

MICROMORFOLOGÍA DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RÍO CAPAZ, REGIÓN LAS CRUCES- SANTA ELENA DE ARENALES. MÉRIDA-VENEZUELA

Jajaira Oballos

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Mérida - Venezuela. E-mail. Oballos@fores.ula.ve.

RESUMEN

En la región de Las Cruces - Santa Elena de Arenales, entre las cotas altitudinales de 300 y 2400 msnm, se seleccionaron 10 perfiles de suelos, pertenecientes a los ordenes Inceptisoles y Ultisoles (5 y 5, respectivamente), para hacer un estudio micromorfológico. Se estudiaron en lo fundamental láminas correspondientes a los horizontes B. Las cuales mostraron: la existencia de un material parental homogéneo de donde proviene por alteración la masa basal de los suelos estudiados; la presencia de revestimientos arcillosos en la mayor parte de las secciones con estructura microláminar y zonas de extinción netas, típicas de cutanes de eluviación; la presencia de revestimientos ferruginosos, manchas de color y nódulo ferruginosos en la mayoría de las láminas. La comparación entre los suelos muestra una mejor organización morfológica en los Ultisoles con relación a los Inceptisoles, en estos últimos se observa una proporción más importante de fragmentos líticos, una menor proporción de plasma con una birrefringencia más débil y etapas de iluviación menos avanzadas.

Palabras clave: suelos arcillosos, iluviación de arcilla, Ultisoles, Inceptisoles

ABSTRACT

In the Las Cruces-Santa Elena de Arenales region, between the altitude levels of 300 and 2400 Mts. above sea level, 10 soil profiles, belonging to the Inceptisols and Ultisol orders (five and five, respectively), were selected, in order to carry out a micromorphological study. Fundamentally, sections corresponding to the B horizons were studied, and these showed: the existence of a homogeneous parent material from which the basal mass of the soils studied originates by alteration; the presence of clayey coatings in the majority of the sections with microlaminar structure and areas of net extinction, which is typical of argillans eluviation; the presence of ferruginous coatings, colored stains and ferruginous nodules in the majority of the sections. Comparison of the soils indicates better morphological organization of Ultisols in relation to Inceptisols; in the latter, a more significant proportion of lithic fragments is observed, a smaller proportion of plasma with weaker birefringence and less advanced stages of illuviation.

Key words: Clayey soils, clay illuviation, Ultisols, Inceptisols

INTRODUCCIÓN

Los suelos de la región de Las Cruces - Santa Elena de Arenales, desarrollados sobre lutitas cretácicas pertenecientes a las formaciones Colón, La Luna y Aguardiente, bajo condiciones de montaña tropical húmeda, presentan rasgos macroscópicos más o menos pronunciados de movilización de arcilla (revestimientos arcillosos sobre las caras de los agregados o argilanes). La existencia o no de estos rasgos de contextura, al menos a nivel macroscópico, permite conjuntamente con el incremento de arcilla en profundidad diferenciar perfiles a horizontes A/Bt (t = horizonte de acumulación de arcilla, argílico) donde el proceso de iluviación es más pronunciado y

perfiles a horizontes A/Bw (w = horizonte de transformación) donde el proceso, aparentemente ocurre con menor intensidad (ausencia o poca frecuencia de argilanes).

Basado en este criterio los suelos han sido clasificados de acuerdo con Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1994) como Ultisoles (perfiles A/Bt) e Inceptisoles (perfiles A/Bw), (Márquez, 1988; Ochoa, et al, 1995; Oballos, 1995).

Con el objeto de hacer un estudio a nivel micromorfológico, que permita confirmar la existencia o no de un proceso de iluviación de arcilla, se seleccionaron 10 perfiles de suelos localizados entre 300 y 2400 metros de altitud.

METODOLOGÍA

Para el estudio se seleccionaron diez (10) perfiles de suelos localizados entre 300 y 2400 msnm pertenecientes a los ordenes Inceptisoles y Ultisoles (Soil Survey Staff, 1994). El método de selección fue aleatorio estratificado, con descripción y muestreo de un (1) inceptisol y un (1) ultisol, por piso altitudinal de 500 metros cada uno (Cuadro 1). Las láminas delgadas fueron hechas fundamentalmente para los horizontes B (18 láminas en total).

