Características de suelos del Sur de Mallorca II. Propiedades físico-químicas relevantes.

Juan RITA y V. Ramón VALLEJO

SHNB

SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Rita J. y Vallejo V.R. 1991. Características de suelos del Sur de Mallorca II. Propiedades físico-químicas relevantes. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 34: 73-84. ISSN. 0212-260X. Palma de Mallorca.

Se presenta las características físico-químicas de cinco perfiles edáficos del sur de Mallorca. Los suelos actuales estudiados presentan perfiles entre Cambisoles o Calcisoles y Leptosoles y propiedades analíticas de la tierra fina similares: texturas arcillosas, baja proporción de carbonatos, rubefacción moderada y ausencia de horizontes de acumulación de arcillas. En dos de los perfiles el horizonte superior está más carbonatado que el inferior. Para explicar esta situación anómala se plantea la hipótesis de que estos carbonatos superficiales procedan de partículas que son transportadas por el agua de escorrentía al circular horizontalmente sobre el suelo. La posición microtopográfica del suelo, por lo tanto, tiene una importancia relevante en los niveles de carbonatación de los mismos y en su distribución vertical en el perfil.

Palabras clave: *Suelos mediterráneos, suelos rojos, carbonatos, Islas Baleares.*

CARACTERÍSTIQUES DE SÒLS DEL SUD DE MALLORCA II. PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES RELLEVANTS. Presentam la descripció físico-química de cinc perfils edàfics del sur de Mallorca. Aquests sòls presenten perfils entre Cambisols o Calcisols i Leptosols, i unes característiques de la terra fina similars: textures argiloses, baixes proporcions de carbonats, rubefacció moderada, absència d'horitzó d'acumulació d'argiles. A dos dels perfils l'horitzó superior es troba més carbonatat que l'inferior. Per a tal d'explicar aquesta situació anòmala es plantetja la hipòtesi de que aquests carbonats superficials provenen de partícules que són transportades per l'aigua d'escorrentia, quan circula horitzontalment per damunt del sòl. La posició microtopogràfica del sòl té, per tant, una importància rellevant en els seus continguts de carbonats i en la seva distribució vertical en el perfil.

Paraules clau: *Sòls mediterranis, sòls vermells, carbonats, Illes Balears.*

SOIL CHARACTERISTICS OF SOUTH OF MAJORCA II. PHYSICO-CHEMICAL FEATURES. The physical and chemical characteristics of five soil profiles of the South of Majorca (Balearic Islands) have been studied. The soils show profiles between Cambisols or Calcisols and Leptosols and similar properties in the fine earth: clayey texture, low carbonate proportion, moderate rubefaction, and absence of argillic horizons. In two profiles, the upper horizon has more carbonates than the underlying one. An accumulation of carbonate particles due to runoff has a strong bearing on could be an explanation for this anomalous situation. The microtopography carbonate contents of the soils in this case, and vertical distribution in the profile.

Keywords: *Mediterranean soils, red soils, carbonates, Balearic Islands.*

Juan RITA. Dep. de Biologia Ambiental. Universitat de les Illes Balears. 07071 Palma de Mallorca. V. Ramón VALLEJO. Dep. de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.

Recepció del manuscrit 29-nov.-91. Revisió acceptada, 18-mar-92

Introducción

En las zonas áridas, la precipitación de carbonatos en el suelo constituye el proceso más característico, mientras que la rubefacción lo sería de los suelos mediterráneos más húmedos (Bottner, 1982). Los suelos rojos o pardo-rojizos son característicos de las zonas bioclimáticas mediterráneas de todo el mundo (Guerra *et al.*, 1972; Zinke, 1973; Bornand, 1978; Oades *et al.*, 1981; Josa, 1985; Alcala y Monturiol, 1988; Cervantes *et al.*, 1989) y comprenden una amplia gama de características, desde suelos superficiales sobre rocas calizas duras, tipo terra rossa, suelos no totalmente descarbonatados y grado de rubefacción débil, suelos con evidentes horizontes argílicos y hasta fuertemente desaturados y acidificados. La distribución de dichos tipos de suelos se relaciona con los gradientes climáticos actuales y/o con gradientes de edad, dentro del Cuaternario.

La presencia o ausencia de carbonatos en los suelos mediterráneos sobre calizas duras (como lo son la mayoría de los suelos del sur de Mallorca) es difícilmente predecible *in situ*. Suelos que se encuentran separados por distancias de orden métrico o inferior presentan diferencias notables en su contenido en carbonatos (Rita, 1988). La presencia de carbonatos en el suelo determina en gran medida las propiedades físico-químicas del suelo (Kinzel, 1983; Vallejo, 1986) y, en consecuencia, la presencia de suelos carbonatados y descarbonatados en una misma área puede tener importantes repercusiones ecológicas.

