

**ENCOSTRAMIENTO EDAFICO SUPERFICIAL  
DE UN NATRARGID TIPICO DEL CHUBUT:  
EVALUACION DE SUS PROPIEDADES Y GENESIS**P. BOUZA <sup>(1)</sup>H. F. DEL VALLE <sup>(1)</sup> y P. A. IMBELLONE <sup>(2)</sup>**RESUMEN**

Este trabajo tiene por objeto el estudio de las propiedades físico-químicas y micromorfológicas del horizonte vesicular (Av) de un Natrargid típico y la determinación de los factores que controlan la formación del encostramiento. El Av estudiado presenta altos contenidos de limo, sodio intercambiable y bajos valores de materia orgánica. La costra debajo del pavimento del desierto está constituida por una zona superior de 5 mm de espesor, formada por láminas de arena, limo y arcilla, con un 60 % de vesículas de hasta 3 mm de diámetro. La zona inferior, de 15 mm de espesor, es masiva, muy densa, con un 20 % de vesículas de un tamaño de hasta 1 mm. Las vesículas tienen paredes rugosas en la mitad superior y lisas en la mitad inferior. Las paredes de las vesículas más grandes próximas a la superficie están sujetas a procesos de microerosión y microdeposición por acción de frentes de agua descendentes. El horizonte Av se origina del mismo horizonte Bt subyacente, con un desarrollo diferencial de poros y estructura. Las pápulas corresponden a argilanes residuales fuertemente fragmentados y deformados por stress. El encostramiento muestra evidencia de mayor transporte lateral de material fino que vertical. Los procesos más importantes son una combinación de erosión por impacto de la gota de lluvia y redeposición por el lavado pluvial.

**Palabras clave:** Micromorfología - Horizonte vesicular (Av) - Natrargid típico - Erosión Hídrica - Noreste del Chubut.

**ABSTRACT**

SOIL CRUSTS OF A TYPIC NATRARGID OF CHUBUT: FEATURES AND GENESIS. The objectives of this work were: (i) to document the micromorphological and physico-chemical

(1) Centro Nacional Patagónico. CONICET. C. C. 1128. 9120 Puerto Madryn, Chubut.

(2) Instituto de Geomorfología y Suelos. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. Calle 3 N° 584. 1900 La Plata.

properties of a vesicular layer of a Typic Natrargid; and (ii) to determine the factors controlling crust formation. The Av horizon studied showed characteristics like high silt, high exchangeable sodium percentage and low organic matter contents. The crust lying below the desert pavement consisted of an upper zone (5 mm thick) of laminated sands, silts and clays, large vesicles (60 %) up to 3 mm in diameter. The very dense lower zone (15 mm thick) has few (20 %) and small vesicles up to 1 mm in diameter. The vesicles have rough walls on the upper half and smooth walls at the bottom. The walls of larger vesicles close to the surface area are subject to microerosion and microdeposition by a descending water front. The Av horizon seems formed on the Bt itself, with a differential development of pores and structure. The papules correspond to residual argillans strongly fragmented and deformed by stress. The observations show evidence of lateral rather than vertical transport of material. The major processes responsible for crust formation are considered to be a combination of erosion by raindrop impact and redeposition by rainwash.

**Key words:** Micromorphology - Vesicular horizon (Av) - Typic Natrargid - Water Erosion - Northeastern Chubut.

## INTRODUCCION

En la Patagonia extrandina existen amplios sectores de suelo desnudo generalmente cubierto por pavimento de desierto, con desarrollo de costras superficiales, con o sin formación de vesículas. En esta región, diversos autores han realizado descripciones morfológicas generales del encostramiento edáfico superficial (Papadakis y Etchevehere, 1962; Ferrer, 1978; Laya et al., 1979 y Laya, 1980). Figueira (1983) describió detalladamente la macromorfología de un horizonte vesicular en un Aridisol del norte de la Patagonia.

El origen de los procesos de degradación de la vegetación y suelos de la región patagónica, manifestados principalmente por el sobrepastoreo (eliminación de la cobertura vegetal, pisoteo) y las características climáticas (impacto de gota de lluvia, remoción de sedimentos finos por agua y/o viento), serían los factores causales de la formación de pavimentos y costras (Beeskow et al., 1987; Rostagno y del Valle, 1988 y Rostagno et al., 1991). Esta condición ambiental, que en la mayoría de los casos constituye un proceso de degradación irreversible, genera consecuencias directas, como severas limitaciones para el establecimiento de plántulas y germinación de semillas, e indirectas, como disminución del porcentaje de absorción de agua, aumento del escurrimiento superficial y peligro de erosión, restricción de la aireación interna, e inhibición de la actividad microbiológica (Hillel, 1960; Kemper y Miller, 1974).

Con el propósito de estudiar los encostramientos edáficos de un perfil modal correspondiente a un Natrargid típico, se realizó la caracterización físico-química y micromorfológica del horizonte Av.

## MATERIALES Y METODOS

### Area de estudio

Se seleccionó como área de estudio el Sistema Fisiográfico Bajo del Gualicho de 3573 km<sup>2</sup> (Beeskow et al., 1987), donde los Natrargides tienen amplia difusión en todos los complejos de suelos, en proporciones que varían entre el 15 y 50 %.

