

# SELECCION Y UTILIZACION DE CARACTERISTICAS EDAFICAS PARA DISCRIMINAR SERIES DE ARGUJDOLES EN EL SUDESTE BONAERENSE

F N CABRIA, J PH CULOT

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce (7620) CC. 276. Argentina

## SELECTION AND USE OF SOIL CHARACTERISTICS TO DISCRIMINATE SERIES OF ARGUJOLL FROM SOUTH EAST OF BUENOS AIRES PROVINCE, ARGENTINA

In order to select kinds of soil properties and their quantitative limits which would allow to establish means of soil Series in the framework of Soil Taxonomy, the analogy between Arguajolls of South East of Buenos Aires province was studied. The study was done applying the multivariate analysis methods of principal components and cluster analysis. The results obtained show that Arguajolls from Tandilia Hill System have enough heterogeneity to discriminate taxa which respond to Family and Serie definitions of the Soil Taxonomy. Analogies among soil profiles are expressed mainly by means of variables such as: soil depth, characteristics of the degree of expression and development of the mollic epipedon and the argillic horizon, and kind of predominant clay. The presence of a cemented calcareous layer (caliche) has influence on the characteristics that express the degree of B horizon development. Shallow calcareous crusts are generally associated with the presence of thinner B horizons richer in clay, and with a major proportion of montmorillonite. Outlayer values of a soil property is not always a sufficient reason to define new Series. In general, Series discrimination stems on small variations in a set of properties that together confer them conspicuous differences to land suitability. Profile segregation based on a great number of quantified variables (soil characteristics or attributes) can be obtained taking into account a reduced amount of statistical variables (principal components) allowing more truthfully and objectively the detection of the distance between the profiles analyzed. By means of principal components method, soil profiles recognized in several surveys could be correlated, and Series not yet incorporated to the "national register" were detected.

**Key words:** Arguajolls-Soil correlations-Variability range of soil properties-Multivariate Statistical methods-Soil Series-Soil Taxonomy.

## INTRODUCCION

La República Argentina ha adoptado la Taxonomía de Suelos (TS) (Soil Survey Staff 1975) como sistema de clasificación de referencia. Según Buol *et al.* (1980), la TS fue desarrollada para obtener un sistema de clasificación natural que propende considerar propiedades de relevancia para la agricultura. Así, las clases definidas en el sistema serían útiles para predecir el comportamiento de los suelos, identificar sus principales usos y estimar su productividad.

Según Webster (1979), la TS es un sistema jerárquico, definido y monotético. Es jerárquico, ya que dentro de cada categoría o nivel taxonómico las unidades taxonómicas (UT) son mutuamente excluyentes; es definido, ya que las divisiones del sistema UT basan sus definiciones en clases de propiedades de suelos; y monotético, pues un individuo es ubicado en una categoría en particular si y sólo si reúne todas las condiciones para cada clase de los atributos que la definen. Respondiendo a las características de un sistema jerárquico,

definido y monotético, la TS enumera hasta el nivel de Familia las características o atributos con sus respectivos límites cuantitativos que han sido escogidos como criterios de diferenciación. Con respecto al nivel taxonómico Serie, la TS indica que deben utilizarse propiedades que discriminen a los suelos con criterio utilitario. Estas propiedades pueden haber sido utilizadas en otros niveles taxonómicos, pero el rango de variabilidad en la Serie debe ser más pequeño y respetar los límites fijados en las categorías superiores. Salvo este criterio, no se dispuso de una metodología estándar y objetiva para diferenciar las Series de suelos, dificultándose la definición y el establecimiento de las mismas.

En nuestro país las Series de suelos han sido definidas por simple observación y análisis de la variabilidad en los conjuntos de atributos diferenciadores, y en algunos casos se ha incurrido en el defecto de establecer clases en propiedades diferenciadoras de Series de suelos que no respetan los límites fijados en categorías superiores.

Estudios cuali-cuantitativos tendientes a encontrar

una metodología que permita correlacionar suelos y diferenciar Series objetivamente, han considerado la utilización de métodos estadísticos multivariados. El estudio de la variabilidad entre y dentro de perfiles de suelo por medio de métodos estadísticos multivariados (análisis de agrupamiento) comenzó en EEUU (Hole, Hironaka 1960). En 1964 Bidwell y Hole ensayaron una serie de fórmulas que luego serían utilizadas en clasificación numérica. Es recién en 1970 cuando Muir y colaboradores utilizaron por primera vez estas técnicas para realizar un estudio comparativo entre Series de suelo. El mismo año se comenzaron a utilizar en nuestro país. Etchevehere y otros (1971a, b) concluyeron que el coeficiente de distancia taxonómica era el más conveniente para realizar un estudio comparativo entre perfiles de suelos con fines de correlación. Sin embargo, los autores observaron que algunos agrupamientos de perfiles de suelos debían interpretarse como una mayor semejanza entre suelos clasificados en Series distintas que la existente respecto de sus pares. Ellos indicaron que los resultados obtenidos podrían atribuirse a limitaciones de la técnica, a una inadecuada elección de las características intervinientes, o simplemente debían interpretarse como la detección del error en la clasificación de perfiles de suelo debido a una incorrecta correlación subjetiva; suposiciones éstas nunca después develadas. Cabria (1987) aplicando la metodología desarrollada por Etchevehere *et al.* (1971a, b) a un grupo de suelos reconocidos en el Pdo. de Ayacucho, Pcia. de Bs. As., obtuvo resultados semejantes. Osterrieth y Cabria (1992) utilizaron dos métodos estadísticos multivariados, análisis de componentes principales y análisis de agrupamiento, con el fin de caracterizar granulométricamente horizontes y perfiles de suelos del Pdo. de Magdalena, Pcia. de Bs. As. Ellos concluyeron que las técnicas son complementarias, ya que el análisis de agrupamiento facilita la identificación de grupos en los espacios definidos por los componentes principales, y estos últimos permiten examinar detalladamente las variables e identificar aquellas con mayor gravitación en cada grupo generado.

Así bajo la hipótesis que un análisis cuantitativo de la variabilidad existente en las características diferenciadoras de los Argiúdoles del Sudeste Bonaerense nos permitirá establecer límites cuantitativos en intervalos de clase y así será factible coleccionar perfiles de suelos en Series definidas bajo los criterios de la Taxonomía de Suelos, el presente trabajo tiene por objeto examinar la analogía entre los Argiúdoles del SE Bonaerense a partir de métodos estadísticos multivariados (análisis de agrupamiento y componentes principales).

## MATERIALES Y METODOS

Los 74 perfiles analizados (clasificados como Argiúdoles y ubicados en los partidos de Azul, Balcarce, Gral. Alvarado, Gral. Pueyrredón, Necochea y Olavarría de la Pcia. de Bs. As., Figura 1) fueron descriptos durante la ejecución del mapa de suelos del

sudeste bonaerense (Culot *et al.* 1967) y de las Cartas de suelos de la República Argentina Hojas 3557-31, 3757-32, 3760-22, 3760-23, 3760-36, 3960-6, 3960-11 y 3960-12 (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1991).

El estudio se realizó aplicando los métodos estadísticos multivariados análisis de componentes principales (Hotelling 1933, 1936) y de agrupamiento (Etchevehere *et al.* 1971a, b).

El análisis de componentes principales se basa en la generación de combinaciones lineales entre variables originales, de manera tal de explicar el máximo posible de la varianza original en pocos componentes. Dichas combinaciones lineales se denominan componentes principales (CP).