Se han estudiado las características morfológicas y físico-químicas de cinco perfiles edáficos localizados en el sur de Mallorca. Después de una prospección de campo extensiva, se han seleccionado dichos perfiles de forma que representan la mayor parte de las posibles situaciones topográficas, tipos de substrato subyacente y condiciones ambientales del sur de la isla. Tres de ellos son suelos actuales (HM1, PR y G), el primero se encuentra sobre eolianita pleistocénica, el segundo sobre costra caliza y el tercero sobre caliza miocénica. Un cuarto perfil corresponde a un suelo fosilizado por una eolianita pleistocénica (HM2), y el quinto al sedimento de una balsa temporal (B).

En un artículo anterior (Rita y Vallejo, 1988) se presentó la descripción morfológica de estos cinco perfiles. En estas páginas se completa aquella información con los análisis físico-químicos de los mismos perfiles, con una especial atención a la presencia y distribución en ellos del carbonato cálcico.

Material y métodos

Los aspectos introductorios a los suelos mediterráneos en Baleares, así como a las características geológicas, geográficas y climáticas de la zona estudiada las hemos desarrollado en el artículo citado anteriormente. Aquí nos limitaremos a recordar que se trata de una plataforma formada por materiales calcáreos del Mioceno Superior, en gran parte cubierta por eolianitas pleistocénicas; dicha plataforma se levanta entre 50 y 100 m s.n.m., está cubierta por pinares y por matorrales esclerófilos. El clima general es semiárido con precipitaciones inferiores a 400 mm anuales (Rita, 1988).

Métodos analíticos:

- Textura. Método de la pipeta (Dupuis, 1969); se ha seguido la clasificación textural USDA (1975).

- pH. En suspensión acuosa con una relación suelo/agua (p/v) de 1/2.5 (CMA, 1973). La lectura se realizó mediante un pH-metro Crison 501 con electrodo de vidrio.

- Conductividad eléctrica (CE). En extracto acuoso con una relación suelo/agua de 1/5. La lectura se realizó mediante conductímetro Radiometer a/s CDM2, y fue referida a una temperatura de 25 °C.

- Carbonato. Método acidimétrico (Page *et al.*, 1982); se analizó el contenido global de cada horizonte, así como el contenido en carbonatos de cada una de las fracciones texturales obtenidas mediante el análisis granulométrico.

- Hierro libre (Fe l) y hierro total (Fe t). Extracción del hierro libre mediante ditionito-citrato (Holmgre, 1967) y solubilización del hierro total mediante ataque con HCl concentrado y en caliente (Dabin, 1966). Las determinaciones se realizaron por absorción atómica.

- Carbono y Nitrógeno totales. Mediante un Analizador elemental (Carlo Erba NA-1500).

- Carbono orgánico oxidable (C). Método Walkley-Black (oxidación sulfocrómica, Page *et al.*, 1982). Se evalúa el efecto de los cloruros aplicando la corrección propuesta por Jackson (1964). El contenido de materia orgánica (M.O.) fue calculado multiplicando el contenido de C por el coeficiente estándar 1.724.

- Bicarbonatos (HCO_3) y cloruros (Cl) del extracto de suelo por titulación sucesiva con ác. sulfúrico y nitrato de plata (Soil Conservation Service, 1972).

Resultados

Los resultados analíticos correspondientes a los perfiles estudiados se presentan en las tablas 1, 2 y 3.

Perfiles HM1 y HM2

Los perfiles HM1 y HM2 corresponden, de hecho, a una misma secuencia estratigráfica, ya que el horizonte R del primer perfil fosiliza al segundo (ver Fig. 3 en Rita y Vallejo, 1988). Por esta razón se comentan sus resultados conjuntamente.

El perfil HM1 corresponde a un suelo actual con dos horizontes, uno superior A_{11} y otro de tipo fisural A_{12}. El horizonte inferior es algo más arcilloso, pero no hay evidencias de movilización de arcillas. La proporción de gravas de ambos horizontes es relativamente elevada a causa de su origen coluvial, tal como se observó en el análisis morfológico del mismo.

La proporción de arenas totales, de alrededor del 19%, es también elevada en comparación con los otros perfiles estudiados. Esta mayor proporción de arenas, y como veremos de carbonatos, parece estar relacionada con el relativamente débil grado de cementación de la eolianita subyacente, que actúa como fuente de estos materiales.

