

EVALUACION CUANTITATIVA DE UN LEVANTAMIENTO DE SUELOS DE LA REGION SEMIARIDA DEL NOROESTE DE PATAGONIA (CHUBUT)

Héctor F. del Valle

Centro Nacional Patagónico (CENPAT). CONICET. 28 de julio 28 (9120)
Puerto Madryn (Chubut)

RESUMEN

En el ámbito regional de la Patagonia e incluso en otras zonas áridas y semiáridas del país existen mapas de suelos realizados por diferentes métodos y para distintos propósitos. La mayoría de ellos no expresan las variaciones edáficas haciendo dificultosa la delineación de unidades de suelo significativamente diferentes. El objetivo de este estudio fue analizar estadísticamente la variación interna en un levantamiento de suelos en el noroeste del Chubut. Se seleccionaron seis características edáficas: profundidad, color (chroma y value), fragmentos gruesos (abundancia y tamaño), evaluadas a campo, y pH, materia orgánica y textura (arena y arcilla) determinadas en el laboratorio. Se evaluó la pureza de las delineaciones cartográficas, la precisión de éstas, y de las unidades de clasificación. El análisis de la información se realizó mediante un ANOVA, la prueba múltiple de Duncan y el análisis por correspondencia. La pureza estricta encontrada para el estudio de suelos fue alta: 66% y 67% para las características físicas y químicas, respectivamente. La naturaleza de los suelos proporciona tendencias de variación en distancias cortas o largas, lo que determinó la definición de nuevos agrupamientos de fases para las Series Chubut, El Maitén y Estancia Vieja.

Palabras claves: Levantamiento de suelos. Variaciones de suelos. Noroeste de Patagonia (Chubut).

QUANTITATIVE EVALUATION OF A SOIL SURVEY IN THE SEMIARID REGION OF NORTHEASTERN PATAGONIA (CHUBUT)

ABSTRACT

Soil maps of Patagonia and other arid and semiarid regions have been made using different methodologies. However, most of them do not show the variation of the soils, making their separation in different units very difficult. The objective of this paper is to analyze statistically the internal variation in a survey from the NW of Chubut Province. Six soil characteristics were evaluated in the field: depth, color (chroma and value), and coarse fragments (abundance and size). Organic matter, pH and texture (sand and clay) were evaluated in the laboratory. The precision of the cartographic limits and the classification units were analyzed by ANOVA, Duncan multiple test and correspondence analysis. The purity for the soils analysis is high: 66% for physical and 67% for chemical characteristics. The nature of the soils shows a tendency to variation in short or long distances. With this information new phases groups were defined for Chubut, El Maitén and Estancia Vieja Series.

Key words: Soil Survey. Soil variations. Northeastern Patagonia (Chubut).

INTRODUCCION

Un levantamiento de suelos debe contener información sobre las características del suelo que clasifica y cartografía de acuerdo a la escala de trabajo utilizada. Pero a veces constituye una simplificación demasiado generalizada de la realidad. Diversos autores (Bidwell y Nole, 1964; Norris, 1972; Cuanalo, 1972) destacan la ausencia de un agrupamiento de perfiles que podrían ser representativos de una clase de suelo. Posiblemente haya una excepción para el nivel más general de la clasificación.

La variabilidad horizontal y vertical de los suelos puede ser alta y compleja. Las acumulaciones calcáreas en la Patagonia Extraandina representan quizás las irregularidades más notables de las zonas áridas, en relación a los diferentes grados de compactación, continuidad y grado de expresión.

Las características del microrrelieve patagónico (Rostagno y del Valle, 1988) definido principalmente por la presencia de montículos asociados a arbustos, representa en determinados ambientes los sitios más importantes de la concentración de nutrientes. Por otro lado, las partes más sensibles a la degradación lo constituyen los espacios entre montículos, representados muchas veces por un pavimento de desierto. Con estas características de un ambiente tan particular las variaciones en distancias cortas y largas pueden ser regulares o irregulares y ser analizadas de manera incompleta en un levantamiento de suelos.

Existen antecedentes sobre métodos estadísticos para analizar la naturaleza de las variaciones edáficas (Beckett y Webster, 1971; Mullan, 1973). En Patagonia el uso de técnicas cuantitativas para analizar estos aspectos es escasa. Mendía y Ferrer (1983) utilizaron el método de regresión múltiple para explicar las vinculaciones existentes entre la fracción mineral y orgánica con la capacidad de intercambio catiónico en suelos de la cuenca del río Santa Cruz. Laya *et al.* (1983) efectuaron una comparación estadística de la salinidad de los suelos en el Valle Inferior del río Chubut, para dos levantamientos de suelos, uno realizado en 1961 y otro efectuado en 1981. En este caso se aprecia una buena correlación para el período considerado, ratificando lo evaluado para el análisis cartográfico.

Un levantamiento de suelos, que comprende la clasificación y cartografía, solamente puede representar un porcentaje relativamente pequeño de las variaciones de las propiedades edáficas. Por lo tanto, el objeti-

vo del presente estudio fue analizar los conceptos y métodos estadísticos que permitan evaluar la variabilidad en las características del suelo para lograr una mejor comprensión de su cartografía.

MATERIALES Y METODOS

El levantamiento de suelos a nivel de detalle evaluado en este trabajo corresponde al área de El Maitén, provincia del Chubut (del Valle, 1978).

La zona estudiada se halla comprendida entre los paralelos 42° 00' y 42° 10' de latitud sur y los meridianos 71° 13' y 71° 07' de longitud oeste, con una superficie de 19.764 hectáreas, conformando el valle de El Maitén.

La temperatura media anual es de 9.4° C, con una precipitación anual de 419 mm, siendo la estación lluviosa en otoño-invierno, con el 80% del módulo pluvial. La evapotranspiración potencial calculada por el método de Thornthwaite es de 616 mm anuales (del Valle, 1978).

Se distinguen dos grandes unidades fisiográficas: el paisaje de serranías y el valle propiamente dicho. Las geoformas positivas se acentúan más hacia el norte y el oeste, en particular en los Cordones Occidentales. En el valle, área de interés, se distinguen: a) los abanicos aluviales que controlan varios de los meandros actuales; b) los distintos niveles de terrazas fluviales y c) los mallines semihidromórficos que ocupan sectores suaves del relieve, ligeramente deprimidos y de extensión variable. La erosión ha tenido tiempo de actuar en gran extensión haciendo desaparecer la topografía glacial preexistente (Caldenius, 1932).

