CARACTERISTICAS DE LOS COMPLEJOS DE SUELOS DE LA PARTE CENTRAL DE SANTA FE

N. E. Hein; W. I. H. de Hein y O. R. Quaino

INTA. EEA Rafaela. C. C. 22. 2300 Rafaela, Santa Fe.

RESUMEN

La variabilidad edáfica en el centro de Santa Fe es muy grande debido, entre otras causas, al paisaje de planicies extendidas con escaso gradiente. El microrrelieve originó estas variaciones que van desde pedones prácticamente sin limitaciones en las partes más elevadas hasta perfiles hidromórficos con elevado contenido de sodio y sales. Esta situación extrema se encuentra atenuada en sectores que, si bien también son muy planos, presentan drenaje del exceso de agua por la cercanía a vías de escurrimiento naturales. Estas diferentes poblaciones de suelos manifestaron su distinta potencialidad especialmente en los siguientes parámetros: producción potencial de nitratos, fósforo disponible, conductividad hidráulica y estabilidad de los agregados. La heterogeneidad edáfica también quedó expresada en la productividad de los cultivos a través de los rendimientos, altura de plantas y número de granos.

Palabras clave: variabilidad edáfica, complejos de suelos, microrrelieve, características morfológicas, químicas, físicas y de productividad.

CHARACTERISTICS OF SOIL COMPLEXES OF CENTRAL SANTA FE PROVINCE

ABSTRACT

The high soil variability in the central area of Santa Fe province is partly caused by the low-gradient, extensive plains. The microrelief produced these variations which range from pedons almost without any limitations in the highest parts to hydromorphic profiles with high sodium and salt contents in the lower sites. This extreme situation is less marked in some sectors which are also level but where the proximity to natural drainageways permits runoff water to be disposed of faster. These different soil populations show their different productivity principally in the following parameters: potential nitrate production, available phosphorus, hydraulic conductivity, and aggregate stability. The soil heterogeneity is also expressed by crop yields, plant height and seed number.

Key words: soil variability, soil complexes, microrelief, morphological, chemical, physical and productivity characteristics.

INTRODUCCION

La variabilidad edáfica está ampliamente difundida en la parte central de la provincia de Santa Fe, principalmente por encontrarse en ella dos grandes unidades fisiográficas: la Pampa llana santafecina y los Bajos submeridionales sur (Mosconi et al., 1981).

Estas regiones naturales se caracterizan por la predominancia de paisajes muy suavemente ondulados a planicies extendidas, incluso ligeramente deprimidas. La gran difusión de relieves subnormales determinó la presencia de suelos con problemas de drenaje variables, siguiendo las posiciones topográficas de un microrrelieve frecuentemente nivelado en la actualidad por las herramientas de labranza, pero fácilmente perceptible en la vegetación natural o en las especies sembradas por su composición, densidad y porte. Estos complejos de suelos son predominantes en casi todas las unidades cartográficas descriptas en el mapa semidetallado de los suelos que se está efectuando en este sector norte de la Región Pampeana.

Es frecuente encontrar en áreas altas y planas complejos de suelos donde predominan los Argiudoles típicos bien drenados, pero en los sectores más deprimidos del microrrelieve existen otras poblaciones de suelos con drenajes moderados a imperfectos (Argiudoles ácuicos) y hasta con afectación alcalina y salina (Hein y Hein, 1986).

Esta variabilidad edáfica se acentúa y está más representada en las poblaciones de suelos con afectación salina y alcalina, en las pendientes suaves y largas de precañadas que hacen de límite entre las dos grandes regiones fisiográficas de la Pampa llana santafesina y los Bajos submeridionales sur Además, la característica de esta última región es su poca uniformidad, encontrándose mezclados sectores algo más elevados que generan una mayor variabilidad a la propia de estas áreas.

Las amplias variaciones edáficas determinan la presencia de sectores con capacidad de uso o aptitud muy distinta en cada potrero, de acuerdo con la mayor o menor proporción de suelos con limitaciones más o menos importantes para la producción.