La conductividad y el contenido en cloruros del horizonte superior, en muestras extraidas durante el mes de Junio, fueron relativamente elevados (0.177 S m^{-1} y 10.9 meq l^{-1}), superiores a los del horizonte inferior (0.055 S m^{-1} y 1.75 meq l^{-1}). Por otra parte, el suelo fósil (HM2), que se encontraba a más de dos metros de profundidad, presentaba valores muy elevados de estos mismos parámetros (0.332 S m^{-1} y 16.6 meq l^{-1}). En muestras

	% Grava	% Arena Gruesa	% Arena Fina	% Limo Grueso	% Limo Fino	% Arcilla
HM1 A_{11}	20.7	3.8	15.4	14.3	20.8	45.6
HM1 A_{12}	46.8	4.1	14.3	5.5	22.0	53.2
HM1 R	0.0	50.2	31.3	5.0	5.5	8.6
HM2	3.1	6.5	11.3	15.8	23.8	42.6
HM2 R	0.0	57.2	22.4	4.4	10.2	5.7
PR A_{11}	0.9	1.8	9.8	20.1	32.2	37.1
PR A_{12}	1.7	1.4	11.5	24.0	26.1	37.0
G A_{11}	17.4	0.6	8.1	21.2	35.8	44.3
G A_{12}	0.4	0.4	7.4	17.2	30.5	44.5
B H_1	0.2	0.4	2.8	11.7	38.1	46.9
B H_2	0.0	0.1	0.9	6.9	41.9	50.2
B H_3	0.0	0.5	1.1	5.0	40.5	52.9

Tabla 1. Análisis granulométrico de cada uno de los perfiles.
Granulometric analysis for each profile.

extraidas en el mismo lugar pero después de las primeras lluvias otoñales, la conductividad del horizonte superior se redujo a la mitad, mientras que el contenido en cloruros fue cuatro veces inferior (0.087 S m^{-1} y 2.8 meq l^{-1}). El horizonte inferior (A12) apenas presentaba diferencias significativas (0.063 S m^{-1} y 1.6 meq l^{-1}). Estos resultados ponen de manifiesto importantes fluctuaciones estacionales de ambos parámetros. Estos suelos reciben una importante cantidad de sales de origen marino que se acumulan durante los periodos secos en la parte superior del perfil, pero son lavadas rápidamente cuando se dan lluvias intensas. Sin embargo, en función de los datos que disponemos no se descarta que se produzca una acumulación de las mismas en los suelos fosilizados que, por su posición estratigráfica, presentan un drenaje deficiente. La importancia ecológica de estas sales no parece muy elevada ya que durante el verano, que es el periodo en que el suelo está enriquecido, hay una diapausa total en la vegetación (en un muestreo más amplio de horizontes superficiales realizado en esta misma zona, durante la primavera, no se detectaron valores tan altos de conductividad y cloruros, (Rita, 1988).

Los valores de materia orgánica son los normales para suelos mediterráneos forestales (Vallejo, 1983); la relación C/N también se encuentra dentro de los valores habituales, cercanos a 10. El perfil HM2 presenta un contenido en materia orgánica muy bajo pero detectable.

	pH H2O	pH KCl	Cond. S/m	$CaCO_3$ %	HCO_3 meq/l	Cl meq/l	N %	M.O. %	C %	C/N	Fe t mg/g	Fe l mg/g	Fe l/t %
HM1 A11	8.0	7.8	0.177	12.0	0.85	10.92	0.283	5.31	3.08	10.88	29.4	13.7	46.6
HM1 A12	8.0	7.8	0.055	10.3	2.25	1.75	0.248	4.31	2.50	10.07	30.7	15.7	51.1
HM1 R				87.0									
HM2	8.0	7.7	0.332	33.0	0.75	16.65	0.033	0.44	0.25	7.59	24.9	10.5	42.2
HM2 R				87.3									
PR A_{11}	8.2	7.5	0.024	4.6	1.35	0.1	0.317	4.93	2.86	9.02	32.9	13.7	41.6
PR A_{12}	8.2	7.4	0.019	1.5	1.83	0.13	0.242	3.44	1.99	8.23	32.4	14.6	45.1
PR R				95.2									
GA_{11}	8.1	7.6	0.025	8.0	1.47	0.22	0.390	8.56	4.96	12.74	30.3	14.7	48.5
GA_{12}	8.1	7.4	0.013	0.0	1.50	0.10	0.236	5.00	2.90	12.28	35.9	18.9	52.6
GR				100.0									
B H_1	7.8	7.5	0.100	13.3	1.15	2.50	0.352	5.56	3.22	9.16	30.4	13.8	45.4
B H_2	7.8			11.8			0.350	4.87	2.82	8.07	36.5	14.3	39.2
B H_3	7.9	7.6	0.040	13.6	1.07	0.41	0.318	4.93	2.86	9.00	35.9	13.3	37.0
B R				92.3									

Tabla 2. Análisis físico-químicos de cada uno de los perfiles.
Physico-chemical analysis for each profile.