El perfil modal se halla a 90 km al oeste de la ciudad de Puerto Madryn (42° 42' S y 66° 10' O), sobre la Ruta Provincial N° 4. Está ubicado en el Bajo de la Suerte, depresión tectónica situada a

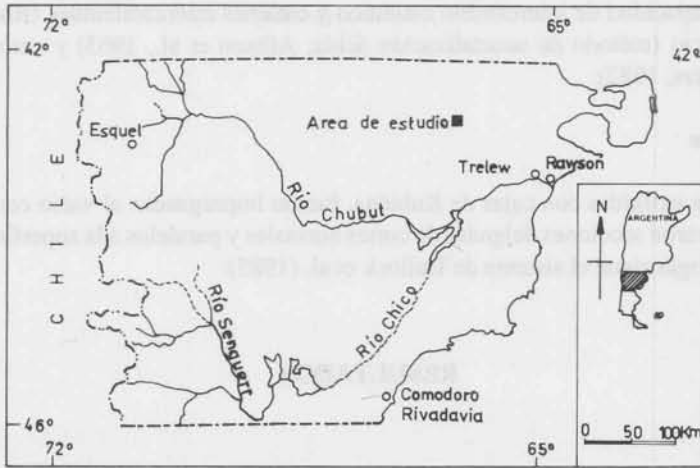


FIG. 1 - Ubicación del área de estudio.

137m s.n.m. que comprende principalmente amplias planicies y valles, superficies onduladas y lomas y cerros bajos de rocas jurásicas (Formación Maritil) y cretácicas (Grupo Chubut). La pendiente local es de 1-2% (Fig. 1).

El clima en el área de estudio es árido y templado. La precipitación media anual es de 140 mm, distribuidos casi uniformemente en el año. La temperatura media anual es de 11,9° C (Barros y Rivero, 1982).

La vegetación se compone de *Atriplex lampa*, *Chuquiraga avellanadae*, *Lycium ameghinoi*, *Prosopis alpataco* y *Prosopis denudans*. La cobertura vegetal es del 20 %.

### Estudio de campo

Tomando como punto central al perfil modal, se realizaron observaciones de los horizontes Av en un radio de 1 Ha. Se efectuaron 20 observaciones, midiendo principalmente las variaciones de espesor, y se obtuvieron los espesores medios, máximos y mínimos de la costra. El porcentaje de la superficie cubierta con gravas se calculó utilizando una cuadrícula de 50 x 50 cm con divisiones de 10 cm. La descripción de los poros en el campo fue realizada con una lupa de mano de acuerdo con los criterios establecidos por Johnson et al. (1960). En el laboratorio, con una lupa binocular, se ajustó la estimación porcentual de los poros de acuerdo a su morfología y tamaño por subcapas diferenciadas en el horizonte Av.

### Análisis físicos y químicos

Los análisis físicos efectuados corresponden a: estabilidad de agregados en seco y en húmedo, siguiendo los procedimientos de Toogood (1978), Kemper (1965) y Kemper et al. (1975); infiltración, por el método de inundación utilizando anillos concéntricos; densidad aparente por el método del cilindro para los 10 cm superficiales y por el método de los terrones parafinados para las subcapas del Av (Blake, 1965); textura por tamizado en húmedo para la fracción menor de 2 mm para separar las subfracciones de la arena. El limo y la arcilla fueron separados por el método de la pipeta.

Los análisis químicos realizados fueron: pH (electrodo de vidrio usando una suspensión suelo-agua de 1:2,5); conductividad eléctrica en el extracto 1:1; aniones y cationes solubles (Bower y

Wilcox, 1965); capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables (Rhoades, 1982); carbonato de calcio (método de neutralización ácida; Allison et al., 1965) y carbono orgánico (Nelson y Sommers, 1982).

### **Micromorfología**

Las muestras extraídas con cajas de Kubiëna, fueron impregnadas al vacío con resina epoxi Araldit. Se prepararon secciones delgadas de cortes normales y paralelos a la superficie, de 24 x 48 mm. La terminología sigue el sistema de Bullock et al. (1985).

## **RESULTADOS**

### **Microrrelieve**

El microrrelieve está representado por montículos de tierra de 10-20 cm de altura, probablemente de origen eólico, asociados a arbustos (Rostagno y del Valle, 1988) (Fig. 2).

Los sectores entre montículos están cubiertos de costras con o sin vesículas. Estos sectores representan microdepresiones donde se acumula el agua y/o sitios planos o con una pendiente mínima, donde domina el escurrimiento hídrico laminar. Se considera que en el área la erosión eólica e hídrica es severa.

### **Morfología de la costra**

La cobertura de gravas del horizonte Av varía entre 20 y 90 %; los porcentajes menores se corresponden con los mayores espesores de costras. Los tamaños varían entre 0,4 y 9 cm. En la superficie se observa también un depósito de 5 mm de espesor con sedimentos de menor tamaño constituido por gravilla fina y arena gruesa, junto con arcilla que tapiza y oblitera macroporos. Hay desarrollo de grietas verticales que originan polígonos superficiales de hasta 10 cm de diámetro.

El espesor de la costra varía entre 11 y 0,8 cm, con un promedio de 2 cm, espesor que corresponde al horizonte estudiado. Las observaciones macromorfológicas permiten diferenciar en el horizonte vesicular dos subcapas. La subcapa superior tiene 0,5 cm de espesor y está constituida por varias microcapas laminares; la subcapa inferior tiene 1,5 cm de espesor y es de estructura laminar en los primeros milímetros y masiva por debajo (Figs. 3a y 3b).

En la costra se observan poros vesiculares e intersticiales de tamaño muy fino (0,075-1 mm), fino (1-2 mm) y medio (2-5 mm). En la subcapa superior alcanzan un porcentaje del 60 % y en la inferior 25 %. Las vesículas son de aproximadamente 1 mm de diámetro y excepcionalmente llegan hasta 3 mm.