Para llegar a este conocimiento práctico de la proporción de suelos existentes en cada predio y especialmente en cada potrero, es necesaria una cartografía a nivel de detalle de manera de poder adecuar en forma acertada cada rotación o paquete tecnológico de acuerdo con la potencialidad de los distintos sectores.

El objetivo de este trabajo es estudiar en complejos de suelos representativos de la parte central de Santa Fe, las variaciones morfológicas, físicas, químicas, biológicas y de producción.

MATERIALES Y METODOS

La cartografía de los suelos de este sector se realizó con la metodología empleada en el estudio sistemático de la región pampeana (Etchevehere, 1976), efectuado en semidetalle. Se utilizó como material básico a las fotografías aéreas 1:20.000 tomadas en el año 1978 y a los fotomosaicos 1:50.000 elaborados con dichas fotografías. También se emplearon las cartas topográfi-

cas 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar.

El muestreo de los perfiles modales se efectuó en lugares representativos elegidos a partir de dichos relevamientos, utilizando un extractor de muestras hidráulico "Gidding". Se muestrearon todos los horizontes hasta los 300 cm (horizonte C2ca) de las series de suelos descriptas. En algunas oportunidades también se efectuaron calicatas.

La información analítica fue obtenida mediante las técnicas utilizadas en los laboratorios de la EEA Rafaela. En las determinaciones granulométricas se utilizó el método de la pipeta (Day, 1965). Los cationes intercambiables fueron determinados por el método de Hissink modificado por C. Kenda (MAG, 1982), la materia orgánica por el método Walkley y Black (Allison, 1965), el nitrógeno total por Kjeldahl, el pH por potenciometría, la densidad aparente por el método del cilindro, la salinidad por conductimetría y la conductividad hidráulica por Klute (1965).

Para las determinaciones químicas, físicas y biológicas las muestras fueron extraídas en el mismo lugar y alrededor de cada sitio donde se describieron los perfiles modales. Cada muestra estuvo compuesta por aproximadamente 35 submuestras del horizonte Ap (0-15 cm) para las determinaciones químicas y biológicas. Simultáneamente se sacaron con pala muestras sin perturbar del horizonte Ap compuestas de cinco submuestras por suelo para evaluar la estabilidad de los agregados al agua (EA). La conductividad hidráulica (K) se obtuvo por medio de cilindros cuidando de no modificar la estructura original, extrayendo tres muestras de cada suelo. Asimismo la densidad aparente (DA) se determinó sacando tres cilindros de cada serie.

En cada muestra compuesta se estudió el contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno total (N), fósforo (P) disponible, pH y la actividad biológica global (ABG) expresada como el anhídrido carbónico (CO₂) producido después de una semana de incubación a 28° C.

Para evaluar la capacidad potencial de los suelos de producir N disponible, estos fueron incubados en condiciones favorables de temperatura y humedad para que se produzcan los procesos de mineralización (Hein, 1980).

Para la evaluación de la productividad diferencial de los distintos complejos de suelos se efectuaron muestreos de 1 m² o por metro lineal de surco en cultivos de maíz, soja, lino, sorgo y girasol con un nivel de manejo medio. En los distintos cultivos se cuantificaron los siguientes parámetros: altura y densidad de plantas, longitud de espiga, número de granos, peso de 1000 semillas,

materia seca del rastrojo, diámetro de torta y rendimiento. Las distintas variables se analizaron conforme a un modelo de estructura anidada a efectos fijos.

