

Factores de formación y propiedades de los suelos formados sobre calizas en Galicia

Forming factors and properties of soils developed over limestone in Galicia

TABOADA CASTRO, M. T. y SILVA HERMO, B. M.

ABSTRACT

We describe the forming factors, properties, typology and distribution of soils developed over limestone in Galicia. According to the degree of development, three main types are distinguished. AR soils in high-erosion localities are decarbonated. AC soils formed by colluvial deposits of limestone material on hillslopes have high carbonate levels, partly due to the greater solubility of unconsolidated material. ABR soils are found in relatively stable hillslope positions, in flat areas and cracks of rocks. Some are moderately well developed, with Bw horizons that have high carbonate content. Others are highly developed, with thick, totally decarbonated Bt horizons sometimes with low base saturation. The properties of all these soils depend on the degree of decarbonation.

Key words: Soils over limestone, forming factors, decarbonated soils, Galicia.

TABOADA CASTRO, M. T. (Instituto Universitario de Geología "Isidro Parga Pondal". Facultad de Ciencias, Universidad de A Coruña, Campus de A Zapateira, 15071 A Coruña; teresat@ndc.es). SILVA HERMO, B. M. (Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago de Compostela).

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las primeras referencias a los suelos de Galicia formados sobre calizas se encuentran en los trabajos de GUITIÁN OJEA (1967) y GUITIÁN OJEA y CARBALLAS (1969) dedicados a conocer los tipos de suelos de la zona húmeda española y su relación con el material geológico. En el año 1974, GUITIÁN OJEA en el libro "Itinerarios de los suelos de Galicia" efectúa una breve descripción morfológica y analítica de algunos perfiles que clasifica siguiendo la sistemática de KUBIENA (1952) como *Tierras pardas calizas*. Estos suelos fueron localizados al realizar la cartografía de las provincias de Lugo (GUITIÁN *et al.*, 1982) y Orense (GUITIÁN y CARBALLAS, 1982). Los primeros estudios se realizaron de forma puntual, siempre dentro de temas de trabajo en los que se abordaban aspectos concretos de los suelos gallegos y donde lógicamente estos constituían un ejemplo más de suelos a tener en cuenta. Entre otros autores podríamos citar a PLATA (1972) por su trabajo dedicado al conocimiento del hierro y del aluminio en suelos de zona húmeda, GARCÍA-RODEJA (1983) que se ocupó fundamentalmente de los componentes no cristalinos, GUITIÁN OJEA *et al.* (1985) que realizaron una breve descripción de estos suelos en el Courel, y también ACEA y CARBALLAS (1986, 1990) que los han tratado al estudiar las propiedades biológicas de los suelos de Galicia.

Fué, sin embargo, unos años más tarde cuando realmente se realizó un estudio más amplio y específico de estos suelos

(TABOADA, 1991; BARRAL *et al.*, 1988; TABOADA y SILVA, 1992; TABOADA *et al.*, 1992 a, b; TABOADA y SILVA, 1993, 1995, 1997). En este trabajo, se presenta una síntesis de los factores de formación, distribución, tipología y propiedades de los suelos formados sobre calizas en Galicia.

FACTORES DE FORMACIÓN

Marco geológico

Aunque de forma global se puede decir que Galicia es una zona de rocas ricas en sílice (granitos, esquistos, etc.), lo cierto es que su sustrato geológico está formado por una gran diversidad de materiales, incluidas las calizas. Estas rocas ocupan una reducida extensión, inferior al 5% de la superficie total de Galicia. Aparecen en la mitad oriental de la provincia de Lugo y en el NE de la de Orense (Fig. 1). Son calizas metamórficas, que se disponen en forma de estrechas franjas según una alineación aproximada N-SE intercalándose con otros materiales metamórficos de naturaleza lutítica y cuarcítica (esquistos, pizarras y cuarcitas).

Desde el punto de vista paleogeográfico, las calizas se encuentran dentro de la zona Asturoccidental-leonesa que, estratigráficamente, se caracteriza por la presencia de un Precámbrico superior de facies esquistosa sobre el que reposa el Paleozoico inferior que, con un gran desarrollo, aparece representado casi en su totalidad (MARTÍNEZ CATALÁN, 1981).

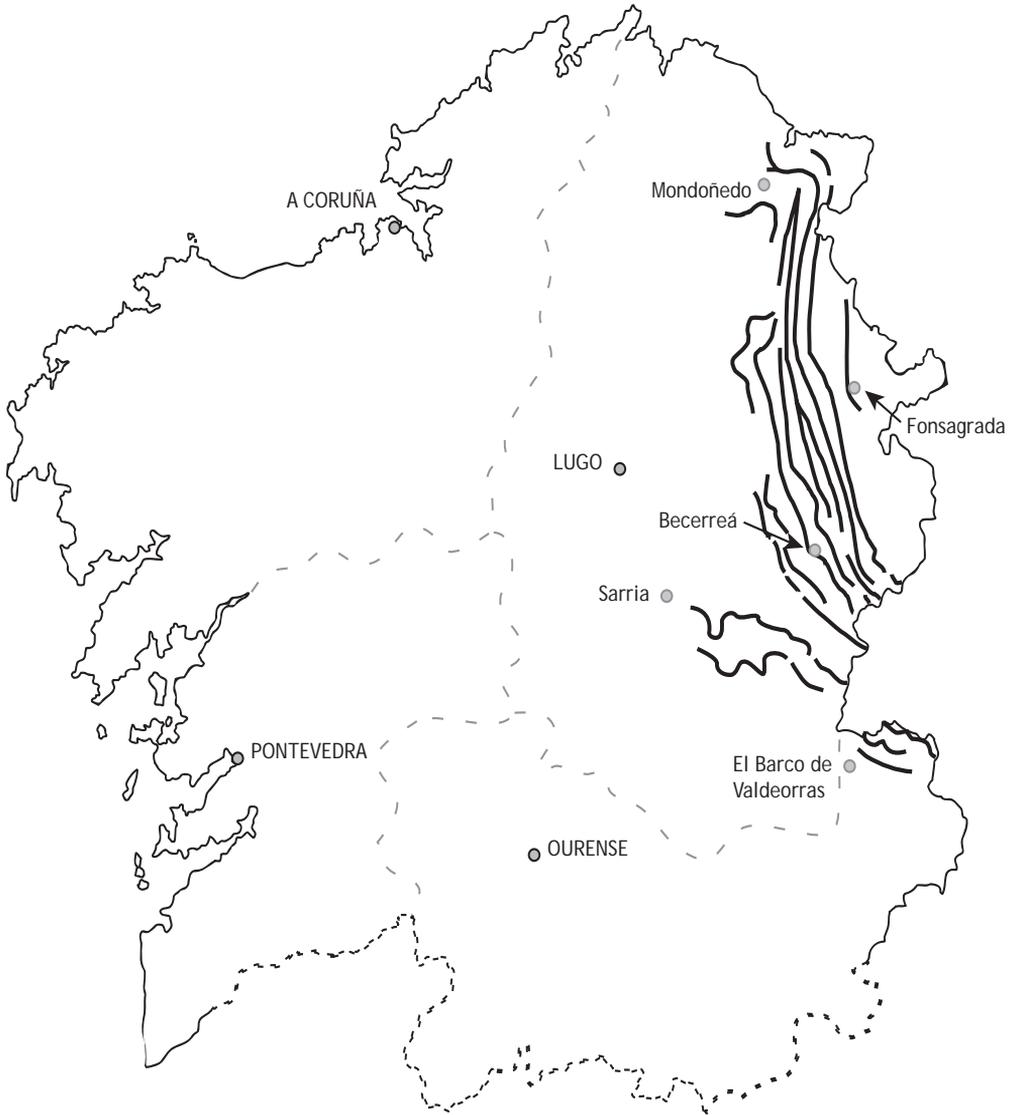


Figura 1. Localización de las calizas en Galicia.

Las calizas de la región gallega pertenecen principalmente a tres formaciones estratigráficas: *Caliza de Vegadeo*, *Caliza de Cándana* (ambas del Cámbrico inferior) y *Caliza de la Aquiana* (Ordovícico superior). Pequeñas intercalaciones carbonatadas, sin apenas significación cartográfica, se sitúan entre las Capas de Tránsito y las Capas de Riotorto (IGME, 1978, 1980, 1981).