	Arena gruesa		Arena fina		Limo		Arcilla	
	% CaCO3/ Fracción	%CaCO3 frac./ CaCO3 total	% CaCO3/ Fracción	%CaCO3 frac./ CaCO3 total	% CaCO3/ Fracción	%CaCO3 frac./ CaCO3 total	% CaCO3/ Fracción	%CaCO3 frac./ CaCO3 total
HM1 A11	70.6	21.4	33.1	40.9	16.5	37.6	0.0	0.0
HM1 A12	73.8	27.7	24.8	32.9	18.9	39.3	0.0	0.0
HM1 R	94.4	57.0	91.4	34.4	38.4	8.6	-	-
HM2	84.8	18.1	62.9	23.7	34.3	45.0	9.2	13.1
HM2 R	90.8	66.3	87.4	25.0	33.2	8.7	-	-
PR A_{11}	43.9	17.4	8.0	17.4	6.3	65.0	0.0	0.0
PR A_{12}	36.9	28.6	3.7	23.1	2.0	47.8	0.0.	0.0
G A_{11}	21.1	1.3	22.6	19.5	11.3	37.5	3.0	51.0
G A_{12}	-	-	-	-	5.9	99.9	0.0	0.0
B H_1	54.0	0.4	31.3	2.8	21.5	69.1	8.0	24.0
B H_2	-	-	42.2	0.9	20.5	70.6	7.5	26.8
B H_3	40.4	0.5	43.8	1.0	13.7	57.7	7.4	36.1

Tabla 3. Distribución de los carbonatos en las diferentes fracciones de los perfiles estudiados.
Distribution of carbonates in the different fractions of the profiles studied.

En las Figs. 1 y 2 se han representado mediante histogramas el análisis granulométrico de estos dos perfiles y la proporción de carbonatos que se encuentra en cada fracción respecto del total de de carbonatos de la muestra. Se ha añadido los datos obtenidos de las rocas subyacentes de ambos perfiles (HM1 R y HM2 R). Para estas dos muestras no se pudo analizar el contenido en carbonatos de la fracción arcilla porque la muestra era demasiado reducida, por lo que se presenta el contenido de la fracción limo + arcilla.

El contenido en carbonatos totales de los horizontes del suelo actual es de 12.0% en el A_{11} y de 10.3% en el A_{12}. Estos porcentajes son relativamente elevados respecto a los valores normales que hemos encontrado en esta zona. Alrededor del 60% de estos carbonatos se encuentran en la fracción arenas; sin embargo las fracciones arena gruesa y arena fina tienen una constitución mineralógica diferente, ya que en la primera hay un 70% de carbonatos aproximadamente, mientras que la segunda presenta valores entre un 33.1% y 24.8%. En la fracción limos, únicamente el 16.5 y 18.9% corresponde a carbonatos, pero al ser ésta una fracción cuantitativamente importante acumula alrededor del 40% del total de carbonatos de la muestra; la fracción arcilla, por su parte, presenta un contenido nulo de carbonatos. La disminución brusca del contenido en carbonatos entre las fracciones gruesa y fina es una característica propia de los suelos fersialíticos (CPCS, 1967) sobre rocas calcáreas cuando no se han producido recarbonataciones del perfil (Vallejo, 1986).

En la eolianita subyacente, la cantidad de carbonatos de cada fracción es drásticamente diferente. El contenido total es muy superior (87%) y todas las fracciones granulométricas presentan un mayor contenido en carbonatos que las correspondientes al suelo que descansa sobre ella (94.4% en las arenas gruesas, 91.4% en las arenas finas). La fracción limos + arcillas también presenta un contenido importante de carbonatos (38.4%), pero al ser partículas que se encuentran en una proporción muy baja, únicamente acumulan el 8.6% del total de carbonatos de la muestra.

El perfil fosilizado (HM2) presenta

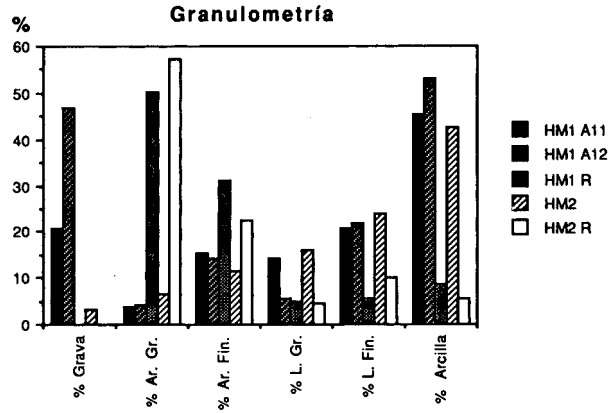


Fig. 1. Granulometría de los perfiles HM1 y HM2. Obsérvese el cambio de textura entre los suelos, tanto actual como fósil, y las eolianitas subyacentes.
Granulometry of HM1 and HM2 profiles. Note the change in the texture between soils, both present-day and fossil, and the underlying eolianites.