$$y_{ij} = \mu + T_i + E_{(i)j} + U_{(ij)k}$$

donde μ , T_i y $E_{(i)j}$ son la media general, efecto tratamiento (serie de suelo en este caso) y error experimental. El término $U_{(ij)k}$ representa el error de submuestreo aleatorio y sólo aparece en los casos donde se efectuó un submuestreo. Las medias de tratamientos se compararon, cuando fue necesario, por el test de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la cartografía semidetallada efectuada en aproximadamente 1.000.000 ha en la parte central de la provincia se describieron complejos variables, ubicados en distintos sectores de la misma, donde la heterogeneidad se manifiesta de diferentes formas según la posición topográfica de la unidad geomórfica en estudio. Estas distintas poblaciones edáficas, ubicadas a escasa distancia una de otra, generan patrones fotográficos característicos fácilmente observables aún a simple vista por la diferente tonalidad de grises que presentan. Los sectores más claros corresponden generalmente a suelos someros con horizontes lixiviados en superficie y los oscuros a suelos profundos con horizontes superiores bien desarrollados y mejor drenados. Este patrón fotográfico es extrapolable a otros sectores, correspondiendo normalmente a las áreas altas y mejor drenadas un color gris más uniforme donde los suelos predominantes son los profundos bien drenados y homogéneos. Esta situación está escasamente representada en la Pampa llana santafecina y sólo se encuentra en sectores muy reduci-

En el área en estudio se describieron numerosos complejos de suelos, presentándose a modo de ejemplo la composición de algunas unidades cartográficas con sus series tentativas.

Al NW del área central se encuentra un extenso sector con la unidad cartográfica denominada VTR 4 donde se encuentran las siguientes series tentativas:

VTR 4 = complejo series VTR 35 % + CRO 35 % + SGU 20 % + LRU 10 %

Nombre de la serie y símbolo

Subgrupo

Villa Trinidad

VTR

Argiudol típico

Colonia Rosa CRO Argiudol ácuico San Guillermo SGU Argialbol típico La Rubia LRU Natracualf álbico

Al SW también predominan ampliamente los complejos, tales como:

SAS 4 + complejo series SAS 50 % + LAN 30 % + CSA 10 % + CRI 10 %

Nambra da la saria y símbala

Nambra da la saria y símbala

Nombre de la serie y	y simbolo	Subgrupo
Sastre	SAS	Argiudol ácuico
Landeta	LAN	Argialbol típico
Canal San Antonio	CSA	Natralbol típico
Crispi	CRI	Natracualf mólico

Al SE se describieron un gran número de complejos de suelos, tales como:

CLA 10 = complejo series CLA 40% + OV 20% + SER 20% + DAZ 15 % + LBN 5%

Nombre de la seri	e y simbolo	Subgrupo
Clason	CLA	Argiudol típico
Oliveros	OV	Argiudol ácuico
Serodino	SER	Argialbol típico
Díaz	DAZ	Natralbol típico
Las Bandurrias	LBN	Natracualf típico

En el centro de la provincia y también a modo de ejemplo se puede citar la unidad cartográfica PIL 6, compuesta por las siguientes series:

PIL 6 = complejo series PIL 30% + SMN 20% + ESP 3 15% + LPR 20% + AUR 15 %

Nombre de la serie	y símbolo	Subgrupo		
Esperanza	ESP 3	Argiudol típico		
		fase por drenaje		
Pilar	PIL	Argiudol ácuico		
Santa María Norte	SMN	Argialbol típico		
Las Prusianas	LPR	Natralbol típico		
Aurelia	AUR	Natracualf típico		

Una representación esquemática de la morfología de estos suelos en relación al microrrelieve se puede observar en la Fig. 1.

Se destaca la máxima variabilidad edáfica existente en una distancia de 15 a 20 m. En los sectores más planos y sin afectación salina-alcalina esta heterogeneidad es menos amplia que la expresada en el esquema, abarcando solamente la parte superior (At, Aa y A3t) (Panigatti et al., 1971).

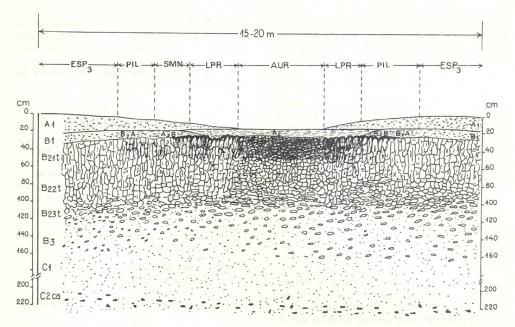


Fig. 1 - Representación esquemática morfológica de los suelos en relación al microrelieve en la parte central de Santa Fe.