### **Características físico-químicas**

En la Tabla 1 se presentan las propiedades físicas y químicas del horizonte Av. La velocidad de infiltración es prácticamente nula. La densidad aparente es diferente en las dos subcapas y la estabilidad de agregados es alta en estado seco y muy baja en estado húmedo. Granulométricamente, la arena fina es dominante en la fracción arena y el contenido en limo es elevado en relación a la arcilla (Limo/Arcilla = 2,32). Los valores de pH son fuertemente alcalinos. El horizonte Av es salino y tiene valores muy altos de sodio de intercambio. El carbono orgánico es bajo a muy bajo. La capacidad de intercambio es muy alta.

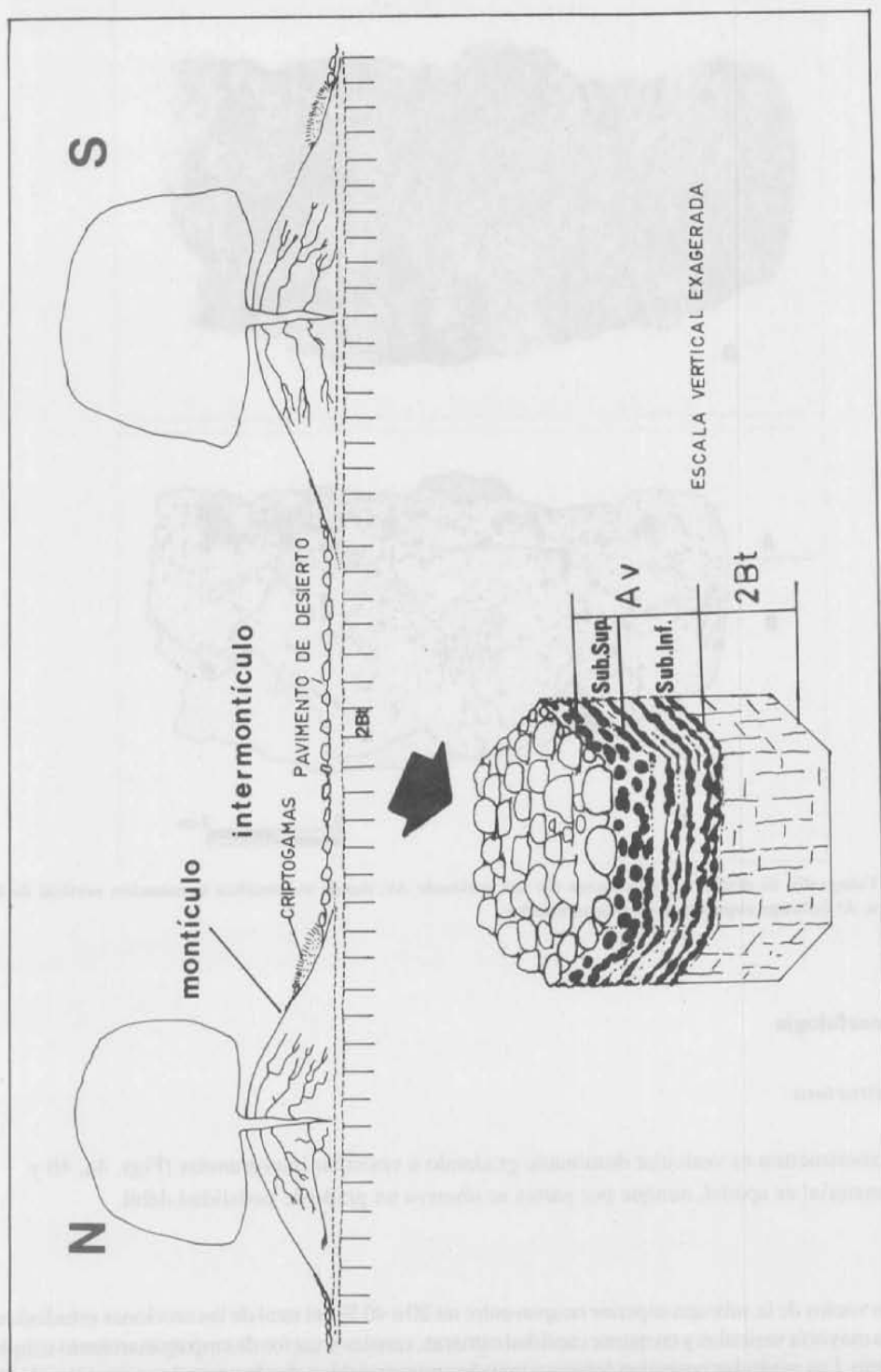


FIG. 2 - Esquema idealizando el microrelieve de montículos e intermontículos, con desarrollo de pavimento de desierto y costras superficiales.