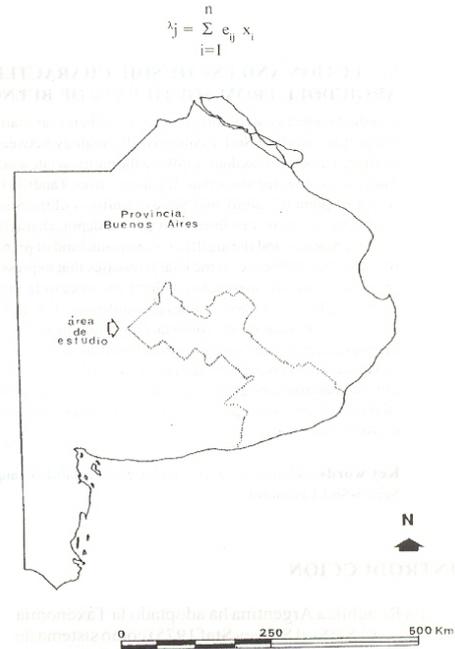


Figura 1: Área de estudio

donde:

$\lambda_j$ : autovalor del jésimo CP

$e_{ij}$ : autovector de la iésima variable original correspondiente al jésimo CP

$x_i$ : valor normalizado de la iésima variable original

La utilización de autovalores calculados a partir de matrices de correlación se debió a la necesidad de estandarizar los datos originales. La transformación de los datos originales en términos de desvío estándar determina que todos los valores sean adimensionales y por lo tanto comparables independientemente

de la unidad con que hayan sido medidos. Los autovalores se interpretan como el porcentaje de la varianza total asociado a un CP en particular (Morrison 1976, Crisci, López Armengol 1983):

$$\%S_j^2 = (\lambda_j / S_t^2) 100$$

donde:

$\%S_j^2$ : porcentaje de la varianza total asociado al jésimo CP  
 $\lambda_j$ : autovalor del j CP  
 $S_t^2$ : varianza total

El análisis de agrupamiento se realizó utilizando los lineamientos propuestos por Etchevehere *et al.* (1971a, b), quienes utilizan como coeficiente de similitud al complemento de la distancia taxonómica promedio (Webster 1979).

$$S = 1 - d$$

donde:

S: coeficiente de similitud  
 d: coeficiente de distancia taxonómica promedio

$$d = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_i^2) + \sum_{i=1}^n (y_i^2) - 2\sum_{i=1}^n (x_i y_i) / n \right]^{1/2}$$

donde:

$x_i$ : iésimo valor estandarizado de una característica o atributo edáfico cuantificado y estandarizado en el perfil x  
 $y_i$ : iésimo valor estandarizado de una característica o atributo edáfico cuantificado y estandarizado en el perfil y  
 n: número de características o propiedades edáficas que definen e intervienen en el cálculo del coeficiente

Ambos análisis multivariados asumen distribución normal en datos multiestados cuantitativos continuos (Crisci, López Armengol 1983). El ajuste de la distribución de los datos en cada variable interviniente a una distribución normal se verificó aplicando el test Chi-cuadrado de bondad de ajuste (Conover 1980). Las variables intervinientes se listan en la Tabla 1.

Para ejecutar los cálculos se utilizaron los programas NTSYS-PC (Rohlf 1988) y SYSTAT (Wilkinson 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los suelos analizados se definen por medio de 33 variables, características o atributos (Tabla 1). De éstas las 15 primeras son utilizadas por la TS al definir Subgrupos de Argiudoles y/o Familias, mientras que las 18 restantes son propiedades descriptivas de Series de suelos en los relevamientos anteriormente mencionados. A partir de la observación y el análisis de las variables originales (Tabla 1) el número de variables intervinientes se reduce a 11. Las razones de eliminación pueden reunirse en tres grupos a saber: a) ausencia de variabilidad entre los individuos considerados, b) reiteración de la información y c) variable no

cuantificable. En la Tabla 1 se listan las variables inicialmente consideradas, las razones de su eliminación y las finalmente intervinientes. La Tabla 2 presenta la matriz de datos original de las variables intervinientes.

Los parámetros estadísticos de las variables intervinientes se resumen en la Tabla 3. A partir de los desvíos estándar observamos que la variabilidad entre los perfiles de suelo considerados está dada principalmente por las siguientes características:

1. Profundidad (cm) de un contacto lítico o paralítico (variable 6)
2. CIC ( $\text{cmol}_c \text{ kg de As}^{-1}$ ) en la sección control de Se-rie (variable 5)
3. Espesor (cm) del horizonte argílico (variable 2)
4. Espesor (cm) del epipedón mólico (variable 1)
5. Profundidad (cm) del techo del horizonte B (variable 7)
6. Contenido de arcilla (%) del horizonte B (variable 4)
7. Contenido de materia orgánica (%) del horizonte A (variable 3)

Por su parte los coeficientes de correlación acusan una asociación positiva entre el desarrollo en profundidad del epipedón mólico y el horizonte argílico respecto de la profundidad a la cual se encuentra un manto calcáreo ( $r = 0,318$  y  $0,294$  respectivamente). Así, a medida que un manto calcáreo se encuentra a mayor profundidad, el desarrollo en espesor del epipedón mólico y horizonte argílico va en crescendo. Mantos calcáreos a poca profundidad generalmente conllevan la presencia de horizontes B más delgados, y con mayor proporción de montmorillonita.

Como indicamos en párrafos anteriores el ajuste de los datos multiestados cuantitativos continuos de las variables intervinientes a una distribución normal se verificó aplicando el test Chi-cuadrado de bondad de ajuste. Los resultados obtenidos (datos no presentados) no permiten rechazar la hipótesis nula ( $p < 0,05$ ). De lo anteriormente descrito se desprende que no hay evidencia suficiente para asumir otras distribuciones a la normal, y por lo tanto necesidad de transformar los datos.

### Componentes principales

Los parámetros necesarios para la descripción de los CP se resumen en la Tabla 4. Sólo se consideran los cinco primeros componentes, ya que con ellos se recupera variabilidad suficiente para discriminar los suelos en Series bajo los criterios de la TS. Todos estos componentes poseen autovalores mayores a 1, criterio ampliamente utilizado al definir el número de componentes a interpretar.

Tabla 1: Variables discriminantes de los perfiles de suelo

Variables inicialmente consideradas	Origen	Variables Intervinientes	Razones de Eliminación
1. Presencia de moteados en los primeros 40 cm desde la superficie.	T		1
2. Presencia de un contacto lítico en los primeros 50 cm desde la superficie.	T		1
3. Textura franco arenoso fina o más gruesa en el horizonte agrílico o el horizonte agrílico consiste enteramente de lamelas de espesores mayores o iguales a 15 cm.	T		0
4. Presencia de grietas en algún período la mayoría de los años de 1 cm o más de ancho a una profundidad de 50 cm, 30 cm de longitud y se extienden hacia la superficie o la base del horizonte Ap, o más del 35 % de arcillas que en total tienen más de 50 cm de espesor.	T		0
5. CIC menor o igual a 24 cmol/kg de arcilla en acetato de amonio.	T		0
6. Discriminación de las Familias en función de la selección de control utilizada para determinar clases de tamaño de partículas o sustitutos.	T		0
7. Clases de tamaños de partículas fuertemente contrastantes.	T		0
8. Clases mineralógicas.	T		(*)
9. Selección de control para Familias calcáreas.	T		0
10. Reacción (pH) en las Familias calcáreas.	T		0
11. Sección de control del régimen de temperatura del suelo.	T		0
12. Régimen de temperatura del suelo.	T		0
13. Si el régimen de temperaturas es o no "iso".	T		0
14. Espesor del suelo en la Familia.	T		0
15. Discriminación de las Series en función del criterio utilizado para definir su sección de control.	T		2
16. Espesor del epipedón mólico.	R	(1)	
17. Espesor del horizonte agrílico.	R	(2)	
18. Contenido de materia orgánica en el horizonte A.	R	(3)	
19. Contenido de arcilla en el horizonte B.	R	(4)	
20. CIC (cmol kg de As <sup>-1</sup> ) en la sección de control de la Serie.	R	(5)	
21. Profundidad de un contacto lítico o paralítico.	R	(6)	
22. Profundidad de una discontinuidad litológica.	R		1
23. Profundidad del techo del horizonte.	R	(7)	
24. Tipo de material madre.	R		0
25. Profundidad a la que se encuentran moteados.	R		0
26. Grado de permeabilidad.	R	(8)	
27. Clase natural de drenaje.	R	(9)	
28. Ecurrimiento superficial.	R		1
29. pH del horizonte A.	R	(10)	
30. pH del horizonte B.	R	(11)	
31. Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del horizonte A.	R		0
32. PSI del horizonte B.	R		0
33. Salinidad del horizonte superficial.	R		0

0. Ausencia de variabilidad entre los individuos. 1. Reiteración de información. 2. No cuantificable. (-) Variables intervinientes. T. Taxonomía de Suelos. R. Relevamientos utilizados.