La figura 2 recoge la situación de las principales formaciones carbonatadas de Galicia tomando como referencia las hojas del Mapa Geológico escala 1: 50.000 del IGME, en las que aparecen cartografiadas sus afloramientos.

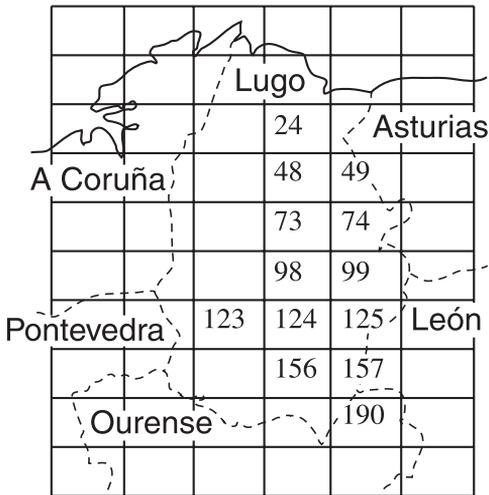


Fig. 2 Situación de las formaciones carbonatadas de Galicia con referencia a las hojas del mapa geológico del IGME.

La *Caliza de Vegadeo* es la de mayor extensión, aflora en diversos lugares de las hojas de Mondoñedo (24), Meira (48), Castroverde (73), Baralla (98), Becerreá (99), As Nogais (125), Oencia (157), Sarria (124), Monforte (156), San Martín

de Oscos (49) y Fonsagrada (74). El espesor de la formación es variable, desde los 80 m de Meira hasta los 220 m de Becerreá. Generalmente se presenta en forma de bandas más o menos continuas, con distintas anchuras y en dirección aproximadamente NW-SE, que corresponden a flancos de estructuras. En términos generales consta de calizas y dolomías, ambas muy recristalizadas, con calcita y dolomita respectivamente como componentes principales. Cuarzo, micas y minerales opacos, así como dolomita en las calizas y calcita en las dolomías son los accesorios; esporádicamente presentan albita, apatito, turmalina o zircón (IGME, 1980, 1981; TABOADA *et al.*, 1992 a).

La *Caliza de Cándana* se presenta como niveles o lentejones carbonatados, de diferente potencia, intercalados entre las Pizarras de Cándana. Aflora en el territorio correspondiente a las hojas de Mondoñedo (24), Meira (48), Castroverde (73), Baralla (98), As Nogais (125), Oencia (157), Sarria (124), Monforte (156) y Puertomarín (123), pero el espesor de la formación es inferior a la de Vegadeo, oscilando entre los 21 m en Meira y los 100 m en Baralla y Oencia. Está constituida generalmente por calizas y dolomías de color gris, bandeadas, altamente recristalizadas con calcita y dolomita respectivamente, encontrándose frecuentemente como accesorios de las calizas dolomita, cuarzo y opacos y en algún lugar talco, tremolita, diópsido, micas y plagioclasa (IGME, 1982, TABOADA *et al.*, 1992 a) mientras que cuarzo, moscovita, biotita y opacos son comunmente accesorios de las dolomías.

La *Caliza de la Aquiana* es de las tres formaciones carbonatadas existentes en Galicia la que ocupa una menor extensión. Aparece cartografiada en las hojas de Monforte (156), Oencia (157) y El Barco de Valdeorras (190), siendo sus afloramientos más bien discontinuos, debido quizás a su origen de tipo arrecifal. Consta de calizas marmóreas generalmente dolomitizadas y frecuentemente pigmentadas por óxidos de hierro (IGME, 1981).

A modo de resumen se puede decir que se trata en todos los casos de calizas duras y muy recristalizadas que han sufrido un elevado grado de metamorfismo, tanto que, en ocasiones, constituyen verdaderos mármoles.

Marco topográfico

En términos generales la topografía de las áreas calizas gallegas es de tipo escalonado. En su génesis han jugado un importante papel los procesos de erosión diferencial, motivados por las diferencias estructurales y litológicas propias de los lugares con mezcla de materiales de diferente dureza. La erosión ha incidido sobre los materiales más blandos (esquistos y pizarras) y ha respetado a los más resistentes (cuarcitas y calizas). Como consecuencia de la acción erosiva es frecuente encontrar, en las áreas de topografía acusada, relieves residuales de cuarcita o de las duras calizas de la Aquiana o Vegadeo resaltando sobre el terreno, originando un relieve escarpado con pendientes fuertes e irregulares y paisajes abruptos con grandes zonas de roca desnuda. Las elevadas pendientes condicionan un importante

movimiento lateral de materiales y como consecuencia, un proceso de rejuvenecimiento continuo de los suelos. Esta causa asociada a que las calizas se intercalan con materiales de distinta composición química y mineralógica provoca en determinados suelos contaminación por materiales de diversa naturaleza.

Los perfiles seleccionados para este trabajo se encuentran muy dispersos, por lo que no es posible hacer una caracterización topográfica de conjunto, si bien, muestran como característica común su situación en una posición fisiográfica de ladera, con pendientes generalmente muy acusadas. De los 13 perfiles que analizaremos a continuación, 6 se sitúan en una zona donde la pendiente corresponde a la clase 6 de la nomenclatura FAO (1968), que es la de mayor inclinación y se define como muy escarpada, y 5 en lugares de clase 5 (escarpado), encontrándose únicamente 1 en clase 4 (moderadamente escarpada) y otro en clase 3 (inclinada). Por el contrario, la altitud a la que se localizan los perfiles es muy distinta, oscilando entre 250 y 1230 m.

Caracterización climática

Como consecuencia de la longitud y dispersión de los afloramientos calizos, los suelos se presentan bajo condiciones climáticas muy diferentes y extremas en Galicia. Globalmente se puede decir que estas zonas están regidas por una marcada continentalidad que va dejando paso a medida que se avanza hacia el sur a una clara mediterraneización.

Para un mejor conocimiento de las condiciones climáticas de los perfiles reco-

gidos en este trabajo se tuvieron en cuenta datos de las estaciones meteorológicas (CARBALLEIRA *et al.*, 1983) que se indican a continuación y que fueron seleccionadas en base a su proximidad a los perfiles y a la semejanza de altitudes. Estas son: Pedrafito do Cebreiro (perfiles 1, 3, 10), Vilar do Courel (2,11,12), Granxa de Barreiros en Sarria (perfiles 7, 8, 9), Mondoñedo (6), Pumares (5), Castro de Rei (13), Santa Eulalia en embalse (4). Son todas termoplumiométricas, excepto las dos últimas que son pluviométricas.

La observación de estos datos permite indicar que las calizas se extienden desde Mondoñedo cuya precipitación es de 1344 mm anuales y atraviesan la zona montañosa del Courel donde se registra una precipitación muy elevada (del orden de los 2000 mm anuales) y temperaturas bajas durante largos períodos del año (temperatura media de 8° C y hasta 4 meses con temperatura inferior al cero biológico). Finalmente llegan hasta la cuenca media del Sil, por donde se canalizan las influencias continentales procedentes de la Meseta, siendo el clima de tipo mediterráneo, con precipitaciones escasas (595 mm anuales, que son los valores de pluviosidad más bajos que se registran en Galicia) y una temperatura media de 13 ° C y un acusado contraste térmico. Estas diferencias climáticas se traducen en el régimen de humedad de los suelos, de tal manera que los de zonas montañosas se caracterizan por un régimen de humedad *údic* (calculado por el modelo matemático de NEWHALL, 1976, y considerando una reserva de agua útil de 100 mm, que es la aceptada para la mayoría de los suelos gallegos según DÍAZ-FIERROS,

1971) que se convierte en *ústico de tipo I* (LAZARO *et al.*, 1978) a medida que nos acercamos a la cuenca del Sil y ya dentro de ella es *xérico*. El régimen de temperatura del suelo es *mésico* en todos los casos, ya que la temperatura media anual del suelo está comprendida entre 8 y 15° C y la diferencia entre las medias de verano e invierno es superior a 5° C.

Tipos de vegetación

Destaca la gran variedad de especies vegetales en los enclaves calcáreos, debido a la diversidad de territorios corológicos e incluso pisos bioclimáticos en los que se presentan estos materiales (RIVAS-MARTÍNEZ, 1979). Las especies estrictamente calcícolas son escasas y no son comunes a todos los enclaves.