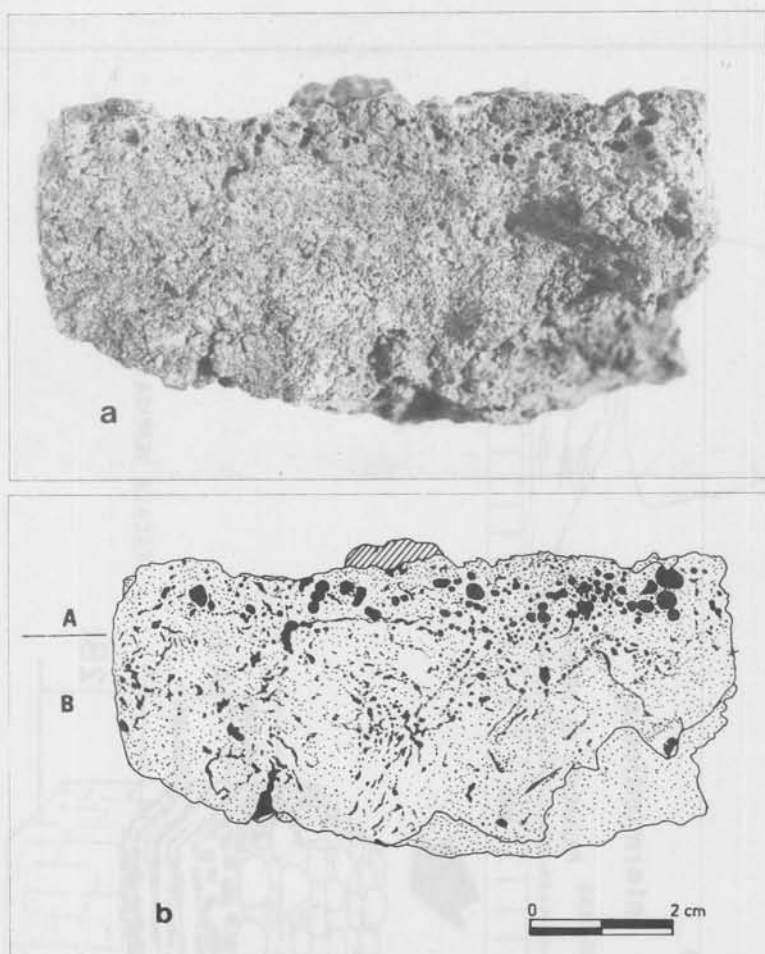


FIG. 3 - Fotografía de detalle (a) y esquema (b) del horizonte Av, donde se visualiza la zonación vertical de la estructura. A: Subcapa superior, B: Subcapa inferior.

## Micromorfología

### *Microestructura*

La microestructura es vesicular dominante gradando a vesicular intergranular (Figs. 4a, 4b y 4c). El material es apedal, aunque por partes se observa un grado de pedalidad débil.

### *Poros*

Los vacíos de la subcapa superior ocupan entre un 20 a 40 % del total de las secciones estudiadas, siendo la mayoría vesículas y en menor cantidad cámaras, canales y vacíos de empaquetamiento simple y complejo. Las vesículas presentan formas y tamaños muy variables, desde pequeñas y ecuanes de 20



TABLA 1 - Análisis físicos y químicos del horizonte vesicular.

Velocidad de infiltración (cm/h)	0,01	pH (1:2,5)	8,65
		CE (dS m <sup>-1</sup> )	5,63
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )			
- Método del cilindro	1,39	Aniones solubles (meq/L)	
- Método de los terrones parafinados		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0,00
- Subcapa superior	1,57	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,10
- Subcapa inferior	1,68	Cl <sup>-</sup>	25,20
		SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,35
Estabilidad de los agregados (%)			
(Media ± DS, n = 5):		Cationes solubles (meq/L)	
- En seco	94,7 ± 4,2	Ca <sup>2+</sup>	0,85
- En húmedo:		Mg <sup>2+</sup>	0,10
- Por capilaridad	11,9 ± 1,5	Na <sup>+</sup>	20,70
- Por inundación	9,9 ± 0,7	K <sup>+</sup>	0,10
Composición granulométrica (%):			
Arena muy gruesa (1-2 mm)	1,89	CIC (meq/100 g)	38,26
Arena gruesa (0,5-1 mm)	3,33		
Arena media (0,25-0,5 mm)	9,55	Cationes intercambiables (meq/100 g)	
Arena fina (0,10-0,25 mm)	24,05	Ca <sup>2+</sup>	0,19
Arena muy fina (0,05-0,10 mm)	8,93	Mg <sup>2+</sup>	0,19
		Na <sup>+</sup>	33,13
Arena total (0,05-2 mm)	47,75	K <sup>+</sup>	1,13
Limo (0,002-0,05 m)	36,49	CO <sub>3</sub> Ca (%)	1,24
Arcilla (< 0,002 mm)	15,76	C org. (%)	0,29
		RAS	30,03
Limo/Arcilla	2,32	PSI (%)	86,59

Referencias: DS: desvío estandar, n = número de muestras.

µm a proladas e irregulares de hasta 1,5 mm; las más frecuentes y de mejor desarrollo oscilan aproximadamente en los 650 µm. Se observa cierta evolución de formas equidimensionales a proladas. Las cámaras son más irregulares y de mayor tamaño que las vesículas (hasta 3 mm). Los canales en la mayoría de los casos se los encuentran interconectando vesículas y cámaras.

### Componentes minerales

La matriz-s presenta una relación de material grueso/fino (c/f 10 µm) entre 1:1 a 1:4, con un patrón de distribución relativa porfírica abierta. Las diferencias en los componentes minerales para las dos subcapas son muy sutiles. La fracción gruesa (> 10 µm) es rica en pumicitas y trizas de vidrio volcánico incoloro de hasta 300 µm, cuarzo con inclusiones de apatita, clinopiroxenos, ortopiroxenos, hornblenda, plagioclasas, feldespatos alcalinos, iddingsita, abundantes opacos, biotita, zeolitas de hábito plumoso y algo de calcita en cristales fracturados. Entre los granos minerales compuestos, se encuentran fragmentos alterados de vulcanitas de composición intermedia, vulcanitas riolíticas, fragmentos de agregados de individuos anhedrales de cuarzo y piroclastitas de textura bandeada y trizas deformadas. La fracción fina (< 10 µm) presenta una fábrica-b prooestriada y granoestriada;