La descripción morfológica y analítica de algunos de los perfiles se detalla en INTA (1983 y 1985) y en Hein y Hein (1986).

Para los resultados químicos, físicos y biológicos, lo mismo que para la productividad se consideran solamente algunas de las series mencionadas, que son representativas de la heterogeneidad descripta.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los resultados del contenido de MO, N total, P, pH, DA, EA, K y ABG del horizonte Ap. El primero corresponde a pasturas compuestas por especies naturales y comunidades serales de 10 años sin roturar y el segundo a pasturas consociadas de trébol blanco, trébol rojo, achicoria y festuca.

En la Tabla 1 se observa una ligera correspondencia en los contenidos de MO y N en los diferentes suelos, con una disminución en la serie AUR, que es un Alfisol. También Panigatti y Hein (1985) encontraron niveles más bajos y deficitarios en estos suelos con respecto a los Molisoles.

Los Argiudoles de las series ESP y HUM presentan contenidos de P disponible que oscilan entre 30 y 40 ppm, en cambio en los suelos con horizontes nátricos (series LCR, LPR y AUR) los niveles son medios a escasos (inferiores a 20 ppm).

Esto confirma la buena provisión de este nutriente que tienen los suelos del centro oeste de Santa Fe y también el menor contenido de los salinosalcalinos de cañada (Hein et al., 1981).

El pH es homogéneo, especialmente en los Molisoles, con un ligero aumento en el Alfisol, concordante con la menor aireación y actividad biológica que presentan estos suelos. Estos últimos frecuentemente tienen material del subsuelo incorporado en el Ap, ya que son muy someros.

Los altos valores de EA reflejan las condiciones estructurales de un suelo que hace 10 años que no se rotura y es sometido a pastoreo continuo. También se observa que la DA posee un comportamiento inverso a la EA, donde el suelo peor drenado (Natracualf) tiene mayor DA y menor EA.

Los valores de K de los horizontes Ap marcaron una diferente capacidad de conducir agua hacia los horizontes inferiores y consecuentemente una elevada posibilidad de permanecer encharcados los sectores con Natralboles y Natracualfes (series LPR y AUR) cuando se producen lluvias abundantes.

La menor K de la serie AUR podría atribuirse a la mayor DA y menor EA que tiene este suelo. Según Hein y Hein (1987) el horizonte B2t de este suelo presenta ligeros contenidos de sales (3,5 —

Tabla 1. Parámetros químicos, físicos y biológicos del horizonte Ap de suelos con pastura natural.

Suelos Series	MO %	N 	P (ppm)	pH	DA (g/cm ³)	EA (%)	K (cm/h)	ABG (mg CO ₂ /g)
ESP (At)	2,7	0,13	37,2	6,0	1,29	59,0	8,0	0.20
HUM (Aa)	3,2	0,15	28,0	6,0	1,26	52.0	5,2	0.32
LCR (Nt)	3,0	0,14	18,8	6,0	1,29	49.0	3,0	0.18
LPR (N2t)	2,9	0,13	15,8	6,0	1,28	51.0	2,9	0,21
AUR (N _{3t})	2,4	0,11	18,0	6,2	1,37	42,0	1,7	0,38

ESP: Esperanza, HUM: Humboldt, LCR: La Curva, LPR: Las Prusianas, AUR: Aurelia, At: Argiudol típico; Aa: Argiudol ácuico; Nt: Natracuol típico; $N_{2\,t}$: Natracuol típico y $N_{3\,t}$: Natracualf típico.

Tabla 2. Parámetros químicos, físicos y biológicos del horizonte Ap de suelos con pastura cultivada.