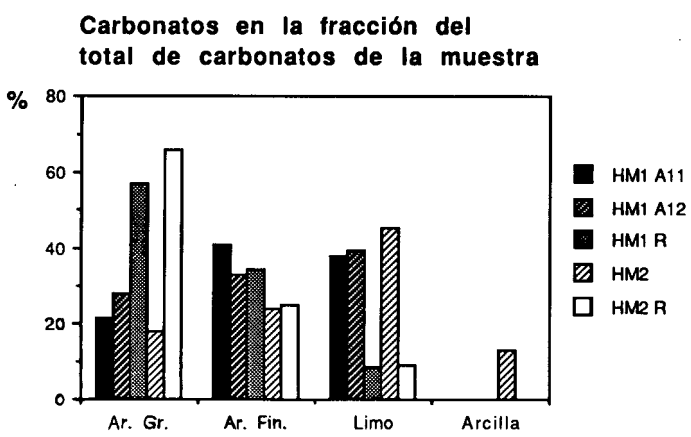


Fig. 2. Porcentaje de carbonatos que se encuentran en cada fracción respecto al total de carbonatos de la muestra. Los suelos actual y fósil tienen la mayor parte de los carbonatos en la fracción limo y arena fina, mientras que las eolianitas tienen los carbonatos concentrados en las arenas.
Para HM1 R y HM2 R, el valor de carbonatos en la fracción Limo corresponde, de hecho, a Limo + Arcillas.
Percentage carbonates in each fraction with regards to total carbonates in the sample. Present-day and fossil soils have most carbonates in the silt and fine sand fraction, while the eolianites have thier carbonate value in the silt fraction corresponding to salt+clay.

valores intermedios entre el suelo actual y la eolianita. En cualquier caso, es destacable que la fracción fina está mucho más carbonatada que en el suelo superficial, acumulando hasta el 58% del total de carbonatos. La presencia de carbonatos en las arcillas indica un fuerte proceso de recarbonatación de este perfil, que se refleja macroscópicamente en una mayor cementación de las partículas y en la presencia de nódulos y otras concreciones calcáreas.

La eolianita inferior, HM2 R, presenta valores muy parecidos a la HM1 R.

A pesar de la fuerte recarbonatación del perfil enterrado, el color Munsell (2.5 YR 5/7 en seco) denota mayor grado de rubefacción que el suelo superficial (5 YR 5/6 a 4/6).

Perfil PR:

Este perfil presenta una gran homogeneidad textural. El contenido en gravas y arenas gruesas es muy bajo (menor del 2% en ambos horizontes). Por el contrario la fracción fina representa más del 85% del total del material.

La conductividad y los valores de pH son los normales para este tipo de suelos y corresponden a la inexistencia de cantidades apreciables de sales más solubles que el $CaCO_3$ y a la saturación del suelo por Ca. Este perfil se realizó en una zona descubierta donde los aportes de materia orgánica provenían únicamente de pastizales terofíticos; los suelos de esta misma zona que se encuentran debajo de los arbustos esclerófilos presentan contenidos en materia orgánica y valores de la relación C/N algo más elevados, tal como se verá en la descripción del siguiente perfil.

El contenido en carbonatos de los horizontes de este perfil son bajos (4.6% y 1.5%, respectivamente). Las arenas gruesas y arenas finas presentan una proporción relativamente baja de carbonatos, con valores cercanos al 40% en las primeras e inferiores al 10% en las segundas. La fracción de limos también presenta una proporción de carbonatos muy baja (6.3% y 2.0%) mientras que la fracción

arcilla está totalmente descar-bonatada. Sin embargo, dado que las partículas finas son el componente mayoritario de este perfil no ha de extrañar que el 65% de los carbonatos del horizonte superior y el 47.8% del inferior se acumulen en las fracciones finas.

El horizonte superficial presenta un contenido en carbonatos significativamente superior que en el horizonte inferior, de la misma manera, la proporción de carbonatos de todas las fracciones es más baja en el horizonte inferior que en superior. Esta situación es anómala en un proceso monogenético, común a todo el perfil, donde los procesos de recar-bonatación se darían en los horizontes más profundos y no al contrario (Dutil, 1979). El perfil que se comenta a continuación presenta la misma distribución vertical de carbonatos, lo cual indica que esta situación no es excepcional.

Perfil G:

Este perfil es muy semejante al anterior. En este caso el horizonte inferior presenta un contenido algo mayor de arcillas que el superior.