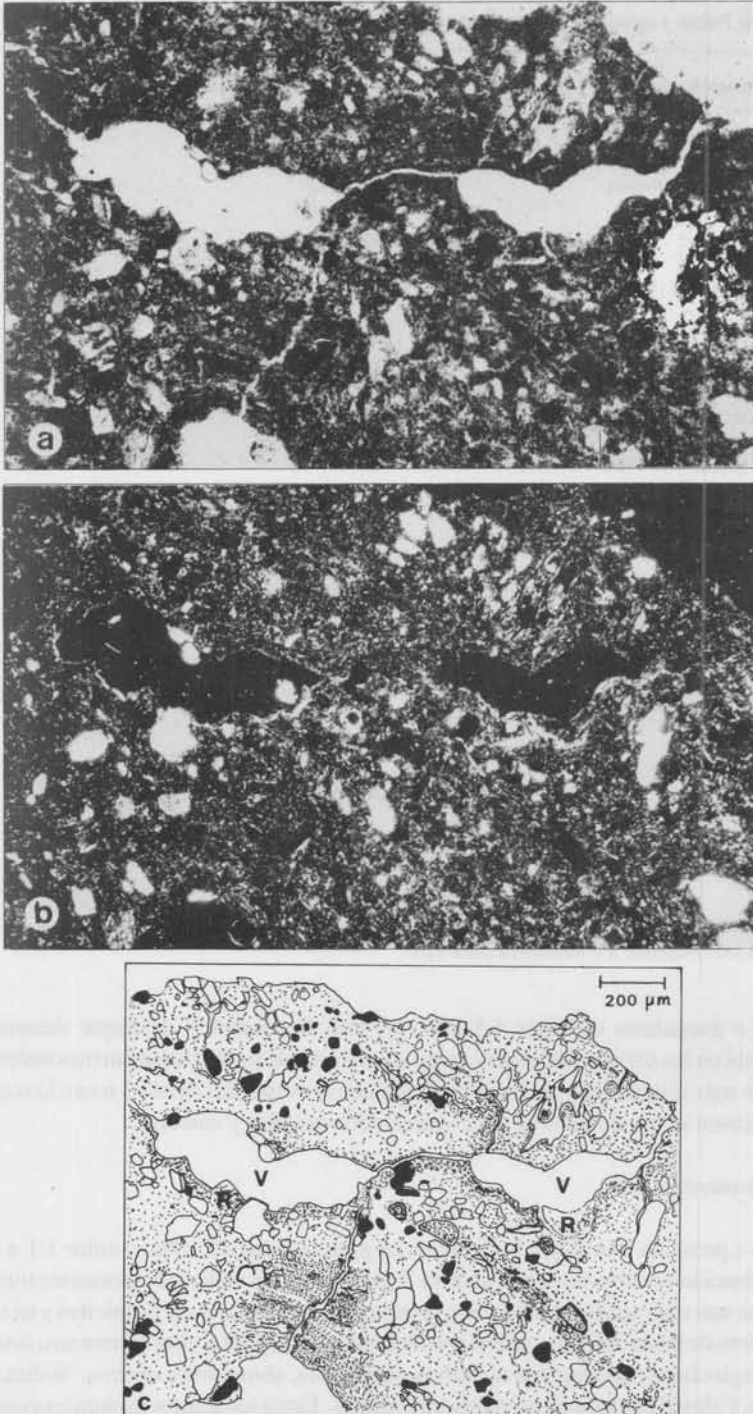


FIG. 4 - Microfotografías sin analizador (a) y con analizador (b) y esquema (c) en una sección normal a la superficie de la microestructura vesicular del horizonte Av. Nótese la forma prolada de las vesículas y el patrón de distribución referido paralelo. x 6,5; V: vesículas, R: recubrimientos.



se compone fundamentalmente de arcillas de color castaño, fragmentos de vidrio volcánico, óxidos de hierro, algunas micas y escasa calcita como cementante. Los componentes orgánicos están representados por formas silíceas de hasta 50  $\mu\text{m}$  correspondientes a diatomeas y de pequeñas raíces birrefringentes de pocos micrones.

### *Rasgos pedológicos*

En las secciones normales correspondientes a la subcapa superior no se observan rasgos pedológicos destacables; en cambio adquieren mayor desarrollo en la subcapa inferior. En este sector se observan argilanes desarrollados alrededor de vesículas, cámaras y canales o recubriendo granos, especialmente en trizas vítreas. Otros recubrimientos más delgados fueron clasificados como neo-cutanes. Se presentan además, en menor cantidad, cutanes de tensión. Las pápulas son frecuentes, están representadas por arcillas orientadas incorporadas en la matriz-s. Entre los nódulos se observan los típicos de material no diferenciado, de formas proladas y aquellos de tipo pseudomórfico.

## DISCUSION

### **Características morfológicas y físico-químicas**

La distribución del tamaño de partículas muestra valores importantes de limo. Esta fracción, que disminuye la permeabilidad y la cohesión mientras favorece la compactación, sólo puede ser equilibrada con una proporción equivalente de arcilla. Las relaciones limo/arcilla denotan la inestabilidad de la estructura.

La alta estabilidad relativa de los agregados en seco parecería estar relacionada al elevado contenido de sales de sodio y cloruros. La estabilidad fue drásticamente reducida, después de un rápido humedecimiento, por capilaridad e inundación. La desagregación es atribuida al incremento de la presión, debido al entrapamiento de aire dentro de los poros de los agregados (Kemper et al., 1985). Cuando la presión es superior a la cohesión, los poros estallan y el agregado se destruye con la posterior dispersión de los coloides. La baja estabilidad en húmedo se atribuye al alto tenor de sodio intercambiable, el cual contribuye a la dispersión (Agassi et al., 1981; Aylmore y Sills, 1982). Es evidente que el efecto de dispersión química es más intenso cuando el agua se acumula en la superficie, debido al drenaje externo imperfecto y a la permeabilidad baja del suelo.

Hillel y Gardner (1969) establecen que la velocidad de infiltración está en función de la resistencia física de la costra y de la característica hidráulica del suelo. La muy baja infiltración en el área de estudio estaría en relación con la disminución de la conductividad hidráulica y con el grado de compactación de la subcapa inferior. Los valores perjudiciales de sodio en la solución del suelo y en el complejo de intercambio afectarían también la capacidad de infiltración (Shainberg y Letey, 1984).

