas de cuarzo , heterométricas y orientadas según la pendiente .										
	B ₁	27-57	2,5Y6/4 2,5Y5/6	frecuente	si zonales	arcillo limosa	n.p.	n.p.	poliédrico prismático	n.p.	gradual		masivo
	B ₂	+57	2,5Y7/2 2,5Y5/4	muy fre- cuente	si zonales	fra.arc. limosa	n.p.	n.p.	poliédrico prismático	n.p.			masiva

Tabla nº 9.- DATOS ANALITICOS

Hoz. A	pH			% C	% N	% M.O.	C/N
	H ₂ O	ClK	FNa				
16	5,8	4,3	10,2	8,78	0,40	15,13	21,35
17	5,1	4,8	8,0	3,54	0,15	6,10	23,6
18	5,1	3,8		6,04	0,16	10,41	37,75
19	5,6	4,1	10,3	6,38	0,36	10,99	17,72
20	5,1	4,1	10,8	4,33	0,27	7,47	16,04
21	4,2	3,0	7,0	7,52	0,26	12,96	28,92
22	5,1	3,9	8,4	7,4	0,45	12,76	16,44
23	4,9	4,0	10,6	8,85	0,21	14,74	40,71
Perf.4							
Prof. cm.							
0-18	4,3	4,1		5,72	0,33	9,85	17,00
18-38	4,8	4,6		0,79	0,08	1,37	9,85
+38	4,7	5,2		0,92	0,08	1,59	11,4
Perf.5							
Horz.A	4,8	4,1	10,2	4,43	0,25	5,64	12,72
Perf.6							
Horz.A	5,1	3,8	8,8	3,87	0,18	6,68	21,55

Fracción < 2 mm .

Hor.A	%fracción >2mm.	A.G.	A.F.	L.G.	L.F.	Arcilla	Textura
16	22,64	25,04	12,64	12,64	14,69	36,84	franco arci.
17	20,20	19,20	31,54	24,45	10,25	13,86	franco
18	16,76	42,25	26,19	10,61	6,81	14,94	franco arenoso
19	11,43	29,02	21,83	18,80	13,05	17,31	franco
20	26,14	41,33	20,78	9,90	13,05	14,94	franco arenoso
21	42,36	33,63	24,71	14,32	14,56	12,78	franco arenoso
22	6,50	14,40	29,59	20,60	16,75	18,66	franco
23	52,44	14,62	33,84	19,42	13,94	18,17	franco
Perfil 4							
0-18	15,91	22,76	19,03	23,39	19,79	15,03	franco
18-38	46,60	39,80	13,01	15,00	15,63	16,53	franco
+38	41,17	41,64	7,32	7,38	19,47	24,14	frac.arci.aren.
Perfil 5							
Horz.A	44,39	44,54	14,29	11,45	11,97	17,75	franco arenoso
" C	23,84	23,78	17,04	12,33	25,43	21,42	franco
Perfil 6							
horz. A	3,74	10,45	22,13	21,02	22,72	23,68	franco
B ₁		0,61	3,83	12,73	32,36	50,46	arc.limoso
B ₂		1,09	12,37	8,27	40,29	37,98	frac.arc.lim.
Muestra 13							
" 14		15,8	11,81	10,81	24,14	37,43	frac.arcilloso
" 14		16,63	10,05	10,38	26,47	36,47	frac.arcilloso

Bibliografía

- 1.- RAYNAL,R.; NONN,H. (1968) - Glacis étages et formations quaternaires de Galicie Orientale et Leon. Quelques observations et donnes nouvelles Rev. Geomorph.Dyn.3.
- 2.- BRELL,J.M. (1972) - Estudio litoestratigráfico del terciario del Oeste de Asturias y Galicia.Tesis Doctoral Univ. Complutense.Madrid.
- 3.- BRELL,J.M. (1975) - Aplicación de las correlaciones al estudio del Terciario continental.Trab. de Congresos y reuniones.Primer y Segundo Ciclos de Correlaciones estratigráficas. Ser.7,124-130 Ed. Anadisma. Madrid.
- 4.- BRELL,J.M. ;DOVAL,M. (1974) - Un ejemplo de correlación litoestratigráfica aplicada a las cuencas terciarias del NW de la península.Estudios Geológicos,30, 631-638.
- 5.- BRELL,J.M.;DOVAL,M. (1982) - Relaciones entre los sedimentos neógenos de Galicia y las alteraciones de su substrato .Interpretación paleoclimática.Acta Geológica Hispánica,14,190-194.
- 6.- MARTIN SERRANO,A. (1980) - El Terciario de Galicia. Significado y posición cronoestratigráfica de sus yacimientos de lignito. Tecniterrae, S-225, 19-41.
- 7.- FERRAGNE,A. (1972) - Le Precambrien et le Paleozoique de la province d'Orense (Nord-Ouest de L'Espagne) . Univ. de Bordeaux,t.339,These.
- 8.- IGME (1974, a y b) - Mapa Geológico 1:50.000 .Hojas de Allariz (nº226) y de Nogueira de Remuin (nº188).
- 9.- CAPDEVILLA,R.; FLOOR,P (1970) - Les differents types de granites hercyniens et leur distribution dans le Nord-Ouest de l'Espagne. Bol.Geol. Min. 8, 215-225.
- 10.- PEREZ ALBERTI,A. (1984) - Tesis en preparación .Universidad de Santiago
- 11.- PEREZ ALBERTI,A.et al (1984) - Las formaciones sedimentarias de la depresión de Maceda 1.- La formación Baldrei. (en prensa).
- 12.- SOIL SURVEY MANUAL (1973) - Soil Survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Versión castellana de Ed. Trillas, México, Investigación de suelos.
- 13.- F.A.O. (1977) - Guía para la descripción de perfiles de Suelos. Roma.
- 14.- MUNSELL SOIL COLOUR CHARTS (1975) - Munsell Colour Co., New York.
- 15.- GUITIAN OJEA,F.; CARBALLAS,T. (1975) - Técnicas de Análisis de Suelos Ed. Pico Sacro. Santiago.