En la distribución de los carbonatos entre las diferentes fracciones y horizontes se repite, como comentábamos más arriba, una distribución anómala de los carbonatos en el perfil. El horizonte superior presenta un 8% de carbonatos totales, mientras que el inferior está prácticamente descarbonatado. También en este caso la mayor parte de los carbonatos se encuentran en la fracción limos (80%), debido a que la fracción arena es minoritaria y la fracción arcilla carece de carbonatos.

En este perfil el contenido de materia orgánica, al igual que la relación C/N, es bastante más elevado que en el caso anterior, pero este perfil recibía el aporte de la hojarasca de los arbustos esclerófilos cercanos, lo cual puede explicar perfectamente estas diferencias.

Perfil B:

Este perfil se realizó en el sedimento de una charca periódica que queda completamente seca durante el verano. Charcas como la estudiada son relativamente frecuentes en esta zona (Rita y Bibiloni, 1991), donde las oquedades de la roca calcárea actúan como cubetas naturales en las que se acumula el agua de lluvia y escorrentía durante los meses húmedos del año. Las características de los sedimentos y de las aguas de estas charcas son el resultado de la migración horizontal de partículas y solutos a traves de los suelos de la zona, por lo que a través de su estudio podremos tener una idea aproximada de estos movimientos horizontales. El uso de estas charcas como si fueran lisímetros naturales debe hacerse con precaución, dado que la actividad de los organismos, especialmente de las algas con incrustaciones calcáreas, pueden ser un factor distorsionador.

En este perfil se analizaron tres horizontes, todos ellos presentaron una granulometría muy fina (arcillosa fina); las fracciones grava, arena gruesa y arena fina están prácticamente ausentes, a su vez el limo grueso es claramente minoritario respecto del limo fino. Estos datos indican que el agua de escorrentía tiene muy baja competencia y arrastra casi exclusivamente materiales finos.

La conductividad de este sedimento es algo elevada en la muestra superficial (0.100 S m^{-1}), pero es bastante más baja en el horizonte más profundo (0.040 Sm^{1}).

Estas diferencias pueden deberse a la precipitación de las sales del agua de la charca al desecarse o la deposición del *spray* marino durante el verano. La concentración de Cl^- también es más elevada en el horizonte superficial.

Todo el perfil presenta un contenido relativamente elevado de carbonatos (entre un 11.8% y un 13.6%), y todas las fracciones están más o menos carbonatadas, incluyendo la fracción arcilla. Lo cual puede deberse tanto a un transporte horizontal de carbonatos a través de los suelos que circundan la charca como al aporte de carbonatos por parte de los organismos que viven en ellas, o a ambos factores.

Discusión y conclusiones

Todos los suelos actuales que hemos estudiado están poco desarrollados y son poco profundos, el contacto con la roca subyacente es directo y neto, y presentan dos horizontes poco diferenciados entre sí.

En estos suelos actuales la proporción de la fracción arcilla es muy similar entre los horizontes superficial y profundo. No se han detectado horizontes de acumulación de arcillas. La proporción de hierro libre respecto al total indica que estos suelos se encuentran sólo medianamente rubefactados, como suele ocurrir en los suelos de la zona mediterránea seca (Vallejo, 1983). Ambas características, ausencia de horizontes iluviales y débil rubefacción, diferencian nuestros suelos de los típicos suelos rojos mediterráneos (Guerra *et al.*, 1972; Alcala y Monturiol, 1988) o luvisoles (FAO, 1988). No obstante, los horizontes A12 de los perfiles PR y G, así como el paleosuelo HM2, por su coloración y/o su mayor descarbonatación se aproximan a dichos suelos rojos, cabiendo la posibilidad de que sean perfiles truncados que han perdido el horizonte eluvial, hecho probable en este tipo de suelos a los que se atribuye una larga edafogénesis (ver por ejemplo Josa, 1985).

Los suelos que se encuentran sobre eolianitas pleistocénicas débilmente cementadas presentan una mayor proporción de arenas y un contenido en carbonatos más elevado que los suelos que se han desarrollado sobre costras calizas duras y/o calizas miocénicas. En el primer caso, la roca subyacente actúa como una fuente de partículas y también de carbonatos; por el contrario en las costras y calizas miocénicas los procesos de disolución predominan sobre los de disgregación (Lamouroux, 1972) y consecuentemente su importancia como fuente de partículas gruesas es más reducido. Dicho modelo es consistente con el observado para similares situaciones en la Depresión Central Catalana (Vallejo, 1983; 1986).