Los bosques están representados principalmente por encinares de *Quercus rotundifolia* que son exclusivos de este sustrato en zonas húmedas y dejan de serlo cuando se pasa a áreas de influencia mediterránea. Se conocen buenas formaciones en el alineamiento que va desde las orillas del río Sil a su entrada en el territorio orensano extendiéndose hacia el NW por la Serra da Lastra. Continúan encontrándose sus típicas manchas cerradas y densas por tierras del Courel siendo su límite septentrional el encinar del río Cruzul, próximo a Becerreá. No constituyen bosques propiamente dichos en todos los casos, pues frecuentemente la talla del encinar no rebasa los 2-3 m de altura media; ello es tanto más así cuanto más hacia el norte nos desplazamos perdiéndose el influjo mediterráneo del valle del Sil. Destacaremos de este tipo de vegetación,

además de su estructura apretada de especies leñosas perennifolias, el hecho de instalarse sin dificultad en zonas con poco suelo, donde la roca descarnada asoma con frecuencia o en posiciones de pendiente escarpada. Florísticamente es reseñable un lógico empobrecimiento en especies de matiz mediterráneo, acompañantes normales de la encina en zonas más meridionales ibéricas (*Arbutus unedo*, *Phyllirea angustifolia*, *Pistacia terebinthus*, etc) y que en los encinares calcáreos gallegos se puede encontrar solamente en el valle del Sil y Serra da Lastra. Al llegar a los encinares del Caurel, Cebreiro y Cruzul, por "atlantización" del clima, tales acompañantes desaparecen y *Quercus rotundifolia* se erige en el árbol dominante absoluto de los encinares.

Mayor interés biogeográfico ofrecen los bosques de haya (*Fagus sylvatica*) que se localizan sobre diversos afloramientos calcáreos en tierras de O Cebreiro, a pesar de que en Galicia no son exclusivos de estos sustratos. Se sitúan en zonas altas y suelen formar suelos de apreciable trofia con una rica flora acompañante.

Entre los matorrales destacan los espinales, sólo ligados al sustrato calizo, aunque también es normal la presencia de matorrales de hábito general silicícola en suelos desarrollados sobre calizas, máximo cuando estos son de una cierta profundidad y la precipitación es acusada. Así puede darse la presencia de *Cytisus scoparius*, *Cytisus striatus* o *Genista florida*.

Otra formación fisonómica importante son los pastizales, destacando por su estrecha ligazón al sustrato calizo, los pertenecientes a la alianza *Meso-Bromion erecti* en los pastizales naturales de diente, mientras

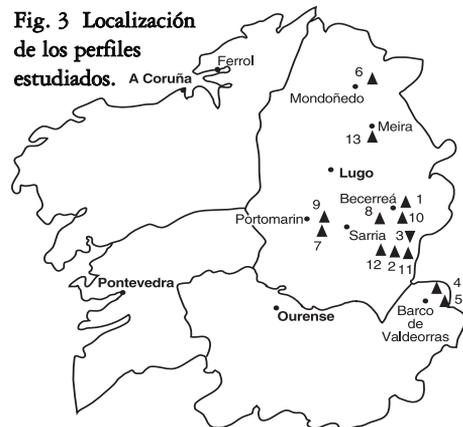
que los de siega se pueden integrar en la asociación *Malvo moschatae-Arbenatheretum elatioris* (IZCO y GUITIÁN, 1982).

Finalmente no podemos dejar de citar por su especial ecología la vegetación rupícola y fisurícola propia de las paredes y roquedos calcáreos verticales. Son subordinables a la alianza fitosociológica *Saxifragion trifurcato-canaliculatae*, las comunidades cosmofíticas que se pueden identificar con buen desarrollo en los peñascos de Cobas, embalse de Penarrubia y aledaños orensanos. Tienen un interés geobotánico excepcional por el carácter endémico de buena parte de su flora, entre las que se encuentran *Petrocopteris grandiflora*, *Rhamnus legionensis*, *Campanula arbatia* subs. *adsurgens* y *Leontodon farinosus* como más significativas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se seleccionaron 13 perfiles (Fig. 3) cuyos rasgos morfológicos se resumen en la tabla 1. Su descripción se hizo siguiendo la terminología de la FAO (1968) y el color se determinó mediante la clave de MUNSELL (1975).

Fig. 3 Localización de los perfiles estudiados.



Granulometría (realizada con y sin eliminación de carbonatos de la tierra fina) pH, CaCO₃ equivalente, C y N totales se analizaron según los métodos descritos por GUITIÁN y CARBALLAS (1976). Bases de cambio, capacidad de intercambio de cationes (CIC) con NH₄OAc a pH 7, Al extraíble con KCl, acidez extraíble con TEA-BaCl₂ a pH 8,2 y Ca y Mg de cambio con TEA-BaCl₂ a pH 8,2 se determinaron según los métodos de INVESTIGACIÓN DE SUELOS (1973). El CaCO₃ activo se determinó según BONNEAU y SOUCHIER (1979).

Para la extracción de las diferentes formas de Fe, Al y Mn se emplearon los siguientes métodos de disolución selectiva: Ditionito-Citrato (HOLMGREM, 1967), Oxalato Amónico tamponado a pH 3 (MCKEAGUE y DAY, 1966) y Pirofosfato sódico 0,1 M (BASCOMB, 1968).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales y tipología

Los factores que más influyen en la formación de estos suelos son: el material de partida, que les imprime un carácter muy particular (especialmente en las primeras etapas de su evolución) y la topografía, que condiciona su grado de desarrollo, convirtiéndose en el principal factor diferenciador.

En general, los suelos gallegos formados sobre calizas están escasamente desarrollados, como consecuencia, sobre todo del modelado característico de estas calizas duras y cristalinas que, muy frecuentemente, configuran laderas complejas. En

estas situaciones los fenómenos de dinámica lateral son muy importantes y los procesos morfogénéticos de erosión y coluvionamiento se contraponen a los procesos edáficos propiamente dichos y por tanto a la evolución de los suelos. Únicamente alcanzan un buen desarrollo cuando las pendientes están suavizadas y los fenómenos de arrastre lateral pierden importancia o bien en las fisuras de las rocas, en las que se produce una retención de los productos originados en la alteración. En estos casos se forman suelos profundos pero de escasa extensión, que contrastan con el escaso o nulo desarrollo de los de zonas adyacentes (GUITIÁN *et al.*, 1985; TABOADA y SILVA, 1997). En la figura 4 se muestra un esquema de los perfiles en relación con la posición topográfica. De modo general se distinguen:

- 1) Suelos poco desarrollados de perfil AR, localizados en posiciones erosivas (cimas o laderas de fuerte pendiente). Ejemplares representativos son los perfiles 1, 2 y 3 situados en laderas de clase 5 y 6 de pendiente.
- 2) Suelos de tipo AC, formados sobre materiales calizos no consolidados, que se sitúan en posiciones de piedemonte o en pequeñas zonas de acumulación de la ladera. Como ejemplo de suelo coluvial hemos tomado el perfil 4, que se encuentra en un pequeño rellano de ladera de pendiente clase 6.
- 3) En posiciones topográficas de ladera con una cierta estabilidad, como son pequeños rellanos y cobijaduras de las rocas o en zonas más o menos llanas, se forman suelos con horizontes B (perfil ABR). Dentro de estos se distinguen

dos tipos: a) los de desarrollo moderado, con un perfil ABwR (de los que se han tomado los perfiles 5, 6, 7 y 8) o ABCR (perfil 9) y b) los más evolucionados y profundos, con una secuencia de horizontes ABtBwR ó ABtR de los que son representativos los perfiles 10, 11, 12 y 13. Todos ocupan posiciones de ladera con pendientes de clase 5 ó 6, excepto los perfiles 9 y 13 en los que la pendiente es de clase 3.

Independientemente del grado de desarrollo alcanzado, se trata de suelos muy contaminados por los materiales adyacentes (esquistos, pizarras, cuarcitas e incluso areniscas), debido a la estrechez de las bandas calizas y a la topografía, hecho que se ha constatado tanto mediante observación morfológica como a través de estudios mineralógicos y micromorfológicos (TABOADA *et al.*, 1992 a; TABOADA y SILVA, 1995).