La impregnación y consolidación de las muestras fue realizada según el método de Jongerius y Heintzberger (1963). Resina 11700. El estudio de las secciones finas se hizo según Brewer (1964) y Bullock et al (1985). La terminología utilizada es la propuesta por Bullock et al (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del plasma

El análisis de las secciones finas de suelos muestra la predominancia de la fracción fina (<5 μ) en relación

con la fracción gruesa, la relación g:f varía entre 30:70 y 45:55. La fracción mineral gruesa está constituida principalmente por fragmentos de lutitas (tamaño grava y arena), por granos de cuarzo (tamaño limo) y en menor proporción por fragmentos de cuarcitas (muy alterados) y de muscovita. La presencia de fitolitos fue también observada. Los fragmentos de lutitas muestran diferentes grados de alteración. En algunos casos, ellos se encuentran muy alterados desde el punto de vista mecánico como químico. Los granos de cuarzo muestran una pobre selección, con formas que van desde angulosas hasta redondeadas. Ellos se encuentran a veces muy alterados, con una cierta disolución de sílice. La fracción orgánica gruesa está constituida por restos de vegetales, algunas veces bien conservados. En algunos casos se observan partículas quemadas.

La fracción mineral fina (micromasa) presenta frecuentemente colores rojizos a amarillentos no uniformes.

CUADRO 1. Ubicación y principales características de los suelos estudiados.

Perfil N°	Altitud msnm	Tipo de suelo	Profundidad cm	Horizonte	Arena	Limo	Arcilla	pH Agua	C.O	SB
					%				%	
1	2350	Typic Haplohumult	0 - 6	A ₁	10,30	52,30	36,60	5,05	7,60	17,1
			6 - 18	A ₂	6,90	52,90	39,30	5,15	3,66	15,3
			18 - 43	Bt ₁	2,30	47,90	47,90	5,15	1,52	11,6
			43 - 75	Bt ₂	2,90	35,50	59,70	5,20	0,76	7,8
			75 - 92	C ₁	10,90	43,50	44,30	5,15	0,12	10,4
			92 - 145	C ₂	6,30	43,00	48,90	5,00	0,17	8,9
2	2225	Typic Humitropept	0 - 10	A	8,60	47,20	43,60	4,50	5,05	9,1
			10 - 54	Bw ₁	7,90	36,30	54,50	4,80	1,34	4,2
			54 - 76	Bw ₂	9,70	34,00	55,20	4,50	0,83	3,4
			76 - 110	C	8,10	34,20	57,70	4,76	0,53	3,9
3	1520	Typic Haplohumult	0 - 20	A ₁	10,40	53,10	35,90	4,35	3,23	6,7
			20 - 39	A ₂	8,70	52,00	38,30	4,31	2,52	3,8
			39 - 57	Bt ₁	7,40	42,90	49,20	5,00	0,89	3,1
			57 - 93	Bt ₂	2,20	35,40	62,30	5,15	0,65	3,3
4	1580	Typic Humitropept	0 - 5	A ₁	8,20	46,20	45,60	4,95	10,43	19,4
			5 - 14	A ₂	1,60	38,20	58,70	4,54	1,64	5,0
			14 - 44	Bw	3,10	34,10	62,50	4,59	0,65	5,9
			44 - 70	C ₁	1,20	38,20	60,60	4,70	0,66	3,4
			70 - 128	C ₂	4,20	31,10	62,50	4,60	0,55	2,5
			128 - 155	C ₃	2,40	47,10	49,40	4,45	0,46	2,3
5	1245	Typic Haplohumult	0 - 12	A	12,40	47,50	40,10	4,54	4,54	5,9
			12 - 42	Bt1	8,20	44,40	46,80	4,62	2,69	3,0
			42 - 89	Bt2	9,00	41,60	48,00	4,70	0,70	2,2
			89 - 170	C	3,40	56,80	38,70	5,10	0,62	2,6
6	1140	Typic Humitropept	0 - 28	A	8,00	52,80	38,10	4,83	3,30	19,9
			28 - 50	Bw	5,50	33,80	58,20	5,20	1,49	18,4
			50 - 65	C ₁	9,00	35,80	54,70	5,22	0,67	7,3
			65 - 139	C ₂	7,50	34,80	55,60	4,69	0,36	4,3
7	755	Typic Haplohumult	0 - 13	A ₁	14,80	36,20	47,20	3,70	4,96	3,1
			13 - 34	A ₂	13,30	28,10	56,60	3,80	2,97	3,6
			34 - 51	Bt ₁	10,40	23,20	64,50	3,80	1,73	3,5
			51 - 76	Bt ₂	9,80	17,50	71,40	3,75	1,03	2,3
			76 - 106	Bt ₃	10,20	18,80	71,00	3,80	0,68	2,5
8	980	Typic Dystropepts	0 - 10	A ₁	16,00	43,20	40,60	4,30	2,70	18,5
			10 - 42	A ₂	9,30	37,10	52,40	4,66	1,09	13,1
			42 - 80	Bw	3,50	42,70	53,80	4,65	0,50	7,6
			80 - 110	C ₁	9,50	39,80	48,90	4,31	0,30	5,7
			110 - 150	C ₂	2,50	44,00	51,90	4,30	0,25	5,9
9	330	Aquic Hapludult	0 - 10	A	13,00	42,30	42,40	4,41	3,13	15,5
			10 - 28	Bt ₁	8,60	40,40	48,40	4,51	1,76	10,3
			28 - 66	Bt ₂	5,80	35,50	55,90	4,65	1,14	8,4
			66 - 125	C	3,70	35,10	59,10	4,90	0,74	9,6
10	385	Typic Dystropept	0 - 16	A	17,20	50,30	31,40	4,29	0,92	6,8
			16 - 43	Bw ₁	15,70	41,70	41,10	4,40	0,79	2,4
			43 - 79	Bw ₂	16,50	38,90	42,90	4,55	0,65	2,4
			79 - 105	C ₁	17,00	38,60	42,90	4,64	0,63	2,5
			105 - 147	C ₂	7,90	49,80	41,30	4,65	0,39	3,3