Los suelos con o sin carbonatos en estas zonas semiáridas de Baleares, forman un mosaico de malla muy fina (del orden de metros e incluso menor). Se han detectado *in situ* cambios importantes y bruscos en el contenido en carbonatos en parcelas muy próximas entre sí. Es difícil encontrar una explicación sencilla a estas heterogeneidades en la composición química del suelo. Igualmente es difícil explicar por qué hay suelos con horizontes superficiales carbonatados, mientras que los horizontes profundos están casi o totalmente decarbonatados (perfiles PR y G). No parece verosímil pensar en procesos de recarbonatación secundaria puesto que en este caso las precipitaciones de

carbonatos se inician en las fracciones granulométricas más finas (Vallejo, 1986), mientras que en nuestras muestras la fracción arcilla tiene (salvo en el suelo fosilizado y en sedimento de la charca) un contenido nulo de carbonatos.

A tenor de los datos que disponemos consideramos que es más verosímil pensar que los carbonatos se acumulan en la superficie al ser arrastrados en forma particulada (no disuelta) por las aguas de escorrentía al fluir horizontalmente siguiendo cursos difusos. Según esta hipótesis la presencia o no de carbonatos en los suelos sobre calizas duras depende de la situación microtopográfica de los mismos, lo que permite explicar cambios bruscos en el contenido de carbonatos en una misma zona y con un mismo tipo de roca subyacente. El hecho de que los sedimentos de las charcas periódicas estén constituidos por partículas finas y que éstas sean carbonatadas también apoya esta hipótesis. El mayor contenido en $CaCO_3$ para las fracciones finas del sedimento de la balsa puede estar relacionada con la existencia de precipitados originados por la actividad algal. En cualquier caso, esta distribución vertical anómala de los carbonatos en el perfil indica que, en la actualidad, los procesos de descarbonatación son poco importantes, porque en otro caso la distribución de estas sales estaría invertida. También sugiere que se han dado diferentes situaciones durante la génesis de los distintos horizontes de estos suelos.

Los resultados de conductividad y cloruros del perfil HM 1 indican que los suelos próximos al litoral sufren una contaminación por sales de origen marino. Posiblemente estas sales se depositan durante todo el año pero sólo se acumulan en los suelos durante el verano. Estas sales son exportadas fuera del perfil cuando se producen precipitaciones intensas. La elevada conductividad del sedimento de la charca (perfil B) sugiere que estas cubetas pueden actuar como trampas de cloruros porque embalsan agua de escorrentía que previamente ha lavado el suelo. En este sentido los datos que disponemos sobre el agua que llega a las charcas indica que durante las primeras lluvias otoñales la concentración de cloruros es muy superior (hasta catorce veces más elevada) que el agua llega a las charcas en los meses invernales (Jaume *et al.*, 1987).

En el conjunto de horizontes analizados, el contenido en carbono orgánico y el nitrógeno total se relacionan significativamente de forma lineal (Fig. 3), indicando una misma tendencia evolutiva general para la materia orgánica, probablemente debido a la homogeneidad climática y mineralógica existente.

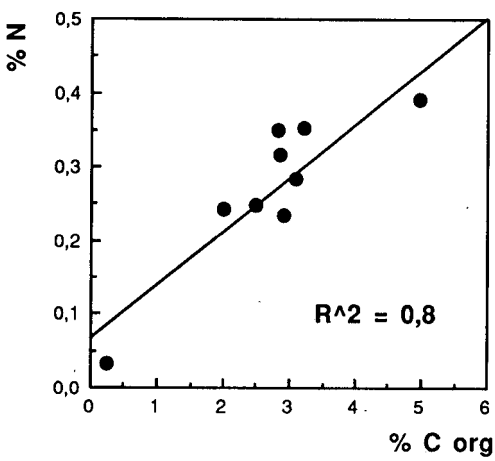


Fig. 1. Regresión lineal entre nitrógeno total y carbono orgánico para todas las muestras analizadas.
Linear Regression between total nitrogen and organic carbon for all the samples.

Siguiendo los criterios de la clasificación francesa (CPCS, 1967), los suelos estudiados se sitúan entre fersialíticos y rendsinas. Dentro de la clasificación americana y FAO, el espesor de los horizontes es una propiedad que se incluye en la definición de los horizontes de diagnóstico; gran parte de los suelos de la zona considerada presentan grosores alrededor de los valores límite para la definición de horizonte cámbico (en ambas clasificaciones), con lo cual suelos de propiedes intrínsecas similares, se incluyen en taxa bien diferenciados; así, PR se clasifica como Leptosol lítico (Xerorthent) y G como Cambisol crómico (Xerochrept), según FAO y (Soil Taxonomy). Estos tipos de suelos ocupan la mayor parte del área de estudio. Sobre eolianitas, con encostramiento (petrocálcico), los suelos son de tipo Calcisol pétrico. El suelo de la balsa periódica se clasifica como Leptosol rendzico por su contenido elevado en materia orgánica en todo el perfil y coloración oscura.