Se utilizó una escala 1:15.000. Las unidades cartográficas analizadas comprenden siete Series y doce fases sin Asociaciones o Complejos. Las Series analizadas son las siguientes: Chubut (Ch), El Maitén (EM), Estancia Vieja (Ea), Labayén (L), Buenos Aires Chico (SCh), Gaité (g) y Breide (B). El mapa de suelos se presenta en la Figura 1.

En la Tabla 1 se presentan las características de las Series analizadas.

Se seleccionaron las siguientes características internas: profundidad del perfil, color (chroma y value), fragmentos gruesos (abundancia y tamaño), evaluadas a campo, y en el laboratorio se determinó: pH, materia orgánica y textura (arena y arcilla) con las mismas técnicas que se utilizaron para el levantamiento original.

Se codificaron aquellas variables cualitativas para

Tabla 1: Características físicas y químicas de las Series							
Características	Chubut	El Maitén	Ea. Vieja	Labayén	Bs. As.	Gaite	Breide
Color	10YR4/1 10YR4/3	10YR5/2 10YR5/2	10YR4/3 10YR4/3	10YR3/2 7,5YR4/1	10YR4/1 10YR4/1	10YR3/2 10YR4/1	10YR3/1 10YR4/1
Profundidad (cm)	100	171	125	190	90	120	60
Fragmentos gruesos:							
Abundancia (%)	5-20 20-50	5-20 50-70	5-20 20-50	0-5 0-5	5-20 5-20	0-5 5-20	0
Tamaño (mm)	2-16 16-256*	4-16 64-256*	2-16 16-256*	2-4 2-4	2-16 2-16	2-4 4-16	0
Arena (%)	70 66	82 80	73 69	64 56	71 68	63 69	59 50
Arcilla (%)	10 14	5 6	12 14	16 30	11 13	10 11	18 26
pH	7,0 6,6	6,9 6,9	6,7 6,9	6,1 7,1	7,1 7,1	6,7 6,8	6,5 7,0
M.O. (%)	2,08 1,35	1,10 1,10	1,06 0,71	2,51 1,92	1,10 1,10	2,08 1,76	5,91 2,50
Referencias: Primer horizonte Segundo horizonte							
* > 256 mm, también comunes.							

el análisis de la varianza como la abundancia y tamaño de fragmentos gruesos.

Se consideraron dos transectos que definen 13 delineaciones y aproximadamente 25 sitios en cada una de las mismas. En cada sitio se hizo un pequeño pozo de 80x70x50 cm que permitió definir dos horizontes o en los casos de perfiles coherentes, sin diferenciación de horizontes, dos niveles de profundidad (0-25 cm y 25-50 cm), siguiendo el mismo criterio de muestreo establecido en el relevamiento anterior.

Por medio de prospecciones con pala barreno, observaciones en cortes naturales y perfiles testigo se evaluó la variable profundidad hasta 150 cm.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el criterio de (Mullan, 1973) aplicando el método de Cochran (1963) para la pureza y para la precisión estimando la varianza dentro de delineaciones o de unidades de clasificación.

La pureza de los sitios de muestreo fue definida como: a) **estrictamente pura**, cuando los valores de las

características están dentro del rango de variación definido por la unidad cartográfica; b) **aproximadamente pura**, cuando los valores son adyacentes al rango de la unidad de mapeo, es decir que difieren ligeramente y c) **impura**, cuando no coincidía con la definición de la unidad cartográfica.

Se evaluó la precisión de las delineaciones cartográficas mediante un análisis de la varianza (Beckett, 1968; Mullan, 1973) y con el coeficiente de variación para poder hacer comparaciones entre variables medidas por distintas escalas. Las unidades de clasificación se analizaron de la misma forma pero con los datos de los sitios considerados puros. El análisis de varianza se hizo mediante el programa SAS (Statistical Analysis Systems, 1982).

La prueba múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1960) se utilizó para comprobar si existían diferencias entre los pares de delineaciones definidas por la misma unidad de clasificación.

Las Series y fases mal cartografiadas como resulta-

do del análisis anterior fueron evaluadas mediante un análisis de correspondencia de acuerdo con las consideraciones de Benzecri (1973) para la definición de agrupamientos y determinar nuevas unidades de mapeo.

Los valores de las características se subdividieron en tres rangos: bajo, medio y alto (indicados como 1,2 y 3). En algunas variables donde se justificaba, como la materia orgánica y abundancia y tamaño de los fragmentos gruesos, se estableció un cuarto rango. Los valores que separan los distintos rangos se tomaron de manera de distribuir lo más equitativamente posible toda la gama de valores existentes.

La interpretación de las proyecciones (1/2, 3/1 y 4/1) de los distintos horizontes permitió relacionar las características superficiales y subsuperficiales. Se determinaron luego las muestras que correlacionaban mejor en toda la profundidad de muestreo y aquellas que se definían por uno u otro horizonte, estableciendo los distintos grupos. Con esta diferenciación fueron definidas las Series y Complejos de Series. Como se mapearon unidades pequeñas determinadas en el análisis por un grupo reducido de muestras, se realizó a posteriori un control terrestre del nuevo mapeo estableciendo "in situ" la delimitación de los nuevos linderos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para estimar la pureza se utilizó la fórmula:

$$no = \frac{p(1-p)t^2}{d^2}$$

donde:

no = número aproximado de muestras.

p = pureza (porcentaje de sitios que pertenecen a la unidad cartográfica). Se estimó p = 0,5 (Beckett y Webster, 1971; Mullan, 1973).

d = diferencia aceptable entre la estimación y el valor verdadero. Se considera igual a 0,05, es decir que se acepta una diferencia $\pm 5\%$.

t = distribución "t" de Student, con un $\alpha = 0,1$ (o sea 10%), lo que nos da un valor t = 1,645.

Reemplazando:

$$no = \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,645^2}{0,0025}$$

no = 271 muestras de suelo

Para estimar la precisión se aplicó la fórmula:

$$\frac{N-P}{\sqrt{N-P}} = x \alpha \sqrt{2}$$

0,1

donde:

N = número total de muestras.

P = número de delineaciones definidas por los dos transectos (13).

α = nivel de probabilidad, $\alpha = 0,1$.

x_{α} = desviación normal, tabulada por Fisher y Yates (1963), igual a 1,644.

Reemplazando:

$$N = \left(\frac{1,644 \cdot 1,41}{0,1} \right)^2 + 13$$

N = 554 muestras de suelo

En las Figuras 2 y 3 se observan los resultados del análisis de la pureza y precisión de las delineaciones cartográficas. Se observa también la significación de los valores de F para todas las características.

