

CARACTERIZACION Y GENESIS DE LOS FRAGIPANES DE LA DEPRESION DE CURAPALIGÜE, DTO. SAENZ PEÑA, CORDOBA, ARGENTINA

H F G SCHIAVO, A BECKER, M P CANTU

Dto. de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto, Estafeta N°9, (5800), Río Cuarto, Córdoba, Argentina

CHARACTERIZATION AND GENESIS OF FRAGIPANS OF CURAPALIGÜE DEPRESSION, SAENZ PEÑA DEP., CORDOBA, ARGENTINA.

Three halohydromorphic soils profiles, containing fragipans typical for depression areas in Southeastern Córdoba Province (Argentina) were studied. Their morphological, physical, chemical, physicochemical and micromorphological properties were characterized. It was found that fragipans would have developed without any relation to the alkaline free aquifer. Hydromorphism would be influenced by a suspended water level. Fragipans control salt and water dynamics inside present soils.

Key words: Fragipans - Aqualfs - Aquolls - Micromorphology - Hidromorfism.

INTRODUCCION

La región sureste de la Provincia de Córdoba presenta extensas áreas deprimidas con suelos halohidromórficos en los que se identifican horizontes con características de fragipán. La presencia de estos panes cementados ha sido señalado como afectando la dinámica del paisaje y estableciendo restricciones de uso agrícola y ganadera (Degiovanni, Cantú 1993). Cantero (1993) establece la relación de la vegetación y los suelos que presentan estos horizontes. Por su parte, Cisneros (1994) relaciona la presencia de estos panes con la dinámica de las sales. Recientemente, Schiavo (1993) realizó estudios más específicos sobre los fragipanes del área. El presente trabajo tiene por objetivo caracterizar los fragipanes presentes en los suelos de las áreas deprimidas del sureste de la Provincia de Córdoba, a través de sus propiedades morfológicas, físicas, físico-químicas, químicas y micromorfológicas y establecer su génesis.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio está comprendida entre las ciudades de General Levalle y Laboulaye, en el Departamento Roque Saenz Peña, Provincia de Córdoba (Figura 1). Específicamente, se tomaron las unidades geoambientales: Depresión Central de Curapaligüe y Planicie con Paleocauces de la Providencia.

Estas unidades, geomorfológicamente se ubican en la Provincia Geomorfológica Llanura Chaco Pampeana, Región Geomorfológica Fluvial Subhúmeda y Asociación Derrames Antigüos de los ríos Cuarto y Quinto (Cantú, Degiovanni, 1984).

El clima regional es templado-subhúmedo con una estación seca. Las precipitaciones se concentran en el período septiembre a marzo; el invierno es generalmente seco pero cíclicamente se han observado inviernos extremadamente húmedos con lluvias excepcionales (350 mm en julio de 1985). La precipitación media anual para Laboulaye es de 737 mm.

En la primera etapa se realizó un análisis detallado de las unidades seleccionadas, mediante la fotointerpretación de aerofotogramas a escala 1:20.000 y 50 observaciones de suelos en un área de aproximadamente 625 km² (Figura 2). Esto permitió definir los suelos más representativos de las condiciones halohidromórficas con fragipanes.

Se describieron y muestrearon tres suelos característicos, según las normas del Manual de Reconocimiento de Suelos del INTA (Etchevehere, 1976), exceptuando la nomenclatura que