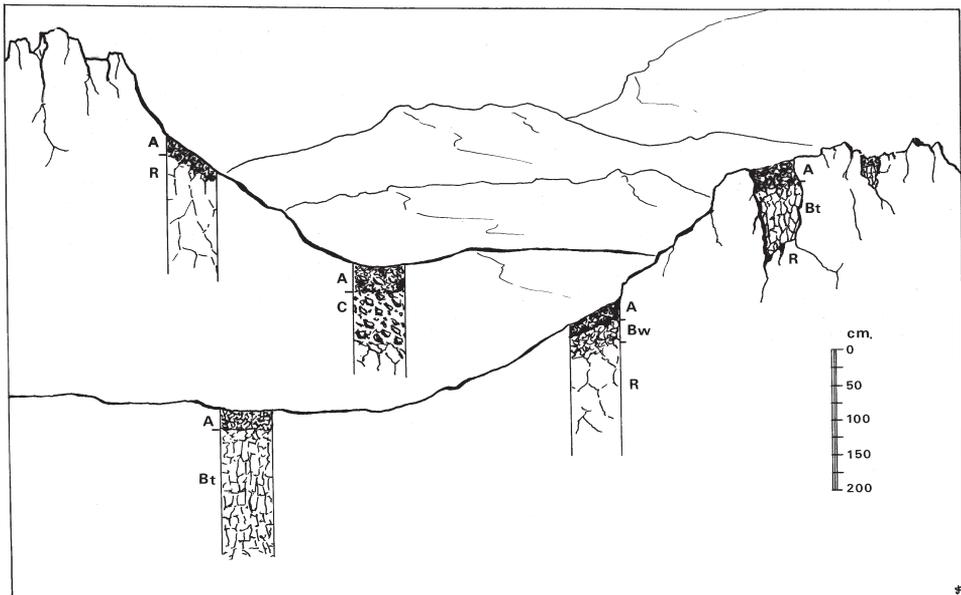


Fig. 4. Perfiles característicos en relación con su posición topográfica más frecuente.

Suelos de perfil AR

Poseen un aspecto muy similar, con un único horizonte A poco profundo, en general menor de 25 cm, formado sobre la caliza (perfiles 1, 2 y 3. Tabla 1). Su estructura es migajosa y la textura más común franco-limosa (Tabla 4).

A pesar de la naturaleza carbonatada del material original los suelos están descarbonatados ($\text{CaCO}_3 < 1\%$; Tabla 2). La solubilización y eliminación de los carbonatos del perfil se debe a las abundantes precipitaciones que se registran en las zonas de ubicación de los mismos (Becerra, Sierra del Courel, Pedrafita do

Tabla 1. Descripción morfológica de los perfiles.

Perfil	Hor.	Prof. (cm)	Color		Observaciones
			húmedo	seco	
1	Ah1	0-15	5YR3/3	7,5YR4/4	Estructura migajosa fina, débil. Pocas gravas de caliza y de cuarcita. Abundantes raíces. No calcáreo. Límite difuso entre subhorizontes y neto con la roca.
	Ah2	15-25	5YR3/3	7,5YR4/4	
2	Ah1	0-8	10YR2/1	10YR3/2	Estructura migajosa fina, débil. Escasas gravas de caliza. Pocas raíces. Ligeramente calcáreo. Límite difuso entre subhorizontes.
	Ah2	8-16	10YR2/1	10YR3/1	
3	A	0-15	10YR3/2	10YR4/2	Estructura migajosa fina. Gravas de pizarra y de cuarcita. Abundantes raíces. Ligeramente calcáreo.
4	A	0-40	7,5YR4/4	10YR5/3	Estructura migajosa fina; suelto en seco. Abundantes gravas y piedras de caliza que aumentan con la profundidad. Fuertemente calcáreo. Límite gradual entre A y AC.
	AC	40-60	10YR6/4	7,5YR7/2	
5	Ah1	0-20	5YR3/3	7,5YR4/6	Estructura migajosa fina en A y granular fina en B. Abundantes piedras y gravas coluviales, angulosas y laminares de caliza y esquistos, que disminuyen con la profundidad. Calcáreo en A y fuertemente calcáreo en B. Límite difuso entre Ah1 y Ah2 y neto con Bw.
	Ah2	20-40	5YR3/3	7,5YR4/6	
	Bw	40-100	5YR4/4	7,5YR5/6	
6	A	0-25	5YR3/3	5YR3/4	Estructura migajosa mediana en A y granular gruesa en B. Abundantes piedras y gravas coluviales de caliza y esquistos. Calcáreo. Límite neto y ondulado entre A y B.
	Bw	25-55	7,5YR4/4	10YR5/4	
7	A	0-20	7,5YR4/4	10YR5/4	Estructura migajosa mediana en A y en bloques subangulares en B. Abundantes gravas de caliza, esquistos y cuarcita en A y pocas en B. Calcáreo. Límite gradual de A a B y difuso entre Bw1 y Bw2. Abundantes raíces en A.
	Bw1	20-40	7,5YR3/4	10YR5/6	
	Bw2	40-65	7,5YR4/4	10YR5/6	
8	A	0-15	5YR4/4	7,5YR4/4	Estructura migajosa bien desarrollada en A; abundantes raíces; límite neto. En B la estructura es en bloques subangulares gruesos, bien desarrollada; pocas gravas. Ambos horizontes son ligeramente calcáreos.
	Bw	15-45	7,5YR5/6	7,5YR7/7	
9	A	0-20	10YR5/4	10YR6/3	A: Estructura migajosa mediana; pocas raíces; calcáreo; límite difuso. BC: Estructura granular fina, con piedras y gravas de caliza; fuertemente calcáreo.
	BC	20-50	10YR5/3	10YR7/3	
10	Ah1	0-15	7,5YR3/3	7,5YR4/4	A: Estructura migajosa fina; pocas piedras y gravas coluviales de caliza, esquistos y cuarcita; raíces muy abundantes; no calcáreo; límite difuso. B: Estructura granular gruesa, frecuentes gravas de esquistos y pocas de cuarcita. No calcáreo. Límite difuso entre subhorizontes y neto con la caliza.
	Ah2	15-32	7,5YR3/3	7,5YR4/4	
	Bt1	32-55	7,5YR4/6	10YR6/6	
	Bt2	55-80	7,5YR4/6	10YR6/6	
11	A	0-12	5YR4/4	5YR5/4	A: Estructura migajosa mediana; pocas piedras y gravas coluviales de caliza; abundantes raíces; ligeramente calcáreo; límite gradual. B: Estructura en bloques subangulares gruesos; no calcáreo; muy pocas raíces gruesas en Bt1 y Bt2; límite difuso entre subhorizontes y neto con la roca.
	Bt1	12-40	5YR5/8	5YR6/8	
	Bt2	40-65	5YR5/8	5YR6/8	
	Bt3	65-115	5YR5/8	5YR6/8	
12	A	0-20	7,5YR4/6	7,5YR5/6	A: Estructura migajosa moderadamente desarrollada; abundantes raíces, un poco afilado; no calcáreo; límite gradual. B: Estructura poliédrica gruesa moderadamente desarrollada en Bt1, en grandes bloques poliédricos con tendencia a prismática en Bt2, que se hace mas evidente en Bw. No calcáreo, con límite difuso entre los subhorizontes. Pocas gravas de caliza, muchas de pizarra y algunas de cuarcita.
	Bt1	20-40	7,5YR5/6	7,5YR6/6	
	Bt2	40-80	7,5YR5/6	10YR6/6	
	Bw	80-100	7,5YR4/4	10YR5/4	
13	Ap	0-20	7,5YR4/4	7,5YR5/6	A: Estructura granular moderadamente desarrollada; gravas de esquistos, caliza y arenisca; pocas raíces; no calcáreo; límite neto. B: Estructura poliédrica en bloques angulares medianos, moderada, que se hace mas fuerte a partir de Bt3; pocas gravas de caliza y esquistos; frecuentes fragmentos de arenisca ferruginosa; Abundantes nódulos rojos que se oscurecen en profundidad. No calcáreo.
	Bt1	20-50	5YR5/8	5YR6/6	
	Bt2	50-80	5YR5/8	5YR6/6	
	Bt3	80-120	5YR4/6	5YR6/6	
	Bt4	120-200	5YR4/4	5YR5/4	

Cebreiro). Al lavado del bicarbonato cálcico contribuirán la posición topográfica, la textura gruesa y el escaso espesor de los suelos.