(\*) La clase mineralógica se estimó a partir del valor de la CIC (cmol kg de As<sup>-1</sup>)

Tabla 2. Matriz original de datos de las variables intervinientes

Nº Perfil	Números de variable										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	45	22	6,0	41,8	66,8	45	23	2,5	3,5	5,8	6,5
2	45	18	8,0	37,6	47,3	45	27	3,0	4,0	6,4	6,8
3	29	34	7,7	48,1	64,7	88	30	3,0	4,0	6,3	6,6
4	70	39	7,1	30,5	70,4	70	31	3,0	4,0	7,0	7,6
5	36	18	3,0	31,0	83,6	80	36	3,0	3,0	6,0	6,6
6	65	23	4,6	40,9	71,9	--	42	3,0	4,0	6,1	6,7
7	63	22	6,2	30,0	100,0	130	41	2,5	3,0	5,7	7,2
8	48	60	7,4	39,0	56,0	--	48	2,5	3,0	6,7	7,7
9	76	37	6,1	32,0	71,1	--	39	3,0	4,0	6,0	6,5
10	83	58	6,7	42,7	45,2	--	36	3,0	4,0	6,9	7,3
11	75	79	6,4	48,6	83,2	--	45	3,0	4,0	6,3	7,1
12	61	64	6,6	35,4	61,4	--	37	2,5	4,0	5,7	6,8
13	50	54	6,6	42,4	84,8	120	33	2,5	4,0	6,1	6,8
14	70	62	6,2	40,1	64,6	81	19	2,5	4,0	6,0	6,5
15	49	25	6,3	49,6	57,1	49	29	2,5	3,5	6,1	7,0
16	70	35	8,4	40,2	58,8	--	49	3,0	4,0	5,8	6,8
17	52	25	6,5	41,3	71,0	71	30	3,0	4,0	6,3	7,0
18	79	28	6,6	33,9	69,0	--	44	3,0	4,0	6,3	6,7
19	71	27	5,7	31,6	61,7	--	44	3,0	4,0	6,3	6,8
20	60	23	5,1	33,3	61,8	--	37	3,0	4,0	6,7	6,6
21	69	62	6,4	48,6	83,2	--	35	3,0	4,0	6,1	6,8
22	44	47	6,6	42,4	82,4	120	44	2,5	4,0	6,4	7,2
23	66	57	6,8	43,2	66,7	99	30	2,5	4,0	6,2	7,3
24	42	41	6,6	42,4	81,3	108	42	2,5	4,0	6,1	7,1
25	73	68	6,0	43,1	66,8	90	22	2,5	4,0	6,2	6,8
26	50	57	6,6	42,4	43,2	105	30	2,5	4,0	6,5	7,2
27	40	55	6,6	42,4	85,1	108	40	2,5	4,0	6,5	6,7
28	72	68	6,4	48,6	83,2	--	48	3,0	4,0	6,1	7,1
29	60	38	5,7	46,2	62,1	--	37	3,0	4,0	5,4	6,2
30	36	44	7,2	48,7	48,7	--	36	3,0	4,0	6,2	19,7
31	65	55	5,2	3,0	77,2	--	30	3,0	4,0	6,1	6,9
32	45	18	7,4	37,6	55,7	45	27	3,0	4,0	6,4	6,8
33	58	35	6,7	40,3	63,3	--	32	3,0	4,0	6,1	7,2
34	97	73	8,1	44,5	56,2	--	45	3,0	4,0	6,5	7,3
35	76	38	7,9	48,6	56,7	--	38	3,0	4,0	6,9	7,4
36	44	34	6,3	42,1	50,2	--	44	3,0	4,0	6,3	7,3
37	51	74	5,6	43,8	55,1	--	51	2,5	3,0	6,7	7,4
38	51	55	6,0	33,1	68,8	--	51	2,5	3,0	5,9	7,2
39	45	25	7,2	47,3	59,5	--	45	2,5	3,0	6,3	7,3
40	58	44	8,2	47,8	46,1	--	58	2,5	3,0	6,1	7,5
41	35	61	5,0	29,5	76,6	--	35	2,5	3,0	6,3	7,2
42	58	41	7,4	37,4	67,5	--	58	2,5	3,0	6,6	7,5
43	38	35	5,0	40,9	70,0	77	38	3,0	4,0	6,4	7,0
44	67	48	5,9	44,1	64,9	97	40	3,0	4,0	6,0	7,0
45	62	45	7,2	37,9	76,7	62	18	3,0	4,0	5,8	6,7
46	54	42	6,3	44,1	77,7	98	30	3,0	4,0	6,0	7,5
47	59	30	6,4	41,8	79,9	73	30	3,0	4,0	6,2	6,8
48	49	33	5,0	56,5	67,4	49	16	2,5	3,5	6,2	7,7
49	61	34	4,0	45,4	70,1	61	27	3,0	4,0	6,4	6,9
50	60	36	5,3	36,9	72,9	60	24	3,0	4,0	7,0	7,4
51	41	35	6,7	41,6	78,2	70	23	3,0	4,0	6,6	7,2
52	78	60	7,7	37,8	69,5	97	40	3,0	4,0	6,3	7,2
53	62	27	5,6	31,5	90,8	95	35	3,0	4,0	5,5	6,6
54	54	29	6,9	32,5	77,6	65	25	3,0	4,0	6,0	7,0
55	38	43	5,5	41,2	69,3	81	38	3,0	4,0	6,4	7,2
56	54	23	6,5	31,3	73,6	70	31	3,0	4,0	7,0	7,4
57	48	22	7,9	37,5	89,5	75	29	3,0	4,0	6,1	6,8
58	49	43	8,2	34,9	75,0	87	27	3,0	4,0	6,0	6,7
59	55	32	4,8	33,8	80,7	55	23	3,0	4,0	6,2	6,6
60	60	38	6,9	46,4	84,2	72	22	3,0	4,0	6,4	7,4
61	63	25	5,6	32,1	96,1	--	38	3,0	4,0	6,3	7,0
62	63	35	6,9	32,3	65,2	--	28	3,0	4,0	6,0	6,6
63	72	25	7,5	33,9	72,9	--	47	3,0	4,0	5,8	6,1
64	83	36	5,3	31,8	81,3	157	47	3,0	4,0	6,3	7,1
65	69	33	5,9	32,8	84,2	--	36	3,0	4,0	6,0	6,7
66	57	21	4,1	29,3	70,9	--	36	3,0	4,0	6,4	6,9
67	65	50	6,9	34,8	67,9	--	39	3,0	4,0	6,6	7,1
68	51	56	5,7	34,8	60,1	--	49	3,0	4,0	6,5	7,3
69	55	26	4,9	31,7	61,2	--	50	3,0	4,0	6,6	7,2
70	54	21	6,5	34,7	76,7	--	33	3,0	4,0	5,7	6,4
71	58	37	5,6	32,3	77,5	--	39	3,0	4,0	6,0	6,9
72	66	76	4,6	34,3	66,2	--	40	3,0	4,0	6,5	7,2
73	39	57	4,7	32,9	66,1	--	39	3,0	4,0	6,5	7,2
74	55	52	4,0	30,0	86,6	--	31	3,0	4,0	6,6	7,4

1. Espesor del epipedón mólico (CH). 2. Espesor del horizonte argílico (CH). 3. Contenido de materia orgánica en el horizonte H (%). 4. Contenido de arcilla en el horizonte B (%). 5. CIC (Cmol<sub>c</sub> kg de As<sup>-1</sup>) en la sección de control de la Serie. 6. Profundidad de un contacto lítico o paralítico (CH). 7. Profundidad del techo del horizonte B (CH). 8. Grado de permeabilidad. 9. Clase natural de drenaje. 10. pH del horizonte R. 11. pH del horizonte B.