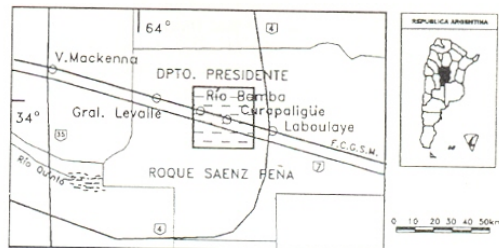


Figura 1: Ubicación del área de estudio

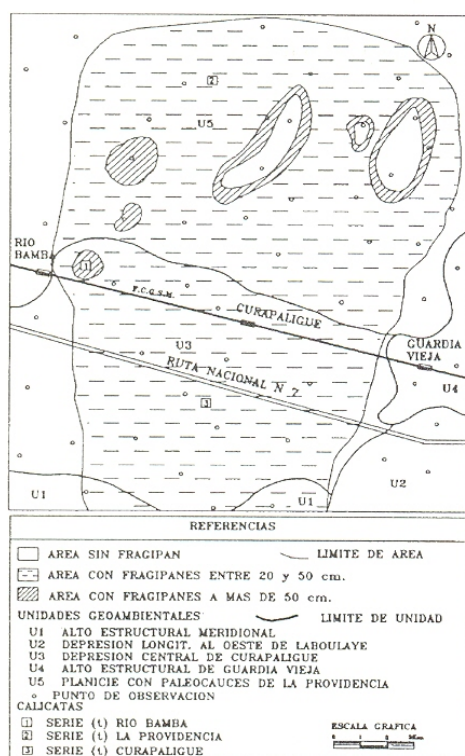


Figura 2: Mapa de distribución de fragipanes

se adoptó la del sistema del Soil Survey Staff (1994). Se realizaron las siguientes determinaciones de rutina: análisis granulométrico, por el método de la pipeta de Khün y el tamizado en húmedo; carbono orgánico por Walkley-Black modificado; bases intercambiables por desplazamiento con AcNH_4 ; capacidad de intercambio catiónico por desplazamiento con AcNa y LiEDTA ; pH por potenciometría, acidez actual; conductividad eléctrica, bases y sales solubles. La clasificación taxonómica se efectuó según el Soil Survey Staff (1994).

Los estudios micromorfológicos se realizaron sobre muestras indisturbadas, obtenidas por el método del tallado de damas, debido a que la dureza de los fragipanes y la baja agregación de los horizontes superiores no permitió la utilización de cajas de Kubiena. Posteriormente, se obtuvieron pastillas que fueron impregnadas al vacío con Araldit GY 956 y endurecedor HY 257; obteniéndose secciones delgadas normales y perpendiculares de cada horizonte. En las descripciones se utilizó la terminología propuesta por Brewer (1964) y Bullock *et al.* (1985).

RESULTADOS

Unidades Geoambientales

La unidad geoambiental Planicie con Paleocauces de la Providencia, se caracteriza por la presencia de

paleocauces disipados por una cubierta eólica correspondientes a desplazamientos del Río Quinto, con rumbo SSO a NNE separados por lomas de origen eólico dispuestas con el mismo rumbo. El suelo con fragipán que caracteriza a esta unidad es la serie (t) La Providencia, se encuentra en las pendientes entre las lomas y los paleocauces sometidos a procesos de erosión hídrica por arroyada difusa.

La unidad Depresión Central de Curapaligüe posee un relieve plano-cóncavo con pendientes menores del 0,1%, que se reconoce como una antigua llanura de divagación del Río Quinto con paleocauces muy disipados, algunos de ellos de gran magnitud. Toda el área presenta microrelieves de acumulación-deflación, sufriendo anegamientos temporarios todos los años. Cíclicamente se producen inundaciones prolongadas en la mayor parte del área. En los meses de sequía se remobilizan las sales y sedimentos por la acción del viento. Los suelos con fragipán en esta unidad son las series (t) Río Bamba y Curapaligüe.

Suelos

Serie (t) La Providencia: el perfil representativo de la Serie (t) La Providencia está ubicado a 4 km de la Colonia La Providencia, en un pie de loma, en el borde de una laguna temporaria. Son suelos moderadamente profundos, moderadamente salinos con eflorescencia salina en superficie y ligeramente alcalinos. La permeabilidad es moderadamente lenta, con el nivel freático fluctuando en el perfil (60-90 cm), el drenaje es imperfecto a pobremente drenado. La vegetación es de *Distichlis spicata* y *D. scoparia*, y *Salicornia virginica*.