Agradecimientos

Al *Servei d'Espectroscòpia de la Universitat de Barcelona* por su colaboración técnica.

Bibliografía

Alcalá, L. y Monturiol, F. 1988. Variabilidad de los diferentes tipos de suelos rojos de España. *An. Edafol. Agrobiol.*, 47 (1-2): 371-394.

Bornand, M. 1978. *Altérations des matériaux fluvio-glacières. Gènese et évolution des sols sur terrasses quaternaires dans la moyene vallée du Rhône.* Thèse d'Etat, Montpellier.

Bottner, P. 1982. Evolution des sols en conditions bioclimatiques méditerranéennes. Ecol.Medit., 8 (1-2) 115-134.

Cervantes, J.F., Alfaro, G. y Meza, M. 1989. Caracterísitcas de los suelos rojos fersialíticos en la cuenca de México. *An. Edafol. Agrobiol.*, 48 61 71.

C.M.A. 1973. Determinaciones analíticas de suelos. Normalización de métodos.1. pH, materia orgánica y nitrógeno. *Anal. Edaf. Agrob.*, 32, (11-12): 1153-1172.

Dabin, B. 1966. Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 2ème partie. *Cah. ORSTOM, sér. Pédologie*, 4 (1): 77-103.

Dupuis, P. 1969. Dosage des carbonates dans les fractions granulométriques de quelques sols calcaires et dolomitiques. *Ann. Agron.*, 20 (1) 61-88.

Dutil, P. 1979. Le calcaire dans les sols. Calcium et magnésium. En *Pédologie. 2.* M. Bonneau y B. Souchier eds. 372-378. Masson, Paris.

FAO 1988. *Soil map of the world. Revised legend. World Soil Resources Report 60,* Rome. Gerra, A. *et al.*, 1972. Los suelos rojos en España. Contribución a su estudio y clasificación. Inst. Edafol. Biol. Veg. CSIC, Madrid.

Holmgren, G.G.S., 1967. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 31: 210-211.

Jackson, M.L. 1964. *Análisis químico de suelos.* Omega, Barcelona.

Jaume, D., Planells, J., Pons, M. y Rita, J. 1987. Caracterización y dinámica de las balsas periódicas de una zona semiárida de Mallorca (Islas Baleares).

IV Congreso Español de Limnología. Sevilla.

Josa, R. 1985. *Estudi cronoseqüencial de sòls sobre les terrasses de l'Anoia.* Tesi doctoral, Universitat de Barcelona.

Kinzel, H. 1983. Influence of limestone, silicate and soil pH on vegetation. En: *Physiological Plant Ecology III.* O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler. 201-244. Springer-Verlag, Berlin.

Lamouroux, M. 1972. Etude de sols formés sur roches carbonatées. Pédogenèse fersiallitique au Liban. Mém. ORSTOM, 56.

Oades, J.M. Lewis, D.G. y Norrish, K., 1981. *Red-brown earths of Australia.* University of Adelaide & CSIRO, Adelaide.

Page, A.L., Miller, R.H. y Keeney, R., 1982. *Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties.* 2nd. edition. Agronomy 9. SSSA-ASA, Madison.

Rita, J. 1988. *Estructura y ecología de los pastizales terofíticos de Baleares. El medio y la vegetación de la Marina de Llucmajor.* Tesis Doctoral Universitat de les Illes Balears.

Rita, J. y Bibiloni, G. 1991. Zonación de la vegetación hidrófila de balsas periódicas en las zonas semiáridas de Baleares. *Orsis*, 6:61-74.

Rita , J. y Vallejo, R. 1988. Características de los suelos del Sur de Mallorca. I. Descripción morfológica. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 32:72 92.

Soil Conservation Service 1972. *Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples.* USDA, Washington D.C. USDA 1975. *Soil Taxonomy. Agricultural Handbook 436.* Soil Conservation Service, Washington D.C.

Vallejo, V.R. 1983. *Estudio de los suelos forestales de la Depresión Catalana.* Resumen de Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.

Vallejo, V.R. 1986. La distribució dels carbonats en els sòls de la Depresió central Catalana. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat. (sec. geol).* 53 4: 69-76.

Zinke, P.J. 1973. Analogies between the soil and vegetation types of Italy, Greece and California. En: *Mediterranean type ecosystems.* F. di Castri y H.A. Mooney eds. 61-82. Springer-Verlag, Berlin.

Nota añadida en pruebas

Fe de error: En la primera parte de este trabajo (Rita y Vallejo, 1988) el perfil G aparece erroneamente clasificado como xerorthernt, cuando debería decir Xerochzept.