Tabla 3: Parámetros estadísticos de las variables intervinientes (n=74)

Número de variable	Medida	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
1	59,378	12,213	29,0	97,0
2	41,148	15,685	18,0	79,0
3	6,572	1,243	3,0	10,0
4	38,951	6,673	27,8	56,5
5	70,381	19,102	45,2	100,0
6	82,083	25,721	45,0	157,0
7	36,391	9,745	16,0	58,0
8	2,885	0,224	2,5	3,0
9	3,858	0,336	3,0	4,0
10	6,253	0,338	5,4	7,0
11	6,997	0,345	6,1	7,7

Matriz de correlación de las variables intervinientes

Número de variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,000										
2	0,175	1,000									
3	0,149	0,109	1,000								
4	-0,078	0,283	0,304	1,000							
5	-0,137	0,014	-0,153	-0,151	1,000						
6	0,316	0,294	-0,042	-0,191	-0,145	1,000					
7	0,167	0,191	0,058	-0,074	-0,156	0,697	1,000				
8	0,246	-0,237	-0,115	-0,255	-0,192	0,042	-0,107	1,000			
9	0,275	-0,002	0,048	-0,032	0,151	-0,165	-0,348	0,607	1,000		
10	-0,110	0,142	-0,026	0,007	-0,137	-0,026	0,072	0,087	0,037	1,000	
11	-0,022	0,259	0,055	0,182	-0,094	0,043	0,204	-0,227	-0,322	0,609	1,000

La Figura 2a representa el plano definido por los dos primeros CP. Este explica el 39,1% de la varianza total. Las variables con mayor recuperación en el plano son profundidad a la cual se halla el límite superior de un contacto lítico o paralítico (73,7%), grado de permeabilidad (62,7%), clase natural de drenaje (51,7%), pH del horizonte B (48,0%), espesor del epipedón mólico (45,6%) y espesor del horizonte argílico (28,4%). Los perfiles ubicados en el grupo A (Figura 2a) son suelos que se caracterizan por presentar el techo del horizonte B a poca profundidad (media aproximada 22cm), ser someros (profundidad efectiva aproximada 50cm) y contener 40% o más de arcilla en sus horizontes B. Los suelos del grupo B contienen porcentajes de arcilla en los horizontes B semejantes a los del grupo A, pero el espesor del horizonte argílico siempre supera los 20cm, el techo del horizonte B se ubica a una profundidad cuya media aproximada es de 49cm y no presentan

capas limitantes subsuperficiales (capas endurecidas o manto rocoso). El área C al igual que A comprende suelos cuyos horizontes B son poco profundos (media aproximada 28cm), sin embargo la profundidad efectiva de estos suelos es superior y el contenido de arcilla en el horizonte B es moderado a alto (>30%). Condiciones intermedias a la de los grupos A, B y C, caracterizan a los suelos del grupo D, mientras que los ubicados en E son profundos y el espesor de su epipedón mólico va en creciendo.

En la Figura 2b se ubican los perfiles en función del segundo y tercer CP. La distribución de los perfiles en el plano se debe principalmente a variaciones en: a) la profundidad a la cual se halla el límite superior de un contacto lítico o paralítico, b) el espesor del epipedón mólico, c) el grado de permeabilidad, d) el contenido de arcilla en el horizonte B, e) la profundidad del techo del horizonte B y f) el pH en los horizontes A y B (Tabla 4).

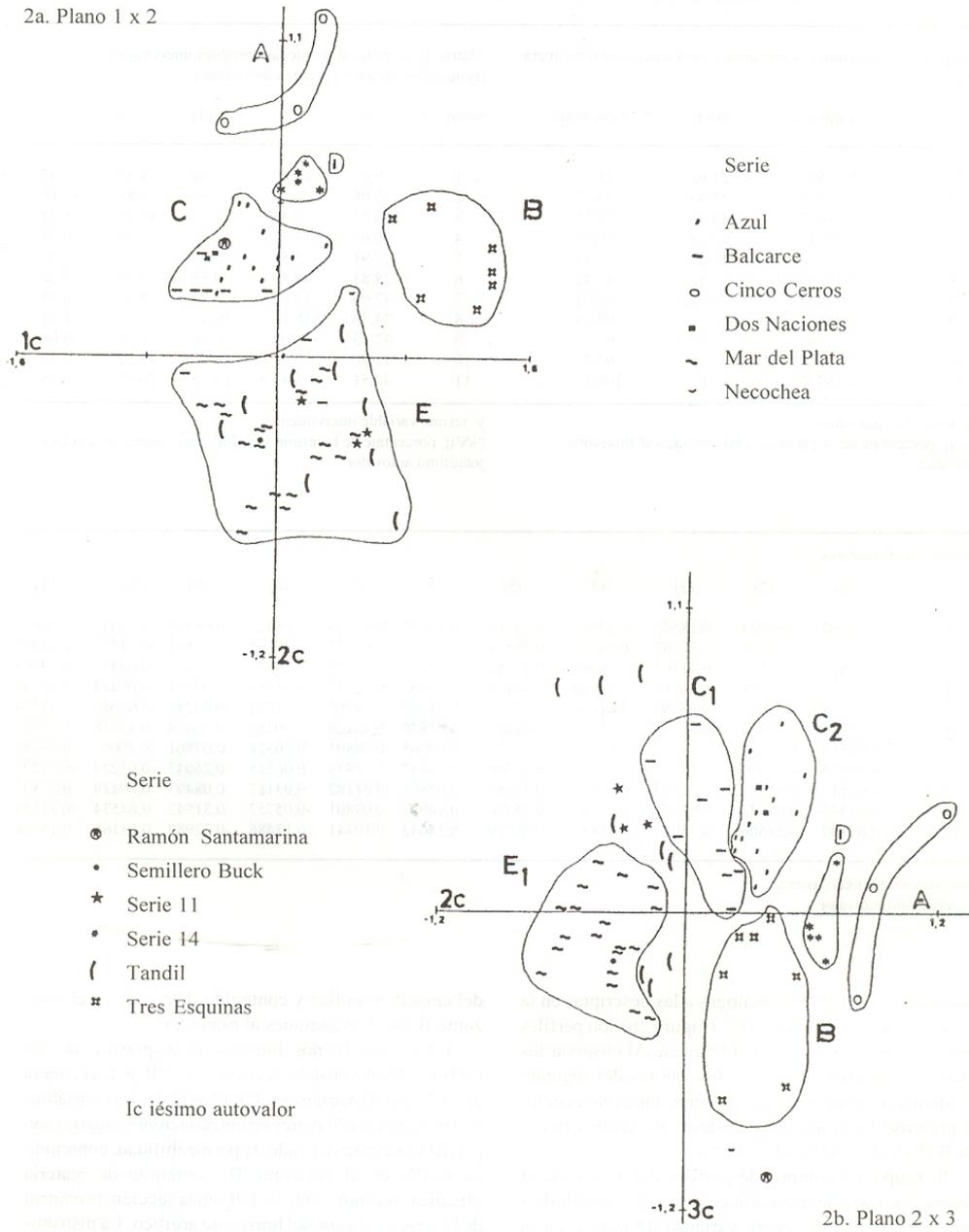


Figura 2: a) Perfiles de suelos ubicados en el plano definido por el primer y segundo componente principal; b) Perfiles de suelos ubicados en el plano definido por el segundo y tercer componente principal.