Valores tomados de Oballos, 1995.

La presencia de manchas grisáceas o decoloradas es frecuente. La masa basal muestra una distribución relativa g:f porfirica abierta en todas las secciones estudiadas. La contextura de birefringencia del plasma varia según los perfiles: motas aisladas (perfiles 1 y 3), moteada en mosaico con dominios de poroestriada y estriada al azar (perfil 5), estriada con dominios de poroestriada (perfiles 7 y 9), poroestriada con zonas elongadas (perfiles 2 y 6) y motas aisladas con dominios de poroestriada (perfiles 4 y 8) y estriada (perfil 10).

La microestructura también varia entre los perfiles. Ella presenta características prismáticas en el perfil 1. En los perfiles 2, 3, 7, 8 y 10 ella es en bloques angulares y en los otros perfiles se presenta en bloques subangulares (perfiles 5 y 6). Los poros dominantes son los poros planares, ellos están bien asociados a las cavidades y a los canales.

Rasgos edáficos

Rasgos edáficos texturales: entre ellos se encuentran los revestimientos arcillosos y los rellenos de huecos. Los revestimientos arcillosos se presentan en todos los perfiles estudiados con una importancia variable. Parece que algunas veces ellos se encuentran en cantidades más importantes en los horizontes cámbicos en relación con los horizontes argílicos. En general ellos están constituidos por arcilla con impurezas. En la mayoría de los casos los revestimientos presentan una estructura microlaminar y zonas de extinción netas (Figuras 1a, 2b y 2e). En otros casos ellos se presentan como hiporevestimientos delgados y discontinuos.

Rasgos edáficos amorfos: entre ellos se encuentran los nódulos ferruginosos y los revestimientos ferruginosos. Los nódulos ferruginosos se presentan en la mayor parte de los perfiles en proporciones variables. Ellos son de dos tipos: nódulos a contorno bien definido y nódulos con contorno difuso (como una especie de mancha ferruginosa). Los de contorno difuso son dominantes en todos los perfiles. En ciertos perfiles se encuentran una especie de micro-agregados tamaño limo grueso-arena fina, que parecen estar constituidos por sesquióxidos y arcilla (Figura 2c). Los revestimientos ferruginosos son cutanes de huecos o bien de peds. Ellos son considerados como rasgos sub-cutánicos de tipo hiporevestimiento, los cuales presentan su máxima expresión (diversidad e importancia) en el perfil 1 (Figura 1b).