Los valores de pH en agua son ligeramente superiores a la neutralidad (7,1-7,6); en ClK están muy próximos a 6,5 en los perfiles 1 y 3, superando ligeramente esta cifra en el 2. El complejo de cambio, permanece practicamente saturado, siendo el Ca el catión principal (Tabla 2). Este hecho se atribuye a la proximidad de la

caliza subyacente, que contribuye a la reposición de los iones Ca que son eliminados por lavado. La CIC es bastante alta (20-30 cmol kg⁻¹) en consonancia con el alto contenido en componentes orgánicos, que le proporcionan coloraciones oscuras.

En cuanto a las extracciones selectivas, se observa que tanto las formas de Al libre como de Mn son muy escasas con respecto a las de Fe (Tabla 3). Los bajos valores de la relación Fe_o/Fe_d (< 0,3) indican que el hierro libre está integrado, fundamental-

Tabla 2. Propiedades químicas.

Per.	Hor.	pH		C%	CaCO ₃ N%	CaCO ₃ equi. %	act. %	TEA-BaCl ₂		cmol (+) Kg ⁻¹						V%
		agua	KCl					Ca	Mg	NH ₄ OAc		Ca	Mg	Na	K	
1	Ah1	7,1	6,2	5,68	0,52	0,3	-	-	-	19,33	3,84	0,06	0,18	24,45	95	
	Ah2	7,4	6,4	2,14	0,52	0,4	-	-	-	17,35	3,29	0,04	0,08	21,73	95	
2	Ah1	7,2	6,5	4,32	0,52	0,4	-	-	-	21,85	0,82	0,69	0,12	23,50	99	
	Ah2	7,5	7,1	2,57	0,43	0,9	-	-	-	22,85	0,61	0,09	0,05	23,80	99	
3	A	7,3	6,4	7,03	0,70	0,4	-	-	-	27,35	2,42	0,06	0,13	30,04	99	
4	A	8,0	7,5	4,33	0,36	28,7	8,4	26,60	0,32	-	-	0,06	0,28	11,45	100	
	AC	8,0	7,8	1,29	0,13	52,0	17,1	24,72	0,08	-	-	0,02	0,03	5,46	100	
5	Ah1	8,0	7,5	2,09	0,26	10,1	4,5	20,44	3,01	-	-	0,02	0,12	14,44	100	
	Ah2	8,0	7,6	1,09	0,18	14,0	3,7	20,42	4,42	-	-	0,02	0,03	10,67	100	
	Bw	8,0	7,6	0,34	0,12	17,2	5,6	21,74	3,60	-	-	0,52	0,04	10,41	100	
6	A	8,0	7,2	4,13	0,46	5,6	4,1	22,98	0,74	-	-	0,04	0,18	13,14	100	
	Bw	8,0	7,4	0,52	0,12	8,4	4,2	17,64	0,24	-	-	0,11	0,05	5,85	100	
7	A	8,0	7,2	1,62	0,17	6,3	4,0	22,64	0,94	-	-	0,06	0,35	13,79	100	
	Bw1	8,1	7,2	0,26	0,06	6,7	3,4	12,96	0,36	-	-	0,01	0,09	6,50	100	
	Bw2	8,1	7,2	0,26	0,05	5,2	2,7	9,84	0,24	-	-	0,10	0,03	7,15	100	
8	A	7,2	6,2	2,84	0,28	1,4	1,3	15,76	2,38	-	-	0,05	0,20	18,21	80	
	Bw	7,4	6,4	0,26	0,09	1,4	1,1	13,70	0,70	-	-	0,01	0,05	10,40	100	
9	A	8,4	7,2	0,77	0,07	7,4	5,0	50,96	3,62	-	-	0,30	0,46	43,71	100	
	BC	8,6	7,2	0,00	0,05	11,2	4,0	46,26	3,84	-	-	0,18	0,36	38,51	100	
10	Ah1	6,5	5,6	2,27	0,25	0,3	-	-	-	8,35	2,67	0,11	0,13	12,88	87	
	Ah2	7,0	5,7	1,82	0,23	0,2	-	-	-	8,35	2,63	0,04	0,05	11,58	95	
	Be1	7,4	6,0	0,22	0,05	0,2	-	-	-	4,85	1,36	0,04	0,05	7,50	84	
	Be2	7,8	6,5	0,00	0,06	0,3	-	-	-	4,85	2,38	0,04	0,04	7,32	99	
11	A	7,7	6,7	6,16	0,56	1,6	-	-	-	25,85	2,55	0,06	0,19	30,18	94	
	Be1	7,6	6,6	1,08	0,11	-	-	-	-	13,10	0,74	0,04	0,03	14,75	94	
	Be2	7,7	6,6	0,22	0,10	-	-	-	-	6,85	0,74	0,04	0,01	8,24	92	
	Be3	7,7	6,5	0,11	0,07	-	-	-	-	6,85	0,69	0,30	0,01	8,77	89	
12	A	7,4	6,3	1,03	0,18	0,3	-	-	-	7,35	0,41	0,11	0,05	8,50	93	
	Be1	7,4	6,3	0,52	0,07	0,3	-	-	-	3,15	0,16	0,14	0,04	5,25	66	
	Be2	7,4	6,2	0,00	0,07	0,4	-	-	-	3,00	0,16	0,15	0,03	4,10	81	
	Bw	7,4	6,4	0,00	0,03	0,3	-	-	-	3,85	0,24	0,09	0,03	4,90	85	
13	Ap	5,6	4,5	3,36	0,33	0,3	-	-	-	3,72	0,32	0,11	0,97	12,75	40	
	Be1	5,3	4,2	0,40	0,05	0,2	-	-	-	1,66	0,16	0,05	0,33	6,24	35	
	Be2	5,3	4,2	0,00	0,03	0,2	-	-	-	1,10	0,41	0,08	0,05	5,98	36	
	Be3	5,2	4,2	0,00	0,02	0,2	-	-	-	0,47	0,16	0,02	0,13	4,68	16	
	Be4	5,1	4,1	0,00	0,02	0,2	-	-	-	0,35	0,04	0,08	0,08	3,38	16	

mente, por compuestos cristalinos, lo que se confirma por la mineralogía de la fracción arena (TABOADA *et al.*, 1992, a, b) en la que están presentes magnetita, goethita y/o hematites acompañados en la fracción arcilla por trazas de goethita en los perfiles 1 y 3 y de hematites en el 2.

El Fe extraído con oxalato sólo es ligeramente superior al extraído con pirofosfato, lo que pone de manifiesto, dentro de la escasez de formas de hierro amorfas, una ligera preponderancia de las inorgánicas sobre las asociadas con la materia orgánica, a diferencia de lo que ocurre con los demás suelos de Galicia formados sobre otros materiales, lo que se atribuye a la gran

actividad biológica de los suelos sobre sustrato calizo (ACEA y CARBALLAS, 1986, 1990; TABOADA y SILVA, 1993, 1995) que provoca una intensa evolución de la materia orgánica, reduciendo su influencia sobre la alteración y geoquímica del hierro. Por otra parte, el calcio competirá con el hierro en la formación de complejos con la materia orgánica, disminuyendo la interacción entre los compuestos orgánicos y el hierro. En este sentido TABOADA y SILVA (1993, 1997) al estudiar la génesis de estos suelos consideran que son dos los procesos edafogénicos que han actuado en su formación: 1) El de humificación, ligado a la abundancia de calcio proceden-

Tabla 3. Extracciones selectivas (%) de hierro, aluminio y manganeso.