Suelos Series	MO %	N	p (ppm)	рН	DA (g/cm ³)	EA (%)	K (cm/h)	ABG (mg CO ₂ /g)
HUM (Aa)	3,0	0,16	28,0	5,8	1.33	23,0	1,5	0,11
PIL (Aa)	2,9	0,14	13,0	5,8	1,29	19,0	1,4	0,21
SMN (A _{3t})	2,8	0,14	14,0	5,9	1,31	19,2	0.8	0.28
LPR (N2t)	2,6	0,14	12,6	5,9		The second secon		0,29
AUR (N _{3t})	2,5	0,13	10,6	6,0	1,24	33,9	0,3	0,30
LPR (N _{2t}) AUR (N _{3t})	and the second second	The same of the same of	A TURNING THE COLUMN		1,31 1,24	24,6 33,9	0,2 0,3	

PIL: Pilar; SMN: Santa María Norte; A3t: Argialbol típico.

3,9 dSm⁻¹) lo que originaría una cierta floculación, facilitando la infiltración del agua.

La distinta capacidad de los suelos de conducir el agua hacia los horizontes más profundos, como así también la posición topográfica ligeramente más deprimida en el microrrelieve, generan condiciones de sobresaturación frecuentes, y consecuentemente una falta de piso y mayor densificación del horizonte superior.

La ABG presenta su valor más alto en el Natracualf (serie AUR), lo que permitiría afirmar que no se trataría de nitrificadores sino de halófilos, ya que no hubo relación entre este parámetro y la nitrificación. Estudios inéditos de los autores sobre la flora microbiana y la fúngica en diferentes suelos, permiten establecer un número elevado de la última en suelos semejantes a los considerados en el presente estudio.

Con respecto a las pasturas cultivadas (Tabla 2) se eligió otro complejo donde existen algunas series de suelos distintas, pero en líneas generales la tendencia en la mayoría de los parámetros fue semejante a la de los suelos con pasturas naturales. Puede destacarse el menor contenido de P disponible, llegando en su mayoría de niveles medios a escasos (inferiores a 20 ppm), con un valor extremo de 10,6 ppm en la serie AUR. Estos contenidos se atribuyen al consumo realizado por el cultivo.

El pH es ligeramente más bajo que en los ante-

riores, correspondiendo a suelos que fueron roturados, pero presentando la misma tendencia que los que tienen pasturas naturales.

La DA y la EA no manifiestan grandes diferencias entre suelos sino al manejo, comparados con los valores de la Tabla 1. La K presenta una tendencia similar a los suelos con pastura natural, aunque con valores más bajos y mayor heterogeneidad entre las muestras atribuibles al laboreo.

También la ABG aumenta en los suelos nátricos, en correspondencia con lo encontrado en los suelos con pasturas naturales.

La productividad resultante de la variabilidad edáfica se evaluó a través de distintos parámetros en cultivos de verano e invierno. Las diferencias en comportamiento de los cultivos en los suelos mencionados fue la siguiente: en sorgo las diferencias fueron significativas (P \langle 0,05) en altura de plantas, número de granos y rendimiento. En girasol se registraron las mismas diferencias que en sorgo, pero con respecto al suelo con mayores limitaciones (Serie AUR). En lino sólo se encontró diferencia significativa (P \langle 0,05) en la altura de plantas; en maíz —cultivo más sensible— no sólo fue en altura de las plantas sino también en el rendimiento. El cultivo de soja no presentó diferencias significativas entre los distintos suelos.

Las diferencias en rendimiento fueron sólo significativas en los cultivos de maíz, sorgo y girasol. En cambio en lino y soja no se detectaron diferencias estadísticamente significativas debido a la poca sensibilidad otorgada al análisis por el bajo número de repeticiones (tres). En la Tabla 3 se observa que a pesar de ello hay valores de rendimiento de distinta magnitud en relación a las limitaciones de los suelos, y esto es más marcado en los cultivos más exigentes como los citados. En cambio las diferencias no se reflejan en soja y lino, cultivos de mayor adaptación o menor sensibilidad.

Tabla 3. Rendimientos de los cultivos en las series estudiadas.