La densidad aparente, determinada en la subcapa inferior, muestra valores más altos, atribuidos posiblemente a una mayor compactación.

El contenido de sales es más alto donde el contenido de arcilla es más elevado. Esta característica también responde a la evapotranspiración existente en el área. La acumulación de las sales solubles en los encostramientos edáficos se ve favorecida por las características del microrrelieve con drenaje externo e interno imperfecto. El agua se elimina principalmente por la evaporación y la concentración de sales aumenta. Este es un proceso dinámico, ya que a medida que se acumulan las sales, el equilibrio entre los cationes en la solución del suelo y los adsorbidos sobre los coloides

cambia continuamente para adaptar los cambios en la composición y concentración de cationes disueltos.

### **Características macro y micromorfológicas**

El horizonte Av está constituido por material de suelo desagregado, causado por el impacto de la gota de lluvia y la acción antrópica que actúa sobre el sistema montículo-intermontículo. Una de las características es el sellamiento superficial completo o parcial de los poros por las partículas de arcilla y limo fino, como resultado de la depositación de material en suspensión cuando la superficie se comienza a secar.

La subcapa inferior del horizonte Av está representada por agrupamientos alargados de arcilla. Este tipo de costra es comparable con la costra depositacional descrita por Chen et al. (1980) o la sedimentológica de Arshad y Mermut (1988). La costra consiste en microagregados laminares (tamaño limo fino y arcilla) orientados paralelamente a la superficie del suelo. La presencia de agregados y de vacíos de empaquetamiento compuesto en la subcapa inferior sugiere que los agregados en la superficie fueron desagregados y las partículas arcillosas fueron traídas en suspensión. La costra fue entonces formada por una sedimentación "in situ". La costra superficial se produciría por la translocación lateral de partículas finas en superficie y la translocación vertical parcial producida a través del horizonte vesicular, evidenciada por el enriquecimiento de rasgos texturales arcillosos de la subcapa inferior. Estos mecanismos de transporte del material fino fueron descritos por Valentín (1985), quien reprodujo experimentalmente costras superficiales definiendo dos tipos, una denominada "in situ" producida por una translocación vertical de las partículas finas y otra de tipo sedimentaria producida por una fase preliminar de translocación lateral, seguida de una gradual sedimentación en pequeñas depresiones.

El agrupamiento de material fino alrededor de las vesículas (Fig. 5a y 5b) estaría relacionado con la presión que ejercen las mismas durante su crecimiento contra la matriz, por expansión de los poros, y con la succión matricial del agua cuando comienza a secarse la superficie del suelo. El agrupamiento de materiales finos se observa en la parte superior de las vesículas, evolucionando las mismas como burbujas de aire ascendentes. De esta forma, se produciría la impermeabilización de la parte superior de la costra por la concentración del material fino. Además de existir una impermeabilización desde la superficie por la desagregación de partículas finas, habría una impermeabilización desde la subsuperficie por la concentración de finos debido al crecimiento y evolución de las vesículas.

Las pápulas están representadas por arcillas orientadas, posiblemente vinculadas a argilanes rotos y/o retransportados provenientes de los horizontes argílicos subyacentes o adyacentes del horizonte argílico. Los nódulos de tipo pseudomórfico provienen de la meteorización de clastos volcánicos.

### **CONCLUSION**

Los factores físico-químicos que controlan la formación de la costra superficial son los contenidos elevados de limo y sodio intercambiable y el bajo porcentaje de materia orgánica.

El horizonte vesicular posee una zonación vertical, donde se diferencian dos subcapas, una superior y otra inferior. La primera, en general posee un desarrollo de vesículas de mayor tamaño y ecuanes dadas por las texturas medias y por el efecto más directo de los cambios de temperatura producidos en la superficie del suelo. En esta zona el material posee un empaquetamiento débil de los granos esqueléticos, salvo sobre las paredes de las vesículas donde es mayor la compactación