Per.	Hor.	DITIONITO CITRATO (d)			OXALICO-OXALATO (o)			PIROFOSFATO SODICO (p)		
		Fe	Al	Mn	Fe	Al	Fe	Al	Mn	Fe _o /Fed
1	Ah ₁	3,87	0,28	1,21	0,65	0,45	0,07	0,12	0,07	0,16
	Ah ₂	4,12	0,28	1,21	0,65	0,45	0,06	0,11	0,06	0,15
2	Ah ₁	2,50	0,11	0,23	0,57	0,45	0,03	0,08	0,02	0,22
	Ah ₂	2,62	0,15	0,35	0,60	0,60	0,02	0,07	0,01	0,22
3	A	2,12	0,11	0,21	0,55	0,20	0,10	0,10	0,03	0,25
4	A	2,12	0,18	0,10	0,65	0,25	0,11	0,10	0,01	0,30
	AC	0,62	0,05	0,05	0,12	0,08	0,03	0,03	0,00	0,19
5	Ah ₁	5,37	0,20	0,56	0,53	0,30	0,03	0,03	0,02	0,09
	Ah ₂	5,50	0,21	0,71	0,47	0,25	0,03	0,06	0,01	0,08
	Bw	4,75	0,15	0,61	0,35	0,30	0,02	0,04	0,00	0,07
6	A	7,62	0,30	1,27	0,60	0,39	0,03	0,05	0,01	0,08
	Bw	8,00	0,25	1,08	0,46	0,17	0,05	0,04	0,01	0,06
7	A	2,62	0,16	0,46	0,31	0,14	0,11	0,14	0,03	0,12
	Bw ₁	2,75	0,16	0,50	0,30	0,13	0,06	0,13	0,05	0,11
	Bw ₂	2,50	0,17	0,45	0,21	0,12	0,05	0,11	0,04	0,08
8	A	2,12	0,15	0,15	0,40	0,21	0,12	0,17	0,01	0,19
	Bw	2,12	0,15	0,08	0,20	0,08	0,07	0,21	0,00	0,09
9	A	0,06	0,03	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03	0,00	0,83
	BC	0,25	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,12
10	Ah ₁	3,87	0,32	0,51	0,48	0,40	0,07	0,16	0,05	0,12
	Ah ₂	3,37	0,27	0,41	0,53	0,30	0,09	0,11	0,02	0,16
	Bt ₁	3,25	0,21	0,26	0,34	0,15	0,11	0,11	0,00	0,10
	Bt ₂	3,37	0,20	0,32	0,33	0,10	0,07	0,09	0,01	0,10
11	A	3,75	0,30	0,22	0,51	0,22	0,09	0,11	0,03	0,14
	Bt ₁	4,50	0,26	0,27	0,41	0,15	0,04	0,06	0,01	0,10
	Bt ₂	4,75	0,25	0,30	0,40	0,15	0,02	0,02	0,00	0,08
	Bt ₃	4,62	0,25	0,28	0,31	0,15	0,02	0,02	0,00	0,07
12	A	2,87	0,31	0,47	0,36	0,29	0,09	0,12	0,02	0,13
	Bt ₁	3,12	0,27	0,41	0,29	0,18	0,18	0,10	0,00	0,10
	Bt ₂	2,37	0,22	0,31	0,21	0,16	0,01	0,10	0,01	0,09
	Bw	2,25	0,22	0,38	0,28	0,12	0,01	0,01	0,00	0,12
13	Ap	1,75	0,55	0,10	0,42	0,51	0,45	0,08	0,02	0,24
	Bt ₁	4,00	0,73	0,12	0,17	0,27	0,74	0,02	0,01	0,04
	Bt ₂	4,00	0,28	0,21	0,25	0,27	0,34	0,03	0,00	0,06
	Bt ₃	6,37	0,38	0,61	0,44	0,31	0,15	0,02	0,00	0,07
	Bt ₄	7,37	0,37	0,67	0,45	0,22	0,07	0,02	0,00	0,06

te de la roca subyacente y de las gravas de caliza que hay en el perfil, que intervendrá en la evolución y estabilización de los compuestos húmicos y 2) El de descarbonatación relacionado sobre todo con el clima húmedo, textura relativamente gruesa y topografía acusada.

La escasa evolución de estos suelos

queda también patente en su mineralogía. La arcilla está constituida esencialmente por minerales heredados (especialmente ilita) y la fracción arena por minerales primarios: cuarzo y feldespatos (TABOADA *et al.*, 1992 a).

Suelos de perfil AC

Este tipo de suelos, que tienen un marcado carácter coluvial derivado de su situación topográfica en posiciones receptoras, son también suelos poco desarrollados, pero a diferencia de los AR, mantienen una cantidad importante de CaCO_3 ,

tanto equivalente como activo en el perfil (Tabla 2).

El perfil 4 se caracteriza por presentar un horizonte A de espesor considerable, aproximadamente 50 cm, rico en materia orgánica (7,5%) y un horizonte AC constituido fundamentalmente por fragmentos

Tabla 4. Análisis granulométrico (%).

Per.	Hor.	Con carbonatos					Text.	Sin carbonatos				
		A.G.	A.F.	L.G.	L.F.	Arc.		A.G.	A.F.	L.G.	L.F.	Arc.
1	Ah ₁	13,53	8,26	11,72	46,91	19,58	fl	-	-	-	-	-
	Ah ₂	16,55	4,89	11,79	45,56	21,21	fl	-	-	-	-	-
2	Ah ₁	10,24	10,66	16,60	44,28	18,22	fl	-	-	-	-	-
	Ah ₂	10,38	4,89	10,16	50,83	23,74	fl	-	-	-	-	-
3	A	12,90	4,62	12,37	42,05	28,06	fpl	-	-	-	-	-
4	A	19,59	5,11	11,29	42,16	21,85	fl	18,20	8,22	5,88	38,25	29,45
	AC	35,66	5,73	8,76	28,13	21,72	f	45,90	8,31	18,81	19,22	13,76
5	Ah ₁	16,43	15,01	6,16	45,92	16,48	fl	15,83	13,38	5,66	49,55	15,58
	Ah ₂	11,84	12,53	11,34	44,64	19,65	fl	10,53	19,82	10,98	42,55	16,12
	Bw	10,42	21,81	10,16	36,59	21,02	f	7,00	17,32	9,08	47,67	18,93
6	A	5,01	16,34	12,34	54,47	11,84	fl	3,05	14,87	12,30	55,90	13,88
	Bw	6,25	17,50	5,35	48,19	22,71	fl	2,80	12,72	6,75	54,06	23,67
7	A	13,83	14,99	14,48	34,20	22,50	f	8,90	23,82	6,72	33,63	26,93
	Bw ₁	15,69	11,46	12,76	33,78	26,31	f	15,86	21,33	6,28	27,63	28,90
	Bw ₂	13,99	12,44	17,03	29,42	27,12	f-fp	15,99	20,54	5,07	29,19	29,21
8	A	3,89	8,69	7,59	40,93	38,90	fpl	5,70	10,30	5,03	38,63	40,34
	Bw	8,00	12,48	5,56	27,83	46,13	p	8,94	11,57	7,94	28,61	42,94
9	A	13,09	36,03	8,13	23,39	19,36	f	8,46	44,35	7,54	21,70	17,95
	BC	15,43	42,33	8,44	17,31	16,49	fa	13,18	37,19	9,92	21,82	17,89
10	Ah ₁	12,97	10,09	8,46	43,08	25,40	fl	-	-	-	-	-
	Ah ₂	13,69	10,14	7,61	35,79	32,77	fp	-	-	-	-	-
	Bt ₁	13,09	8,83	9,36	23,41	49,99	p	-	-	-	-	-
	Bt ₂	13,59	6,59	3,19	31,92	44,71	p	-	-	-	-	-
11	A	4,18	5,32	8,14	57,01	25,69	fl	-	-	-	-	-
	Bt ₁	7,09	3,68	8,92	47,28	33,03	fpl	-	-	-	-	-
	Bt ₂	10,53	4,02	6,83	46,99	31,63	fpl	-	-	-	-	-
	Bt ₃	12,59	5,53	7,36	43,39	31,13	fpl	-	-	-	-	-
12	A	7,73	15,30	19,65	40,93	16,39	fl	-	-	-	-	-
	Bt ₁	7,58	15,41	15,42	29,17	32,42	fp	-	-	-	-	-
	Bt ₂	13,72	27,68	15,28	23,56	19,76	f	-	-	-	-	-
	Bw	6,47	15,96	29,83	32,38	15,36	fl	-	-	-	-	-
13	Ap	10,49	11,00	7,06	53,37	18,08	fl	-	-	-	-	-
	Bt ₁	5,65	7,22	6,97	33,98	46,18	pl	-	-	-	-	-
	Bt ₂	9,45	9,50	7,29	32,42	41,34	p	-	-	-	-	-
	Bt ₃	5,20	11,30	10,85	30,06	42,59	pl	-	-	-	-	-
	Bt ₄	5,50	13,85	11,29	38,71	30,65	fpl	-	-	-	-	-

gruesos de caliza de origen coluvial, que son el verdadero material de partida del suelo (Tabla 1). Las coloraciones son claras en todo su espesor, particularmente en seco, debido al elevado contenido en carbonatos, que enmascaran el color oscuro que podría aportar la materia orgánica. La estructura es migajosa y la tierra fina no descarbonatada tiene textura franco limosa en el horizonte A y franca en el AC (Tabla 4).