- 16.- US.SOIL CONSERVATION SERVICE (1975) - Soil Taxonomy .A basic System for making and interpreting Soil Survey. Agric. Handbook.nº346.US.Gov. Print.off.Washington.
- 17.- HEILMAN,M.D. et al. (1965) - The EGME technique for determining Soil surface área. Soil Sci. 100, 409-413.
- 18.- FIELDS,M.; PERROT,R.J. (1966) - The nature of allophane in soils. III Rapid field and laboratory test for a allophane. N.Z.J. Sci. 9, 623-629.
- 19.- PARRISH,W.; MACK,M. (1963) - Data for X-Ray Analysis I. Philips Techni cal linary Eidhoven (2ª ed.)
- 20.- GRIM. R.E. (1968) - Clay Mineralogy .MacGraw-Hill. New York.
- 21.- BROWN,G. (1961) - The X-Ray identification and crystal structure of clay minerals. Mineralogical Society. London.
- 22.- THOREZ,J. (1975) - Phyllosilicates and clay minerals. Ed. G. Lelotte. Bélgica.
- 23.- J.C.P.D.S. (Joint Committee on Powder Diffraction Standars) Index (inorganic) to the Powder diffraction file.Pennsylvania.
- 24.- DIXON,J.B.; WEED. S.B. Eds. (1977) - Minerals in Soil Environments. Soil Science Society of America. Wisconsin.USA.
- 25.- DUNOYER de SEGONZAC; KUBLER,B. (1966) - La cristallinite de l'illite Bull. Tech.Soc. ERAP . 27, 16-41.
- 26.- CHAMLEY,H. (1971) - Recherches sur la sedimentation argileuse en Méditerranée. teis. Univ. Louis Pasteur.Strasbourg.
- 27.- DIMANCHE,F. et al. (1974) - The kaolins: Mineralogy , Deposits. Uses. Mineral Sci.,6 , 184-205.
- 28.- BRINDLEY,G.W. and ROBINSON,K. (1946) - Randomness in the structures of kaolinitic clay minerals. Trans Faraday Soc. 42b 118-205.
- 29.- MURRAY,H.; LYONS,S.C. (1960) - Further correlations of kaolinite crystallinity with chemical and physical properties.Clays Clay Min. 8 11-18:
- 30.- MACIAS,F.(1974) -Estudio químico y morfológico de suelos de fragipan de la zona húmeda española . Tesis Univ. Santiago
- 31.- GALAN,E.; CARAMES,M. (1974) - Contribución al estudio de los depósitos caoliníferos de Pontevedra:El Yacimiento de Sta. tecla. Est. Geol. vol. XXX, 315-326. Inst. "Lucas Mallada" CSIC.
- 32.- MACIAS,F. et al (1980) - El factor material de partida en los suelos de las Mariñas. 1.- Alteración de las rocas metabásicas.Cad.Lab.Xeol. Laxe.1, pag. 205-223.

- 33.- MACIAS,F. et al (1980) - Origen y distribución de la gibbsita en Galicia. An.Edaf.Agrobiol. 39 1533-1563.
- 34.- MACIAS,F. et al (1981) - El factor material de partida en los suelos de las Mariñas . 2.- Alteración de los esquistos en medios bien drenados. Acta Cientifica Compos. 17, 265-292.
- 35.- MACIAS,F. (1981) - Formation of Gibbsite in soils and saprolites of temperate-humid zones . Clay Minerals (1981) . 16 43-52.
- 36.- MACIAS,F . et al (1982) - Mineralogía de las arcillas en suelos y alteraciones sobre materiales graníticos de Galicia. Trab.Lab. Xeol. Laxe Vol3.
- 376.- DEJOU,J. et al (1972) - La gibbsite , mineral banal d'alteration des formations superficielles et des sols developpes sur socles cristallins et cristallophylliens dans les zones temperées humides. 24 th. IGC, 1972 -Section 10.
- 38.- NESPEREIRA ,J (1981) - Los sedimentos de arroyos en la prospección de estaño y Wolfranio en el oeste de la prov. de Orense. Tesis Doc. Univ. Oviedo.