Serie (t) Río Bamba: el perfil representativo de esta serie se encuentra a 500 m al E de Río Bamba en una microelevación al borde de una laguna. Son suelos moderadamente profundos, débilmente salinos y moderadamente sódicos a partir del suelo enterrado, imperfectamente drenados, permeabilidad moderada a moderadamente lenta, con una capa colgada a los 55 cm y el nivel freático regional aproximadamente a 90 cm. La vegetación es *Eragrostis lugens* y *Cynodon dactylon*.

Serie (t) Curapaligüe: el perfil representativo está ubicado a 4 km al SSO de Curapaligüe en un bajo que se comporta como laguna temporaria; es un área receptora de sedimentos con una cubierta muy reciente de 2 a 3 cm de espesor. La vegetación es de *Juncus acutus*, *Typha subulata* y *T. domingensis*, *Aster squamatus* y *Cortadeira selloana*. La permeabilidad es lenta, el nivel de la capa freática se encuentra a los 60 cm, es pobremente a muy pobremente drenado.

La morfología, datos analíticos y clasificación de los suelos se presentan en las Tablas 1 y 2, respectivamente.

Tabla 1. Características morfológicas de los suelos

Horizonte	Profundidad Límite (cm)	Color **	Textura	Estructura	Consistencia H SPlast Adh.	Carbo- natos	Concreciones	Barrices	Motea- dos
Serie (t) La Providencia									
A1	0-15	a-s	Fr Ar	A4 gr mo	2 3 1 0				
2Bt	15-24	a-s	Fr Arc Ar	P2 gr mo/fin y L	3 4 2 2			clhm ++ g	Fe,p a f
2Btkx	24-43	a-s	Fr	P2 y L gr fu	5 5 2 2		CO ₃ Ca++/Fe++	clsk + g	Fe,p a f
2BCKx	43-57	a-s	Fr	P1 y L gr mo	4 4 1 1		CO ₃ Ca++/Fe++		
2BCKx	57-68	a-s	Fr Ar	A4 a A5 gr/fin mo	4 4 1 1	+++	CO ₃ Ca++/Fe++		
2Ck	68- +		Fr Ar	A4 gr/me de	2 2 1 1	+++	CO ₃ Ca++		
Fragiacuall típico, limoso fino, illítico, térmico.									
Serie (t) Río Bamba									
Ap	0-22	a-s	Fr Ar	A4 me fu/A5 fi mo	2 3 0 1				Fe,p c f
AC	22-35	a-s	Fr Ar	A4 gr/A5 Fi mo	2 2 0 1				Fe,p c f
C	35-55	a-s	Fr Ar	A4/A5 fi me	2 2 0 0			clsk + f	Fe,d c f
2Bnxb1	55-70	a-s	Fr Ar	A7 gr de	4 5 0 0		Fe++	clsk + f	Fe, d e f
2Bnxb2	70-90	a-s	Fr Ar	L gr mo	4 5 0 0		Fe+++		Fe,p a g
2BCb	90- +		Fr Ar	Masivo	2 3 0 0		Fe+		Fe,p e f
Epiacuol tapto nátrico, limoso grueso, illítico, térmico.									
Serie (t) Curapaligüe									
A1	0-13	a-s	Fr Ar	P2 gr mo/A6 fi de	2 2 1 1	+			
2A2	13-22	a-s	Fr Ar	Masivo/A6 fi mo	2 3 1 2	+			
3Ac	22-33	a-s	Fr Ar	A6 me mo/fin de	2 2 1 1	+			
4Btkxb	33-47	a-s	Fr Ar	P2 gr fu/L gr fu	5 5 1 2	++		clsk ++ g/clhm+f	Fe,p c g
4Btkxb	47-56	a-s	Fr Ar	P2 gr mo/L gr mo	5 5 2 2	+++	CO ₃ Ca++	clsk++ g/clhm+f	Fe,p a g
4BCKxb	56-66		Fr Ar	P3 gr mo/L gr db	4 5 1 1	+	CO ₃ Ca++		
Endoacuol tapto nátrico, limoso grueso, illítico, térmico.									

Las abreviaturas corresponden a las normas de reconocimiento de suelos del INTA. *a-abrupto, s-suave. ** Los colores son Munsell en húmedo.