Tabla 4: Autovalores, autovectores y porcentajes de varianza recuperados

Componentes principales y porcentajes de varianza total recuperados				Mátriz de los porcentajes de las variables intervinientes recuperados en los 5 primeros autovalores					
Yj	Autovalor	%S <sup>2</sup> tj	% acumulado	%S <sup>2</sup> ij	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	2,37802	21,62	21,62	1	0,67	44,89	8,18	5,52	1,93
2	1,91939	17,45	39,07	2	27,98	0,39	7,51	6,86	30,80
3	1,58957	14,45	53,52	3	3,53	0,32	17,39	32,26	5,34
4	1,40619	12,78	66,30	4	6,60	17,89	21,80	21,90	0,37
5	1,12183	10,20	76,50	5	6,91	5,81	7,95	0,00	52,91
6	0,76158	6,92	83,42	6	28,83	44,89	9,55	0,58	0,76
7	0,61413	5,58	89,01	7	47,06	19,89	9,73	0,03	0,53
8	0,48631	4,42	93,43	8	24,50	38,19	10,37	6,40	2,69
9	0,30664	2,79	96,21	9	37,73	13,99	26,11	0,35	9,06
10	0,23317	2,12	98,33	10	11,90	0,00	28,09	45,52	0,33
11	0,18327	1,67	100,00	11	42,51	5,52	12,32	20,62	0,45

Yj: Jotaésimo autovalor

%S<sup>2</sup>tj: porcentaje de la varianza total asociado al Jotaésimo autovalor

y: iésima variable interviniente

%S<sup>2</sup>ij: porcentaje de la iésima variable interviniente asociado al jotaésimo autovalor

## Matriz de autovectores

Yj	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	0,08195	-0,67014	0,28570	-0,23519	0,13916	-0,18852	0,55706	0,18427	0,06496	-0,03412	-0,5174
2	0,52910	-0,06296	0,27362	-0,26175	0,55525	0,33694	-0,00132	-0,35705	-0,07681	-0,11792	-0,05971
3	0,18803	0,05747	0,41705	0,56790	-0,23083	-0,57005	-0,21195	-0,19030	-0,05156	0,03435	-0,04078
4	0,25674	0,42337	0,46681	-0,46828	-0,06115	0,33663	-0,12217	0,41769	0,04991	0,06424	-0,06745
5	-0,26294	0,24086	-0,28186	0,01699	0,77394	-0,33380	-0,14706	0,21254	-0,04285	0,02041	-0,11673
6	0,53718	-0,66960	-0,30902	-0,07609	0,08704	0,07846	-0,16108	0,00265	-0,00674	0,34918	0,01153
7	0,68588	-0,44630	-0,31243	-0,01813	-0,07327	-0,09065	-0,28804	0,20528	0,07861	-0,29093	0,05458
8	-0,49455	-0,61849	0,32164	0,25334	-0,16388	0,11937	0,21948	0,06585	-0,26043	-0,05227	-0,21270
9	-0,61115	-0,37351	0,51144	-0,05911	0,30081	0,02898	-0,21182	0,03187	0,08493	0,00419	0,27832
10	0,034474	0,03042	0,52971	0,67553	-0,05770	0,10902	-0,09801	-0,05757	0,31542	0,04534	-0,11659
11	0,65197	0,23500	0,35079	0,45837	0,06719	-0,14643	0,10341	0,13486	-0,32980	0,03165	0,14806

i: iésima variable interviniente

Yj: jotaésimo autovalor

Las áreas A, B y D son análogas a las descritas en la Figura 2a, y los grupos C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> (Figura 2b) son perfiles ubicados en el área C de la Figura 2a. Al observar los suelos en las áreas C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> y los valores del segundo componente, se advierte que el comportamiento es debido principalmente al contenido de arcilla en los horizontes B (%As C<sub>1</sub> ≤41% y C<sub>2</sub> >41%).

El grupo E1 comprende perfiles del área E de la Figura 2a. La diferenciación de los suelos es debida a que el tercer CP incorpora varianza de la CIC en la sección control de la serie, pH del horizonte B y porcentaje de materia orgánica en el horizonte A, además de la del espesor del horizonte argílico, espesor

del epipedón mólico y contenido de arcilla en el horizonte B que son comunes al plano 2a.

La Figura 2c nos muestra la dispersión de los perfiles en función del tercer y quinto CP. Este recupera el 24,7% de la varianza total (Tabla 4). Las variables con mayores coeficientes en las ecuaciones lineales son pH del horizonte A, grado de permeabilidad, contenido de arcilla en el horizonte B, contenido de materia orgánica en el horizonte A, CIC en la sección de control de la serie y espesor del horizonte argílico. La distribución en función del quinto autovalor (eje Y) discrimina suelos que se diferencian según la CIC de sus secciones de control de serie y espesor del horizonte argílico. El

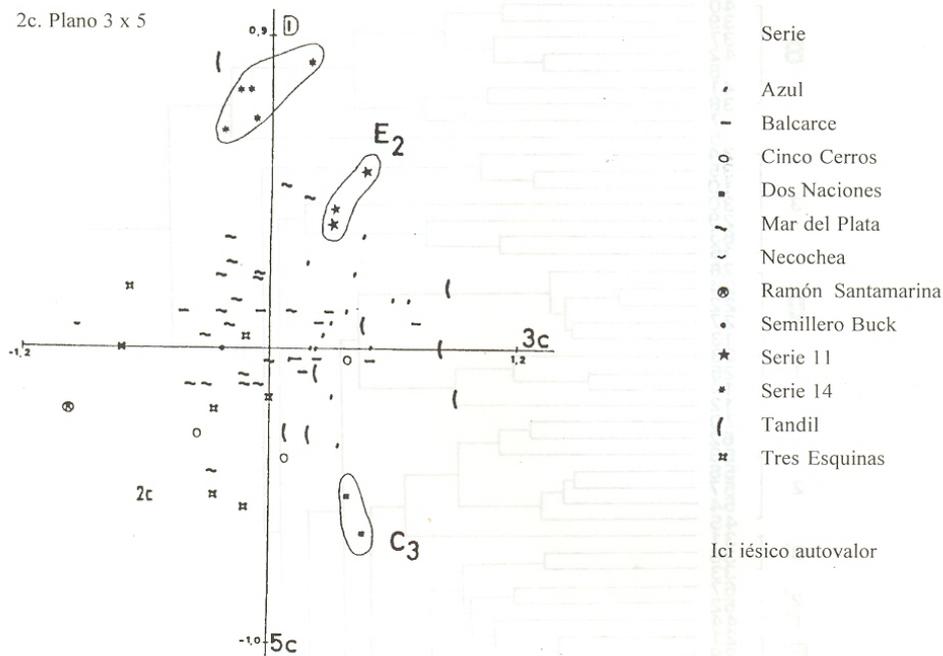


Figura 2 c: Perfiles de suelos ubicados en el plano definido por el tercer y quinto componente principal.

área D corrobora una vez más la distancia de sus perfiles respecto de los de A, B, C y E de la Figura 2a. Los suelos del área  $E_2$  (Figura 2c) son un subgrupo de perfiles de E (Figura 2a) y E1 (Figura 2b) que se caracterizan por el alto valor de la CIC en la sección de control de la Serie y el espesor del horizonte argílico. Finalmente el área  $C_3$  se discrimina ya que son suelos de C (Figura 2a) y  $C_2$  (Figura 2b) que presentan un contacto lítico o paralítico en los primeros 50 cm de profundidad, valores bajos de CIC en la sección de control de la serie y escaso espesor del horizonte argílico.