Rasgos edáficos de contextura: se observa en algunos perfiles la presencia de pedotubulos (Figura 1e y 2d). Ellos son principalmente de tipo agrotubulos y striotubulos (Brewer, 1964). Los pedotubulos más abundantes en los horizontes de superficie (horizontes A). Se observa también un tipo de contextura en montón de platos (bow-like fabric pedofeature, Bullock et al., 1985). Estas características indican una fuerte actividad de la fauna (lombrices particularmente) en los suelos.

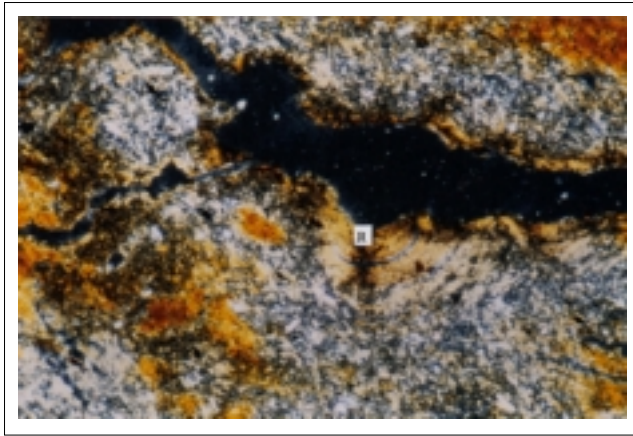
Rasgos edáficos de excrementos: ellos presentan formas elipsoidales y cilíndricas, y se encuentran en los bioporos.

Principales deducciones del análisis micromorfológico.

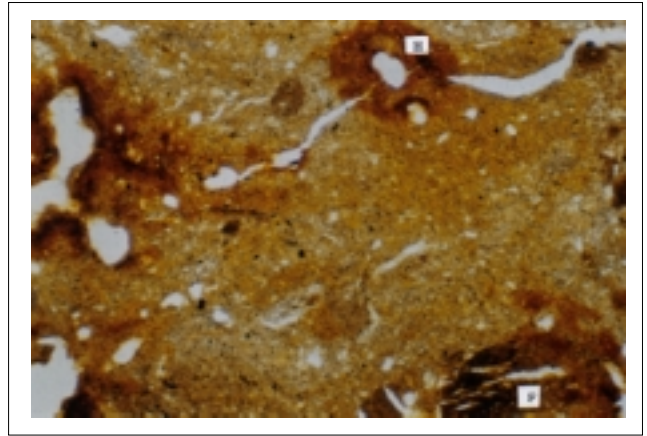
El análisis del esqueleto confirma la existencia de un material parental bastante homogéneo, constituido principalmente por lutitas. Se observa también que la masa basal de los suelos proviene de su alteración. Ello está bien representado en los lugares donde existe una fuerte proporción de fragmentos líticos, con una segregación de arcilla y la formación de puentes plasmáticos entre los mismos (Figura 2a).

La presencia de revestimientos arcillosos en la mayor parte de los perfiles estudiados pone en evidencia la intervención de una migración de arcilla. Esos revestimientos se localizan principalmente en los huecos de los horizontes B, con una mayor proporción en su parte baja. Los cutanes presentan una estructura microlaminar y zonas de extinción netas. Estas características son típicas de los cutanes de iluviación. Su espesor es variable. En la mayoría de los casos se trata de arcilla con impurezas. Parece que en los Inceptisoles los revestimientos arcillosos son más importantes que en los Ultisoles, a pesar que ellos fueron observados en el terreno al momento de la descripción, lo cual parece estar asociado a la incorporación de los cutanes en el plasma, como resultado por una parte, de la pedoturbación causada por la fauna y la colmatación de los huecos, y por otra, por la acción de las presiones internas (Figura 1d).