Tabla 2. Datos analíticos

Horizonte	Serie (t) La Providencia					Serie (t) RíoBamba					Serie (t) Curapaligte							
	A1	2Bt	2Btkx	2BCkx	2CK	Ap	AC	C	2Bnxb1	2Bnxb2	2BCb	A1	2A2	3AC	4Btkxb	4Bnxb	4BCKxb	
Profundidad en cm	0-15	15-24	24-43	43-57	57-68	68-+	0-22	22-35	35-55	55-70	70-90	90-+	0-13	13-22	22-33	33-47	47-56	56-66
Materia orgánica, (%)	2,4	0,8	0,4	0,3	0,4	2,2	1	0,6	0,3	0,3	0,3	4,2	1,3	0,6	0,3	0,3	0,2	
Carbono orgánico, (%)	1,4	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	1,3	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	2,4	0,8	0,3	0,2	0,2	0,1
Arcilla, <2 micras, (%)	10,4	23	24,5	14,6	14	10,8	11,1	10,1	11,2	15,1	15	13,7	12,6	11,5	9,3	17,8	17	14
Limo, 2-50 micras, (%)	20,1	16,9	30,8	44,8	42,3	33,8	28,6	24,9	23,4	24,1	18,7	18,6	29,2	31,2	29	28,7	24,3	25,1
Arenas, 50-2000 micras (%)	69,5	60,1	44,7	40,6	43,7	55,4	60,3	65	65,4	60,8	66,3	67,7	58,2	57,3	61,7	53,5	58,7	60,9
pH en agua 1:2,5	8	8,1	7,8	9	9,3	9,4	7,4	7,2	8,8	9,1	9,1	9,1	7,7	9	8,8	8,9	8,9	8,9
Cationes intercambiables, cmol (+) kg de suelo ¹																		
Ca++	---	---	---	---	---	---	5,6	5,4	5,2	6,6	5,4	5	---	---	---	---	---	---
Mg++	---	---	---	---	---	---	3,2	3,2	3	3	4	6,1	---	---	---	---	---	---
Na+	---	---	---	---	---	---	1,4	2,2	3,9	4,3	6,9	7,2	---	---	---	---	---	---
K+	---	---	---	---	---	---	1	1,3	1,6	2,3	2	2,5	---	---	---	---	---	---
Suma de bases (S) cmol (+) kg ⁻¹ de suelo	---	---	---	---	---	---	11,2	12,1	13,7	16,2	18,3	20,8	---	---	---	---	---	---
Capacidad de intercambio catiónico (T), cmol (+) kg de suelo ¹	---	---	---	---	---	---	17,2	12,7	14	19	19,8	22,3	---	---	---	---	---	---
Saturación de bases (S/T), %	---	---	---	---	---	---	65	95	98	85	92	93	---	---	---	---	---	---
Composición extracto saturación mmol t ⁻¹																		
Ca++	2	3	3,5	1,5	2,5	4	1,5	2	1	1,5	2,5	1,5	7,5	6,5	4	3,5	2	6
Mg++	9	9	9	5	8	9	3,5	5,5	3,5	4	9,5	3	7	10,5	12,5	2,5	4	11
Na+	13	23	23	16,4	16	14	3,6	5,6	9,2	15,4	8,2	21,2	24	54,4	13,6	16	31,8	31,8
K+	0,7	1,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	1
CO3--	0,2	0,2	0,5	0,2	---	---	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2
CO3H-	2,4	4,3	6,2	3,3	2,1	2	2	1,9	2	3,4	6,3	1,2	3,5	2,3	2,1	3,6	5,5	2,6
Cl-	11,5	19,3	18,2	15,5	18	18,3	3,5	4,7	5,1	7	9,4	6	10,4	12	14,7	8,2	8	25,3
SO4-	9	11,2	5,2	5,6	6,4	7	2	3,6	6,7	13,7	6,6	3	6,8	8,7	21,5	16,2	17,9	18,8
Conductividad (ds/m ⁻¹)	7,5	11,8	10,5	9	9,1	8,5	1,7	3,1	3,9	6	4,1	5,2	11,1	12,2	13	7,8	8,4	16,3
Rel. absorción sodio (RAS)	4,8	9,6	9,2	16,4	7	5,6	---	---	---	---	---	---	8,9	8,4	4,7	9,2	18,4	11
% Sodio intercambiable (PSI)	5,5	12,4	11	18,4	8,3	6,5	8,2	18,3	27,9	22,6	34,8	32,7	10,2	10	5,4	11	20,6	12,3

mente. Las arcillas, con gran dominio de illita, fueron determinadas por Schiavo (1993).