Las mayores impurezas corresponden a las Series: Chubut (Ch), El Maitén (EM) y Estancia Vieja (Ea). Las variaciones principales están dadas por la textura y la pedregosidad.

Los suelos de la Serie Chubut (Ch), fase medianamente profunda y pedregosa (Chmp), se han formado en sedimentos aluviales y coluviales recientes. Las diferencias de textura y de pedregosidad están dadas por el relieve, que en algunos sectores incluso impide un buen drenaje externo. Las impurezas para la materia orgánica se relacionan con los sectores deprimidos donde las variaciones edáficas en distancias largas es mayor.

La Serie El Maitén (EM), fases ligeramente ondulada, severamente erosionada y engrosada (EMfe3); plano-cóncava (EMfpc) y ligeramente ondulada y erosionada (EMfoe), presentan variaciones dadas por el microrelieve, la erosión y la depositación. La ausencia de una diferencia significativa se atribuye a la complejidad del patrón de suelos profundos, someros y de grados dentro de las fases. Estas mismas pueden considerarse como expresión de un gradiente complejo en

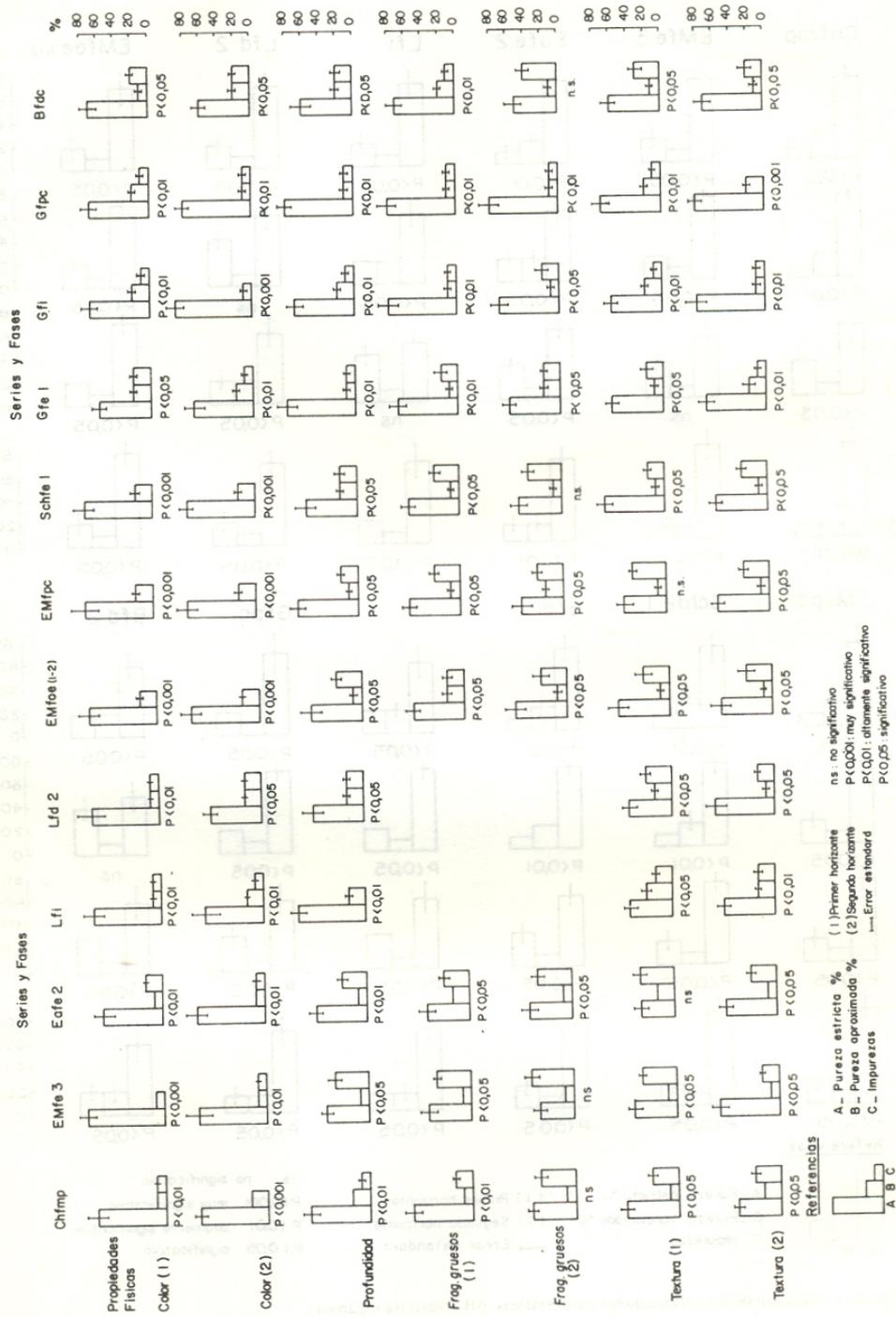


Figura 2. Pureza y precisión de las delineaciones cartográficas. Propiedades físicas.