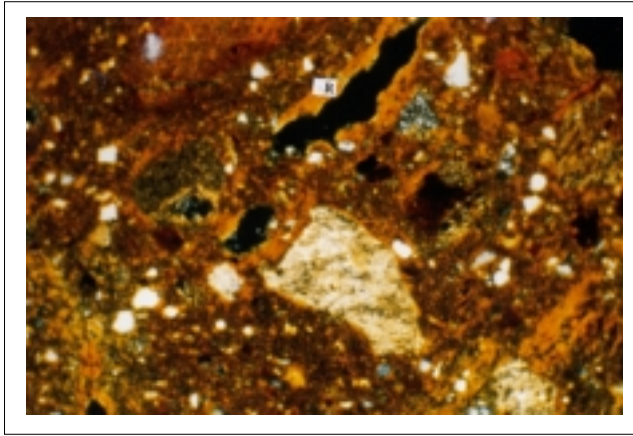
La presencia de contexturas de birrefringencia del plasma basal (contextura-b) de tipo estriada es un índice de los efectos de presiones internas producidas por el hinchamiento y la contracción sufrida por los suelos después de los periodos de hidratación y



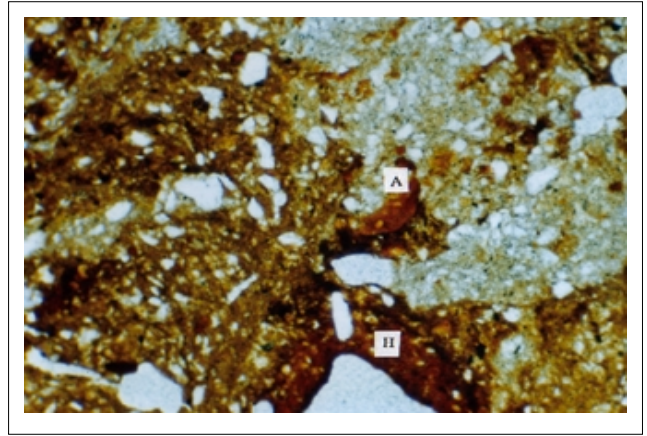
(a)



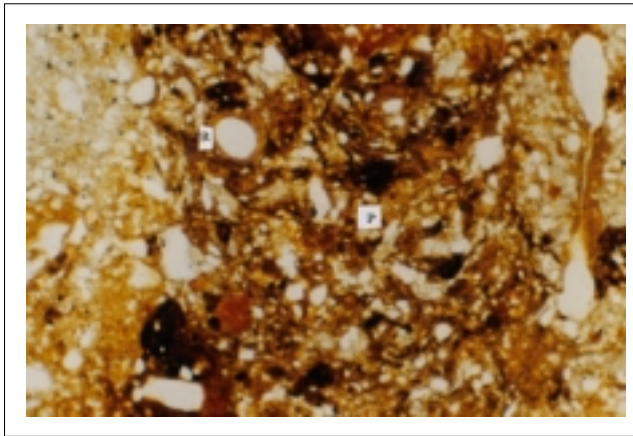
(b)



(c)



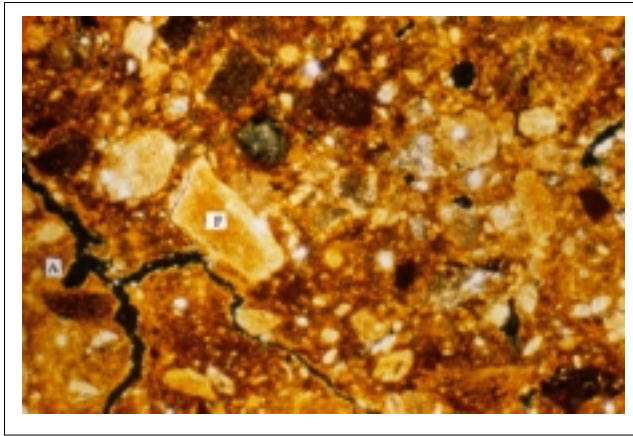
(d)