Micromorfología

Serie (t) La Providencia: se caracteriza por presentar un esqueleto con abundancia de feldespatos, predominando sobre lititos, alteritas, piroxenos, vidrios, opacos, hornblendas, lamprobolitas, etc., su dimensión es arenosa muy fina dominante, con individuos mayores, subredondeados, subangulares y redondeados; mal seleccionado; de alteración compleja, ligera a moderada. La orientación es generalmente al azar salvo en el horizonte A1, en donde se observan sectores de bandas sinuosas con diferentes proporciones del esqueleto y plasma; la distribución es aglomeroplásmica y en algunos sectores del A1 granular. En el perfil hay un amplio predominio del esqueleto sobre el plasma.

El plasma, en el 2Bt y 2Btkx, es de naturaleza arcillo-limoso fino, se distribuye en general alrededor de los granos, vacíos y fisuras; sin orientación; su fábrica es lati-vo-eskelsépica. En el A1 y 2BCkx es arcillo-limoso fino a limoso fino; su distribución es al azar, de color pardo, sin orientación de fábrica silasépica.

En general, se observan macro a mesovacios: irregulares, regulares y mamelonares (meta y ortovacios), formados por cavidades y canales al azar. Además, en los horizontes B, se observan fisuras que en el fragipan poseen cierta orientación horizontal y subhorizontal. El fragipan presenta una alta densidad de empaquetamiento con respecto al horizonte por encima de él.

Los cutanes en el 2Btkx son ferriargilanes de color pardo rojizo, muy abundantes, y ferromanganes, pardo oscuro a oscuro, escasos. Los primeros se distribuyen alrededor del esqueleto, poros y fisuras; mientras que los segundos se ubican en fisuras y algunos poros recubriendo a los ferriargilanes. En el 2Bt son exclusivamente ferriargilanes menos abundantes y distribuidos como en el horizonte anterior.

Las glébulas de hierro son muy abundantes, en los horizontes A1, 2Bt y 2Btkx, en forma de concentraciones irregulares de bordes difusos, color pardo rojizo a pardo oscuro, distribuidas al azar, sin orientación. Las de carbonatos, sólo se encuentran en el 2Btkx y 2BCkx, son abundantes, color pardo grisáceo claro, de hasta 1 cm de diámetro, formando agregados individuales que se ubican en fisuras o intersectando los demás agregados, especialmente en el 2BCkx.

Serie (t) Río Bamba: el esqueleto es similar en composición a la serie La Providencia. En los primeros 55 cm la dimensión es arenosa fina, ligeramente alterada y se destacan granos mayores de feldespatos y piroxenos aislados. En el fragipán la dimensión es

arenosa muy fina con una mayor alteración. La distribución es aglomeroplásmica en todo el perfil, aunque por encima del fragipán también posee algo de intertética.

La naturaleza del plasma en el fragipán es limoso fino-arcilloso, de color pardo a pardo rojizo, en parte orientado con fábrica lati-eskel-vosépica. En el resto de los horizontes la naturaleza dominante es limosa fina, de color pardo oscuro, no orientada y silasépica.

El fragipan se caracteriza por una alta densidad de empaquetamiento. Los vacíos están constituidos por mesovacios, inter e intrapedales, regulares e irregulares (meta y algunos ortovacios), en forma de fisuras horizontales y subhorizontales (Figura 3), cavidades y canales. En el resto del perfil se destacan los meso y macrovacíos muy finos, en su mayoría irregulares (ortovacios), presentándose como vacíos de empaquetamiento y algunos canales. En todo el suelo se distribuyen al azar, sin orientación salvo las fisuras.