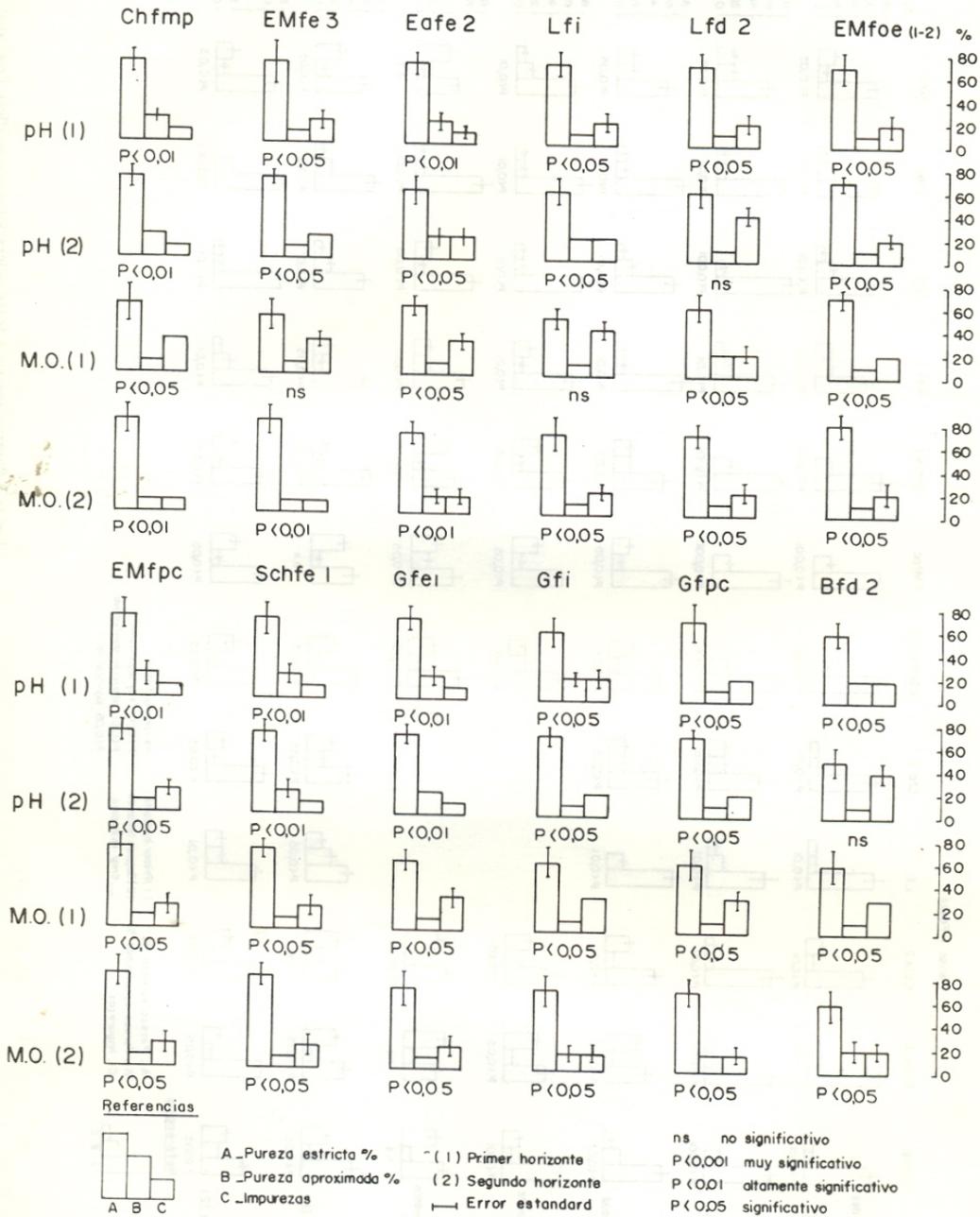


Figura 3. Pureza y precisión de las delineaciones cartográficas. pH y materia orgánica.

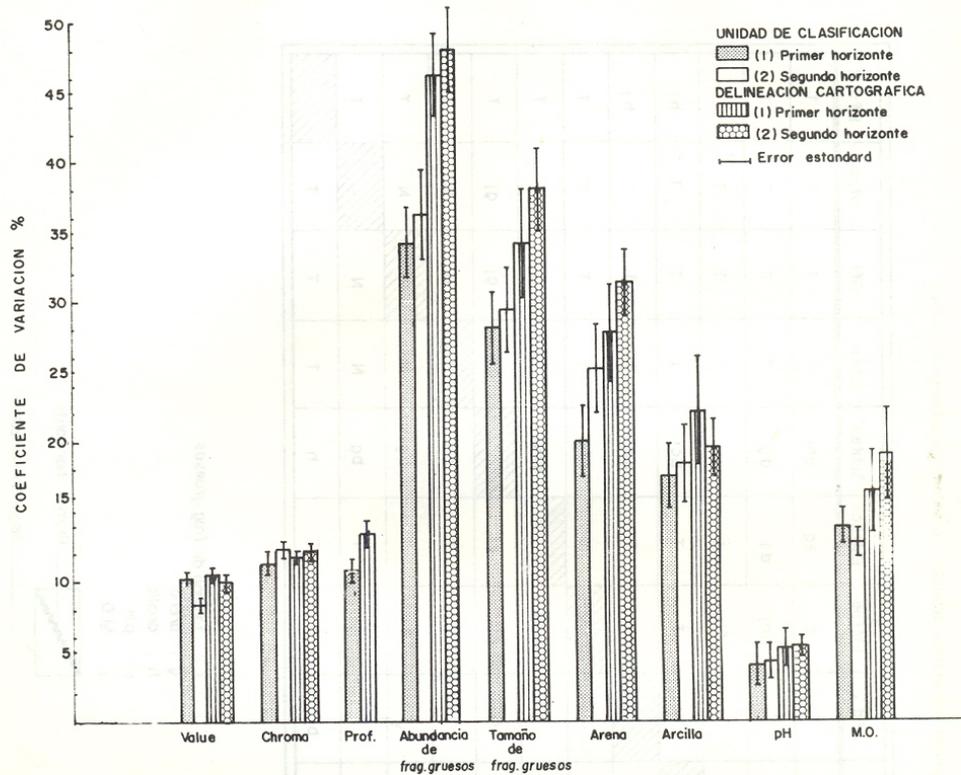


Figura 4. Coeficiente de variación de las características edáficas.

el que están involucrados factores geomorfológicos y edáficos, cuyo proceso dominante es la tendencia erosión-acumulación de los abanicos aluviales extendidos.

La Serie Estancia Vieja (Ea), fase leve a moderadamente engrosada (Eafe2), presenta impurezas principalmente en la textura y los fragmentos gruesos, originadas en un arreglo complejo de suelos en pendientes de 1-3% y aún mayores.

La naturaleza de las impurezas del pH muestran una definición demasiado estrecha, siendo el rango de las delineaciones mayor que el rango de la definición.

Para el caso de la materia orgánica, la mayoría de las impurezas tienen una interpretación similar a aquella del suelo dominante. Otras responden a causas diferentes asociadas al mantillo, por la presencia de montículos asociados a arbustos (ejemplo Serie El

Maitén) o al área de mallines (ejemplo Serie Labayén, fases plana y ligeramente inclinada).

En la Figura 4 se compara la precisión de las unidades de clasificación y la de las delineaciones cartográficas.

Los resultados obtenidos muestran que las características más definidas son el color y el pH. Las medianamente variables la materia orgánica y la arcilla y las más irregulares la arena y los fragmentos gruesos.

La variabilidad del suelo es mayor dentro de las delineaciones cartográficas que dentro de las unidades de clasificación, debido a la existencia de las impurezas.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la prueba múltiple de Duncan entre delineaciones definidas por las mismas unidades de clasificación.