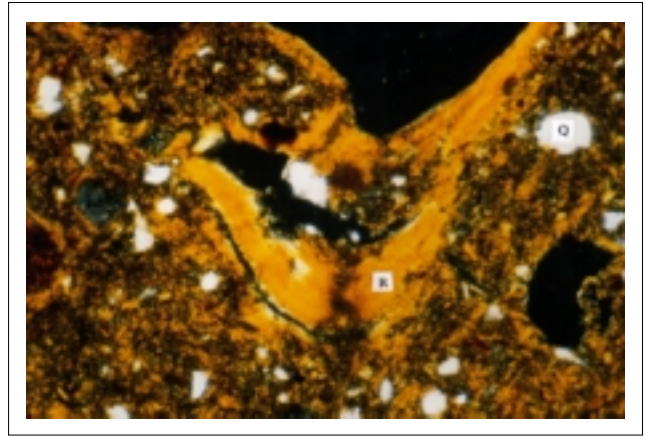
(e)

- a. **Perfil 1.** Typic Haplohumult. Bt1 (18-43 cm). NX. x 10. Detalle de los revestimientos arcillosos (R)
- b. **Perfil 1.** Typic Haplohumult. Bt1 (18-43 cm). NII x4. Micromasa de color no uniforme, zonas grisáceas. Hiporevestimientos ferruginosos (H). Fragmentos de lutitas muy alteradas (F).
- c. **Perfil 2.** Typic Humitropept. Bw1 (10-40 cm). NX. x4. Revestimientos arcillosos (R). Distribución relativa g:f porfirica abierta. Contextura de birefringencia poroestriada con zonas elongadas.
- d. **Perfil 3.** Typic Haplohumult. Bt2. (57-93 cm). NII x4. Micromasa de color no uniforme, zonas decoloradas. Striotubulo (P). Hiporevestimiento ferruginoso (H). Fragmento de revestimiento arcilloso incorporado en la micromasa (A).
- e. **Perfil 3.** Typic Haplohumult. Bt2. (57-93 cm). NII x4. Pedotubulo (color más oscuro - P). Revestimiento arcilloso (R). Micromasa con zonas decoloradas.

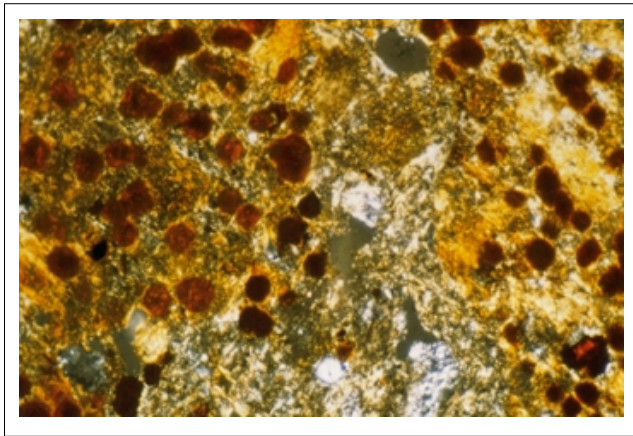
FIGURA 1. Principales rasgos micromorfológicos de los suelos estudiados