Los cutanes en los fragipanes están constituidos por ferriargilanes muy abundantes, de color pardo rojizo, distribuidos alrededor del esqueleto, poros y fisuras; y ferrimanganes escasos, de color pardo oscuro a negro, ubicándose sobre los ferriargilanes en fisuras y algunos poros (Figura 3). En el 2Bt_{nx}b2 hay una mayor organización del plasma con respecto al subhorizonte superior observándose algunos poros pequeños totalmente obliterados por ferriargilanes.

Las glébulas se distribuyen en todo el perfil, siendo más abundantes en el 2BC y en el 2Bt_{nx}b2, sus características generales son similares a la del perfil anterior.

Serie (t) Curapaligüe: el esqueleto es similar al de

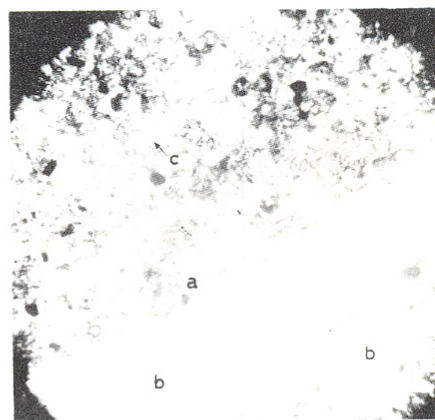


Figura 3: Serie (t) Río Bamba. a) ferriargilanes bien orientados; b) cámaras en fisura, c) ferriargilanes rodeando granos del esqueleto. Luz paralela x 4.

los suelos anteriormente descriptos, salvo en las tres capas superiores en donde, además, se encontraron individuos escasamente orientados alrededor de granos mayores, algunos de formas angulares e individuos mayores de piroxenos, feldespatos y lititos.

La naturaleza del plasma en el fragipan es similar a la observada en los otros suelos. Las capas superiores son de naturaleza limosa fina a arcillosa, de color pardo, no orientadas, con fábrica silasépica.

Se encuentran cámaras y cavidades, con predominio de las metacavidades sobre las ortocavidades; son macrovacíos muy finos y mesovacíos; la forma es irregular, mamelonar; son inter e intrapedales. El fragipan presenta una alta densidad de empaquetamiento, abundantes fisuras orientadas especialmente en forma horizontal a subhorizontal según las estructuras en prismas y laminar.

Los cutanes en el fragipán son muy abundantes disminuyendo hacia su base. Se distribuyen alrededor del esqueleto, poros y fisuras (Figura 4), en su mayoría son ferriargilanes y en menor cantidad ferrimanganes. Estos últimos se ubican especialmente a lo largo de las fisuras y recubriendo a los ferriargilanes. Las glébulas de hierro presentes en el fragipán son abundantes y similares a las del suelo La Providencia.

DISCUSION

Los fragipanes de esta región, de acuerdo a las pautas establecidas por el Soil Survey Staff (1994) se

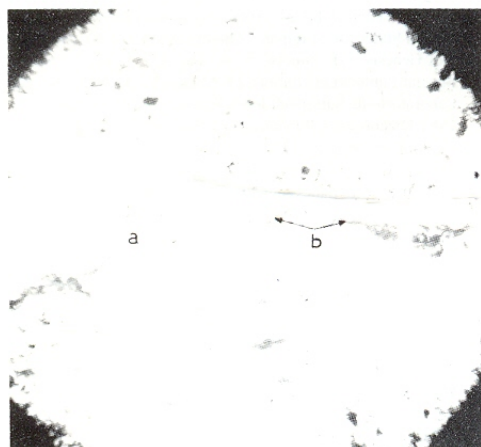


Figura 4: Serie (t) Curapaligüe. a) fisura subhorizontal con cámaras; b) ferriargilanes y ferrimanganes cubriendo la fisura. Luz paralela x 4.

identifican por una textura franca y franca arenosa, el bajo contenido de materia orgánica asociado a una densidad de empaquetamiento más alta que la de los horizontes superiores; una consistencia en seco muy dura a extremadamente dura. Cuando se aplica una presión en húmedo es moderadamente quebradizo. Un terrón seco puesto en agua se deslie. Presentan rasgos redoximorfos, son de baja permeabilidad y una estructura en bloques aplanados, prismas y láminas.