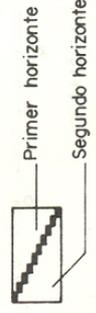
Tabla 2. Resultados de la prueba de Duncan entre delimitaciones cartográficas definidas por las mismas unidades de clasificación.

	Chfmp	EMfe 3	Eafe 2	Lfi	Lfd 2	EMfoe ¹⁻²	EMfpc	Schfe 1	Gfei	Gfi	Gfpc	Bfd 2
Chfmp	de	efgh	T	T	T	g	eg	ehi	T	T	T	T
EMfe3	de	dj	T	T	T	ehj	dj	dg	T	T	T	T
Eafe2	de	de	de	T	T	fh	j	j	T	T	T	T
Lfi	de	T	T	h	N	T	T	bcj	T	T	T	hj
Lfd2	de	T	T	h	h	T	T	bcj	T	T	T	hj
EMfoe ¹⁻²	de	gh	gh	T	T	ie	ie	efg	T	T	T	T
EMfpc	de	dh	h	T	T	ef	ef	efgj	T	T	T	T
Schfe1	de	d	ef	h	h	ef	ef	h	gj	gj	gj	T
Gfei	de	T	T	T	T	T	T	bg	h	N	N	T
Gfi	de	T	T	T	T	T	T	bg	N	N	N	T
Gfpc	de	T	T	T	T	T	T	bg	N	N	N	T
Bfd 2	de	T	T	bhij	bhij	T	T	h	T	T	T	T

Características en que se diferencian

- N : ninguna de las analizadas.
- T : la mayoría de las analizadas.
- b : value
- c : chroma
- d : profundidad
- e : abundancia de frag. gruesos

- f : tamaño de frag. gruesos
- g : arena
- h : arcilla.
- i : pH
- j : M.O.



Las Series Breide (B) y Labayén (L) presentan diferenciación de fases por relieve o drenaje. El porcentaje de impurezas encontrado de fragmentos gruesos y de pH en el segundo horizonte (Breide), de materia orgánica en el primer horizonte y pH en el segundo horizonte (Labayén) no proporcionan mayor variabilidad a su mapeo y definición, representando la correcta delimitación de fases.

La Serie Gaité (G) no presenta variabilidad en sus fases definidas por relieve y erosión, siendo injustificada la división por los mismos.

La Serie Buenos Aires Chico (SCh) presenta una particularidad distinta de las otras unidades cartográficas, habiendo sido mapeada correctamente.

Los resultados muestran para algunas Series un entendimiento incompleto de su cartografía (Chubut, El Maitén y Estancia Vieja). Para estas Series y sus fases mal cartografiadas, se utilizó el análisis de correspondencia para definir el agrupamiento de las muestras observando las proyecciones 1/2 (Fig. 5A y 5B), 3/1 (Fig. 6A y 6B) y 4/1 (Fig. 7A y 7B).

La interpretación de los datos obtenidos en las figuras está dada por los siguientes criterios: a) La separación del centro es directamente proporcional al peso que cada muestra tiene en la agrupación de las Series y fases. Así, cuando más dispar es la posición ocupada por cada uno de los rangos de un mismo descriptor, mayor es la definición que proporciona. En estos casos de variables fuertemente definitivas, es importante la proximidad que guardan las Series y fases a ella. b) Un grupo de muestras, de Series y fases en torno a un descriptor, significa que esa característica es determinante en el comportamiento de las mis-

mas, especialmente si la situación se repite en todas las proyecciones. c) Inversamente las variables situadas cerca del origen no son buenas descriptoras.

En la Tabla 3 se presentan los rangos de las variables usadas en el análisis de correspondencia.

Proyección 1/2

Primer horizonte (Fig. 5A):

Se aprecia un grupo de muestras (I) fuertemente influenciado por (g3-j1), valores altos de arena asociados a rangos bajos de materia orgánica, y rangos altos de abundancia (e3) y tamaño de fragmentos gruesos (f3).

Estas características reflejan materiales de acumulación y transporte, caracterizados por una disgregación física superficial y muy escasa alteración química y casi completamente desprovistos de materia orgánica.

A este grupo pertenecen algunas de las muestras de las Series: El Maitén, fase ligeramente ondulada, severamente erosionada y engrosada (EMfe3); Chubut, fase medianamente profunda y pedregosa (Chfmp) y Estancia Vieja, fase leve o moderadamente engrosada (Eafe2).

Un segundo grupo (II) está fuertemente influido por pH bajos (ii), arcilla media (h2), chroma alto (c3), materia orgánica alta (j3) y muy alta (j4) asociada con rangos bajos de arena. Estos descriptores explican las variaciones edáficas muy localizadas dadas por las áreas más húmedas o mallines. La relación de la mate-

Tabla 3: Rangos de las variables

Características	1 bajo	2 medio	3 alto	4 muy alto
Value	6 - 5	5 - 3	< 3	-
Chroma	> 3	3 - 1	< 1	-
Fragmentos gruesos:				
Profundidad (cm)	< 60	60 - 170	> 170	-
Abundancia (%)	< 5	5 - 20	20 - 50	> 50
Tamaño (mm)	2 - 16	16 - 64	64 - 256	> 256
Arena (%)	30 - 40	40 - 60	> 60	-
Arcilla (%)	< 5	5 - 15	15 - 35	-
pH	5,0 - 6,0	6,0 - 7,0	7,0 - 7,5	-
M.O. (%)	< 0,7	0,7 - 1,7	1,7 - 3,0	> 3,0

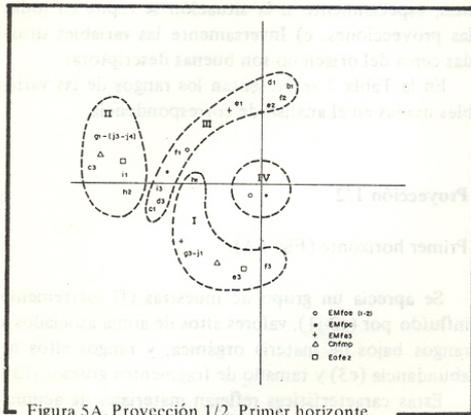


Figura 5A. Proyección 1/2. Primer horizonte.