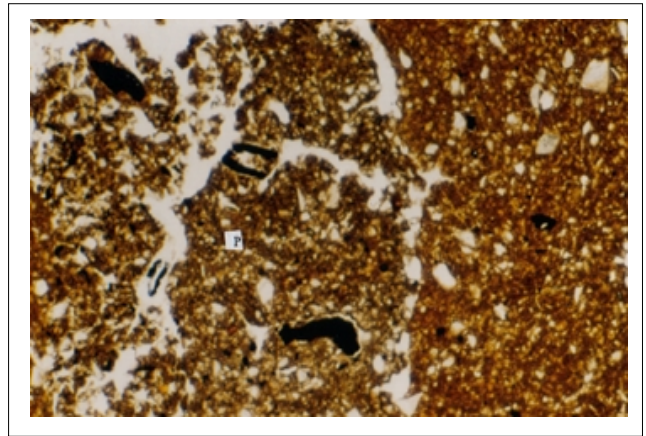
a



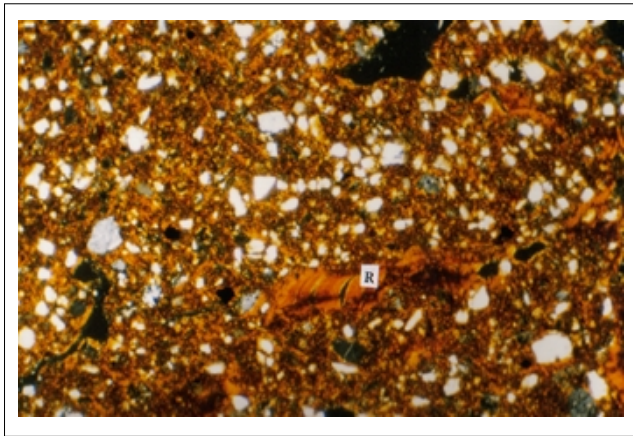
b



c



d



e

- a. **Perfil 4.** Typic Humitropept. Bw1. (14-44 cm). NX. x1.6. Micromasa con muchos fragmentos líticos, puentes plásmicos de arcilla parda (A). Estructura en bloques subangulares.
- b. **Perfil 6.** Typic Humitropept. Bw. (28-50 cm). NX. x10. Detalle de revestimientos arcillosos con zonas de extinción neta (R). Contextura de birrefringencia del plasma estriada con dominios de poroestriada. Distribución relativa g:f porfírica abierta, granos de cuarzo de tamaños diferentes.
- c. **Perfil 8.** Typic Dystropept. Bw1. (42-80 cm). NX. x 10. Detalle de microagregados arcillo-ferruginosos. Contextura de birrefringencia del plasma estriada.
- d. **Perfil 10.** Typic Dystropept. Ah1. (0-16 cm). NII x1.6. Mezcla de materiales por la acción de la fauna, pedotubulo (P). Distribución relativa g:f porfírica abierta.
- e. **Perfil 10.** Typic Dystropept. Bw1. (43-79 cm). NX. x4. Revestimientos arcillosos (R), arcilla roja, espesos, estructura microláminar. Contextura de birrefringencia del plasma estriada. Distribución relativa g:f porfírica a espaciamiento doble, granos de cuarzo de diferentes tamaños.

FIGURA 2. Principales rasgos micromorfológicos de los suelos estudiados

deshidratación. La contextura-b en contorno de huecos tipo poroestriada (vosepic) es según Brewer (1964), la expresión de cutanes de tensión. La contextura-b estriada con zonas elongadas puede estar asociada no solamente a los efectos de las presiones internas, sino también a la composición mineralógica de la fracción arcilla, en los suelos de la región la fracción arcilla esta constituida por caolinita, vermiculita aluminosa, ilitas y interestratificados 10-14Å (Oballos, 1995). El comportamiento de las arcilla de tipo ilita, caolinita y clorita es afectado por las fuerzas de gravedad y desarrollan más fácilmente orientaciones paralelas que las otras arcillas constituidas por granos de pequeño tamaño (Brewer, 1964). Las otras texturas de birrefringencia (en motas aisladas y moteada en mosaico (insepic y monosepic de Brewer) están principalmente asociadas a la herencia de la roca madre (Brewer, 1964).

Se observa una migración de hierro en los suelos, que se expresa con la aparición de revestimientos ferruginosos de tipo hipo-revestimiento sobre la pared de los huecos y sobre todo con la presencia de manchas de color y de nódulos ferruginosos. La movilización de hierro puede tener lugar si se presentan condiciones de hidromorfía, las cuales son el resultado de la disminución de la permeabilidad del horizonte B por la colmatación de los huecos por iluviación de arcilla. Las condiciones de hidromorfía son más severas en la parte baja del horizonte, como consecuencia de un aumento en la cantidad de revestimientos arcillosos. En efecto, se observan zonas decoloradas o grisáceas en los sitios donde la movilización del hierro es más marcada (perfiles 1 y 3), estas zonas también fueron observadas en el terreno. En algunos casos, se observa una acumulación de hierro posterior a la formación de los revestimientos, este estado es caracterizado por Federoff (1969), como una iluviación secundaria, señalando además que es a partir de ese momento que la evolución pedológica se acelera.

Se identifica para los suelos estudiados las siguientes etapas de iluviación:

1. Una iluviación de arcilla más limo representada por revestimientos poco a medianamente espesos, con una pobre estructura microlaminar, la cual sugiere que el movimiento se efectúa a cortas distancias. La birrefringencia de los revestimientos es moderada y las zonas de

extinción son poco netas. Esta iluviación se presenta a veces en fuerte proporción, dejando ver una cantidad importante de zonas de iluviación (perfil 8).