#### Análisis de agrupamientos

La Figura 3 muestra el fenograma construido al aplicar la metodología propuesta por Etchevehere *et al.* 1971a y b. En general los agrupamientos observados coinciden con las áreas delineadas en los planos de la Figura 2. El grupo A, B,  $C_3$ , D y  $E_2$  así como los perfiles 5, 6 y 7 coinciden con los agrupamientos realizados en la Figura 2, y representan a las Series Cinco Cerros, Tres Esquinas, Dos Naciones, 14, 11, Ramón Santamarina,

Semillero Buck y Necochea respectivamente. Los grupos 1 y 2 (Figura 3) difieren de las áreas  $C_1$  y  $C_2$  (Figura 2b). El grupo 1 del fenograma incorpora los suelos Azul; sin embargo suelos Balcarce (perfiles 56, 4 y 59) se unen a él antes que los Azul del grupo 1'. La razón se encuentra en la Tabla 2 donde observamos que los perfiles 56 y 4 (suelos Balcarce) poseen valores extremos superiores en los pH de sus horizontes A y B, mientras que el perfil 59 contiene sólo 4,8% de materia orgánica en el horizonte A, características éstas que los asemejan a los suelos Azul. El perfil 3 difiere del núcleo Azul en el escaso desarrollo del epipedón mólico, mientras que el perfil 44 posee el valor extremo superior para profundidad del techo del horizonte B. Por su parte el trío 1' (perfiles 14, 25 y 23, suelos Azul) se desvía debido a los altos valores alcanzados en los espesores del epipedón mólico y horizonte argílico.

El núcleo 2 (suelos Balcarce) presenta dos desvíos, 2' y perfiles 4, 56 y 59. La razón de los desvíos de 4, 56 y 59 fue descrita en el párrafo anterior, mientras que el desvío 2' (perfil 52) discrepa de sus homólogos por la

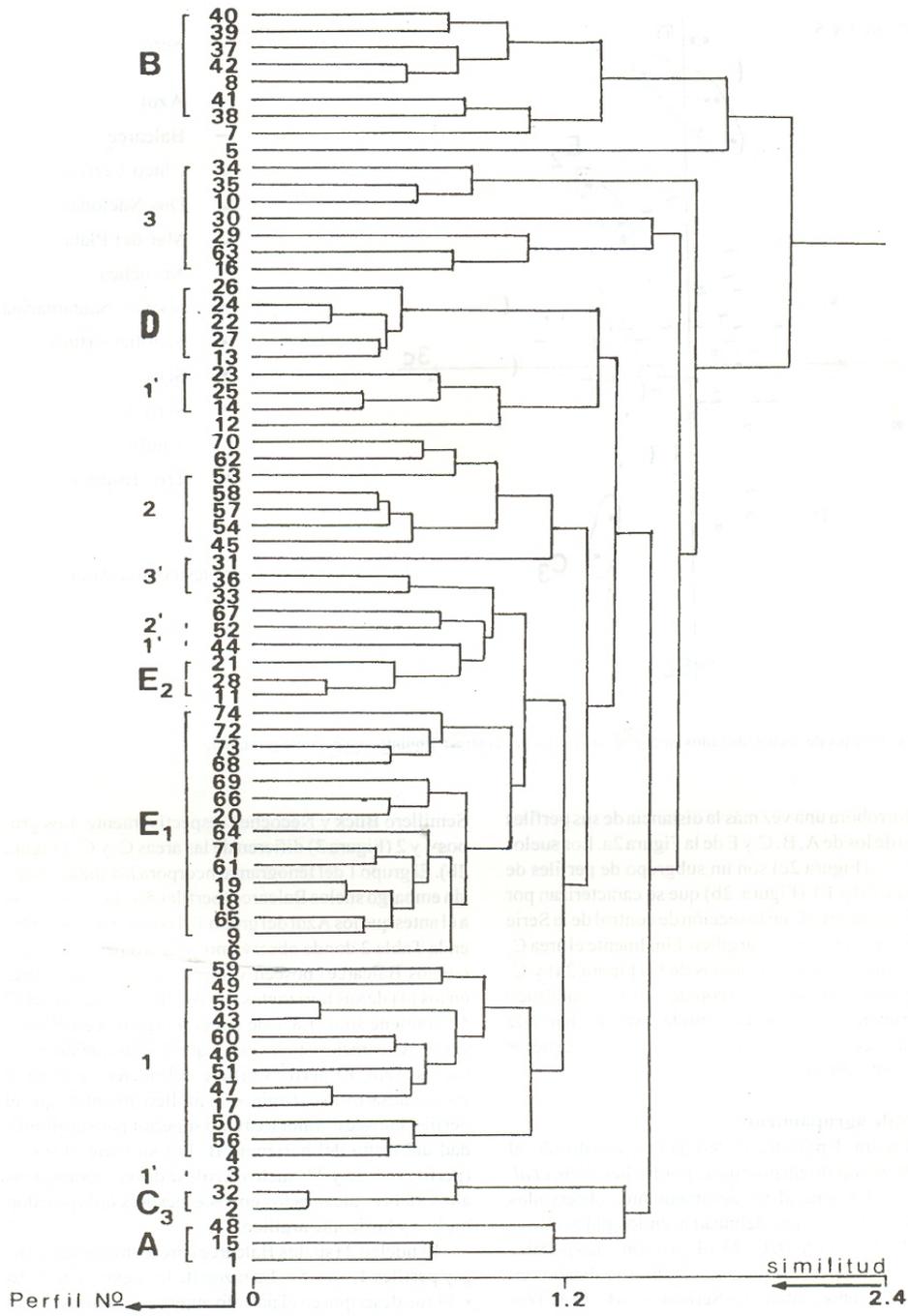


Figura 3: Fenograma resultante de aplicar análisis de agrupamiento.

mayor profundidad en el límite superior del horizonte B, situación similar a la del perfil 44 respecto del suelo Azul.

El núcleo 3 (suelos Tandil) presenta un desvío, perfiles 31, 33 y 36, (trío 3') suelos que se caracterizan por poseer horizontes A cuyos contenidos de materia orgánica son valores extremos inferiores.

Finalmente el grupo E1 de la figura 3 (suelos Mar del Plata) difiere de su homólogo (Figura 2b) en que los perfiles 67, 12, 62, 70 y 63 se alejan del núcleo. La característica común de estos suelos es que los contenidos de materia orgánica en sus horizontes A alcanzan valores extremos superiores en la Serie (Tabla 2).

Por lo anteriormente observado y descripto vemos que valores extremos en una característica o propiedad de los suelos no es siempre criterio suficiente para definir nuevas Series. En general la definición de las Series es en base a pequeñas variaciones en un conjunto de propiedades que le atribuyen a un individuo suelo diferencias importantes al considerar la aptitud de sus tierras.

A partir de los resultados descriptos los perfiles se categorizan utilizando las características o atributos que

se listan en la Tabla 5. Los límites de clase indicados se obtuvieron a partir del análisis particularizado de los valores en las áreas y/o grupos señalados en las Figuras 2 y 3. En esta lista no aparecen las variables intervinientes contenido de materia orgánica del horizonte A, grado de permeabilidad, clase natural de drenaje y pH de los horizontes A y B. Esto es el resultado de la escasa relación lineal entre aquellas y las variables discriminantes de las Series, hecho que queda evidenciado por medio de los bajos valores que poseen sus autovectores en los componentes retenidos para su análisis. Si bien la variabilidad en el contenido de materia orgánica del horizonte A, el grado de permeabilidad, la clase natural de drenaje y el pH de los horizontes A y B no ha sido considerada al definir Series, ello no implica que no sea necesario tenerlas en cuenta al evaluar la calidad de los suelos de una Serie en particular para usos agronómicos específicos, diferenciándose en tal caso la fase correspondiente.

La Tabla 6 presenta los resultados obtenidos al utilizar la información suministrada por el análisis de componentes principales como herramienta en correlación de perfiles de suelos. Los suelos se denominan

Tabla 5: Características o atributos y rangos de variabilidad resultado de interpretar los análisis multivariados.