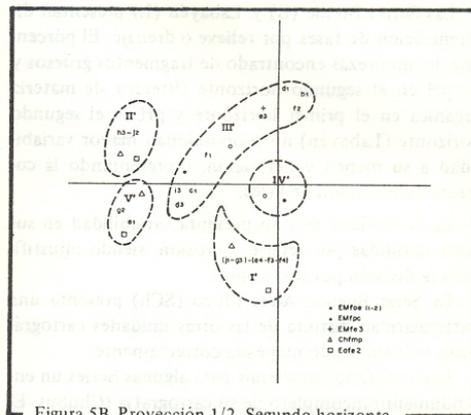


Figura 5B. Proyección 1/2. Segundo horizonte.

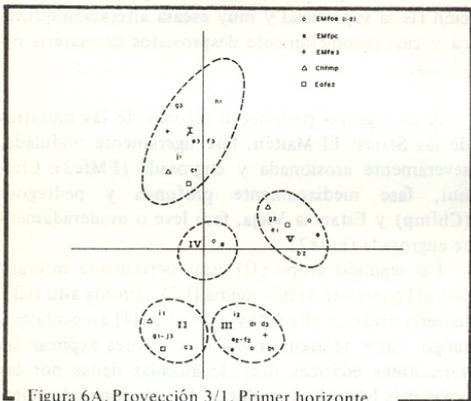


Figura 6A. Proyección 3/1. Primer horizonte.

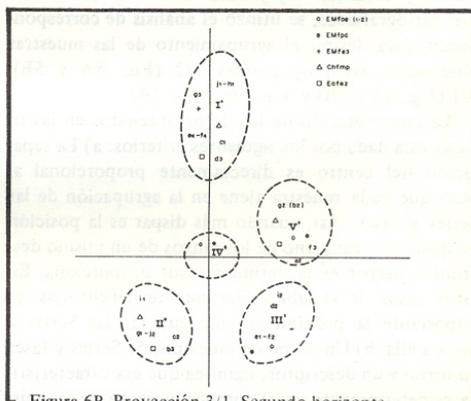


Figura 6B. Proyección 3/1. Segundo horizonte.

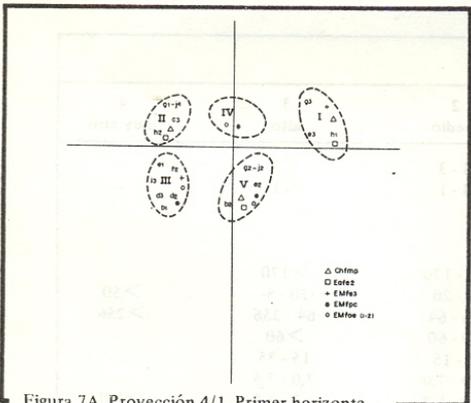


Figura 7A. Proyección 4/1. Primer horizonte.

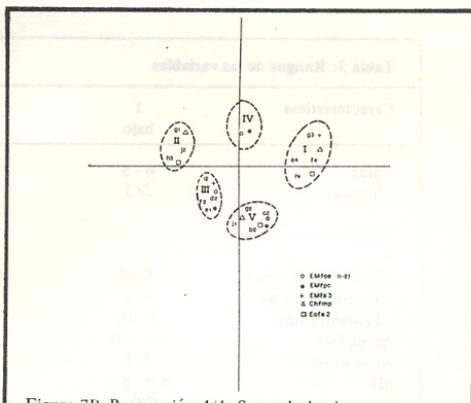


Figura 7B. Proyección 4/1. Segundo horizonte.

ria orgánica con el H^+ (pH bajos) es debida a que los suelos con altos contenidos en materia orgánica tienden a acidificarse, dominando en su complejo de cambio el H^+ . Corresponden parte de las muestras de las Series Chubut y Ea. Vieja.

Otro grupo (III) se halla fuertemente influido por valores bajos de: value (b1), profundidad (d1), abundancia de fragmentos gruesos (e1), tamaño de fragmentos gruesos (f1), chroma (c1); valores altos de: profundidad (d3) y de pH (i3) y valores medios de abundancia (e2) y tamaño (f2) de fragmentos gruesos.

Las muestras en este grupo pertenecen a las fases de la Serie El Maitén, constituyendo el conjunto más homogéneo. Existen varios factores que coadyuvan al desarrollo de complejos de suelos: por una parte la microtopografía y los procesos de erosión y por otra la distinta densidad de la vegetación.

El cuarto grupo (IV) se diferencia en la zona próxima al centro de coordenadas, sin ningún descriptor próximo, donde se agrupan muestras de las fases de la Serie El Maitén: ligeramente ondulada y erosionada (EMfoe) y plano - cóncava (EMpc). Esto se interpreta como un grupo de fases mal definidas.

Segundo horizonte (Fig. 5B):

Al igual que en el primer horizonte, se aprecian cuatro agrupamientos de relativa equivalencia con los grupos anteriores.

El grupo (I) del primer horizonte, se corresponde casi exactamente con el (I'). En este horizonte los mejores descriptores son la arena (g) y los fragmentos gruesos, tanto para la abundancia (e) como para el tamaño (f), ya que el aumento de gravas es concomitante con la profundidad. La materia orgánica (j) es interdependiente con la arena (g), valores bajos de (j1) implican valores altos de (g3). Existe una asociación entre variables: (j1-g3)-(e4-f3 ó f4).

El segundo grupo (II') no se comporta de igual manera al (II) del primer horizonte, las muestras que más se asimilan son aquellas que tienen los descriptores: arcilla alta (h3) y materia orgánica media (j2).

El tercer grupo (III') se corresponde con todos los descriptores del (III) grupo, excepto para la abundancia de los fragmentos gruesos que está en su rango alto.

El cuarto grupo (IV') tampoco presenta ningún descriptor al igual que en el primer horizonte.

Se define un quinto grupo (V') fuertemente influido por los descriptores arena media (g2) y abun-

dancia de fragmentos gruesos baja (e1). Este comportamiento se relaciona con las muestras que están situadas en la periferia de las áreas más húmedas y que tienen una composición textural media y menor retención de agua que el grupo (II').

Proyección 3/1

Primer horizonte (Fig. 6a):

Los grupos identificados en la proyección anterior se mantienen respondiendo a los mismos descriptores pero con algunas variantes.

El desplazamiento más apreciable lo evidencia parte de las muestras de las fases de la Serie El Maitén (EMfoe y EMfpc), por las variables rectoras del grupo (V) como son: la abundancia baja de los fragmentos gruesos (e1), los contenidos medios de arena (g2) y el value (b2). Este grupo se asocia estrechamente al grupo (V') del segundo horizonte de la proyección 1/2, denotando suelos uniformes de texturas medias.