Las series La Providencia y Río Bamba, por la posición en el relieve tienen un período de oxidación más largo, lo que permite que los fragipanes posean abundantes concreciones de hierro. En la serie Curapaligüe, por encontrarse en una depresión con mayor tiempo de saturación, sólo se encuentran moteados.

Micromorfológicamente la principal evidencia de la presencia de fragipanes es la existencia de fisuras subparalelas y paralelas a la horizontal, tal como lo señalan para suelos del noreste de EE.UU. Lindbo y Veneman (1989). La presencia de los ferriargilanes ligando las partículas del esqueleto y rellenando los espacios de empaquetamiento sería la responsable de la fuerte cementación (Horn, Rutledge, 1965, Franzmeier *et al.* 1989). El hierro se presenta, además, en la matriz del suelo como concentraciones plasmáticas de bordes difusos indicando las condiciones redoximórficas. Los ferrimanganes por su posición relativa y cantidad se pueden considerar como los cutanes más nuevos.

Las glébulas de carbonatos amorfos, presentes en el BCkx de la serie La Providencia, se consideran posteriores a la formación del fragipán por las relaciones macro y micromorfológicas. En este suelo los rasgos que presenta el 2Bt por encima del fragipán establecen una clara asociación genética en la secuencia de horizontes, esto coincide con los rasgos macromorfológicos observados, ya que el horizonte 2Bt no tiene un grado de consistencia tan alto, pero sí muestra una tendencia laminar en su base (Tabla 1).

Las series Río Bamba y Curapaligüe no presentan una secuencia genética continua en el perfil. En ambas el material por encima del fragipán tiene un plasma que se diferencia de este por su composición y ausencia de organización, generando un límite neto. Esto coincide con lo observado en el campo y lo determinado por Schiavo (1993) respecto a las discontinuidades mineralógicas.

Los fragipanes de la región son el resultado de un hidromorfismo ácido de acuerdo con lo establecido por Grossman y Carlisle (1969), Franzmeier *et al.* (1989) y Smeck *et al.* (1989). Los fragipanes estarían vinculados a las formas de movilización del Fe+2 liberado por los procesos de meteorización en ese medio hidromórfico

ácido (Grossman, Carlisle, 1969). En el período de oxidación el Fe+3 se acompleja con las arcillas formando ferriargilanes que se organizan alrededor del esqueleto y en el plasma provocando una fuerte cementación. El actual medio alcalino es posterior a la generación del fragipán, no existiendo evidencias de degradación debido a esta nueva condición ya que no se observan rasgos de corrosión en los ferriargilanes.

En relación a la dinámica del agua y las sales, se puede establecer que la presencia de los fragipanes genera una discontinuidad hidráulica que desconecta parcialmente el agua de infiltración del agua freática. En los suelos La Providencia y Río Bamba se observan moteados abundantes y comunes en el horizonte por encima del fragipán, lo que indica la formación de una capa colgada temporal, identificada a campo. Por otra parte analizando las sales solubles se observa que los contenidos de sulfatos presentan variaciones vinculadas a esta discontinuidad. En las series La Providencia y Curapaligüe, los valores más altos se observan en el horizonte por encima del fragipán. En la serie Río Bamba la zona de concentración es el 2Bt_{nx}b1 debido a que el horizonte infrayacente presenta una mayor cementación que disminuye su permeabilidad. Los cloruros en los tres suelos, por ser más móviles, muestran menor evidencia de control por la discontinuidad.