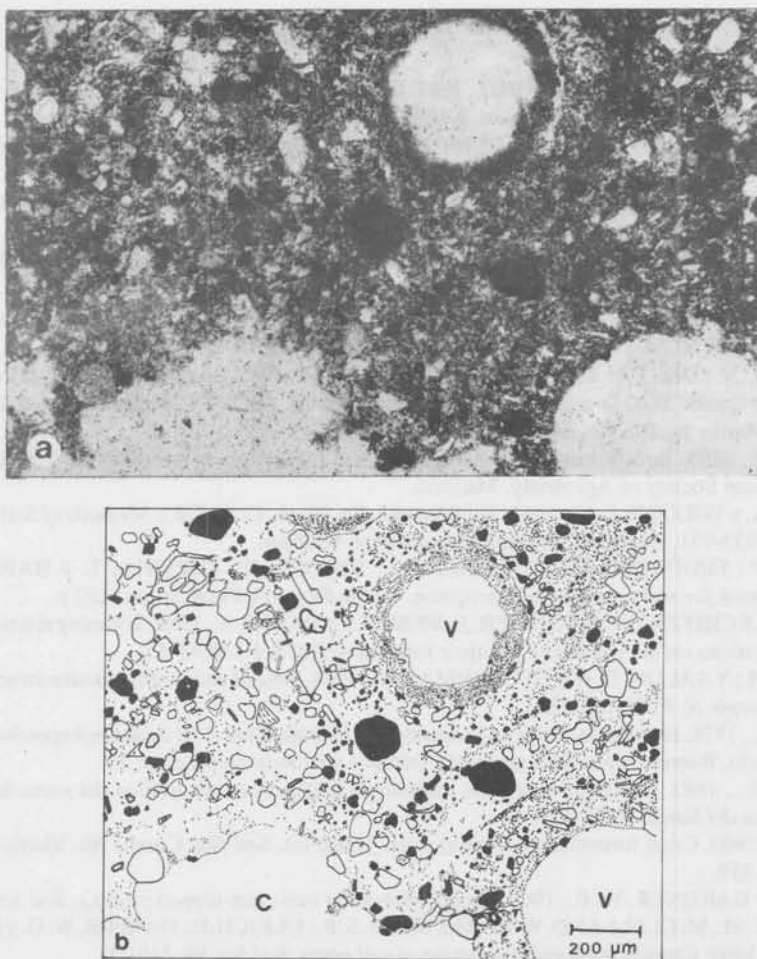


FIG. 5 - Microfotografía (a) y esquema (b) de una sección normal a la superficie de la costra, donde se observan vesículas ecuanes con agrupamiento de material fino alrededor. Son visibles nódulos típicos ecuanes y prolados con fábrica no diferenciada. x 6,5; luz normal. V: vesículas, C: cámara.

por la presión que ejerce el aire entrampado sobre la matriz del suelo. En general se observan escasos rasgos texturales y de poco desarrollo, aunque la subcapa inferior está más enriquecida en finos, es más compacta y se desarrollan vesículas más pequeñas y proladas.

De acuerdo a las observaciones realizadas, los horizontes vesiculares están constituidos por partículas desagregadas in situ, o provenientes del transporte lateral y posterior sedimentación, y por la translocación vertical de partículas finas hacia la subcapa inferior.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la valiosa cooperación del técnico Darío Nelson Puebla en las determinaciones físicas y químicas tanto como en las tareas de campo.

## REFERENCIAS

- AGASSI, M.; SHAINBERG, I. y MORIN, J., 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on the infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:848-851.
- ALLISON, L. E.; BOLLEN, W. E. y MOODIE, C. D., 1965. Total carbon. *En: Black, C. A. (Ed.). Methods of soil analysis.* Part 2. pp. 1346-1366. American Society of Agronomy, Madison.
- ARSHAD, M. A. y MERMUT, R., 1988. Micromorphological and physico-chemical characteristics of soil crust types in northwestern Alberta, Canada. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:724-729.
- AYLMORE, L. A. G. y SILLS, I. D., 1982. Characterization of soil stability using modulus of rupture-exchangeable sodium percentage relationships. *Aust. J. Soil Res.* 20:213-224.
- BARROS, V. R. y RIVERO, M. M., 1982. *Mapas de probabilidad de precipitación de la Provincia de Chubut.* Monografía N° 54. Centro Nacional Patagónico, Puerto Madryn, Chubut, 12 pp.
- BEEKSOW, A. M.; DEL VALLE, H. F. y ROSTAGNO, C. M., 1987. Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la provincia del Chubut, Argentina. SECYT Delegación Regional Patagonia. S. C. de Bariloche, Río Negro, Argentina. 142 p.
- BLAKE, B. R., 1965. Bulk density. *En: Black, C. A. (Ed.). Methods of soil analysis.* Part 2. pp. 374-390. American Society of Agronomy, Madison.
- BOWER, C. A. y WILCOX, L. V., 1965. Soluble salts. *En: Black, C. A. (Ed.). Methods of Soil analysis.* Part 2. pp. 933-951. American Society of Agronomy, Madison.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. y BABEL, U., 1985. *Handbook for soil thin section description.* Waine Research Publications, 152 p.
- CHEN, Y.; TARCHITZKY, J.; BROUWER, J.; MORIN, J. y BANIN, A., 1980. Scanning electron microscope observations on the soil crusts and their formation. *Soil Sci.* 130:49-55.
- EVENARY, M.; YAALON, D. H. y GUTTERMAN, Y., 1974. Note of soils with vesicular structure in deserts. *Geomorph. N. F.* 18:162-172.
- FERRER, J. A., 1978. Estudio de suelos en la cuenca del río Santa Cruz. *VIII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*, Buenos Aires. Resúmenes de Trabajos y Comunicaciones, p. 73.
- FIGUEIRA, H., 1983. Horizonte vesicular: morfología y génesis en un aridisol del norte de la Patagonia. *Ciencia del Suelo.* 2:121-129.
- HILLEL, D., 1960. Crust formation in loessial soils. *Trans. Int. Soil Sci. Congr. 7th.* Madison, Wisconsin, 1:330-339.
- HILLEL, D. y GARDNER, W. R., 1969. Steady infiltration into crust-topped profiles. *Soil Sci.*, 18:137-142.
- JOHNSON, W. M.; McCLELLAND, W. M.; McCALEB, S. B.; ULRICH, R.; HARPER, W. G. y HUTCHINGS, T. B., 1960. Classification and description of soil pores. *Soil Sci.* 89, 319-21.
- KEMPER, W. D., 1965. Aggregate stability. *En: Black, C. A. (Ed.). Methods of soil analysis.* Part 1. pp. 511-519. American Society of Agronomy, Madison.
- KEMPER, W. D. y MILLER, D. E., 1974. Management of crusting soils: some practical possibilities. *En: J. E. Cary y D. D. Evans (Eds.). Soil Crusts Tech. Bull.* 214, Agric. Exp. Station. University of Arizona, Tucson, p. 1-6.
- KEMPER, W. D.; OLSEN, J. S. y HODGDON, A., 1975. Irrigation method as a determinant of large pore persistence and crust strength of cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39: 519-523.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. y NELSON S., 1985. Gas displacement and aggregates stability of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:25-28.
- LAYA, H.; ANGULO, R. y BALMACEDA, N., 1979. *Reconocimiento de los suelos en áreas de secano en el noreste de la Patagonia.* Departamento Alsina, Río Negro. Serie Estudios y Documentos N° 6. Centro de Investigaciones Científicas y Dirección de Bosques y Praderas, Río Negro.
- LAYA, H., 1980. *Clasificación hidrológica de los suelos, vegetación y determinación de los valores de CN.* Cuencas al Norte del Valle Medio y Superior del Río Negro. Dpto. Provincial de Aguas. Río Negro y Centro Regional Andino, INCYTH.
- NELSON, D. W. y SOMMERS, L. E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. *En: Page, A. L. (Ed.). Methods of soil analysis.* Part 2 (2nd. Edn.). pp. 539-579. American Society of Agronomy, Madison.
- RHOADES, J. D., 1982. Cation exchange capacity. *En: Page, A. L. (ed.). Methods of soil analysis.* Part 2 (2nd. Edn.). N° 403-430. American Society of Agronomy, Madison.