Las asociaciones estrechas de los descriptores están presentes: en el grupo II (g1 con j3) que define la tendencia orgánico - mineral de las muestras; en el grupo III (e2 con f2) y (d1 con d3) que obedecen a la relación de la pedregosidad con la profundidad del perfil de acuerdo a la naturaleza de los materiales y en el grupo I, en cuadrantes distintos, se presentan (e3 con f3) relacionando la abundancia con el tamaño.

Segundo horizonte (Fig. 6B):

En esta proyección coinciden los agrupamientos de muestras con el primer horizonte, pero con distinto tipo y valor de los descriptores.

El grupo (I') presenta dos asociaciones de importancia: (j1 con h1) y (e4 con f4) indicando: textura arenosa, escasa materia orgánica y a su vez abundantes fragmentos gruesos que aumentan en tamaño y cantidad.

Los niveles bajos de arena se relacionan con niveles medios de materia orgánica (g1 con j2), en el grupo (II'), determinando un cambio textural y disminución de la fertilidad en este horizonte.

El grupo (III') presenta equivalencia entre los niveles bajos de abundancia con tamaños medios de fragmentos gruesos (e1 con f2), indicando una estratificación aluvial de baja energía.

El grupo (V') se define por el apareamiento de

contenidos medios de arena con el *value* (g2 con b2), donde destaca la capa aluvial diferenciada por color y textura.

Proyección 4/1: (Fig. 7A y 7B)

En esta proyección hay menos diferenciación de Series y fases, tanto para el primero como para el segundo horizonte, ubicándolas a todas más cerca del centro.

Si bien no ofrece nuevas alternativas, confirma el análisis de las proyecciones anteriores y asimismo brinda aspectos de interés como el fuerte desplazamiento que tienen algunas muestras de las fases de la Serie El Maitén atraídas principalmente por valores bajos y medios de materia orgánica y valores medios de arena.

Los grupos de fases y Series quedarían definidos de la siguiente manera:

- Grupo I:** Complejo de Series El Maitén y Chubut, definida por procesos de erosión-acumulación intensos. Los suelos son uniformes de textura gruesa. La presencia de fragmentos gruesos es una constante en los suelos de este grupo, aunque puede ser más o menos uniforme a través del perfil o presentar grandes variaciones. La capacidad de almacenamiento de humedad es baja, dando por resultado una mayor profundización de la misma y una menor evaporación.
- Grupo II:** Complejo de Series Chubut y Estancia Vieja, definida por sectores semihidromórficos restringidos de alto contenido orgánico. El ambiente está representado por microrrelieves asociados a márgenes del río Chubut o cauces menores. Los suelos son de textura contrastante.
- Grupo III:** Serie El Maitén, definida por un atreglo complejo de suelos determinado por las características del microrrelieve, los procesos de erosión y la cobertura vegetal. Los suelos son uniformes de texturas gruesas, medias y variables en profundidad.
- Grupo IV:** Serie El Maitén, fase erosionada, definida por un microrrelieve de montículos asociados a arbustos. Los suelos son uniformes de texturas gruesas con acumulacio-

nes principalmente de origen eólico y con pavimentos de erosión.

- Grupo V:** Complejo de Series El Maitén, Chubut y Estancia Vieja, definida por suelos de texturas uniformes medias que ocupan las áreas adyacentes a los sectores más húmedos.

La Fig. 8 muestra el mapa del levantamiento de suelos con las nuevas unidades de mapeo confeccionado a partir del agrupamiento de las muestras analizadas.

CONCLUSIONES

En general, la pureza estricta encontrada para el estudio de suelos es alta: 66% y 67% para las características físicas y químicas, respectivamente, en comparación con la obtenida para otros trabajos: 15.94% para el área de Chapingo (Mullan, 1973); 63%, 51% y 45% para Inglaterra (Beckett y Burrough, 1971). La pureza aproximada 15% y 13% para los parámetros físicos y químicos, contribuye a aumentar la pureza estricta siendo ésta del 81% y 80% respectivamente.

Las impurezas, 19% para las variables físicas y 20% para las químicas, representan el resultado de la mala definición de la cartografía si lo consideramos individualmente para determinadas series.

El U.S. Bureau of Reclamation (1953) recomienda una pureza de 90% a escala 1:12.000. De acuerdo a esto, se considera bastante aceptable el grado de pureza hallado.

Las características analizadas mostraron un entendimiento incompleto de la naturaleza cartográfica de las Series Chubut, El Maitén y Estancia Vieja. Los perfiles de las mismas definidos en el levantamiento de Suelos no representan los rangos de variación interna, lo que determinó la definición de nuevos agrupamientos. La naturaleza aluvial de los suelos, sumado a los procesos de erosión para esas unidades cartográficas, determina la heterogeneidad espacial encontrada.

La definición de la textura en términos de clases texturales es muy amplia y normalmente se consideran pocas clases para precisar el rango de variación.

Evidentemente, una pureza más alta podrá lograrse con un tamaño de muestra más grande y no definen-