Número de perfil	2-32	1-15 48	4-45 52 a 54 56 a 59	5	7	9-12-18 a 20 61 a 74*	11-21 28	13-22 24 26-27	3-14-17 23-25-43-44 46-47-49 a 51-55-60	8-37 a 42	10-16-29 30 - 31 33 a 36	6
Característica												
Espesor del epipedón mólico	≤50	≤50	>50	≤50	>50	>50	>50	≤50	>50	≤50	>50	>50
Espesor del horizonte agrícola	≤30	≤30	>20	≤30	>20	>20	>30	>30	>30	>20	>30	≤30
Contenido de arcilla en el Hz. B	≤41	>41	≤41	≤41	≤41	≤41	>41	≤41	>41	>41	>41	>41
CIC de la selección de control de la serie (promedio)	51.5	63.7	78.2	83.6	100	74	83.2	84.6	71.5	61.4	62.4	72
Profundidad de un contacto lítico o paralítico	>30	≤50	>30	≤50	>50	≤70	>70	≤100	>130	>130	>130	
Profundidad del techo del Hz. B	≤36	≤36	≤36	≤36	>36	>36	>36	>36	≤36	>36	>36	>36
SERIE	N A D O S O I S O R N E S	C J N C E O R O R R O S	B A L C A R A E	R A M O N T R A I N A	N E C O H E A	M A R L A E L	S P L E I I	S E R I E I 4		E T R S U N S	T A D I L E R O	S E M B U C K L R O

Tabla 6: Clasificación original y redefinición de los suelos estudiados (Argiudoles)

Número de Perfil	Reconocido en el Pdo.	Serie	Clasificación Original	Familia	Nombre reasignado Serie
1	Loberia	Cinco Cerros	franco fina, mixta, térmica (ff,m,t)	franco fina, mixta, térmica (ff,m,t)	Cinco Cerros
2	Balcarce	Dos Naciones	fina, illítica, térmica (f,i,t)	fina, illítica, térmica (f,i,t)	Dos Naciones
3	Azul	Azul	f,i,t	f,i,t	Azul
4	Balcarce	Balcarce	limoso fina, illítica, térmica (lf,i,t)	limoso fina, illítica, térmica (lf,i,t)	Balcarce
5	San Cayetano	Ramón Santamarina	lf,i,t	lf,i,t	Ramón Santamarina
6	Necochea	Scmillero Buck	f,i,t	f,i,t	Semillero Buck
7	Necochea	Necochea	limoso fina, mixta, térmica	limoso fina, mixta, térmica	Necochea
8	Azul	Tres Esquinas	f,i,t	f,i,t	Tres Esquinas
9	Gral. Pueyrredón	Mar del Plata	lf,i,t	lf,i,t	Mar del Plata
10	Tandil	Tandil	f,i,t	f,i,t	Tandil
11	Balcarce	Serie 11	fina, mixta, térmica (f,m,t)	fina, mixta, térmica (f,m,t)	Serie 11 #
12	Balcarce	13	lf,i,t	lf,i,t	Mar del Plata *
13	Balcarce	14	f,m,t	f,m,t	Serie 14 #
14	Balcarce	15	f,i,t	f,i,t	Azul *
15	Balcarce	16	f,i,t	f,i,t	Cinco Cerros *
16	Balcarce	13	f,i,t	f,i,t	Tandil *
17	Olavarría	15	f,i,t	f,i,t	Azul *
18	Olavarría	11	lf,i,t	lf,i,t	Mar del Plata *
19	Olavarría	13	lf,i,t	lf,i,t	Mar del Plata *
20	Olavarría	14	lf,i,t	lf,i,t	Mar del Plata *
21	Olavarría	11	f,m,t	f,m,t	Serie 11 #
22	Balcarce	14	f,m,t	f,m,t	Serie 14 #
23	Balcarce	15	f,i,t	f,i,t	Azul *
24	Balcarce	a14	f,m,t	f,m,t	Serie 14 #
25	Balcarce	15	f,i,t	f,i,t	Azul *
26	Balcarce	14	f,m,t	f,m,t	Serie 14 #
27	Balcarce	14	f,m,t	f,m,t	Serie 14 #
28	Balcarce	11	f,m,t	f,m,t	Serie 11 #
29	Balcarce	-	f,i,t	f,i,t	Tandil *
30 a 31	Gral. Pueyrredón	Mar del Plata	f,i,t	f,i,t	Tandil *
32	Loberia	Dos Naciones	ff,m,t	ff,m,t	Dos Naciones
33 a 36	Loberia	Tandil	f,i,t	f,i,t	Tandil
37 a 40	Loberia	Tres Esquinas	f,i,t	f,i,t	Tres Esquinas
41 a 42	Balcarce	Tres Esquinas	f,i,t	f,i,t	Tres Esquinas
43 a 44	Loberia	Azul	f,i,t	f,i,t	Azul
45	Loberia	Azul	lf,i,t	lf,i,t	Balcarce *
46 a 47	Loberia	Azul	f,i,t	f,i,t	Azul
48	Loberia	Azul	f,i,t	f,i,t	Cinco Cerros *
49 a 51	Balcarce	Azul	f,i,t	f,i,t	Azul
52	Balcarce	Azul	lf,i,t	lf,i,t	Balcarce *
53 a 54	Loberia	Balcarce	lf,i,t	lf,i,t	Balcarce
55	Balcarce	Balcarce	f,i,t	f,i,t	Azul *
56 a 57	Balcarce	Balcarce	lf,i,t	lf,i,t	Balcarce
58 a 59	Gral. Pueyrredón	Balcarce	lf,i,t	lf,i,t	Balcarce
60	Balcarce	Balcarce	f,i,t	f,i,t	Azul *
61 a 65	Loberia	Mar del Plata	lf,i,t	lf,i,t	Mar del Plata
66 a 74	Gral. Pueyrredón	Mar del Plata	lf,i,t	lf,i,t	Mar del Plata

(\*) Perfiles reclasificados. (#) Perfiles no correlacionables a series definidas por INTA Castelar (CIRN)

Tabla 7: Clasificación de suelos

Orden	Suborden	Gran grupo	Subgrupo	Familia	Serie
M o l i s o l	U d o l	A r g i l l i t i c o s	Líticos	fina, illítica, térmica	Cinco Cerros
				franco, fina, mixta, térmica	Dos Naciones
			Típicos	fina, illítica, térmica	Azul Tres Esquinas Tandil Semillero Buck
				fina, mixta, térmica	Serie 11 Serie 14
				linoso fina, illítica, térmica	Balcarce Mar del Plata Ramón Santamarina
				linoso fina, mixta, térmica	Necochea

como lo hace el departamento de suelos del INTA Castelar (CIRN) mientras ello sea posible. Nótese que 17 perfiles son reclasificados y 8 corresponden a las Series 11 y 14 definidas durante la ejecución del mapa de suelos del sudeste bonaerense (Culot *et al.* 1967), aún no incorporadas al registro nacional de Series de suelo.

Las Series de suelo colegidas se presentan en la Tabla 7. Entre los Argiudoles líticos se diferencian dos Series (Cinco Cerros y Dos Naciones). Ambas presentan un contacto paralítico (tosca) a menor profundidad que 50 cm desde la superficie. Las Series Cinco Cerros y Dos Naciones difieren porque pertenecen a familias texturales y mineralógicas distintas. Cinco Cerros es fina e illítica mientras que Dos Naciones es franco fina y mixta. (Los Argiudoles líticos según la Taxonomía de Suelos son aquellos Argiudoles que presentan un contacto lítico en los primeros 50 cm desde la superficie. Los Argiudoles que presentan un contacto paralítico (tosca) en los primeros 50 cm, no están previstos en la TS. En el presente trabajo se han considerado a éstos últimos como Argiudoles líticos, respetando la interpretación del Departamento de Suelos del INTA Castelar. Los verdaderos Argiudoles líticos, reconocidos pero no considerados en este trabajo, ameritarían ser discriminados a nivel de Serie aún si perteneciesen a familias homólogas de los primeros, ya que sus materiales subyacentes son genéticamente distintos y las implicancias para el uso de las tierras también lo son.