- ROSTAGNO, C. M. y DEL VALLE, H. F., 1988. Mounds associated with shrubs in aridic soils of northeastern Patagonia: characteristics and probable genesis. *Catena*, 15:347-359.
- ROSTAGNO, C. M.; DEL VALLE, H. F. y VIDELA, L., 1991. The influence of shrubs on some chemical and physical properties of an aridic soil in north-eastern Patagonia, Argentina. *Journal of Arid Environments*. 20:179-188.
- PAPADAKIS, J. y ETCHEVEHERE, P., 1962. *Breve reseña sobre los suelos de Santa Cruz*. Inédito. INTA. Buenos Aires.
- SHAINBERG, I. y LETEY, J., 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*. 52:1-57.
- TOOGOOD, J. A., 1978. Relation of aggregate stability to properties of Alberta soils. En: Emerson, W. W. et al. (Ed.). *Modification of soil structure*. pp. 211-215. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- VALENTIN, C., 1985. *Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de régions subdésertique (Agadez, République du Niger)*. *Dynamique de formation et conséquences sur l'économie de l'eau*. O. R. S.T.O.M. Études et Thèses. Paris, 259 p.

Manuscrito recibido el 11 de mayo de 1992

## ANEXO

### Descripción morfológica del Natrargid típico

Pavimento de desierto	1-0 cm; gravas porfíricas subangulares y medianas comunes y finas muy frecuentes en la superficie; arcilla tapizando los macroporos y agrietamientos poligonales de 10 cm de diámetro.
Av	0-2 cm; gris claro (10YR 7/2) en seco y pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo (los colores se refieren a la subcapa superior, los colores de la subcapa inferior tienen cromas ligeramente más puros); arena franco; estructura laminar media débil; ligeramente duro en seco, friable en húmedo, no adhesivo, no plástico; poros vesiculares finos muy frecuentes; ligeramente calcáreo; escasas gravas subangulares porfíricas finas y muy finas; raíces escasas; límite abrupto y ondulado.
2Bt	2-12 cm; rojo amarillento (5YR 4/8) en húmedo; franco arena arcilloso; estructura prismática moderada que rompe a bloques subangulares finos; duro en seco, firme en húmedo, plástico, ligeramente adhesivo; barnices débiles; poros intersticiales finos y frecuentes; no calcáreo; muy escasas gravas porfíricas subangulares finas; raíces comunes; límite claro y ondulado.
2Btk	12-29 cm; similar en color y textura al horizonte anterior; estructura prismática a columnar; calcáreo; barnices; límite claro y ondulado.
2BCK	29-42 cm; similar en color y textura al horizonte anterior; estructura en bloques angulares medios fuertes; gravas porfíricas subangulares comunes y finas; escasos clastos de areniscas; calcáreo; raíces escasas; límite claro y ondulado.
3Ck	42-70 cm; rojo (2.5YR 4/8) en húmedo; franco arenoso; masivo; duro en seco; firme en húmedo, plástico, ligeramente adhesivo; calcáreo; poros intersticiales medianos y finos frecuentes; gravas porfíricas subangulares finas, medianas y gruesas, frecuentes; raíces muy escasas.

En profundidad, hasta los 3 m, se presentan estratificaciones arenosas, calcáreas-yesosas y de colores rojizos.

Debajo del horizonte Av, se halla frecuentemente en discordancia, un horizonte C dividido en dos capas:



- C1 (2 cm de espesor): Pardo grisáceo oscuro (10YR 3/2) en húmedo, arena; sin estructura, no adhesivo, no plástico; suelto en seco y en húmedo; no calcáreo; poros intersticiales muy finos y muy frecuentes; gravas porfíricas subangulares finas y medianas, comunes; sin raíces; límite suave y abrupto.

- C2 (5 cm de espesor): Pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo, arena gruesa; sin estructura; no adhesivo, no plástico; blando en seco y muy friable en húmedo; poros intersticiales finos y muy finos, muy frecuentes; gravas porfíricas subangulares finas, comunes, no calcáreo; pocas raíces; límite ondulado y abrupto.

### Datos analíticos del Natrargid típico

Horizonte	Profundidad (cm)	pH *	CE *	RAS	PSI %	Arena %	Limo %	Arcilla %	> 2 mm vol. %	CO <sub>3</sub> Ca %	C org. %
Av	0-2	8,7	5,6	13,4	33,1	48	37	15	2	1,2	0,3
2Bt	2-12	8,8	3,2	8,5	10,2	57	17	26	5	0,5	0,9
2Btk	12-29	8,9	7,0	22,3	24,1	58	14	28	10	5,4	0,4
2BCK	29-42	8,9	7,5	34,3	32,3	57	15	28	30	7,1	0,4
2Ck	42-70	9,0	11,0	37,9	35,6	67	13	20	50	23,0	0,3

\* pH (1:2,5) y CE (dS m<sup>-1</sup>)