Suelos Subgrupo-serie	Maíz	Soja	Lino	Sorgo *	Girasol *
			(kg / ha)		
At (ESP)	The second in the second		1.027	_	_
Aa (HUM-PIL)	4.131	2.272	890		2.596
A _{3t} (SMN)	_	1.993		5.961	3.002
N _{2t} (LPR)	1.668	1.557	907	4.338	2.166
Nt (LCR)	1.043	noo automi ah s.e. o	range in Tra Basan	- The second sec	-
N _{3t}	753	1.176	553	1.404	1.013

^{*} Promedio de dos muestreos.

At = Argiudol típico. Aa = Argiudol ácuico. $A_{3t} = Argialbol$ típico. $N_{2t} = Natralbol$ típico. $N_{1} = Natracual$ típico. $N_{3t} = Natracual$ típico.

CONCLUSIONES

De los estudios semidetallados de suelos de la parte central de Santa Fe se concluye la frecuente presencia de complejos de suelos, motivados especialmente por los paisajes muy planos con pendientes de escaso gradiente. En estas condiciones el microrrelieve origina la formación de pedones muy diferentes a escasos metros de distancia. Estas poblaciones de suelos manifiestan distinta potencialidad expresada a través de diferentes parámetros físicos y químicos. También dicha heterogeneidad se evidencia en la productividad de los cultivos.

REFERENCIAS

Allison, L. E., 1965. Organic Carbon. En: Black, C. A. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part. 2. Agronomy 9. Am. Soc. Agron. Madison. 1367 1378.

Day, P. R., 1965. Particle Fractionation and Particle-Size Analysis. En: Black, C. A. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1. Agronomy 9. Am. Soc. Agron. Madison. 545 - 566.

Etchevehere, P. H., 1976. Normas de reconocimiento de suelos. INTA - CIRN. Publ. Nº 152. 2da. Edición. Buenos Aires. 211 p.

Hein, N. E. y W. I. H. de Hein, 1986. Variabilidad edáfica de precañada en el centro de Santa Fe. I. Características morfológicas. INTA EEA Rafaela. Inf. Técnico Nº 25. 39 p.

Hein, N. E. y W. I. H. de Hein, 1987. Variabilidad edáfica de precañada en el centro de Santa Fe. II. Características químicas, físicas y biológicas. INTA EEA Rafaela. Inf. Técnico Nº 29. 15 p.

Hein, W. I. H. de, 1980. Capacidad potencial de mineralización del nitrógeno de suelos con distintos cultivos y pasturas. IX RACS: 475 - 483. Paraná.

Hein, W. I. H. de; J. L. Panigatti; N. E. Hein y R. F. Moresco, 1981. Niveles de fósforo disponible en suelos del área de la EEA Rafaela. INTA EEA RAfaela. Inf. Técnico Nº 7.17 p.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1983. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3363-6 Cañada Rosquín. INTA EEA Rafaela. 112 p.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1985. Carta de suelos de la República Argentina. Hojas 3360-7 y 8 Totoras y Serodino. EEA Rafaela. 143 p.

Klute, A, 1965. Water Capacity. En: Black, C. A. (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1. Agronomy 9. Am. Soc. Agron. Madison. 273 - 278.

Ministerio de Agricultura y Ganadería de Santa Fe, 1982. Toma de muestras y determinaciones analíticas en suelos y aguas. 152 p.

Mosconi, F.; L. Priano; N. Hein; G. Moscatelli; J. Salazar; T. Gutiérrez y L. Cáceres, 1981. Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe. Tomo I. INTA-MAG. EEA Rafaela. 246 p.

Panigatti, J. L. y W. I. H. de Hein, 1985. Mineralización potencial del nitrógeno en epipedones del norte de la región pampeana. C. del Suelo 3:53-60.

Panigatti, J. L.; A. Piñeiro y F. Mosconi, 1971. Manchones en cultivos de la zona central de Santa Fe. I. Causas edafoclimáticas. RIA Serie 3. VIII: 141 - 154.