2. Una iluviación de arcilla coloreada por el hierro que parece ser más homogénea granulométricamente. Los revestimientos arcillosos muestran una mejor estructura microlaminar con un birrefringencia más acentuada y zonas de extinción más netas. Ello pone en evidencia una iluviación de arcilla a mayores distancias. Las zonas de acumulación de arcilla son menos abundante que en la anterior.
3. Una superposición de hierro posterior a las precedentes zonas de acumulación.

Estas etapas o estados de la iluviación se presentan en los suelos, a veces en conjunto o a veces separadamente. La primera ha sido observada más frecuentemente en los horizontes B de los Inceptisoles (perfil 4 en particular). La segunda se observa, indiferentemente, en los horizontes B de los dos tipos de suelos. La tercera ha sido identificada con mayor nitidez en los horizontes B de los Ultisoles, con una fuerte segregación de hierro (perfiles 1 y 3). Todo esto muestra que en los suelos de la región de Las Cruces-Santa Elena de Arenales el proceso de iluviación de arcilla está presente, a pesar de la no existencia de un periodo seco marcado y de que la caolinita sea la arcilla más importante en los suelos.

Se observa en la mayoría de los suelos un importante grado de pedoturbación ligado a la acción de la fauna. La presencia de rasgos arqueados, de agregados con una estructura en forma de esponja y de pedotubulos lo testifican, así como los huecos tipo canal y las cavidades que constituyen con los huecos planares la red porosa de los suelos.

CONCLUSIONES

El estudio micromorfológico muestra efectivamente la existencia de un proceso de migración de arcilla en los suelos de la región de Las Cruces - Santa Elena de Arenales, que presenta etapas más avanzadas en los Ultisoles localizados a altitudes superiores a 1500 msnm. Así mismo se observan diferencias a nivel del desarrollo pedológico en los dos grupos de suelos estudiados, los Ultisoles muestran una mejor organización que los

Inceptisoles. En estos últimos, por ejemplo, se observa una proporción más importante de fragmentos líticos y en consecuencia una menor proporción de plasma que en general tiene una birefringencia más débil, efectos de pedoturbación más acentuados y etapas de iluviación menos avanzadas

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento al personal del Departamento de Conservación de Suelos del Centro de Ciencias del Medio Ambiente del Consejo Superior de las Investigaciones Científicas de Madrid, (CSIC, España) por su acogida y muy particularmente, a la Dra. Josefina Benayas por el estudio micromorfológico de las muestras de Suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUROSSEAU, P.; CURMI, P. y BRESSOM, L.M., 1985. Microscopy of the cambique horizon. In: Soil micromorphology and soil classification. Douglas and Michael L. Trompson (eds), Soil Science Society of America, Madison, Special Publication Number 15:49-62.
- BREWER, R., 1964. Fabric and Mineral Analysis of soils. John Wiley & Sons, Inc., 470p.
- BULLOCK, P.; FEDEROFF, N.; STOOP, G. y TURSINA, T., 1985. Handbook of soil thin section description. Waine Research Publications, Wolverhampton, 155p.
- FEDEROFF, N., 1960. Génese et morphologie des sols à horizon B textural en France Atlantique. Science du Sol, 1:29-65.
- FEDEROFF, N., 1969. The clay illuviation (A micromorphological study). In: Proceeding of the third international working-meeting on soil micromorfology. Poland, Septiembre 22-28, 195-207.
- MÁRQUEZ, O., 1985. Génesis de una secuencia de suelos en el Bosque Experimental San Eusebio, La Carbonera, Estado Mérida. Trabajo de Ascenso, Facultad de Ciencias Forestales, ULA, Mérida, Venezuela, 72p.
- OCHOA, G.; OBALLOS, J. y ALVARADO, C., 1995. La acidez de cambio en los suelos de la región Santa Elena de Arenales - Las Cruces. Estado Mérida. Venezuela. Revista Forestal Venezolana, 39,2: 35-44.
- OBALLOS, J., 1995. Caractérisation des sols de la région de Las Cruces-Santa Elena de Arenales (Mérida, Venezuela). Une contribution à la connaissance de la pédogenèse en montagne tropical humide. Tesis de Doctorado, Universidad de Toulouse-Le Mirail, Francia, 204p.