La presencia de cantidades considerables de carbonatos en estos suelos AC (a diferencia de los AR) se justifica tanto por su situación en áreas receptoras, en las que el aporte de caliza en elementos de diversos tamaños, se opone a la descarbonatación, como por la cercanía del material de partida que supone una reserva de carbonatos mucho más accesible que una roca coherente. En el caso concreto del perfil 4, situado cerca del valle del Sil, la zona más seca de Galicia, el factor climático suma sus efectos a los citados anteriormente.

Las propiedades de estos suelos son similares a las de los AR y las diferencias derivan precisamente de su mayor contenido en carbonatos. Se trata de suelos de pH alcalino, con el complejo de cambio saturado, principalmente por Ca, y una CIC relativamente baja (Tabla 2).

Las cantidades de Al, Fe y Mn extraídas con los distintos reactivos son más elevadas en el horizonte A que en el AC, siendo esta diferencia más acusada para el Fe extraído con ditionitocitrato (Tabla 3). Se observa también un predominio de las formas de Fe libre sobre las de Al y Mn, así como una preponderancia de los compuestos cristalinos de hierro sobre los amorfos, representados en la fracción arena por magnetita y

goethita, y en la arcilla por este último mineral y óxidos de hierro magnéticos (magnetita/maghemita) (TABOADA *et al.*, 1992 a, b). Estos trabajos también han puesto de manifiesto que los minerales de la arcilla son fundamentalmente heredados de la roca subyacente y/o de los materiales metamórficos adyacentes; illita y calcita están presentes en todo el perfil, mientras que en la parte superior existen trazas de vermiculita y caolinita. En la arena abundan los carbonatos.

Suelos con horizonte B

Suelos de perfil ABwR y A BC R

Se incluyen en este grupo los suelos con un horizonte B de desarrollo moderado (perfiles 5, 6, 7, 8 y 9. Tabla 1). Constan de un horizonte A delgado (en general menor de 25 cm), con un contenido en materia orgánica variable (Tabla 2) aunque con una cierta tendencia a presentar porcentajes relativamente bajos si se comparan con los valores medios de los suelos naturales gallegos; su estructura es migajosa y la textura más común para estos horizontes es la francolimosa. Los horizontes B tienen coloraciones parduzcas y estructura granular en unos casos y en bloques más o menos bien desarrollados en otros; en estos horizontes no es posible definir un tipo de textura característico, si bien un hecho común es que presentan mayor contenido de arcilla que los horizontes A tal como indican los resultados de la determinación granulométrica (Tabla 4). Sin embargo, en lámina delgada no existen rasgos indicativos de iluviación de

arcilla, sino que los horizontes B muestran características típicas de los B de alteración (TABOADA y SILVA, 1995). Por otra parte, el predominio de las formas de hierro libre frente a las de aluminio libre (Tabla 3) sugiere que el hierro ha jugado un papel importante en la formación del horizonte B de estos perfiles.

Se trata de suelos calcáreos, en general con cantidades bajas de CaCO_3 equivalente y activo (Tabla 2). De acuerdo con esto el pH es elevado, superando el valor de 8 en agua y 7,2 en KCl. Constituye una excepción el perfil 8 donde los carbonatos son escasos, el pH débilmente ácido y el grado de saturación refleja un estado incipiente de desaturación en el horizonte A (Tabla 2). En los demás suelos el complejo de cambio está totalmente saturado, siendo el Ca el catión dominante. La CIC en general es moderada en los horizontes A y baja en los B. Únicamente es elevada en el perfil 9 (del orden de 40 cmol kg^{-1}) cuya arcilla está dominada por una esmectita trioctaédrica (TABOADA *et al.*, 1992 a).

Suelos de perfil ABtBwR y ABtR

El último grupo de suelos a considerar son los de perfil muy evolucionado, del tipo ABtBwR (perfil 12) ó ABtR (perfiles 10, 11 y 13), con un horizonte B muy profundo y límites difusos entre los subhorizontes.

Constan de un horizonte A, de escaso espesor, de color parduzco, estructura migajosa y un contenido en materia orgánica generalmente moderado (Tabla 2). El horizonte B, que pasa bruscamente al material de partida subyacente, presenta

colores intensos y una estructura bien desarrollada, en agregados granulares en unos casos y en bloques poliédricos con tendencia a prismáticos en otros.

También en estos suelos con horizonte B muy profundo, se produce un incremento de la arcilla a nivel de los horizontes B con respecto al A (Tabla 4). El proceso que da lugar a esta discontinuidad textural se discute en TABOADA y SILVA (1992, 1995, 1997), quienes lo atribuyen en el perfil 13 a un proceso de argiluviación, producido en dos fases distintas, una antigua, representada en lámina delgada por restos de argilanes rojos integrados en la matriz y fragmentados y otra posterior, representada por revestimientos de arcilla amarillos dispuestos encima de los rojos. En los perfiles 10, 11 y 12 debido a la escasez o falta de argilanes en lámina delgada no se puede considerar la argiluviación como el único proceso desencadenante del incremento de arcilla, sino que hay que tener en cuenta que este se puede producir también por pérdida de arcilla en los horizontes superficiales causada por lavado lateral. Los fenómenos de dinámica lateral en estos suelos son muy importantes, como se ha señalado anteriormente, y prueba de ello es la presencia en los perfiles de fragmentos de rocas metamórficas diferentes de la caliza, provenientes de zonas altas de la ladera.

Estos suelos carecen de carbonatos, pero además el perfil 13 muestra una intensa descalcificación (Tabla 2). Mientras que en los perfiles 10, 11 y 12 el pH es débilmente ácido y el complejo de cambio se encuentra en un estado incipiente de desaturación, el perfil 13 presen-

ta un pH claramente ácido, siendo el único de todos los suelos analizados que posee una considerable acidez extraíble (10,6 cmol. kg⁻¹ en el horizonte A; 6,1 en Bt1; 4,9 en Bt2 y 5,0 en Bt3 y Bt2) y una cantidad significativa de aluminio de cambio (0,27 cmol. kg⁻¹ en A; 0,66 en Bt1; 0,55 en Bt2; 0,22 en Bt3 y 0,50 en Bt4).

Una vez más cabe señalar también como característica común a todos los suelos de horizonte B la preponderancia de las formas de Fe libre sobre las de Mn y Al libre (Tabla 3). El predominio de hierro libre sobre Al libre en los suelos sobre calizas ha sido puesto de manifiesto por diversos autores (GARCÍA-RODEJA, 1983; PLATA, 1972; BARRAL *et al.*, 1988), quienes consideran que los materiales carbonatados no son favorables para la formación de compuestos aluminicos activos y estos sólo aparecen cuando se ha producido una intensa descarbonatación y desaturación del complejo de cambio. En este sentido es en el perfil 13 que está desbasificado, donde el aluminio libre alcanza los valores más altos de todos los suelos estudiados, observándose un orden de extractabilidad Al_d > Al_o que de acuerdo con los resultados de BARRAL *et al.* (1988) se atribuye a sustituciones aluminosas en las formas cristalinas de hierro. La gran diferencia entre Fe_d y Fe_o indica que los minerales de hierro son las formas predominantes de hierro libre, lo que concuerda con trabajos anteriores (TABOADA *et al.*, 1992 a, b) en los que se han encontrado magnetita, goethita y / o hematites (junto con ilmenita en el perfil 12) como constituyentes fundamentales de la fracción densa de la arena, así como

goethita (excepto en el perfil 9), hematites (sólo en el perfil 11) y un mineral ferromagnético (en el perfil 5) en la arcilla. En lámina delgada se identificaron goethita y hematites como granos aislados, constituyendo nódulos e integrados en fragmentos de caliza.

Las escasas formas amorfas de hierro son básicamente inorgánicas, de acuerdo con los bajos valores de Fe_p. En el perfil 13 la escasez de este tipo de hierro puede ser debido a la antigüedad del suelo, que favorece la evolución hacia formas cristalinas.