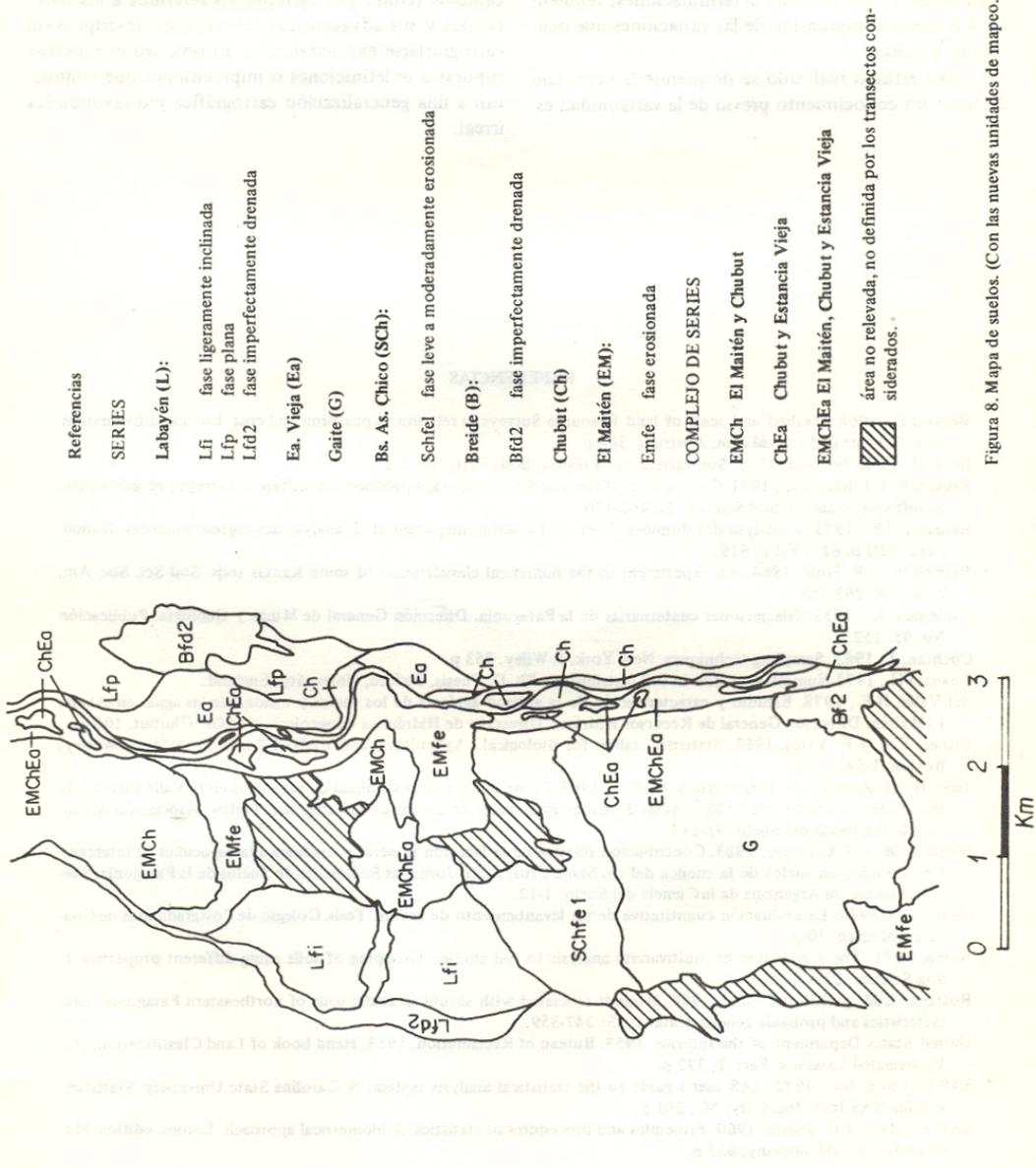


Figura 8. Mapa de suelos. (Con las nuevas unidades de mapeo.)

do determinadas propiedades en términos de clases ya establecidas.

La clasificación lograda por medio del análisis de correspondencias, a diferencia del método de Duncan, constituye un interesante punto de partida para posteriores y más afinadas determinaciones, tendientes a la mejor comprensión de las variaciones que ocurren en el suelo.

Del estudio realizado se desprende la necesidad de tener un conocimiento previo de la variabilidad es-

pacial de un área a relevar, dependiendo del uso de la tierra a asignar. Para la región patagónica este tipo de trabajo se justifica en términos de esfuerzos (tiempo y costos) donde comprenda un uso intensivo (riego). Sin embargo, para un uso extensivo (pastoreo) estos cambios (como por ejemplo los referidos a los montículos y sus adyacencias) deberían ser descriptos sin cartografiarse explícitamente. El objetivo es subsanar supuestas indefiniciones o imprecisiones que conduzcan a una generalización cartográfica y/o taxonómica irreal.

REFERENCIAS

- Beckett P., 1968. Method and scale of land Resource Surveys in relation to precision and cost. En: Land Evaluation. G.A. Stewart (Ed.). McMillan, Australia, 508 p.
- Beckett P. y R. Webster, 1971. Soil variability: a review. *Soils Fert.*, 34: 1-15.
- Beckett P. y J. Burrough, 1971. Comparison of the utilities of soil maps produced by different surveys procedures and to different scales. *J. Soil Science*. 22:466-470.
- Benzecri, J.P., 1973. L'analyse des données. Tome I: La taxinomie, Tome II: L'analyse des correspondences, Dunod, Paris, VIII p. 615; VII p. 619.
- Bidwell W. y R. Nole, 1964. An experiment in the numerical classification of some Kansas soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 28: 263-268.
- Caldenius, K., 1932. Glaciaciones cuaternarias de la Patagonia. Dirección General de Minas y Geología. Publicación No. 95. 152.
- Cochran, J., 1963. Sampling techniques. New York. J. Wiley. 253 p.
- Cuanalo H., 1972 Numerical studies in soil distribution. Ph. D. Thesis, Oxford, University, England.
- del Valle, H.F., 1978. Estudio y caracterización de la aptitud agrícola de los suelos y calidad de las aguas en el valle del El Maitén. Dirección General de Recursos Hídricos. Dirección de Hidráulica e Ingeniería MESOP. Chubut, 100 p.
- Fisher, E.A. y F. Yates, 1963. Statistical tables for Biological, Agricultural and Medical Research. Addison-Wesley, Boston (USA), 51 p.
- Laya H., N. Amiotti, N. Echeverría y R. Boo, 1983. Comparación de la salinidad de los suelos en el Valle Inferior de río Chubut. Período 1961-1981. Actas Jornadas Regionales de Suelos de la Patagonia. Trelew. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo: 91-113.
- Mendia J.M. y J.A. Ferrer, 1983. Contribución relativa de la fracción mineral y orgánica a la capacidad de intercambio catiónico en suelos de la cuenca del río Santa Cruz. Actas Jornadas Regionales de Suelos de la Patagonia. Trelew. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo: 1-12.
- Mullan, E., 1973. La evaluación cuantitativa de un levantamiento de suelos. Tesis. Colegio de Postgraduados de Chapingo. México. 70 p.
- Norris, 1971. The application of multivariate analysis to soil studies. Grouping of soils using different properties. *J. Soil Science*. 22: 62-75.
- Rostagno C.M. y H.F. del Valle, 1988. Mounds associated with shrubs in aridic soils of northeastern Patagonia: characteristics and probable genesis. *Catena*, 15: 347-359.
- United States Department of the Interior, 1953. Bureau of Reclamation, 1953. Hand book of Land Classification, vol. V., Irrigated Land use, Part. 2, 322 p.
- SAS Institute, Inc., 1982. SAS user's guide to the statistical analysis system. N. Carolina State University. Statistics. Edition SAS Inst., Inc. Cary, NC, 281 p.
- Stell R.G.D. y J.H. Torrie, 1960. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second edition. McGraw-Hill Book Company, 633 p.