Los Argiudoles típicos, todos de similar condición térmica difieren en cuanto a las clases texturales y mineralógicas que se reconocen para las secciones de control de familia. La variabilidad presente permite definir cuatro familias: a) fina e illítica, b) fina y mixta, c) limoso fina e illítica y d) limoso fina y mixta. En la familia fina e illítica se distinguen cuatro Series competidoras (Soil Conservation Service 1983) Azul, Tres Esquinas, Tandil y Semillero Buck. Azul se distingue de las demás por ser un suelo somero que presenta tosca a una profundidad variable entre 70 y 100cm, mientras que el resto de los suelos son más profundos que 130cm. Además, por ser somero presenta el techo del horizonte B a 36cm o menos de profundidad. Tres Esquinas presenta un epipedón mólico cuyo espesor es de 50 cm o menos (más delgado que el de sus competidoras) al igual que el espesor de su horizonte argílico. Por su parte Tandil presenta un horizonte B arcilloso y el horizonte argílico siempre supera los 30 cm de espesor (media 50,7 cm). Semillero Buck difiere de Tandil ya que el horizonte argílico presenta un espesor de 30 cm o menos (media 23,0 cm).

En la Familia fina y mixta encontramos las Series competidoras 11 y 14. La serie 11 es profunda, con el epipedón mólico de más de 50 cm de espesor y el horizonte B arcilloso (%As promedio 48,6). En cambio la serie 14 presenta un contacto paralítico (tosca) entre el metro y metro treinta centímetros de profundidad.

La familia limoso fina e illítica consta de las Series competidoras Mar del Plata, Ramón Santamarina y Balcarce. Mar del Plata es un suelo profundo, con el epipedón mólico de gran espesor y el techo del horizonte B a más de 36 cm de profundidad. Ramón Santamarina presenta un manto calcáreo cementado (tosca) entre los 70 cm y 100 cm de profundidad y el perfil en su conjunto es más somero. Balcarce, es la más somera de las tres (tosca entre 50 cm y 70 cm de profundidad) y carece de horizonte C.

Finalmente en la familia limoso fina y mixta, sólo se reconoce para el conjunto de suelos analizado a la serie Necochea. Esta se caracteriza por ser profunda y de textura franco arcillosa en el horizonte B.

Las Series Tandil y I I difieren en la clase mineralógica de sus familias, característica también válida para las Series Necochea y Mar del Plata.

Todas las Series aquí establecidas responden a las características y principios de la Taxonomía de Suelos. Ellas fueron definidas considerando todos los atributos indicados por el sistema de clasificación de suelos hasta el nivel de Familia. Los seleccionados para la definición de Series fueron aquellos con significativa variabilidad para la producción agropecuaria, y en todos los casos se respetaron los límites de clase establecidos en propiedades utilizadas en categorías superiores. El principio de monotetismo (Webster 1979) es conservado, ya que un perfil de suelo pertenece a una Serie de suelo en particular si y sólo si presenta todas las clases de los atributos que la definen.

Finalmente los resultados obtenidos demuestran que una vez determinado si un suelo clasifica como Argiudol, es factible determinar con un 95% de confianza si pertenece o no a alguna de las 12 Series establecidas sólo basándose en las seis características indicadas en la Tabla 5.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, descriptos y discutidos se desprende que existe colinealidad en la variabilidad de un conjunto de características en Argiudoles del sudeste bonaerense que permite distinguir objetivamente Subgrupos, Familias y Series de suelos.

La analogía entre perfiles de suelo se expresa principalmente por medio de las variables cuantitativas a) espesor del epipedón mólico, b) espesor del horizonte argílico, c) contenido de arcilla del horizonte B, d) CIC en la sección de control de la Serie, e) profundidad a la cual se halla un contacto lítico o paralítico y f) profundidad a la que se encuentra el techo del horizonte B.

La presencia de un manto calcáreo cementado (tosca) tiene influencia sobre características que manifiestan

el grado de desarrollo del horizonte B. Mantos calcáreos a poca profundidad generalmente conllevan la presencia de horizontes B más delgados, más ricos en arcilla y con mayor proporción de montmorillonita.

Valores extremos en una característica o propiedad de los suelos no es siempre criterio suficiente para definir nuevas Series. En general la definición de las Series es en base a variaciones en un grupo de propiedades que en conjunto le atribuyen a un Individuo Suelo diferencias significativas para la aptitud de sus tierras.

La segregación de los perfiles en función de un gran número de variables cuantificadas (características o atributos de suelos) puede ser obtenida en base a una reducida cantidad de variables estadísticas (CP), permitiendo detectar más fehaciente y objetivamente la verdadera distancia entre los suelos analizados.

Por medio de los métodos multivariados aplicados se pudo correlacionar perfiles de suelos reconocidos en distintos relevamientos y detectar Series aún no incorporadas al registro nacional. Esto demuestra que dichos métodos estadísticos permiten correlacionar objetivamente perfiles de suelos observados y ubicarlos en Series establecidas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a F. H. Andrade, J. Costa y H. M. Fernández, G. Moscatelli, por sus valiosos comentarios y sugerencias para la presentación del trabajo. Los datos de campaña originales de las hojas 3757-32 y 3760-36 fueron proporcionadas por G. Moscatelli.

## REFERENCIAS

- Anderson, T. W. 1957. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. John Wiley and Sons, Inc. Publication in mathematical statistics. New York. 374pp.
- Bidwell, O. and Hole, F. 1964. Numerical taxonomy and soil classification. Soil Sci. 97: 58-62.
- Buol, S. Hole, F. and McCracken, R. 1980. Soil Genesis and Classification. Second Edition. The Iowa State University Press, Ames. 405pp.
- Cabria, F. 1987. Taxonomía numérica en correlación de suelos y métodos cuantitativos para evaluar los inventarios del recurso suelo, aplicados a un relevamiento detallado. Tesis de grado en Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. 99pp.
- Conover, W. J. 1980. Practical Nonparametric Statistics. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. publication in mathematical statistics. New York. 493pp.
- Crisci, J. y López Armengol, M. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Serie de biología, monografía N° 26. Secretaría gral. OEA. Washington. DC. 132pp.

- Culot J Ph, Godz P, Costamagna O. 1967. Mapa de suelos del Sudeste Bonaerense. (inédito).
- Etchevehere P, Muro E, Olmos J. 1971(a). Taxonomía numérica. Su aplicación en correlación de suelos. RIA. Serie 3: Clima y suelo. VIII, 1: 31-48.
- Etchevehere P, Muro E, Olmos J. 1971b. Estudio comparativo de aplicación de métodos numéricos en correlación de suelos. RIA. Serie 3: Clima y suelo. VIII, 4: 155-170.
- Hole F, Hironaka M. 1960. An experiment in ordination of some soil profiles. *Soil Sci. of Am. Proc.* 24: 309-312.
- Hotelling H. 1933. Analysis of complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology.* 24: 417-441.
- Hotelling, H., 1936. Simplified calculation of principal components. *Psychometrika.* 1: 1-33.
- INTA. 1991. 3757-31, Balcarce.  
3757-32, Mar del Plata.  
3760-22, Chillar.  
3760-23, Tandil.  
3760-36, San Manuel.  
3960-6, Lobería.  
3960-11, Ramón Santamarina.  
3960-12, Necochea.
- Morrison D. 1976. *Multivariate Statistical Methods*. McGraw Hill. Series in probability and statistics. New York. 415pp.
- Muir J, Hardie H, Inkson R, Anderson A. 1970. The classification of soil profiles by traditional and numerical methods. *Geoderma* 4: 81-90.
- Osterrieth M, Cabria F. 1992/93. Análisis textural y pedogénesis de Subgrupos de suelos del Pdo. de Magdalena, pcia. de Buenos Aires (Argentina). *Ciencia del Suelo* 10/11: 74-84.
- Rohlf F. 1988. NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 1.40. Department of Ecology and Evolution. State University of New York, Stony Brook, NY. 11794.
- Soil Conservation Service. 1983. *National Soil Handbook*. USDA. Washington DC.
- Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy. A basic system for marking and interpreting soil surveys*. SCS, USDA. Agric. Hand. N° 436. Washington DC, USA. 754pp.
- Webster R. 1979. *Quantitative and numerical methods in soil classification and survey*. Oxford University Press. Second Edition (with corrections). 269pp.
- Wilkinson L. 1985. *SYSTAT. The system for statistics*. 417pp.