En el aspecto mineralógico prácticamente no hay diferencias entre los diferentes suelos de horizonte B (TABOADA *et al.*, 1992 a). El rasgo más destacable y común en la composición de la arena es el predominio de los minerales primarios tales como cuarzo, feldespatos y carbonatos; son también especies mineralógicas frecuentes las micas (moscovita y / o biotita en su mayoría cloritizada). En la arcilla predominan los minerales heredados siendo la illita el mayoritario, excepto en el perfil 13 que predominan los productos de transformación de la illita (vermiculita e interstratificados micavermiculita) y en el 9 que domina una esmectita trioctaédrica.

CONCLUSIONES

La posición topográfica es el principal condicionante del desarrollo de los perfiles y por consiguiente el factor diferenciador de los tipos de suelos.

Las principales propiedades químicas: pH, saturación del complejo de cambio, carácter calcáreo y también la textura o más concretamente las discontinuidades

texturales que se observan en los perfiles con horizonte B, se relacionan con el grado de descarbonatación alcanzado.

Un hecho distintivo de estos suelos con respecto a los suelos de Galicia sobre rocas cristalinas ácidas, es la preponderancia de las formas de hierro libre sobre las de Al libre, hecho ya señalado por diversos autores (GUITIÁN y CARBALLAS, 1969; GARCÍA-RODEJA, 1983; PLATA, 1972). Los materiales carbonatados no son favorables para la formación de compuestos alumínicos activos y estos sólo aparecen cuando se ha producido una intensa

descarbonatación y desaturación del complejo de cambio.

Dentro de la escasez de Al libre, se observa un orden de extractibilidad $Al_d > Al_o$ que se atribuye a sustituciones aluminosas en los compuestos cristalinos de Fe. Las bajas tasas de sustitución de Fe por Al en óxidos de hierro cristalinos formados en medios calizos encontradas por FITZ-PATRICK y SCHWERTMANN (1982) y BARRAL *et al.* (1988) evidencian una vez más la baja disponibilidad de Al que caracteriza a estos suelos con altos contenidos en bases.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEA, M. J., CARBALLAS, T. 1986. *Estudio de la población microbiana de diversos tipos de suelos de zona húmeda (N.O. de España). Anales de Edafología Agrobiología*, 45, 381-398.
- ACEA, M. J., CARBALLAS, T. 1990. *Principal components analysis of the soil microbial population of humid zone of Galicia (Spain). Soil Biology and Biochemistry*, 22, 6: 749-759.
- BARRAL, M. T., TABOADA, M. T., GUITIÁN, F. 1988. Caracterización química y mineralógica de las formas de hierro en suelos sobre sustrato calizo de Galicia (NW de España). *Anales de Edafología y Agrobiología XLVII*, 9-10: 1303-1323.
- BASCOMB, C. L. 1968. *Distribution of pyrophosphate extractable iron and organic carbon in soils of various groups. Journal Soil Science* 19, 2: 251-268.
- BONNEAU, M., SOUCHIER, B. 1979. *Pedologie. 2. Constituants et propriétés du sol. Masson. Paris.*
- CARBALLEIRA, A., DEVESA, C., RETUERTO, R., SANTILLAN, E., UCIEDA, F. 1983. *Bioclimatología de Galicia. Fundación P. Barrié de la Maza. La Coruña.*
- DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F. 1971. *Contribución a la climatología agrícola de Galicia. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela.*
- FAO. 1968. *Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma.*
- FITZPATRICK, R. W., SCHWERTMANN, S. 1982. *Als substituted goethite an indicator of pedogenic and other weathering environments in South Africa. Geoderma*, 27: 335-347.
- GARCÍA-RODEJA, E. 1983. *Componentes no cristalinos en suelos de Galicia, distribución, naturaleza y propiedades. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.*
- GUITIÁN OJEA, F. 1967. Suelos de la zona húmeda española. I. Tipos principales y sus relaciones genéricas. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 26, 9-10: 1369-1378.
- GUITIÁN OJEA, F. et al. 1985. *O Caurel. Estudio del Medio natural de las Montañas Gallegas. Estudio interdisciplinar realizado bajo la dirección de F. Guitián Ojea. Inst. Est. y Des. Galicia. Universidad de Santiago de Compostela.*
- GUITIÁN OJEA, F., CARBALLAS, T. 1969. *Suelos de la zona húmeda española. V. Factores de formación: Material geológico. Anales de Edafología y Agrobiología*, 28, 3-4: 191-204.
- GUITIÁN OJEA, F., CARBALLAS, T. 1976. *Técnicas de análisis de suelos. Ed. Pico Sacro. 2ª Edic. Santiago de Compostela.*
- GUITIÁN, F., CARBALLAS, T. 1982. *Suelos naturales y mapa de suelos de la provincia de Orense. C.S.I.C. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. Santiago de Compostela.*
- GUITIÁN, F., CARBALLAS, T., MUÑOZ TABOADELA, M. 1982. *Suelos naturales y mapa de suelos de la provincia de Lugo. C.S.I.C. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. Santiago de Compostela.*
- HOLMGREN, G. G. S. 1967. *A rapid citratedithionite extractable iron procedure. Soil Science of Society of America Proceedings* 31: 210-211.

- I.G.M.E. 1978. *Mapas a escala 1:50.000 y memorias de las hojas 24 (Mondoñedo), 49 (San Martín de Oscos), 73 (Castroverde)*. Inst. Geol. Min. Esp. Madrid.
- I.G.M.E. 1980. *Mapas 1:50.000 y memorias de las hojas 99 (Becerreá), 124 (Sarría) y 125 (Los Nogales)*. Inst. Geol. Min. Esp. Madrid.
- I.G.M.E. 1981. *Mapa 1:50.000 y memorias de las hojas 156 (Monforte de Lemos), 157 (Oencia), 190 (Barco de Valdeorras)*. Inst. Geol. Min. Esp. Madrid.
- INVESTIGACIÓN DE SUELOS 1973. *Métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras*. Ed. Trillas. México.
- IZCO, J., GUITIÁN, J. 1982. *Los prados de siega con Malva moschata (Arrhenaterion elatioris) en Galicia*. Pastos 12 (2): 255-264.
- KÜBIENA, W. L. 1953. *Claves sistemáticas de suelos*. CSIC. Madrid.
- LAZARO, F., ELIAS, F., NIEVES, M. 1978. *Regímenes de humedad de los suelos en la España Peninsular*. Ministerio de Agricultura. I.N.I.A. Madrid.
- MARTÍNEZ CATALÁN, J. R. 1981. *Estratigrafía y Estructura del Domo de Lugo (Sector W de la zona Asturoccidental-leonesa)*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- McKEAGUE, J. A., DAY, J.H. 1966. *Dithionite and extractable Fe and Al as aids in differentiation of various classes of soils*. *Canadian Journal of Soil Science* 46: 13-22.
- MUNSELL. 1975. *Soil Color Charts*. Munsell Colour. USA.
- NEWHALL, F. 1976. *Calculation of soil moisture regimes from the climatic record*. Soil Survey Investigations Report. Soil Conservation Service. Washington D.C. USA.
- PLATA, M. A. 1972. *Contribución al estudio del hierro y el aluminio en los suelos de la zona húmeda*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- TABOADA, M. T. 1991 *Caracterización de los suelos formados sobre calizas en Galicia*. Tesis Doctoral (microficha). Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Santiago de Compostela.
- TABOADA, M. T., SILVA, B. M., VILLAR, M. C. 1992 a. Mineralogía de suelos formados sobre calizas en Galicia. *Suelo y Planta*, 2: 81-100.
- TABOADA, M. T., SILVA, B. M., BARRAL, M. T. 1992 b. Distribución y origen de los óxidos de hierro en suelos sobre calizas. *Cuadernos Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 17: 23-34.
- TABOADA, M. T., SILVA, B. M. 1993. *Génesis y clasificación de suelos poco desarrollados sobre calizas en Galicia*. En: El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid (España). Tomo II: 1185-1191.
- TABOADA, M. T., SILVA, B. M. 1995. Interpretación genética de los rasgos micromorfológicos de suelos con horizonte textural formados sobre calizas en Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 5: 161-172.
- TABOADA, M. T., SILVA, B. M. 1997. *Evolution of soils developed over limestone in a humid temperate region (Galicia, NW Spain)*. *Agrochimica*, Vol. XLI, N. 1-2: 85-96.