A fines de otoño y comienzos del invierno, el ascenso regional del nivel freático determina la saturación del perfil hasta los fragipanes. A partir de este momento y hasta el comienzo de las precipitaciones de primavera se produce el ascenso capilar con la formación de costras salinas en superficie y eflorescencias en el perfil no saturado, paralelamente, el nivel freático desciende a su posición original. Con las primeras lluvias se produce el lavado descendente de las sales y al formarse una capa colgada por la presencia de los panes, estas se concentran y precipitan.

Resumiendo: los fragipanes de esta región presentan como cementantes a los ferriargilanes los que les confieren las características frágicas. Su génesis estaría vinculada a la dinámica del hierro en un medio hidromórfico ácido. Estos panes serían horizontes relictos enterrados producto de una pedogénesis anterior, aunque la serie (t) La Providencia presenta un perfil exhumado con una escasa cubierta actual. Se habrían desarrollado en un período de tiempo en el cual no existía una vinculación entre el acuífero libre alcalino y el perfil del suelo. El hidromorfismo actual responde a la influencia de una capa colgada por el agua de lluvia local y al ascenso estacional del acuífero libre. Los fragipanes establecen un control sobre la dinámica del agua y sales en los suelos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con subsidios otorgados por la SECYT-UNRC y el CONICOR.

REFERENCIAS

- Brewer R. 1976. Fabric and mineral analysis of soil. John Wiley & Sons, New York, 482 p
- Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T. 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publications, 152 p
- Cantero J.J. 1993. La vegetación y su relación con factores ambientales, en paisajes hidrohalomórficos. Tesis M.S.C. en Recursos Naturales, U.B.A., 710 p
- Cantú M.P., Degiovanni S.B. 1984. Geomorfología de la región centro-sur de la Provincia de Córdoba. IX Cong. Geol. Arg. Bariloche. Actas IV: 76-92
- Cisneros J.M. 1994. Caracterización del hidrohalomorfismo en ambientes representativos del centro-sur de Córdoba. Tesis M.S.C. en Ciencia del Suelo, U.B.A. 265 p
- Degiovanni S.B., Cantú M.P. 1993. Carta de restricciones para uso agrícola y ganadero del área mal drenada comprendida entre Gral. Soler y Laboulaye, Córdoba. Publ. Esp. Asoc. Arg. Geol. Apl. Ing.: Córdoba. 1:7-25
- Etcheverhe P.H. 1976. Normas de Reconocimiento de suelos. INTA, Buenos Aires, 221 p
- Franzmeier D.P., Norton L.D. y Steinhardt G.C. 1989. Fragipans formation in loess of the Midwestern United States. In: Fragipans: Their Occurrence, Classification, and Genesis. Eds. Smeck, N. E. and E. J. Ciolkosz. SSSA Special Publication Number 24, Madison USA
- Grossman R.B., Carlisle F.J. 1969. Fragipans soils of the eastern USA. *Advances in Agronomy*: 21, 237-279
- Horn M.E., Rutledge E.M. 1965. The Dickson and Zanesville Soils of Washington County, Arkansas: II Micromorphology of their Fragipans. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 29:443-448
- Lindbo D.L., Veneman P.L.M. 1989. Fragipans in the Northeastern United States. In: Fragipans: Their Occurrence, Classification, and Genesis. Eds. Smeck, N. E. and E. J. Ciolkosz. SSSA Special Publication Number 24, Madison USA. Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América, 1982. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Ed. Limusa, Mexico, 172 p
- Schiavo H.F.G. 1993. Distribución espacial, propiedades y modelos evolutivos de los panes cementados en áreas deprimidas del Sur de Córdoba. Beca de Iniciación CONICET, Informe final, Inédito, 110 p
- Smeck N.E., Thompson M.L., Norton L.D., Shipitalo M.J. 1989. Weathering discontinuities: A key to fragipan formation. In: Fragipans: Their Occurrence, Classification, and Genesis. Eds. Smeck, N. E. and E. J. Ciolkosz. SSSA Special Publication Number 24, Madison USA
- Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. Soil Conservation Service. Handbook 436. USDA Washington, 754 p
- Soil Survey Staff, 1994. Keys to Soil Taxonomy. USDA Washington, 306 p